

**MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA TEHNICĂ TIMIȘOARA**

TEZĂ DE DOCTORAT

**VALORIFICAREA POTENȚIALULUI
HIDROENERGETIC SECUNDAR ÎN ZONA DE
FORMARE A REȚELELOR HIDROGRAFICE
APLICAȚIE ÎN BAZINUL VALEA DOFTANEI**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC : Prof. Dr. Ing. IOSIF PREDA

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

626.037
181 E

DOCTORAND : Ing. MIHAI PĂUN

SPECIALIZAREA : ENERGETICĂ

TIMIȘOARA - MARTIE 2000

*Mulțumiri și recunoștință
domnului Profesor Iosif Preda,
pentru îndrumarea și recomandările
competente,
Familiei, colegilor și tuturor celor care,
înțelegându-mi preocupările din ultimul
timp, au contribuit, prin sprijinul lor, la
elaborarea acestei lucrări.*

CUPRINS

PARTEA ÎNTÂI – TENDINȚE ACTUALE ÎN EVOLUȚIA CENTRALELOR HIDROELECTRICE DE MICĂ PUTERE RACORDATE LA SISTEMUL ENERGETIC NAȚIONAL

| | |
|---|-----------|
| CAPITOLUL 1 | 1 |
| 1.1. INTRODUCERE | 1 |
| 1.2. ENERGIILE NECONVENȚIONALE | 1 |
| 1.3. HIDROELECTRICITATEA DE MICĂ PUTERE | 2 |
| 1.4. PONDEREA ENERGIEI HIDRO ÎN PRODUCȚIA MONDIALĂ DE ELECTRICITATE | 2 |
| 1.5. PERSPECTIVE ALE CREȘTERII PRODUCȚIEI DE ELECTRICITATE PRIMARĂ | 3 |
| CAPITOLUL 2 - MICROCENTRALELE HIDROELECTRICE ÎN LUME | 4 |
| 2.1. ȚĂRI INDUSTRIALE ÎN CARE PNB/LOC < 36000 FF | 5 |
| 2.2. ȚĂRI ÎN CARE PNB/LOC ESTE CUPRINS ÎNTRE 18000 FF ȘI 36000 FF | 6 |
| 2.3. ȚĂRI ÎN CARE PNB/LOC ESTE CUPRINS ÎNTRE 2700 FF ȘI 18000 FF | 6 |
| 2.4. MICROHIDROCENTRALELE ÎN ȚĂRILE ÎN CURS DE DEZVOLTARE | 7 |
| CAPITOLUL 3 - MICROCENTRALELE HIDROELECTRICE ÎN ROMÂNIA | 11 |
| 3.1. SCURT ISTORIC - TRADIȚII | 11 |
| 3.2. DEFINIREA MICROCENTRALELOR HIDROELECTRICE ÎN ROMÂNIA | 13 |
| 3.3. LOCUL ȘI ROLUL MHC ȘI CHEMA | 14 |
| 3.4. PRINCIPII DE FUNCȚIONARE | 14 |
| 3.5. SCHEME DE AMENAJARE | 14 |
| 3.6. PRINCIPII DE ECHIPARE A CENTRALELOR CU HIDROAGREGATE | 15 |
| 3.7. ECHIPAMENTE HIDROENERGETICE PENTRU MHC ȘI CHEMA - SITUAȚIA ACTUALĂ ȘI TENDINȚE DE EVOLUȚIE | 15 |
| 3.7.1. Diagrama H - Q. Tipodimensiuni de turbine hidraulice - caracteristici tehnice principale | 15 |
| 3.7.2. Microhidroagregate cu puteri sub 100 kW | 17 |
| 3.7.3. Hidroagregate cu componente tipizate cu puteri unitare până la 1200 kW | 18 |
| CAPITOLUL 4 - VALORIFICAREA POTENTIALULUI HIDROENERGETIC SECUNDAR | 21 |
| 4.1. MICROHIDROENERGETICA | 21 |
| 4.2. LOCUL ȘI ROLUL HIDROENERGETICII ÎN MEDIUL SOCIAL - IMPLICAȚIILE HIDROENERGETICII ÎN MEDIUL RURAL | 27 |
| CAPITOLUL 5 – SITUAȚIA ACTUALĂ ȘI DE VIITOR A AMENAJĂRILOR HIDROELECTRICE DE MICĂ PUTERE ÎN ROMÂNIA | 29 |
| 5.1. SITUAȚIA MHC ȘI CHEMA APARTINÂND ELECTRICA SA | 30 |
| 5.2. PROGRAME, PROIECTE ȘI TENDINȚE PRIVIND DEZVOLTAREA CENTRALELOR HIDROELECTRICE DE MICĂ PUTERE | 35 |
| 5.2.1. Evaluarea potențialului hidroenergetic al râurilor foarte mici | 37 |
| 5.2.2. Evaluarea potențialului hidroenergetic al râurilor mici (amenajări cu puteri între 10 kW și 1 MW) | 37 |
| 5.2.3. Studiul de schemă de amenajare a râurilor foarte mici din zone locuite | 39 |
| 5.2.4. Studiul privind posibilitățile de alimentare cu energie electrică prin MHC a localităților mici și a gospodăriilor izolate, neracordate la sistem, identificate de ELECTRICA SA | 40 |
| 5.3. ENERGIA HIDRO ȘI UTILIZAREA COMPLEXĂ A APEI - CONFERINȚA NAȚIONALĂ A ENERGIEI | 42 |
| 5.3.1. Reabilitarea | 43 |
| 5.3.2. Prezentarea proiectului franco – român de reabilitare a CHEMA | 45 |
| CAPITOLUL 6 - CONCLUZII | 47 |

PARTEA A DOUA – CRITERII DE SECTORIZARE A BAZINELOR HIDROGRAFICE

| | | |
|--|---|------------|
| CAPITOLUL 7 - SECTORIZAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE PE CRITERIUL VARIATIEI POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC | | 48 |
| 7.1. | INTRODUCERE | 48 |
| 7.2. | BAZELE GEOGRAFICE ȘI METODOLOGICE ALE EVALUĂRII POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC SECUNDAR | 49 |
| 7.2.1. | Râurile mici și evaluarea potențialului hidroenergetic natural al acestora | 49 |
| 7.2.2. | Obiective generale ale evaluării potențialului hidroenergetic | 51 |
| 7.2.3. | Abordarea sistemică a metodologiei de evaluare a potențialului hidroenergetic | 52 |
| 7.2.4. | Evaluarea potențialului hidroenergetic teoretic | 55 |
| 7.2.4.1. | Calculul potențialului teoretic | 55 |
| 7.2.4.2. | Calculul potențialului teoretic de suprafață | 57 |
| 7.2.4.3. | Calculul potențialului teoretic liniar | 58 |
| 7.2.5. | Potențialul hidroenergetic amenajabil | 61 |
| 7.2.5.1. | Valorificarea potențialului hidroenergetic al României | 63 |
| CAPITOLUL 8 - SECTORIZAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE ÎN FUNCȚIE DE VALORILE COEFICIENTULUI DE INSTALARE - DATE HIDROLOGICE PENTRU BAZINELE HIDROGRAFICE ALE RÂURILOR PRAHOVA ȘI DOFTANA | | 65 |
| 8.1. | ROLUL COEFICIENTULUI DE INSTALARE AL CHE ȘI CHEMA - MHC ÎN SECTORIZAREA REȚELEI HIDROGRAFICE | 65 |
| 8.1.1. | Determinarea debitului instalat pentru o amenajare de mică putere | 70 |
| 8.2. | HIDROGRAFELE RÂURILOR PRAHOVA ȘI DOFTANA ÎN PERIOADA APELOR MARI DE PRIMĂVARĂ | 72 |
| 8.3. | INFLUENȚA FACTORILOR FIZICO-GEOGRAFICI ASUPRA REGIMULUI SCURGERII APELOR ÎN BAZINELE RÂURILOR PRAHOVA ȘI DOFTANA | 84 |
| 8.3.1. | Rețeaua hidrografică și bazinul hidrografic | 84 |
| 8.3.2. | Date hidrologice, elemente morfometrice utilizate la evaluarea potențialului hidroenergetic al râurilor Prahova și Doftana | 86 |
| 8.3.2.1. | Date hidrologice pentru râul Prahova în diferite secțiuni | 90 |
| 8.3.2.2. | Date hidrologice pentru afluenți ai râurilor Prahova, Doftana, Teleajen, curbe ale debitelor clasate | 97 |
| 8.3.2.3. | Date hidrologice pentru cursurile de apă din bazinul hidrografic Valea Doftanei pentru amenajări de microhidrocentrale | 103 |
| CAPITOLUL 9 - CONCLUZII | | 107 |
| PARTEA A TREIA – PROBLEMELE EXPLOATĂRII CENTRALELOR HIDROELECTRICE DE MICĂ PUTERE GRUPATE ÎNTR-UN SECTOR HIDROENERGETIC COMUN, CU RACORDARE LA SISTEMUL ENERGETIC NAȚIONAL PARTICULARITĂȚILE EXPLOATĂRII LOR ÎN CONEXIUNE CU CHEA SITUATE ÎN AVAL | | |
| CAPITOLUL 10 – CONSIDERAȚII GENERALE ASUPRA MODELULUI DE EVALUARE ENERGETICĂ - CRITERII DE CALCUL AL PARAMETRILOR | | 108 |
| 10.1. | PARAMETRI ȘI CARACTERISTICI ALE MODELULUI DE EVALUARE ENERGETICĂ | 108 |
| 10.1.1. | Parametrul hidrologic debit | 108 |
| 10.1.2. | Parametrul hidrologic cădere | 113 |
| 10.1.3. | Caracteristicile de exploatare ale agregatelor | 115 |
| 10.1.4. | Exprimarea analitică a caracteristicilor de producție | 116 |
| 10.2. | MODELUL DE EVALUARE ENERGETICĂ | 118 |
| 10.3. | MODELUL MATEMATIC AL SUBSISTEMULUI HIDROENERGETIC | 120 |
| 10.3.1. | Descrierea modelului | 120 |
| 10.3.2. | Analiza și calculul eficienței economice a CHEMA | 122 |
| 10.4. | ANALIZA SISTEMELOR DE AMENAJARE HIDROENERGETICĂ PE BAZA MODELULUI DEFINIT – STUDIU DE CAZ | 123 |
| 10.5. | METODE DE DECIZII MULTICRITERIALE UTILIZATE LA ALEGEREA VARIANTEI SISTEMULUI DE AMENAJARE HIDROENERGETICĂ | 132 |
| 10.6. | CHE PALTINU - PREZENTAREA AMENAJĂRII ȘI APORT ENERGETIC | 136 |
| 10.6.1. | Barajul și acumularea Paltinu | 136 |

| | | |
|--|--|-----|
| 10.6.2. | Producția de energie electrică în CHE Paltinu – 1972 – 1998 | 137 |
| 10.6.4. | Curbele caracteristice ale acumulării Paltinu | 139 |
| 10.6.5. | Graficul dispecer - Lacul de acumulare Paltinu | 140 |
| 10.6.6. | Elemente de calcul al compensării pentru CHEA Paltinu | 142 |
| 10.7. | INVESTIGAREA PRIN CALCUL PROGRAMAT A SURSELOR HIDROENERGETICE DE MICĂ PUTERE | 145 |
| 10.8. | CONCLUZII | 156 |
| CAPITOLUL 11 - MĂSURĂTORI LA TURBINELE HIDRAULICE DIN CHEMP PENTRU DETERMINAREA CARACTERISTICILOR ENERGETICE ȘI ESTIMĂRI ENERGETICE DE TATONARE | | 157 |
| 11.1. | INTRODUCERE | 157 |
| 11.2. | SCOP | 157 |
| 11.3. | CARACTERISTICI, SIMBOLURI ȘI NOTAȚII | 157 |
| 11.4. | DESCRIEREA MĂSURĂTORILOR - RELAȚII DE CALCUL | 159 |
| 11.5. | CARACTERISTICI ENERGETICE | 164 |
| 11.5.1. | Cheia limnometrică aval CHEMP TEȘILA 2 | 164 |
| 11.5.2. | Curba de consum TH 1 FO 230 / 720 - CHEMP TEȘILA 2 | 165 |
| 11.5.3. | Curba de consum TH 2 FO 230 / 720 - CHEMP TEȘILA 2 | 166 |
| 11.5.4. | Parametrii de consum ai TH 1 și TH 2 determinați prin interpolare | 167 |
| 11.5.5. | Curbele de debit | 169 |
| 11.5.6. | Curbele de putere | 170 |
| 11.5.7. | Curbele de cădere | 171 |
| 11.5.8. | Caracteristicile de randament | 172 |
| 11.6. | Determinarea caracteristicii de cădere a turbinei FO 230 / 720 - CHEMP TEȘILA 2 | 175 |
| 11.7. | METODOLOGIA DE CALCUL A PRODUCȚIEI DE ENERGIE LUNARĂ ÎN CHEMP ÎN FUNCȚIE DE DEBITUL AFLUENT PROGNOZAT MEDIE LUNARĂ | 177 |
| 11.7.1 | Generalități | 177 |
| 11.7.2. | CHEMP TEȘILA 1 | 177 |
| 11.7.2.1 | CAZUL 1 | 177 |
| 11.7.2.2 | CAZUL 2 | 179 |
| 11.7.3. | CHEMP TEȘILA 2 | 182 |
| 11.7.4. | CHEMP PRISLOP | 182 |
| 11.7.5. | CHEMP NEGRAȘ 1 | 183 |
| 11.7.6. | CHEMP NEGRAȘ 2 | 183 |
| 11.7.7. | Corecții la sfârșit de lună | 184 |
| 11.7.8. | Exemple de calcul | 185 |
| 11.8. | PROGRAME DE CALCUL | 187 |
| 11.9. | CONCLUZII | |
| CAPITOLUL 12 – METODA GRAFO-ANALITICĂ DE ESTIMARE ENERGETICĂ | | |
| 12.1. | Graficul de exploatare a turbinei FO 230 / 720 - CHEMP TEȘILA 2 | |
| | Metoda grafo-analitică de estimare energetică | 190 |
| 12.2. | CARACTERISTICILE DE EXPLOATARE ALE TURBINEI FO 230 / 720 – CHEMP KD 1 | 199 |
| 12.2.1. | Determinarea caracteristicii de cădere a turbinei | 199 |
| 12.2.2. | Graficul de exploatare a turbinei FO 230 / 720 - CHEMP KD 1 | 199 |
| 12.2.3. | Metoda grafo-analitică de estimare energetică - CHEMP KD 1 | 202 |
| 12.3. | CONCLUZII | 204 |
| CAPITOLUL 13 – ASPECTE ALE VALORIFICĂRII POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC SECUNDAR ÎN ZONA DE FORMARE A REȚELELOR HIDROGRAFICE | | 205 |
| 13.1. | DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE INSTALARE ÎN CHEMP PE BAZA ANALIZEI TEHNICO-ECONOMICE COMPARATIVE | 205 |
| 13.1.1. | Calculul parametrilor hidroenergetici ai CHEMP TRĂISTENI 1 | 207 |
| 13.1.2. | Calculul producției de energie pe baza volumului de apă uzinat conform curbei de durată - Varianta 3 FO 125 / 640 | 208 |
| 13.1.3. | Calculul producției de energie pe baza volumului de apă uzinat conform curbei de durată - Varianta 2 FO 190 / 720 | 210 |
| 13.1.4. | Calculul producției de energie pe baza volumului de apă uzinat conform curbei de durată - Varianta 4 FO 125 / 640 | 212 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 13.1.5. | Calculul producției de energie pe baza volumului de apă uzinat conform curbei de durată - Varianta 2 FO 190/720 + FO 125/640 | 214 |
| 13.1.6. | Calculul producției de energie pe baza volumului de apă uzinat conform curbei de durată - Varianta 3 FO 190/720 | 216 |
| 13.1.7. | Comparația cheltuielilor de investiții în funcție de varianta de echipare CHEMA TRĂISTENI 1 | 218 |
| 13.1.8. | Comparația cheltuielilor anuale în funcție de varianta de echipare CHEMA TRĂISTENI 1 | 220 |
| 13.1.9. | Calcul economic CHEMA TRĂISTENI 1 | 222 |
| 13.1.10. | Debitele medii, debitele instalate actuale și debitele instalate propuse pentru CHEMA din modelul de studiu ales | 223 |
| 13.1.11. | Coefficientul de instalare actual și propus pentru CHEMA din modelul de studiu ales - Bazinul hidrografic al râului Doftana | 224 |
| 13.1.12. | Producția de energie electrică în CHEMA TRĂISTENI 1, CHEMA TEȘILA 1 și CHEMA TEȘILA 2 - 1986 - 1996 | 225 |
| 13.1.13. | Producția de energie electrică în CHEMA TRĂISTENI 1, CHEMA TEȘILA 1 și CHEMA TEȘILA 2 - Aspecte economice | 226 |
| 13.1.14. | Comparația prețurilor de producere a energiei electrice în CHEMA TRĂISTENI 1, CHEMA TEȘILA 1 și CHEMA TEȘILA 2 | 229 |
| 13.2. | IMPORTANȚA CENTRULUI DE PERFORMANȚĂ ÎN CONTEXTUL ACTUAL AL REFORMEI SECTORULUI ENERGETIC ÎN ROMÂNIA | 230 |
| | CAPITOLUL 14 – CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE | 232 |
| 14.1. | CONCLUZII FINALE | 232 |
| 14.2. | CONTRIBUȚII PERSONALE | 238 |
| 14.3. | PROGRAME ȘI APLICAȚII DE CALCUL | 239 |
| 14.4. | DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE | 240 |
| | ANEXE | |
| | ANEXA 10.1. | 241 |
| | ANEXA 10.1.1. | 246 |
| | ANEXA 10.1.2. | 247 |
| | ANEXA 10.1.3. | 248 |
| | ANEXA 10.2.1. | 249 |
| | ANEXA 10.2.2. | 250 |
| | ANEXA 10.2.3. | 251 |
| | ANEXA 10.3.1. | 252 |
| | ANEXA 10.3.2. | 253 |
| | ANEXA 10.3.3. | 254 |
| | BIBLIOGRAFIE | 255 |

PARTEA ÎNTÂI

TENDINȚE ACTUALE ÎN EVOLUȚIA CENTRALELOR HIDROELECTRICE DE MICĂ PUTERE RACORDATE LA SISTEMUL ENERGETIC NAȚIONAL

CAPITOLUL 1.

1.1. INTRODUCERE

Civilizația industrială mondială a știut să determine un confort material incontestabil. Acest acces la confort este facilitat de creșterea semnificativă a consumului și deci a producției de energie.

Printre alte forme de energie, electricitatea, prin suplețea ei, permite accesul către toate serviciile energetice moderne : forța motrice, iluminat, caldură, instalații frigorifice, telecomunicații, audio - vizual.

Chiar dacă realizarea programului de Utilizare Rațională a Energiei a demonstrat posibilitatea creșterii confortului energetic al utilizatorilor finali, doi factori fundamentali sunt de luat în considerare pentru programele energetice viitoare :

- *În țările industrializate, toate posibilitățile de utilizare a resurselor de energii neconvenționale, care cresc independența energetică și reduc impactul cu mediul înconjurător (riscuri majore, emisie de gaze cu efect de durată mare), merită să fie exploatate la maximum.*
- *În țările în curs de dezvoltare și în țările nou industrializate, care sunt în general într-o fază de creere a infrastructurii de producere și distribuție a energiei electrice, aceste surse de energii neconvenționale privilegiate din start.*

1.2. ENERGIILE NECONVENȚIONALE

Energiile neconvenționale constituie o alternativă a energiilor produse pe baza combustibililor fosili și un răspuns la problemele de aprovizionare și de mediu.

- ◆ *Energia solară, cu una din aplicațiile sale : electricitatea fotovoltaică, este bine adaptată alimentării cu energie electrică în cantități mici a zonelor izolate, situate la distanțe mari de orice rețea electrică, (tipic sub 5 kWh/zi). Este însă prea scumpă pentru electrificarea satelor izolate sau pentru cuplare la rețeaua generală.*
- ◆ *Energia biogazului produs pe baza deșeurilor animale care prin fermentație în recipiente izolate special produc așa-numitul biogaz din care este separat apoi gazul metan.*
- ◆ *Energia eoliană. Datorită costurilor încă destul de ridicate ea trebuie să fie valorificată în special în zonele cu circulație intensă și relativ direcționată a maselor de aer (de exemplu anumite regiuni de coastă, insule, regiuni montane, etc.).*
- ◆ *Energia mareelor. Energia acumulată de valurile mărilor și oceanelor, ca și cea a mareelor este valorificată prin transformarea ei în energie electrică în centrale maree - motoare.*

- ◆ **Energia hidro.** După opinia unor specialiști - ca factori de decizie, ea se limitează la echiparea marilor fluvii prin construirea de baraje mari. Inconveniențele acestei macrohidroelectricități sunt, pe de o parte mobilizarea unui capital important, pe de altă parte - impactul deseori negativ asupra mediului înconjurător [33].

iată câteva exemple :

- acumularea Decheong (Coreea), unde stagnarea apei a favorizat un fenomen de eutrofizare, care se traduce prin proliferarea vegetației și a germenilor (biliarzioza, chistosomiaza).
- lacul Nasser care a blocat sedimentele fertilizând valea Nilului și a antrenat salinizarea terenurilor irigate.

1.3. HIDROELECTRICITATEA DE MICĂ PUTERE

Hidroelectricitatea de mică putere, cu amenajări de talie mică (de la 1 kW la 10 MW), prezintă dimpotrivă o serie de avantaje, atât economice, cât și ecologice [59] :

- absența emisiei de gaze cu efect de seră și deșeuri toxice;
- impact redus cu mediul înconjurător :
 - acumulare cu volum mic de apă sau fără acumulare;
 - ușurința integrării în peisaj;
 - compatibilitate cu protecția faunei și a florei acvatice.
- tehnica avansată și fiabilă, beneficiind de progresul electromecanicii și informaticii (automatizare, telegestiune, standardizare);
- costuri competitive și accesibile investitorilor locali;
- sinergie între utilizarea rațională a electricității și a instalațiilor mici conectate la rețele izolate.

Uniunea Internațională a Producătorilor și Distribuitorilor de Energie Electrică distinge trei tipuri de Centrale Hidroelectrice Mici (Petites Centrales Hydroelectriques - PCH) :

- microcentralele - cu o putere instalată sub 500 kW ;
- minicentralele - cu puteri instalate sub 2000 kW ;
- centralele mici - cu puteri instalate sub 10000 kW ;

Este semnalată și existența picocentralelor cu o putere instalată ce nu depășește câteva zeci de kW, adaptate la ansamblul necesităților unei exploatare agricole izolate, sau necesităților de bază ale unei așezări rurale [44].

1.4. PONDEREA ENERGIEI HIDRO ÎN PRODUCȚIA MONDIALĂ DE ELECTRICITATE

În 1988, repartitia surselor de energie în producția de energie electrică mondială (10580 TWh) era următoarea :

- energie termică pe bază de cărbune și hidrocarburi : 64 % ;
- energie nucleară : 16,5 % ;
- energie hidro : 19,5 % , ceea ce reprezintă 2050 TWh, din care 80 TWh pentru hidroelectricitatea de mică putere (Fig. 1.1.).

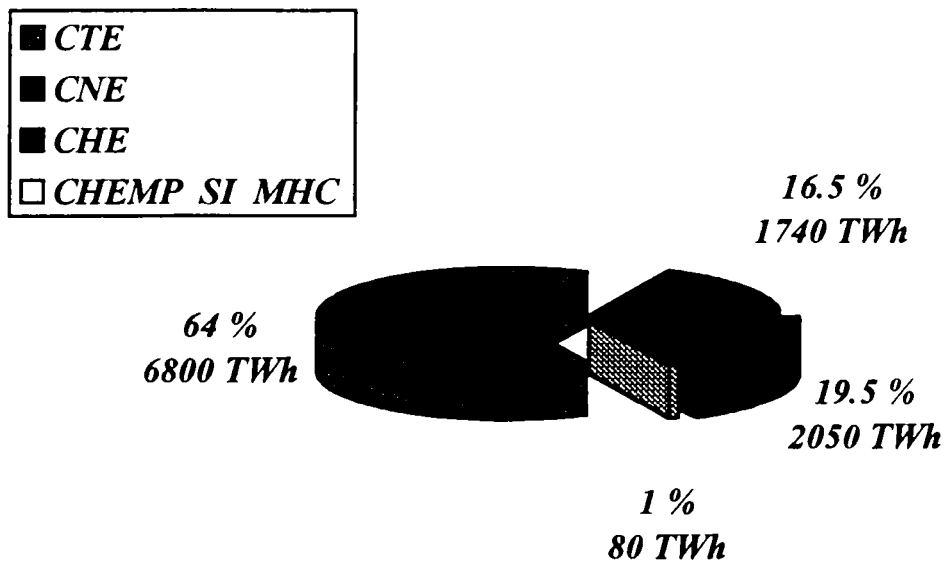


Fig. 1.1. Ponderea energiei hidro în producția mondială de electricitate

1.5 PERSPECTIVE ALE CREȘTERII PRODUCȚIEI DE ELECTRICITATE PRIMARĂ

Până în 2025 este prevăzut un demaraj clar în alegerea modurilor de producție de energie electrică între țările industrializate și țările în curs de dezvoltare [14].

Astfel, în timp ce în nord se accentuează tendința de dezvoltare a centralelor nucleare, se pare că țările din sud privilegiază evoluția producerii energiei în centrale hidro, care va cunoaște o creștere de ordinul a 900 TWh între 2000 și 2025, cu o participare semnificativă a producției în centrale mici (peste 100 TWh) [1]. (Fig. 1.2.).

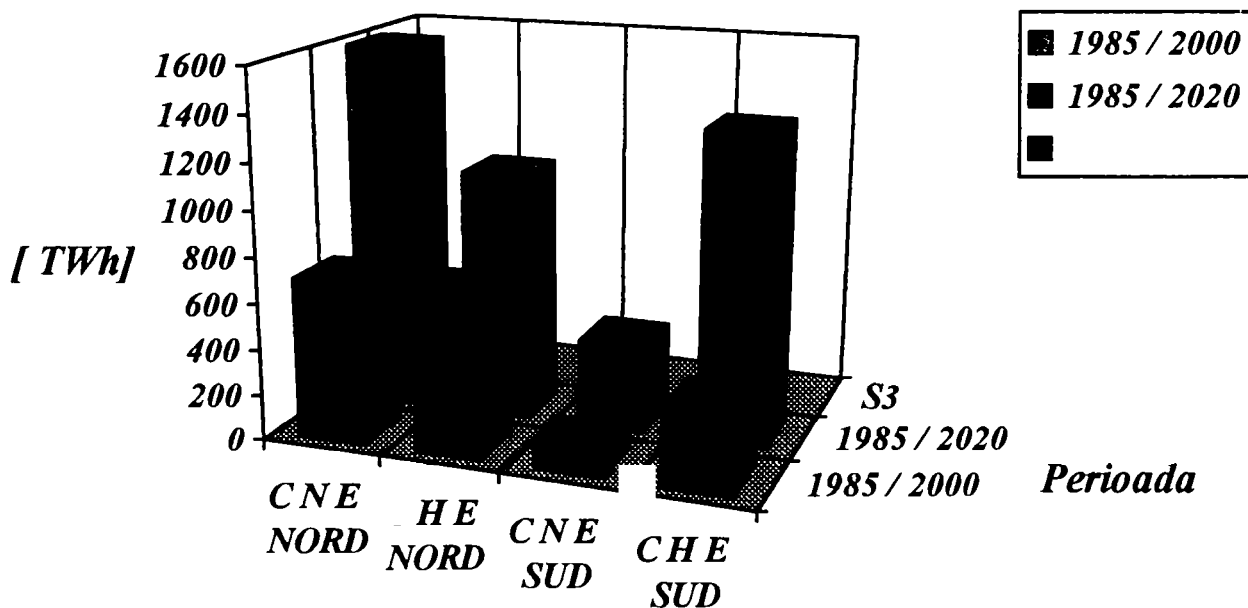


Fig. 1.2. Perspective ale creșterii producției de electricitate primară (Sursa CME 1989, în TWh suplimentari).

CAPITOLUL 2.

MICROCENTRALELE HIDROELECTRICE ÎN LUME

Criza energetică legată cu creșterea neîncetată a prețului petrolului a antrenat la nivel mondial o recăștigare a interesului pentru toate resursele energetice disponibile.

Hidroelectricitatea cunoaște un proces spectaculos : astăzi nu este țară care să dispună de resurse hidraulice utilizabile și care să nu se preocupe de dezvoltarea amenajărilor hidroenergetice de mică putere, ca și a marilor amenajări, dacă sunt posibil amenajabile.

Țările industriale recurg din nou la instalarea a astfel de centrale după revizuirea concepțiilor de rentabilitate, care au limitat valorificarea energiei hidraulice în folosul centralelor pe hidrocarburi în ultimele două - trei decenii.

Fabricarea de echipamente electromecanice robuste și standardizate este deasemeni dezvoltată, mai ales în perspectiva exportului [12].

Țările în curs de dezvoltare, care resimt puternic creșterea prețului petrolului, își manifestă interesul pentru creșterea utilizării " huilei albe ", pomind de la o mai bună cunoaștere a resurselor de apă încă disponibile.

Energia hidraulică este o formă de energie nepoluantă, care se transformă ușor în energie electrică, cu un randament care poate atinge 70 % .

Totuși utilizarea energiei hidraulice ridică probleme de impact cu mediul. Amenajările hidroenergetice de mică putere nu trebuie privite fără a lua în calcul și alte posibile utilizări ale apei [15].

Pe baza unor documente relativ recente (reviste de specialitate, anuare statistice) și a unor lucrări prezentate cu prilejul unor manifestări tehnice, cum a fost cea de la Kathmandu (Nepal), a fost posibil să se redacteze o descriere generală a situației microcentralelor hidroelectrice în câteva țări din lume.

Prezentarea situației actuale în 20 de țări a urmărit clasamentul propus de Banca Mondială, considerind produsul național brut pe cap de locuitor pentru anul 1978.

Acest mod de analiză nu prejudiciază cu nimic potențialitățile și competențele locale.

Cele cinci categorii în care au fost clasificate diferitele țări se sprijină pe plaje foarte largi ale PNB /locuitor [33]:

1. Țări industriale: PNB / loc. > 36000 F: Germania, S.U.A., Franța, Japonia, Suedia, Elveția.
2. Țări în care: 18000 F < PNB /loc. < 36000 F: Finlanda.
3. Țări în care: 2700 < PNB /loc. < 18000 F: Columbia, Spania, Italia, Nicaragua, Panama, Peru.
4. Țări în care: 1350 F < PNB /loc. < 2700 F: China, Maroc, Filipine.
5. Țări sărace, în care: PNB /loc. < 1350 F: India, Burundi, Pakisan, Nepal.

Țările industriale sunt în măsură să răspundă la toate cererile de furnituri de echipamente electromecanice și fiecare țară în dezvoltare se străduie să construiască cu propriile mijloace bănești elemente de turbine, generatoare și chiar aparataj electric.

2.1. ȚĂRI INDUSTRIALE - PNB /loc > 36000 F

GERMANIA

Producția totală de energie se situa în 1980 la 301 TWh din care 17 TWh în hidro (6%).

În 1875 puterea instalată se ridică la 118 Mw repartizați în MCH de 20 kW, ea dublându-se în următorii 10 ani.

În 1910 apare o stagnare în echipamente, dar în 1920 sunt amenajate marile fluvii: Rhin, Dunare, Oder, Main și în 1940 toate marile orașe sunt legate la rețele de distribuție.

În 1945 producția de energie hidrolică reprezintă 19% din producția de energie, diminuându-se treptat pe seama creșterii ponderii energiei termice.

Sunt în funcție peste 500 mari centrale relevând mari societăți de distribuție și 10000 MCH aparținând producătorilor autonomi.

Criza petrolului suscită din nou un anumit interes pentru MCH, în particular în zonele montane unde se are în vedere restaurarea MCH abandonate și realizarea de noi construcții plecând de la principiul rentabilității asigurată de puteri peste 1000 kW, sau între 100 kW și 1000 kW cu automatizarea instalațiilor.

Costul unui MCH ($P < 1000$ kW) este de ordinul a 10000 - 20000 F / kW instalat (inclusiv lucrările de geniu civil).

Nu există încă un inventar al MCH, chiar dacă este recunoscut interesul unei astfel de dezvoltări pentru industria locală.

Fabricanții cei mai cunoscuți ai echipamentelor electrice adaptate MCH sunt VOITH ȘI OSSBERGER, cel din urmă având obținut brevetul pentru construcția turbinelor Mitchell-Banki, fiind bine cotate pe piața de export.

Este de remarcat totodată ajutorul tehnic acordat de Germania anumitor țări ca Peru, Burundi, Ruanda, pentru inventarierea resurselor hidrolice și o serie de studii de fezabilitate.

FRANȚA

Producția totală de electricitate a fost în 1979 de ordinul a 231 TWh din care 66 TWh în hidro, adică 29%.

În 1982 existau 1060 MCH de putere mai mică de 2000 kW, corespunzând unei puteri totale de 390 MW și unei producții de 2 TWh, adică 3% din producția totală de energie electrică.

Nu s-a evaluat precis potențialul hidroelectric al cursurilor mici de apă, dar se poate aprecia că o cantitate de cel puțin 9 TWh va fi încă recuperabilă.

Inventarul efectuat de EDF în 1954 nu a prins decât centralele cu echipamente având puteri peste 2000 kW.

După 1977, la inițiativa Delegației pentru Amenajarea Teritoriului (DATAR), a Ministerului Industriei (ajutor pentru dezvoltare) și organisme departamentale ale Agriculturii și Echipamentelor, au fost efectuate evaluări ale potențialului MCH, prin diferite metode [10].

Aceste inventarii s-au făcut cu privire la :

- instalații existente – reconstrucția lor (regiunea Puy - de - Dome, bazinul Vienne aval de Limoges);
- Instalații existente și amenajări potențiale (regiunea centrală, Masivul Central, Aquitaine, Bassin de l'Argens).

Alte inventarii de evaluare a posibilităților realizării hidroenergetice sunt în curs în departamentul regiunii Bourgogne.

Se are în vedere nu numai construirea unor obiective noi, dar și reconstrucția, cum ar fi de exemplu a centralelor hidroelectrice Puy de Dome (0.015 TWh/an), Momistrol (0.041 TWh/an), Roche Bat (0.018 TWh/an).

În Alpi, pe râurile Masivului Central și în Munții Jura există posibilitatea de a construi 4000 microhidrocentrale cu o putere a agregatelor până la 2000 KW și o producție totală de 8 TWh/an [32].

ELVEȚIA

Dispune de resurse hidraulice bine valorizate. Producția hidroelectrică este de 34 TWh, reprezentând 79 % din producția totală de energie (43 TWh).

Producția în microcentrale ($P < 8000$ KW) este de ordinul a 2,5 TWh/an.

Elveția acordă asistență tehnică pentru MCH în Nepal.

Printre fabricanții de echipamente electromecanice și hidromecanice se numără CHARMILLE S.A. și BELL - ESCHER - WYSS.

2.2. ȚĂRI ÎN CARE PNB / LOC. ESTE CUPRINS ÎNTRE 18000 F ȘI 36000 F

FINLANDA

Producția totală de electricitate este de 37 TWh și contribuția hidroelectricității este de ordinul a 14 TWh, ceea ce reprezintă 38 %.

Finlanda vizează instalarea de MCH ($P < 3000$ KW) făcând apel la turbine Kaplan și Francis, funcție de înălțimea de cădere care este inferioară sau respectiv superioară de 20 m.

Ca firmă constructoare se remarcă grupul constructor TAMPELLA - NOHAB - LEFFEL.

2.3. ȚĂRI ÎN CARE PNB / LOC. ESTE CUPRINS ÎNTRE 2700 F ȘI 1800 F

COLUMBIA

Columbia dispune de resurse hidraulice cu un potențial echipabil de 70000 MW și marile amenajări actuale (125 centrale) corespund unei puteri de 3000 MW.

Această dezvoltare se urmărește în bazinele Santa Magdalena superior, Sogamoso, Sinu, San Huan și scopul fixat pentru 1985 a fost instalarea unei puteri de 7000 MW.

Guvernul columbian se preocupă de dezvoltarea implantării de microcentrale hidroelectrice prin două organisme: Institutul Columbian al Energiei Electrice (ICEL) și Centrul de Dezvoltare Integrată al Universității Andes: Las Gaviotas.

Un plan de microcentrale ($P < 5000$ kW) a fost stabilit în 1979 de ICEL și 35 de amenajări au fost alese după criterii de disponibilitate de date hidrologice și de existența planurilor de valorificare agricolă în anumite bazine. Studiile se derulează în trei etape:

- recunoaștere preliminară;
- fezabilitate;
- elaborarea planurilor de execuție.

Astfel, în aprilie 1979 se părea că 27 de amenajări ar justifica continuarea studiilor. Puterea instalată va fi de ordinul a 60 MW cu un preț acceptabil al kW instalat ridicându-se la 11000 FF.

Centrul Las Gaviotas procedează la punerea la punct a echipamentelor electromecanice, în particular a microturbinelor Mitchel - Banki și elicoidale de tip orizontal.

SPANIA

În pofida condițiilor climatice și a neregularităților regimului hidrologic (scurgeri de ordinul a 34 miliarde m³/an până la 90 miliarde m³/an în perioada de secetă), echipamentele realizate ating puterea de 13600 MW pentru o producție de 48 TWh.

Un colectiv pentru dezvoltarea MCH de la 250 la 5000 kW a fost creat în 1979. O anchetă asupra centralelor existente a fost efectuată și un inventar are ca obiect amenajările care necesită lucrări de geniu civil de volum ridicat și nu interferă cu alte amenajări.

În ceea ce privește diferitele confederații hidrografice, acestea vor examina posibilitățile de echipare a MCH cu amenajări hidro-agricole (baraje și canale).

2.4. MICROHIDROCENTRALELE ÎN ȚĂRILE ÎN CURS DE DEZVOLTARE

În țările în curs de dezvoltare există diferite preocupări pentru producerea energiei în MCH. Electrificarea actuală a zonelor rurale depinde esențial de grupurile Diesel în țările care nu au rețea de distribuție electrică.

Grupurile electrice Diesel nu sunt incompatibile cu existența marilor unități de producție hidroelectrică. Astfel, în țări ca Ghana (centrala de la Akosombo), Nigeria (centrala de la Kanji), Pakistan (centrala de la Tarbela), Zair, Gabon, etc., au un potențial hidraulic suficient pentru a lua în considerare o acoperire parțială sau totală a necesităților electrice prin centrale de mare putere. Totuși, densitatea redusă a populației și dispersia, la care se adaugă uneori dificultăți generate de climat și geomorfologie (Zair, Gabon) nu permite în momentul de față întinderea, în zonele rurale, a unei rețele de distribuție de electricitate alimentate de câteva centrale importante [33].

Cel mai adesea, cheltuielile considerabile antrenate de instalarea unei rețele de înaltă tensiune, nu sunt justificate și furnizarea energiei la sate depinde de posibilitățile de instalare a centralelor de mică putere, fiabile și care nu necesită decât o întreținere minimă.

Cu titlu informativ, sunt amintite câteva cifre semnificative date la conferința de la Lome în mai 1979 și cea din Kathmandou în septembrie 1979:

- alimentarea unui sat mic (500 locuitori) și a unei școli: $P = 50$ kW;
- alimentarea unui sat de mărime medie, având o școală și un centru medical: $P = 100$ kW;
- alimentarea unei uzine de ceai sau de bumbac în timpul zilei și a unui sat în timpul nopții: $P = 200$ kW.

Aceste puteri instalate erau considerate suficiente și susceptibile să antreneze o fixare a populației, crescând confortul vieții și permițând dezvoltarea economică a satului electrificat care va constitui un punct de atracție pentru populația vecină.

Tabelul 2.1 arată că din 1979 MCH era modul de producere a energiei cel mai ieftin, comparativ cu panourile solare, grupul Diesel și cu racordul la o rețea existentă, dar la o distanță mai mare de 25 km.

Avantajul MCH în țările în curs de dezvoltare provine din rata scăzută a dobânzilor pentru împrumuturi acordate de organismele de finanțare internaționale care favorizează obiectivele de producere a energiei cu investiții inițiale mari, dar cu costuri de funcționare reduse, cum sunt MCH.

Tabelul 2.1.

| DOBÎNDA | COSTUL KWh ÎN FF | | | |
|---------|--|------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| | Bransament la o rețea existentă situată la 25 km | Grup electrogen Diesel | Panouri solare cu celule fotovoltaice | HIDROELECTRICITATE |
| 10 % | 1.59 | 1.29 * | 1.37 | 0.43 |
| 5 % | 1.05 | 1.23 * | 0.95 | 0.30 |
| 2 % | 0.78 | 1.21 * | 0.73 | 0.24 |

Costuri comparate ale kWh produs de centrale electrice de mică putere (5 - 10 kW) funcționând pe baza diferitelor surse de energie în țările lumii a treia (Conferința de la Lome, Togo, 1979).

* Prețul considerat pentru carburant: 1.13 FF / litru.

Interesul pentru Diesel s-a diminuat considerabil în câțiva ani.

Avantajul costurilor reduse de investiții a dispărut odată cu creșterea cheltuielilor de funcționare (costul motorinei).

Inconveniențele grupurilor Diesel nu pot fi neglijate:

- dificultăți de aprovizionare cu motorina, legate de starea inegală a rețelei rutiere în funcție de sezon, sau de poziția centrelor de distribuție;
- defecțiuni frecvente și necesitatea menținerii unui personal specializat.

MCH sunt considerate în momentul de față, pentru țările dispunând de resurse hidraulice dispersate, ca un mod de producere a energiei foarte competitiv. Ca exemplu, China, Indonezia, și Peru dezvoltă în prezent construirea de MCH, utilizând la maxim structurile locale existente (materiale, mijloace de construcții, mâna de lucru), într-o manieră care suscită o activitate economică suplimentară în anumite sate.

Studii recente demonstrează că în pofida importanței afluențe către marile orașe, habitatul rural de tip izolat va reprezenta și în anul 2000 aproape 60 % din populația țărilor în curs de dezvoltare.

Energia produsă local este bine vândută, hidroelectricitatea de mică putere corespunde necesităților și utilizatorilor din aceste țări. Ea permite reducerea desertificării, a depopulării și a marginalizării acestor ținuturi.

Aportul său nu se limitează la un confort mai ridicat al vieții; electrificarea antrenează și menține crearea de activități economice.

Costurile unei forme de energie nu se estimează doar funcție de cheltuielile de producere. Transportul și utilizarea energiei sunt deseori mai costisitoare decât producerea însăși.

Interesul pentru electrificarea rurală prin conectare la rețele majore descrește în funcție de:

- depărtarea zonei de electrificat,
- densitatea scăzută a locuitorilor în zonă;
- nivelul scăzut al consumului individual;
- forma curbei de sarcină (maximele ridicate și puțin frecvente necesită instalații supradimensionate în raport cu media consumului).

Conectarea la rețeaua generală a zonelor rurale ale țărilor în dezvoltare este determinată de conjunctura a patru elemente (distanța, slaba densitate, consum redus și curba de sarcină neregulată) care fac neavantajos racordul noilor consumatori [44].

Doar utilizarea generatoarelor sau a rețelelor autonome mici sunt posibile și compatibile cu capacitatea de investiție a acestor țări.

Adaptate pentru producerea și utilizarea locală a energiei, centralele hidroelectrice mici constituie o alternativă interesantă atunci când racordarea la rețeaua națională este tehnic irealizabilă sau prea scumpă.

Necesitatea electricității în domeniul dezvoltării rurale este ridicată (prelucrarea produselor agricole, pompaj, electricitatea casnică...). Puterile necesare a fi instalate în rețeaua locală corespund puterilor MCH și grupurilor electrogene Diesel. Centralele hidroelectrice mici sunt mai rentabile pe termen lung decât grupurile Diesel, deoarece costurile lor de funcționare scăzute și longevitatea compensează o investiție inițială ușor superioară (Fig. 2.1., Fig. 2.2.).

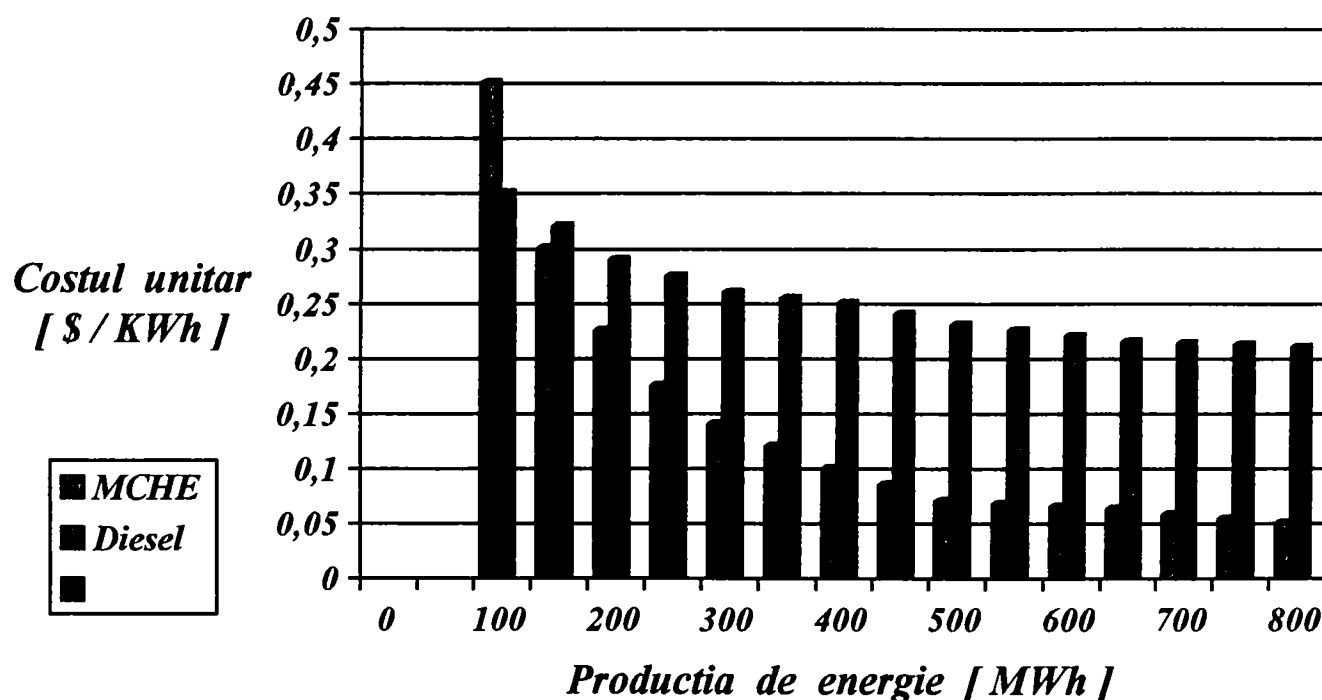


Fig. 2.1. Comparație între costul kWh (în US dollars / kWh) în MCH și Diesel (Sursa: NRECA, Washington 1982).

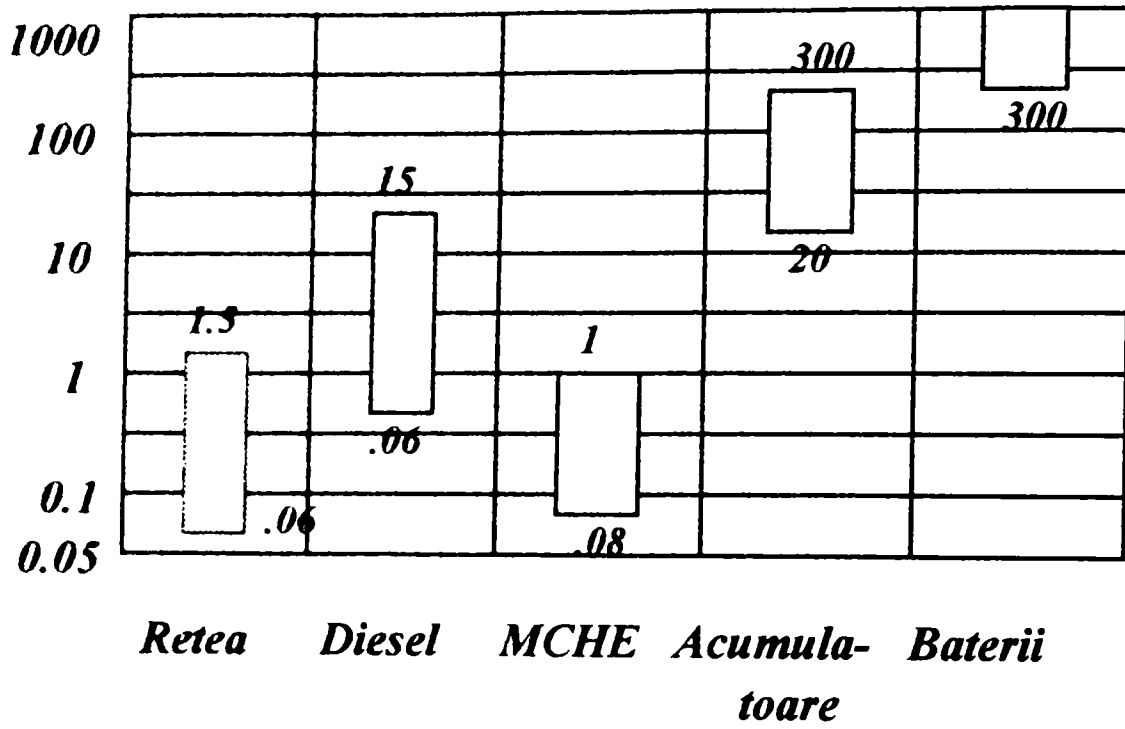


Fig. 2.2. Costul kWh furnizat în FF (în FF/kWh furnizat).

CAPITOLUL 3.

MICROCENTRALELE HIDROELECTRICE ÎN ROMÂNIA

3.1. SCURT ISTORIC - TRADIȚII

Utilizarea energiei apei are o tradiție îndelungată pe teritoriul României. Introducerea și dezvoltarea roții de apă, sau crearea ei la începutul erei noastre au dus la generalizarea morii de apă. Această tehnologie a reprezentat un impact hotărâtor asupra vieții sociale și economice a comunităților umane.

Amploarea acestor instalații pe teritoriul țării noastre este ilustrată în Tabelul 3.1. care reprezintă o statistică efectuată pe baza inventarului pe teren în 1950 - 1955 de Muzeul Tehnicii Populare din Sibiu [7].

| TIPUL INSTALAȚIILOR | TOTAL | BANAT | OLTENIA + MUNTENIA | TRANSILVANIA | | MOLDOVA | DUNĂ- REA | DOBROGEA |
|---|-------------|------------|-----------------------|--------------|-------------|------------|--------------|-----------|
| | | | | NORD | SUD | | | |
| Mori | 4509 | 605 | 625 | 2101 | 813 | 242 | 109 | 14 |
| Instalații ptentru prelucrarea textilelor | 446 | 12 | 104 | 173 | 114 | 43 | - | - |
| Instalații ptentru prelucrarea lemnului | 424 | 25 | 113 | 86 | 174 | 26 | - | - |
| Alte diverse instalații | 139 | 8 | 24 | 45 | 64 | 6 | 1 | - |
| TOTAL | 5518 | 656 | | 2442 | 1126 | 318 | 110 | 14 |

Tabelul 3.1. Statistica instalațiilor acționate de apă din 1955 – 1957.
(Muzeul Brukenthal - Sibiu, Cibinium 1967 / 1968).

Funcționarea acestor instalații hidraulice a implicat rezolvarea unor probleme multiple în comunități, cum sunt: forma de proprietate, programul de folosire, întreținerea, plata serviciului, moștenirea, vânzarea s.a. Aceste reguli se respectau cu strictețe în comunitate, încălcarea lor fiind sancționată și printr-o "atitudine a satului" care dezaproba gestul respectiv.

În prima perioadă a industrializării, roata de apă cu ax orizontal a fost principala sursă de forță motrice. Un exemplu este uzina metalurgică "Sf. Nepomuc" de la Bocșa - Neu Werk (1783) unde existau șapte roți de apă care acționau utilajele pentru furnalul înalt, turnătoriile, cuptoarele și ciocanele de forjă.

La sfârșitul secolului al XIX-lea, în zona superioară a Văii Prahovei, s-a impus crearea unei surse de energie pentru satisfacerea cerințelor industriei și populației, sursă care să poată fi cuplată energetic cu cele aflate în zona Câmpina, realizându-se astfel un prim microsistem energetic local. În acest sens s-a început realizarea unei centrale hidroelectrice la Sinaia, pentru asigurarea alimentării cu energie a industriei locale și a iluminatului

orașului. Construcția a durat din 1896 până în 1899, când, în decembrie, amenajarea a fost pusă în funcțiune, fiind în acel moment cea mai mare centrală hidro din țară [7].

Proiectul lucrării a fost întocmit de către inginerul român Elie Radu, lucrările hidrotehnice și auxiliare fiind executate de Antrepriza ROSAZZA. Amenajarea utilizează un sector de lungime 1,4 km al râului Prahova.

Principalele caracteristici ale amenajării sunt:

| | |
|-------------------------|---|
| - puterea instalată | $P_i = 1000 \text{ kW (1360 CP)}$; |
| - puterea medie | $P_{med} = 457 \text{ kW}$; |
| - debitul instalat | $Q_i = 8,0 \text{ m}^3/\text{s}$; |
| - debitul mediu afluent | $Q_{med\text{ aff}} = 5,2 \text{ m}^3/\text{s}$; |
| - căderea brută | $H_b = 20,6 \text{ m}$; |
| - căderea netă minimă | $H_{n\text{ min}} = 17,0 \text{ m}$; |
| - energia produsă anual | $W_{med\text{ prod}} = 5 \text{ GWh}$. |

Descrierea uvrajelor :

Captarea este compusă dintr-un baraj de 3,2 m înălțime cu 5 stavile mobile de 3,2 x 3,0 m acționate electric și un deversor profilat de 10 m lungime.

Priza de apă este laterală, având vană de admisie și spălare a depunerilor aluvionare, grătar rar și grătar des prevăzut cu instalație mecanică de curățire. În același perimetru se află și casa barajistului pentru supravegherea continuă a funcționării instalațiilor.

Toate construcțiile sunt realizate din zidărie din piatră fasonată.

Aducțiunea realizată din zidărie este subterană, îngropată în versantul stâng al văii. Secțiunea utilă este de formă ovoidal – verticală cu suprafața de 4 m², pereții fiind impermeabilizați la interior prin torcretare și scliviseli.

Funcționarea se realizează cu nivel liber la o pantă de 0,05 % cu interdicția punerii sub presiune. Pentru evitarea acestei situații a fost prevăzută o vană de descărcare pe traseu în caz de nivele excepționale. Camera de presiune (castel de echilibru) este realizată din beton și are în componere deversorul de ape mari, vana fluture de by - pass și camera de încărcare a conductelor cu două vane dreptunghiulare și un grătar des. Conductele forțate și distribuitorul sunt realizate din tablă de oțel moale de 5 mm grosime. Conductele au diametrul de 1,6 mm și sunt nituite.

Clădirea centralei cuprinde sala mașinilor de dimensiuni 22,5 m x 12,0 m x 8,0 m, stația de transformare și conexiuni și încăperi anexe. În sala mașinilor sunt montate patru grupuri TH - GS:

- turbinele sunt de tip FO, cu camera spirală din tablă de oțel nituită, de fabricație VOITH - HEIDEHEIM 250 kW și 250 rot / min;
- generatoarele sincrone cu volant produc o tensiune alternativă de 3000 V, au putere de 250 kW și sunt de fabricație germană LAHMAYER - Frankfurt / Mein.

Trei grupuri au fost date în folosință în anul 1898, iar al patrulea în 1900, fiind primele turbine Francis perfecționate. Grupul 1 a fost înlocuit după 1925 cu un agregat nou executat de aceeași firmă, dar cu camera spirală de secțiune circulară și cu randament superior.

Canalul de fugă este executat din zidărie de piatră cu secțiunea trapezoidală, cu o lățime a radierului de 4 m și lungime de cca. 100 m. Canalul de by-pass este executat din zidărie de piatră cu disipator de energie în trepte. Cheltuielile de realizare a amenajării hidroenergetice Sinaia s-au ridicat la 1549165 lei - aur, din care 1086684 lei au revenit părții de construcții hidro.

3.2. DEFINIREA MICROCENTRALELOR HIDROELECTRICE ÎN ROMÂNIA

În România există un normativ cadru republican, PE 306 - 90, care se referă la:

- proiectarea MHC și CHEMP care funcționează izolat, neracordate la SEN, cu adaptările necesare corespunzătoare acestei funcționări;
- proiectarea CHE cu putere instalată de până la 3,6 MW. În cazul echipării centralelor cu grupuri tipizate această limită se poate extinde până la 5 MW.

Acest normativ prevede că MHC și CHEMP sunt centrale hidroelectrice care valorifică micropotențialul hidroenergetic având puteri instalate după cum urmează [8]:

- MHC sunt considerate centrale cu puteri instalate de până la 200 kW inclusiv. Microhidrocentralele cu puteri instalate de până la 20 kW sunt considerate microcentrale artisanale;
- CHEMP sunt considerate centralele cu puteri instalate cuprinse între 200 și 3600 kW.

MHC și CHEMP se caracterizează prin:

- * folosirea, de regulă, a echipamentelor energetice și hidromecanice tipizate și omologate;
- * realizarea obiectelor amenajărilor folosind soluții constructive simplificate, cu utilizarea de materiale și forță de muncă locale;
- * puterea nu este asigurată, aceasta fiind dependentă de debitul afluent.

Caracteristicile specifice ale celor două tipuri de amenajări sunt:

Microhidrocentralele:

- sunt echipate cu grupuri tipizate EOS, K 250 (MLU), FO sau cu alte grupuri omologate;
- pornirea și oprirea hidroagregatelor se poate face automat, în funcție de nivelul apei din bazinul compensator - camera de încărcare, sau la comanda operatorului;
- sunt prevăzute cu vane de închidere în fața turbinei;
- centralele sunt construcții închise, fără platformă de încărcare - descărcare a echipamentelor, dotate în general cu palan sau monogrindă, acționate manual;
- nu au asigurate condiții de funcționare pe timp de îngheț și necesită golirea apei din circuitul hidraulic în această perioadă.

Centralele hidroelectrice de mică putere:

- sunt echipate cu grupuri tipizate EOS, FO sau alte tipuri omologate;
- pornirea și oprirea hidroagregatelor se face la comanda operatorului sau în funcție de nivelul apei în bazinul compensator - camera de încărcare;

- **sunt prevăzute cu vană pentru închiderea circuitului hidraulic, amplasată în fața (amonte) turbinei;**
- **centralele sunt construcții închise, prevăzute cu platformă de încărcare – descărcare și montaj, dotate cu pod rulant cu o grindă sau două grinzi, cu acționare electrică sau manuală. Sunt prevăzute spații pentru personalul de exploatare;**
- **au asigurate condiții pentru funcționarea pe timp de îngheț. Temperatura minimă de funcționare a hidroagregatului în CHEMA este de +5°C.**

3.3. LOCUL ȘI ROLUL MHC ȘI CHEMA

MHC și CHEMA se realizează pentru valorificarea micropotențialului hidroenergetic al cursurilor mici de apă și al căderilor de apă care apar de la alte folosințe, după cum urmează:

- **valorifică potențialul râurilor cu debite reduse în cazul în care este mai economic să se realizeze centrale mici în comparație cu concentrarea puterii într-o centrală de mare putere;**
- **în cadrul amenajărilor de macropotențial pentru valorificarea debitelor de servitute, a debitului derivat dintr-un bazin în altul, la captări și aducțiuni secundare etc.;**
- **valorifică energetic căderile de apă care apar în cadrul amenajărilor hidrotehnice care aparțin altor folosințe de apă, cum ar fi: alimentări cu apă, irigații, amenajări pentru piscicultură, circuite de evacuare a apelor uzate, circuite de răcire etc.**

3.4. PRINCIPII DE FUNCȚIONARE

MHC și CHEMA sunt destinate funcționării după unul din următoarele principii:

- a. Funcționare continuă, cu uzinarea debitului afluent;**
- b. Funcționare intermitentă.**

Funcționarea continuă înseamnă asigurarea funcționării permanente a unui grup, care în funcție de hidroagregatul folosit se poate realiza în două moduri a:

- a1. În cazul turbinelor cu simplu reglaj (tip FO sau EOS) care sunt prevăzute cu posibilitatea reglării aparatului director prin modificarea deschiderii acestuia în limitele prevăzute pe caracteristica de exploatare.**
- a2. În cazul turbinelor cu dublu reglaj (K 250, fost MLU) prin modificarea deschiderii atât a aparatului director, cât și a rotorului.**

Funcționarea intermitentă a unui grup se practică atunci când debitul disponibil este mai mic decât debitul posibil a fi preluat de turbină.

3.5. SCHEME DE AMENAJARE

Pe cursurile naturale de apă se realizează în general scheme de derivație. În cazul în care există condiții naturale favorabile, sau când anumite restricții impun, se pot realiza scheme cu biefuri amenajate în albie, fără derivație.

Schemele de amenajare cu derivație cuprind în principiu, următoarele uvraje: captare, desnisipator, bazin compensator, aducțiune, castel de echilibru sau cameră de încărcare, centrală, bazin de liniștire cu racord la râu sau la treapta din aval.

Schemele de amenajare cu biefuri cuprind în principiu următoarele obiecte: baraj, priză, centrala amplasată în frontul de retenție sau la piciorul barajului, conductă forțată, bazin de liniștire, racord la râu [16].

CHEMP și MHC sunt realizate ca unități funcționând separat sau în cascade de centrale, funcționând cu aceeași captare și desnisipator. Sunt prevăzute fără regularizare, sau cu regularizare orară a debitului affluent, în corelare cu principiul de funcționare adoptat. Regularizarea orară se realizează prin prevederea bazinului compensator sau a acumulării din bief.

CHEMP și MHC care funcționează în cascadă, precum și cele realizate pe aducțiuni aparținând altor folosințe sunt prevăzute cu by-passuri care, în cazul opririi centralei respective să permită asigurarea debitului pentru centrala sau folosința din aval.

3.6. PRINCIPII DE ECHIPARE CU HIDROAGREGATE A CENTRALELOR

Echiparea centralelor, stabilirea debitului instalat și a principiilor de funcționare se face astfel încât să se asigure valorificarea potențialului hidroenergetic într-un procent cât mai ridicat, cu asigurarea unor randamente, în condițiile unui preț de cost acceptabil [67].

Într-o centrală sunt prevăzute minimum două hidroagregate. În cazuri deosebite, pentru valorificarea debitelor și căderilor de la alte folosințe, sau în cazul în care schema de amenajare permite acumularea și pe perioada normată pentru efectuarea reparațiilor capitale (mai puțin la alimentările cu apă), se admite echiparea cu un singur grup.

Într-o centrală se pot instala grupuri cu același debit nominal sau grupuri cu debite nominale diferite. Este recomandată analizarea oportunității instalării unui grup cu debit nominal mai mic decât al celorlalte grupuri, pentru uzinarea debitelor în perioada de ape mici.

3.7. ECHIPAMENTE HIDROENERGETICE PENTRU MHC ȘI CHEMP SITUAȚIA ACTUALĂ ȘI TENDINȚE DE EVOLUȚIE

Având la bază cercetările din laboratorul propriu de modele de turbine hidraulice, UCM RESITA SA a realizat concepția tipizată a turbinelor hidraulice, generatoarelor și echipamentelor asociate lor, pentru microhidrocentrale și centrale de mică putere în România.

Producătorul și furnizorul acestor echipamente este Uzina de Construcții de Mașini Reșița. UCMR proiectează, fabrică și livrează și echipamente unicate (turbine hidraulice, generatoare și echipamente asociate lor) de diferite tipuri și mărimi.

3.7.1. DIAGRAMA H - Q. TIPODIMENSIUNI DE TURBINE HIDRAULICE TIPIZATE. CARACTERISTICI TEHNICE PRINCIPALE

Odată stabilit domeniul de puteri unitare, între 100 și 1200 kW, respectiv sub 100 kW, s-au stabilit domeniile de căderi respectiv debite, cât

și acoperirea lor cu diferite tipuri de turbine hidraulice [65]. Domeniul turbinelor tipizate realizate după concepția UCM REȘIȚA SA se încadrează în următoarele limite din diagrama H - Q (Fig. 3.1.).

- Căderi între 2,5 și 110 m (cu acoperire parțială la debite mici, sub $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$);
- Debite între $0,1$ și $9 \text{ m}^3/\text{s}$ (cu acoperire parțială la debite peste $5 \text{ m}^3/\text{s}$ și căderi sub 15 m).

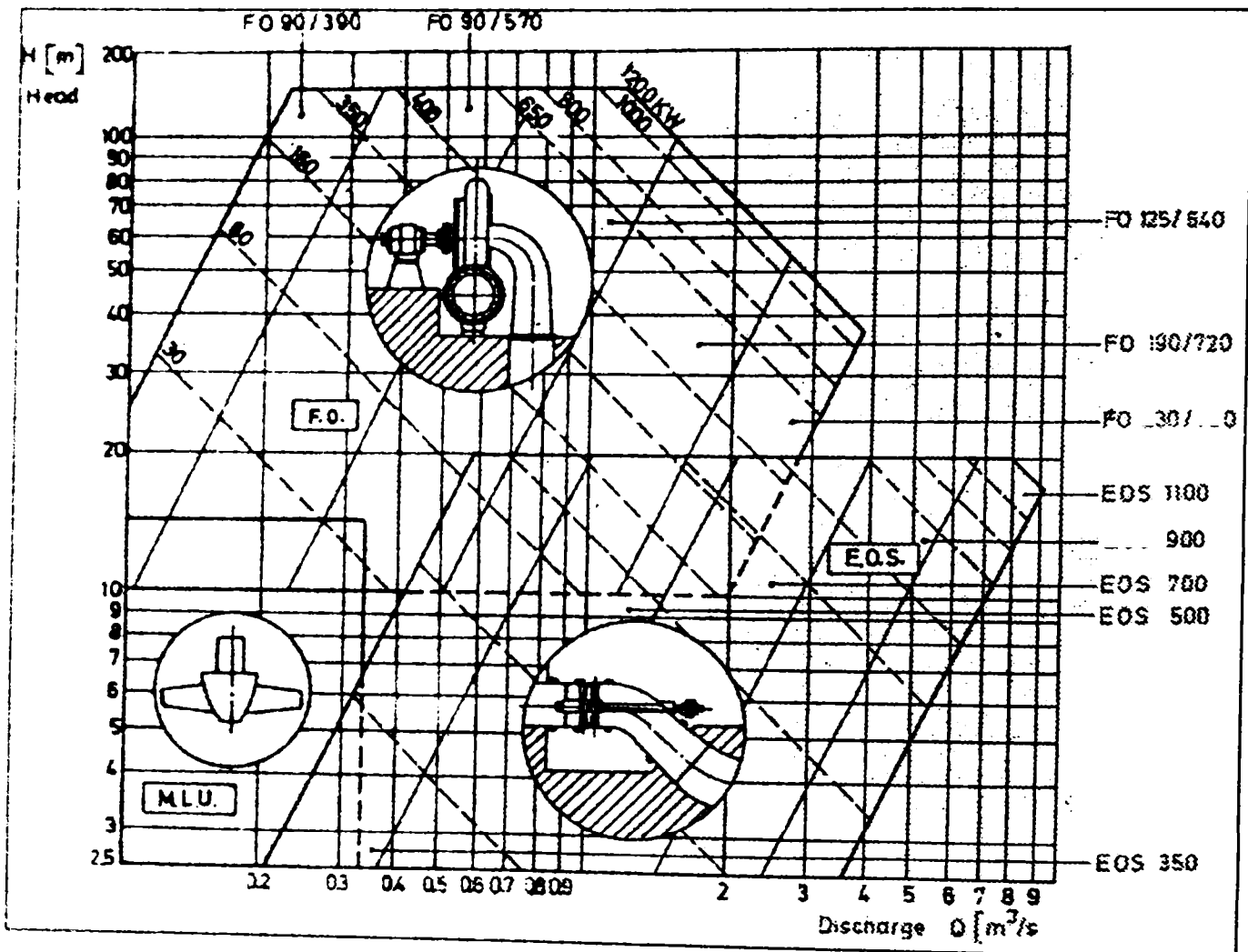


Fig. 3.1. Diagrama H - Q. Turbine micro și mici.

Domeniul este în mare măsură acoperit de trei tipuri de turbine:

1. Turbina axial - verticală cu rotor cu palete fixe, pentru căderi între 4,3 și 14,5 m și debite între 0,18 și $0,245 \text{ m}^3/\text{s}$;
2. Gama de turbine axiale EOS cu rotor cu palete fixe, arbore orizontal, cu circuit hidraulic sub formă de "S", pentru căderi între 2,5 și 20 m și debite între 0,2 și $9 \text{ m}^3/\text{s}$;
3. Gama de turbine Francis orizontale FO cu camera spirală metalică pentru căderi între 10 și 110 m și debite între 0,1 și $4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Turbina axial - verticală este microhidroagregatul de largă utilizare MLU - 250. Principalele caracteristici ale turbinei sunt următoarele:

- Diametrul nominal: $D = 250 \text{ mm}$;
- Turația nominală: $n = 1500 \text{ rot/min}$;
- Căderea netă nominală: $H_n = 7,2 \text{ m}$;
- Căderea netă maximă: $H_{max} = 14,0 \text{ m}$;

- Debitul nominal: $Q_n = 0,234 \text{ m}^3 / \text{s};$
- Puterea nominală la cuplă: $P_n = 14,5 \text{ kW};$
- Puterea maximă la cuplă: $P_{max} = 28 \text{ kW};$
- Randamentul la H_n : $H_n = 88 \%;$
- Sarcina de aspirație: $H_s = + 1,5 \text{ m}.$

Gama de turbine EOS este formată din cinci tipodimensiuni având diametrele: 350, 500, 700, 900, 1100 mm.

Domeniile de căderi nete, debite absorbite, puteri la cupla turbinei, în condițiile funcționării la diferite turații nominale sunt redată în Fig. 3.1. Limitele domeniilor de debite și puteri sunt obținute utilizând posibilitatea fixării paletelor rotorului la diferite unghiuri de instalare.

Gama de turbine FO este formată din 5 tipodimensiuni caracterizate prin mărimi la turație specifică / diametru rotor [mm]: 90/390, 90/570, 125/640, 190/720, 230/720. Caracteristicile fiecărei tipodimensiuni și anume, debitul absorbit, puterea la cupla turbinei pentru căderile nete în condițiile funcționării la diferite turații nominale sunt redată în Fig. 3.1.

3.7.2. MICROHIDROAGREGATE CU PUTERI SUB 100 kW

Primul tip de microhidroagregat în acest domeniu, simbolizat MLU-250, este un agregat monobloc cu ax vertical (Fig. 3.2.) care poate fi racordat la un sistem energetic sau poate funcționa singur pe o rețea izolată.

Microhidroagregatul se compune din: turbină, generator asincron cu rotor în colivie, vană fluture cu diametrul 300 mm cu acționare manuală, mecanism de acționare electromecanică a aparatului director al turbinei, toate formând un monobloc. Separat, conține panoul de automatizare și control cu dispozitivul de comandă și protecție termică și electromagnetică, regulatorul electronic tripozitional, aparate de măsură, semnalizări, butoane, chei de comandă.

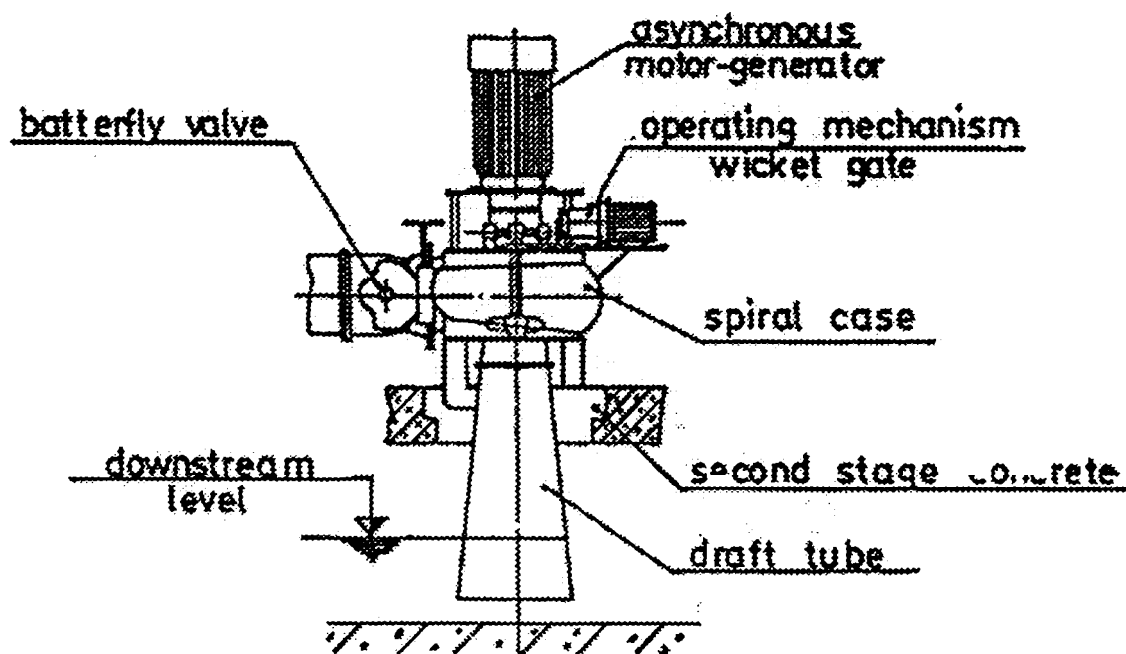


Fig. 3.2. Microhidroagregat de largă utilizare.

626.097
181E

Se livrează cu unul din cele 8 tipodimensiuni de generator cu puteri între 4 și 40 kW.

Pentru funcționare pe rețea izolată [49] generatorul asincron este prevăzut cu baterie de condensatoare care îi asigură autoexcitația.

Astfel de microhidroagregate [48] se utilizează pe lângă cabane izolate, păstrăvării, puncte de exploatare forestieră etc. În prezent se află în exploatare peste 50 de bucăți, având puteri între 3 și 27 kW, (funcție de amenajare), însumând cca 850 kW. Majoritatea funcționează pe rețele izolate.

Domeniul sub 100 kW este în curs de completare cu alte tipodimensiuni de microhidroagregate cu turbine axiale (cu rotoare cu palete fixe, respectiv mobile) și cu turbine Francis.

3.7.3. HIDROAGREGATE CU COMPONENTE TIPIZATE, CU PUTERI UNITARE PÂNĂ LA 1200 kW

Din punct de vedere al rețelei pe care debitează energie, hidroagregatele pot fi concepute pentru funcționare pe rețea izolată (singure sau în paralel) sau pentru funcționare numai pe un sistem energetic.

Fabricația de serie a hidroagregatelor tipizate pentru beneficiarii din România a început cu hidroagregate din cea de a doua categorie, acestea având avantajul simplității echipamentelor, respectiv al unei siguranțe mărite în exploatare[6].

Ulterior gama de hidroagregate tipizate prevede dezvoltarea echipamentelor necesare pentru funcționare pe rețele izolate.

Microhidroagregatele au fost concepute pentru următoarele condiții de funcționare:

- **Funcționare la ambalare timp de minim 4 ore atât a turbinei cât și a generatorului;**
- **Funcționare fără personal de supraveghere sau numai cu personal de urmărire de scurtă durată (ulterior s-a constatat că este necesară prezența personalului de exploatare în centrale);**
- **Funcționare cu deschidere fixă a aparatului director, dar reglabilă sezonier sau zilnic;**
- **Funcționare la temperaturi pozitive scăzute.**

Funcție de rețeaua pe care debitează (izolată sau în sistem energetic), un hidroagregat poate avea următoarele componente:

1. Pentru sistem energetic:

- **turbina hidraulică FO cu sau fără volant sau turbina EOS;**
- **vana de intrare tip fluture;**
- **vana plană;**
- **gratar mobil;**
- **sistem de acționare electromecanic sau hidraulic cu contragreutate;**
- **generator asincron;**
- **panou de automatizare și control.**

2. Pentru rețea izolată:

- **turbina hidraulică FO cu volant sau turbina EOS;**
- **regulator de turație;**
- **vana de intrare tip fluture;**
- **vana plană;**
- **gratar mobil;**

- generator sincron;
- sistem de excitație;
- panou de automatizare și control.

Dispoziția generală a hidroagregatelor cu turbine FO este prezentată în Fig. 3.3. Ansamblul turbină - generator este așezat pe patru lagăre, unul din lagărele turbinei fiind lagăr radial - axial.

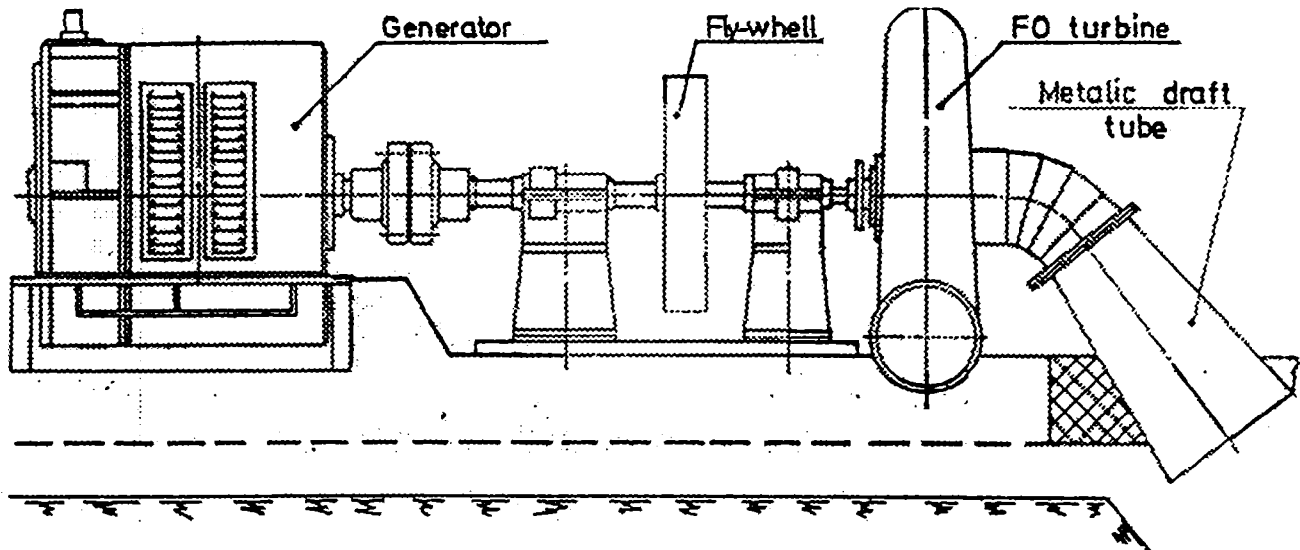


Fig. 3.3. Microhidroagregat cu turbină FO. Dispoziție generală.

O dispoziție generală particulară este cea fără volant, cu ansamblu pe două lagăre, ale generatorului.

Un tip de turbină FO al cărui aparat director este acționat cu mecanism cu contragreutate [72] este ilustrat în Fig. 3.4., iar o soluție eficientă din punct de vedere al reducerii pierderilor energetice la ieșirea din conul de aspirație înclinat la 45°, pentru o astfel de turbină FO este prezentată în Fig. 3.5.

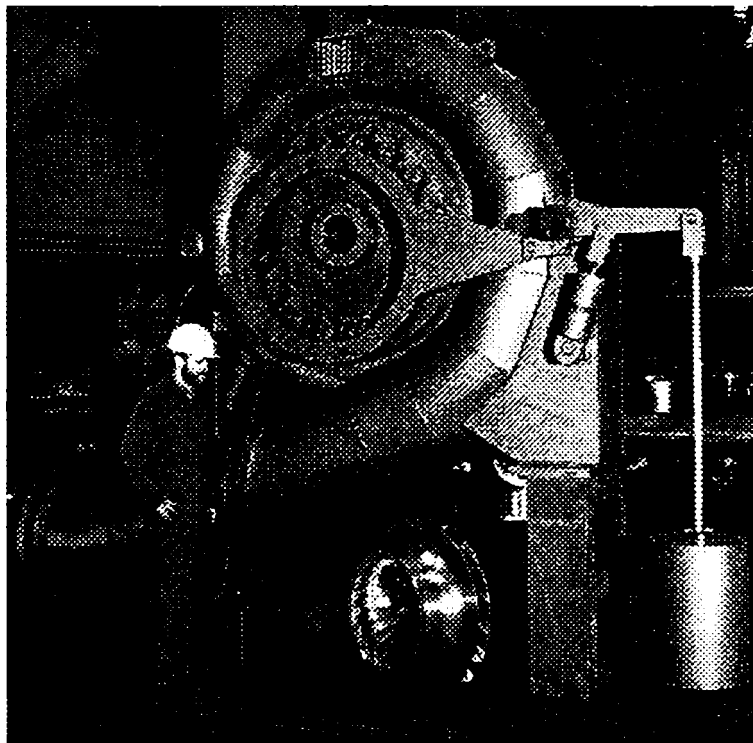
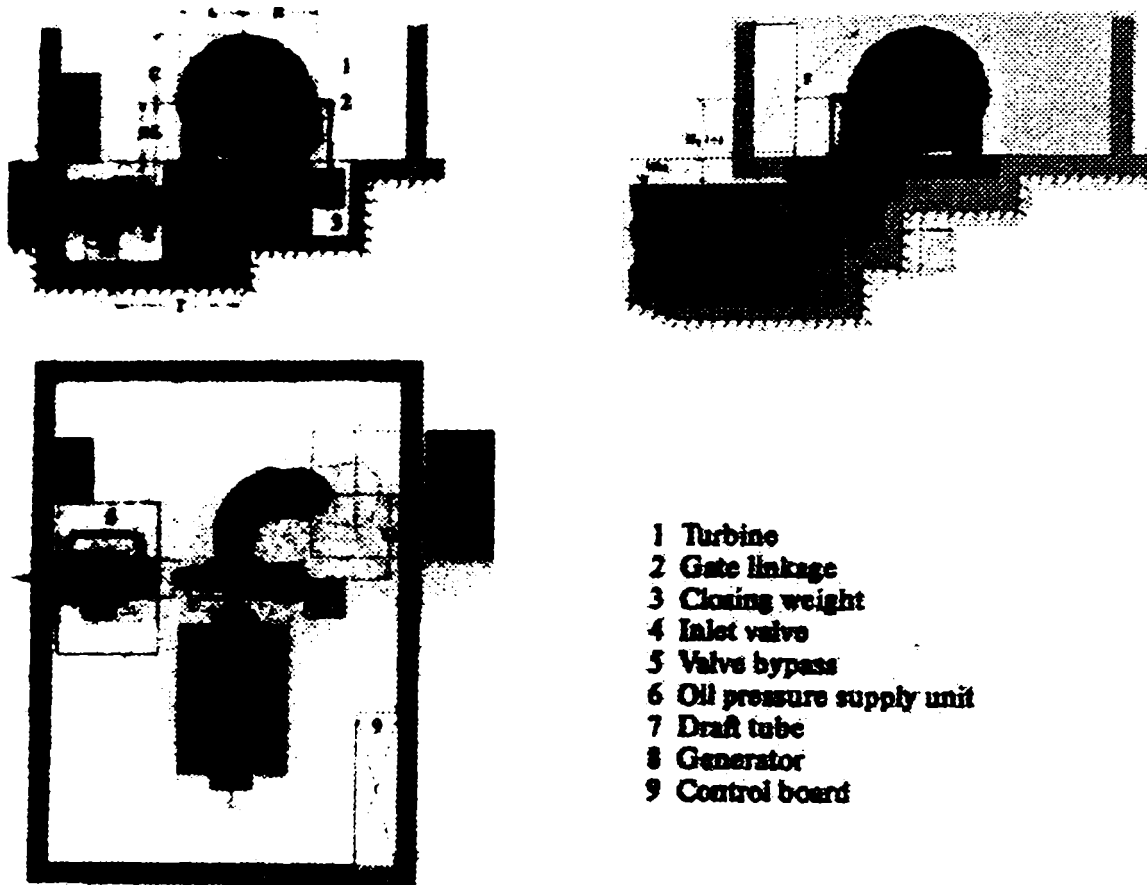


Fig. 3.4. Turbină de tip FO.



- 1 Turbine
- 2 Gate linkage
- 3 Closing weight
- 4 Inlet valve
- 5 Valve bypass
- 6 Oil pressure supply unit
- 7 Draft tube
- 8 Generator
- 9 Control board

Fig. 3.5. Variantă de instalare a unei turbine FO.

Dispoziția generală a hidroagregatelor cu turbine EOS este prezentată în Fig. 3.6. Ansamblul turbină - generator este așezat pe patru lagăre, unul din lagărele turbinei fiind și lagar axial.

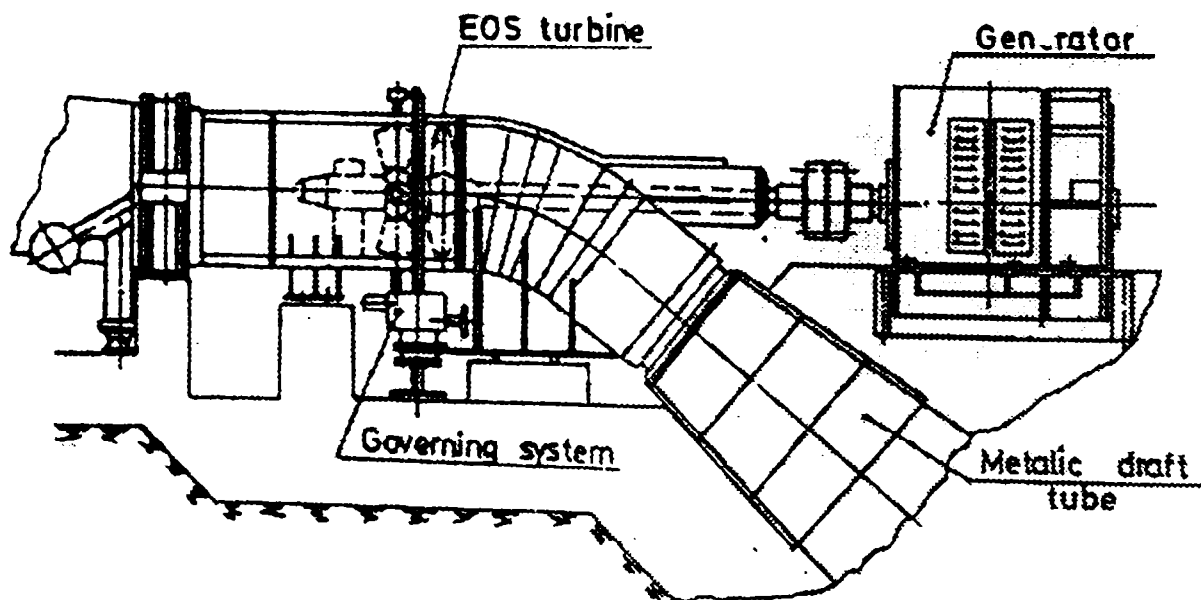


Fig. 3.6. Microhidroagregat cu turbină EOS. Dispoziție generală.

O dispoziție generală particulară este cea cu multiplicator de turație între turbină și generator.

Numărul mare de hidroagregate aflate în exploatare (peste 550, însumând o putere totală de cca 350 MW) a permis îmbunătățirea unor soluții constructive și astfel perfecționarea gamei tipizate.

CAPITOLUL 4

VALORIFICAREA POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC SECUNDAR

4.1. MICROHIDROENERGETICA

Microhidroenergetica, ca disciplină aparte, așa cum este considerată de prof. I. Preda [48], ar putea cuprinde în sine toate preocupările legate de valorificarea resurselor hidraulice secundare. De fapt, energia hidraulică reziduală în toate bazinele hidrografice ale țării, necuprinsă în circuitul energetic al amenajărilor integrale complexe, care poate fi însumată într-un potențial hidroenergetic secundar, urmează să fie valorificată cu ajutorul unor unități electroenergetice de mică putere asociate unor amenajări simple numite microcentrale hidroelectrice (MCHE). Ele se evidențiază prin caracterul restrâns, local al capacității energiei hidraulice și al producerii energiei electrice prin diferite surse secundare (construcții hidrotehnice existente cu diferite destinații, cursuri de apă neamenajate).

Diferiți autori [12] atribuie acestui cadru instalații de la 0,5 kW (în China) la cca 15 MW (în țările industrializate). Amenajările se presupun a putea fi realizate în genere simplificat cu ajutorul unor materiale și mijloace locale iar echipamentele prin soluții constructive simplificate, fără a afecta sensibil performanțele conversiei de energie realizate de construcțiile tehnice evaluate. Ansamblul obținut astfel implică unele condiții de exploatare esențiale între care în afara manevrelor de pornire - oprire mai presupun câteva manevre de reglaj absolut necesare unei bune utilizări a puterii instalate ($T_0 = 3000$ h/an).

Interesul crescând pentru energiile zise de înlocuire a fost declanșat de criza mondială de la sfârșitul anului 1973. Creșterea vertiginoasă a prețului petrolului a determinat creșterea interesului pentru cărbunele alb, schimbându-i semnificativ denumirea în aurul alb. Oricum valorificarea integrală a potențialului hidro devine în final o necesitate în sensul economic al termenului, ea făcând parte dintre categoriile de surse regenerabile, limitată de drept, dar dintre cele mai favorabile sub toate aspectele legate de implicarea ei și a purtătorului său: apa, în soluționarea problemelor vitale ale omenirii. Unii autori au încercat să diferențieze interesul actual pentru energia hidraulică pe două direcții preferențiale determinate în ansamblu de starea de dezvoltare economică: sub forma valorificării unei energii – sursă, dacă e susceptibilă să devanseze prețul pe kWh produs (nuclear) în țările foarte industrializate, sau sub forma unei energii – cerință valorificate în instalații mici, de importanță locală, caracteristică țărilor subdezvoltate.

Practic se pun în cumpană cele 60.000 centrale hidroelectrice de mică putere ($20 \cong 50$ kW) realizate în China cu respingerea realizării unor centrale hidroelectrice cu puteri mijlocii ($1 \cong 2$ MW), încadrabile în categoria micro, în țările industrializate, deoarece nu corespund unor indicatori economici. Îndeobște există peste tot normative privind calculele de justificare economică a unor obiective de acest fel; se impun calcule comparative cu indici economici, eficiența microhidrocentralelor comparându-se cu cea a unei centrale etalon echipată cu grupuri Diesel. Nu întotdeauna se ia însă în considerare faptul ca până se ia o hotărâre se risipesc fără folos un număr nemăsurat de kWh în obiectivul studiat.

Sub raport tehnic, energia electrică produsă de MCHÉ poate fi dirijată, în principiu, către un grup de beneficiari locali, aliniați la limitele de putere respectiv la unele elemente restrictive impuse de construcția centralei. În

unele cazuri ansamblul centrală - consumatori este izolat de SEE (condiții de amplasament), altele acest ansamblu poate fi însă racordat eficient la SEE; oricum în acest context, consumatorii asociați unei MCHE pot fi considerați virtual izolați de SEE în sensul că deservirea lor prin producția suplimentară de energie electrică asigurată de MCHE reprezintă practic o descongestionare a SEE [49].

Energia electrică produsă de MCHE poate fi utilizată în scopuri tehnice de către o gamă largă de utilizatori care își desfășoară activitatea în vecinătatea sursei, respectiv în instalațiile gospodărești ale comunității aferente: în primul caz este vorba de antrenarea pe cale electrică a diferitelor mașini și instalații cu caracter tehnologic din domeniul construcțiilor, forestier, agro-zootehnic etc., iar în al doilea caz de alimentarea unor aparate de uz gospodăresc.

Diagramele de consum zilnice ale grupurilor de utilizatori variază desigur de la caz la caz după tipurile de activitate tehnologică sau gospodărească, dar pot fi studiate și chiar stăpânite prin măsuri organizatorice adecvate (unele restricții față de condițiile SEE pot fi considerate raționale și ca atare, deloc supărătoare - de ex. energia pentru iluminat numai în anumite ore ale zilei).

Astfel, în funcție de amplasamentul sursei, respectiv al MCHE, al vecinătății rețelei de transport sau distribuție al SEE, al poziției, extinderii și caracteristicilor obiectivului consumator, prof. I. Preda semnalează existența următoarelor tipuri:

- MCHE racordabile la SEE, prezintă avantaje legate în special de simplificarea manevrelor de reglaj, respectiv pot funcționa fără restricții până la limita puterii instalate respectiv a celei disponibile a sursei;
- MCHE automate, sunt construite pentru deservirea adecvată a unor consumatori izolați (stații meteo, cabane turistice etc.);
- MCHE automate mobile, sunt construite pentru deservirea unor activități cu caracter temporar sau provizoriu în locuri izolate, din domeniul construcțiilor hidrotehnice, agrozootehnice etc. MCHE mobile pot fi montate în conexiune cu amenajări provizorii realizate ad-hoc în zona respectivă și care urmează a fi dezafectate după închiderea șantierului.

În funcție de putere (într-o primă aproximație), prof. I. Preda [48] definește două categorii de microhidrocentrale electrice:

- a) cu puteri instalate pe grup $P = 0,1 - 1 \text{ MW}$ care presupun construcția unor echipamente unicate, respectiv amenajări aliate unor condiții hidroenergetice particulare (de ex. CHE Timișoara reconstruită $P_1 = 3 \text{ MW}$, în proiect; CHE Surduc ca urmare a valorificării energetice a unei amenajări existente construite pentru alte servituți $P = 2,5 \text{ MW}$ în proiect etc.);
- b) cu puteri instalate pe grup mici $P_1 = 1 - 100 \text{ kW}$ care poate implica o fabricație în serie a echipamentelor, organizată adecvat pe tiposerii respectiv tipodimensiuni.

Dacă din punct de vedere al exploatarei aceste microhidrocentrale pot fi racordate la sistemul electroenergetic sau pot fi automate, în funcție de mărime, amplasament sau destinație, trebuie precizat faptul că preferențial, din considerente economice, ele vor avea caracterul unor centrale hidroelectrice pe firul apei. Realizarea unor amenajări cu posibilități de compensare, nu poate fi justificată decât în situații cu totul particulare și oricum sporesc substanțial cheltuielile.

În toate cazurile, ținând cont de utilizarea rațională a rezervelor hidroenergetice secundare, este oportun să se facă sistematic investigații asupra mărimii și localizării acestui potențial, respectiv asupra importanței lui.

Au fost efectuate măsurători hidrologice sistematice în toate bazinele hidrografice, în care au fost cuprinse date informative și asupra unor surse cu caracter secundar. Oricum aceste date urmează a fi completate pentru a putea avea o imagine cât mai exactă asupra evoluției în timp a debitelor unei surse cercetate, respectiv a variațiilor sezoniere pe care acestea le prezintă, cu scopul firesc de a putea adopta o valoare rațională pentru debitul instalat al centralei, în condițiile unor restricții acceptabile de exploatare (în perioada debitelor mici) respectiv a unor pierderi de energie nevalorificate (în perioada debitelor mari). Cum în majoritatea situațiilor în configurația amenajărilor construite pentru microhidrocentrale căderea realizată nu variază decât în limite mici, curba de acoperire a debitelor poate fi asimilată (la o scară potrivită) drept curbă de acoperire pentru puterile disponibile. În consens se poate construi curba de frecvență aferentă.

Asfel, funcția de distribuție a puterilor disponibile la o microhidrocentrală este dată de relația:

$$F(P_x) = p_x = 1 - \int_0^{P_x} f(P) dP \quad (4.1)$$

cu valoarea p_x la nivelul pragului de putere P_x , iar $f(P)$ este densitatea de repartiție. De fapt acoperirea p_x a pragului P_x este suma probabilităților ca puterea disponibilă a sursei studiate să ia cel puțin valoarea P_x dacă nu mai mare. Curbele dau informații asupra evoluției acoperirii diferitelor praguri de putere respectiv frecvențelor lor de repartiție și sunt utile pentru aprecierea valorii puterii instalate și a unor condiții de exploatare.

Traseul energetic al amenajărilor incluzând centrala propriu-zisă cu echipamentele sale, este organizat în principiu după tipul aducțiunii: forțată sau cu suprafața liberă, dar cu o structură foarte variată impusă de condițiile locale.

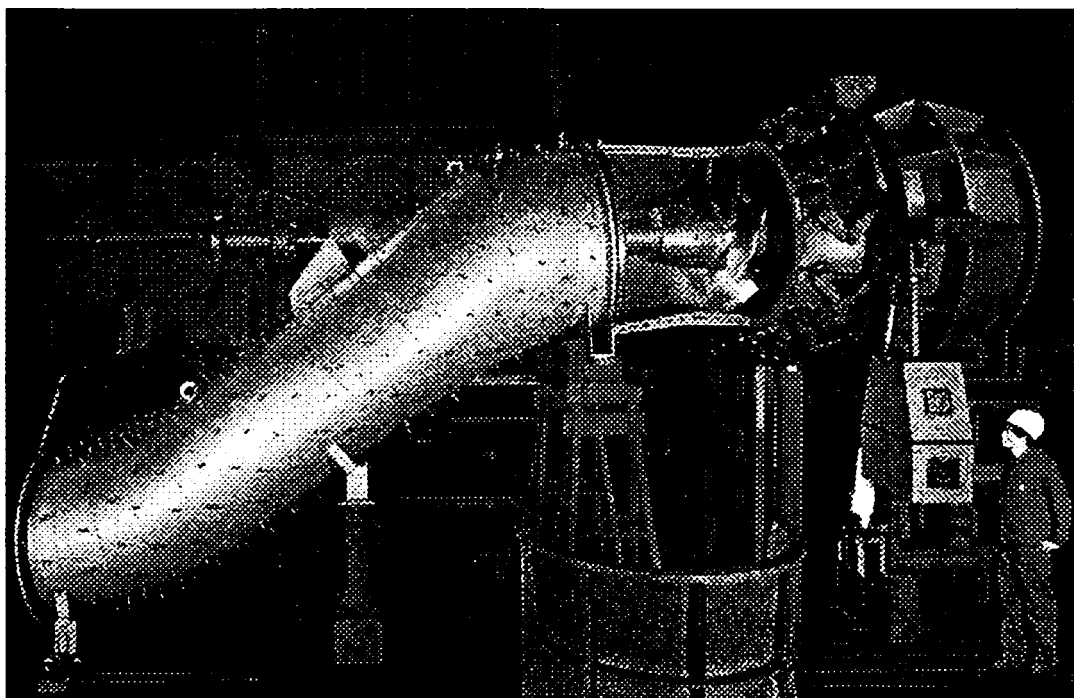


Fig. 4.1. Microturbină hidraulică de tip EOS.

Marea majoritate a microcentralelor hidroelectrice sunt construite pentru căderi relativ mici, caz în care aceste tronsoane energetice pot avea aspectul din Fig. 4.2. [65].

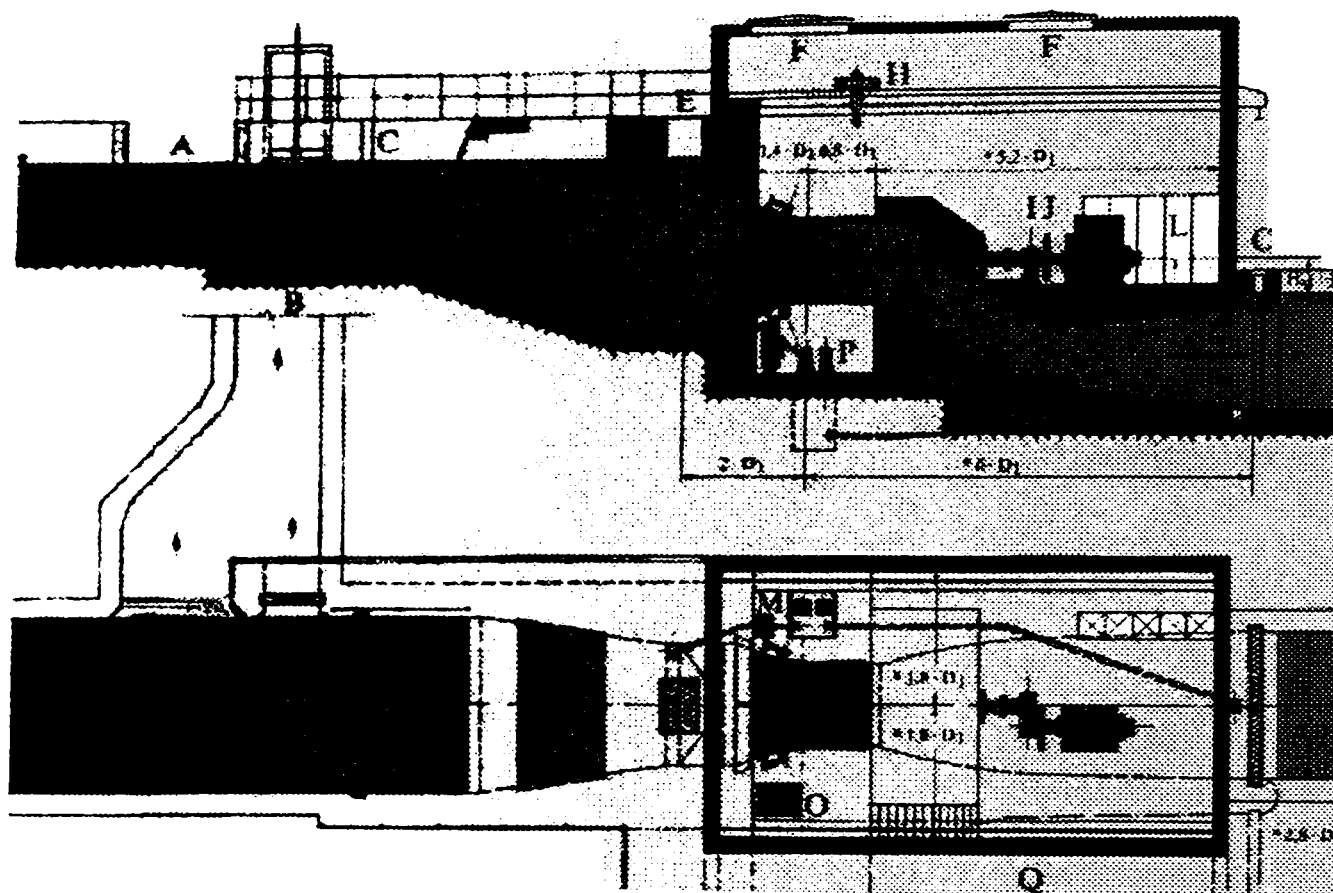


Fig. 4.2. Secțiune printr-o microhidrocentrală cu turbină EOS.

În cazurile arătate, în centrala propriu-zisă sunt montate grupuri cu turbine axiale cu circuit hidraulic în S, iar legătura mecanică spre generator este realizată prin intermediul unei transmisii (Fig 4.1.) [71].

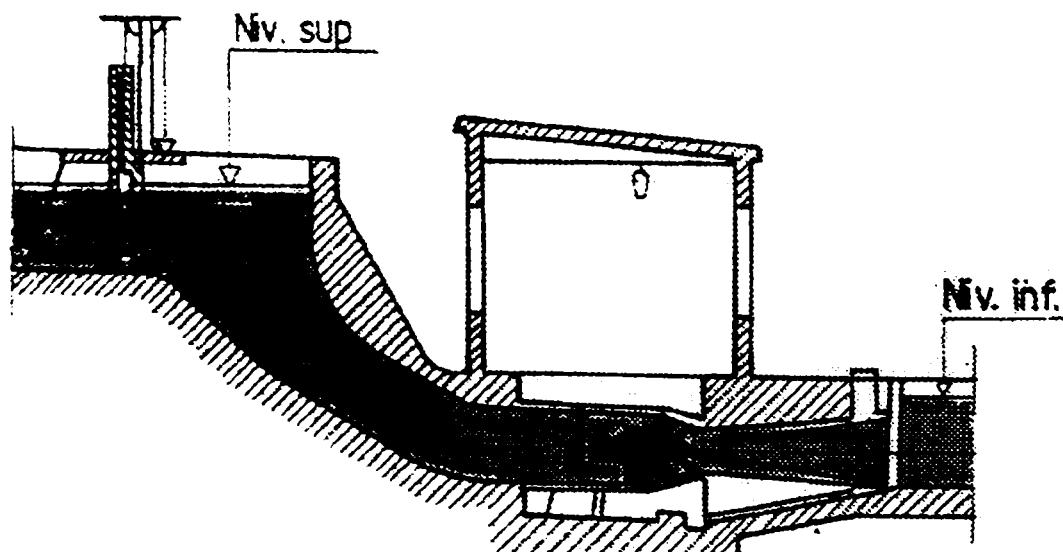


Fig. 4.3. Secțiune printr-o microhidrocentrală cu turbină bulb.

Structura acestui tronson depinde în mare măsură și de tipul de turbină folosit. Ca exemplu este data o secțiune printr-o microhidrocentrală dotată cu turbină bulb (Fig. 4.3.). Datorită complicațiilor tehnice pe care le presupune introducerea generatorului și transmisiei în interiorul bulbului, utilizarea acestui tip a fost practic abandonată. Este data o variantă în care în bulb este încadrată numai transmisia (cu roți dintate conice) legătura mecanică făcându-se lateral spre generator.

În multe cazuri au fost construite microhidrocentrale în care turbină a fost montată în camera deschisă, cu accesul apei direct prin aparatul director în rotorul turbinei. Multe din aceste construcții foloseau rotoare radial-axiale (Francis) cu ax orizontal. De la ieșirea din rotor apa era condusă printr-un cot și tubul de aspirație vertical spre biefelul aval.

Au fost imaginate variante de centrale cu turbine montate în camera semideschisă (Fig. 4.4.). Turbină este de tip axial, stator fix și reglaj rotoric, având arborele înclinat; în compartimentul deasupra planșeului superior sunt amplasate transmisia și generatorul electric.

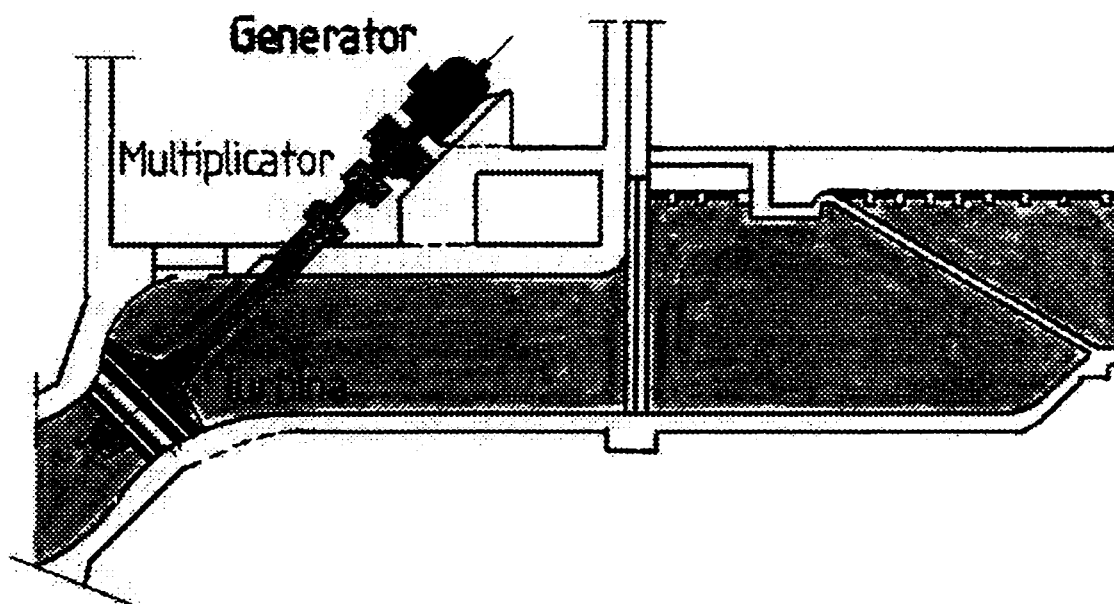


Fig. 4.4. Microhidrocentrală cu turbină de tip axial.

Construcții interesante au fost realizate, construind tronsonul energetic în sifon (Fig. 4.5.). Soluția este tentantă prin simplitatea ei sugerând o largă posibilitate de implantare în amenajări hidrotehnice existente, realizate pentru alte destinații. Nu trebuie trecute cu vederea dezavantajele pe care le prezintă dispunerea imersă a generatorului și a transmisiei, sau, între altele, necesitatea amorsării curente a sifonului cu ajutorul unei instalații de vid, dacă nu și neetanșeitățile ce se pot produce în zona depresionară a acesteia. Se mai adaugă limitarea căderii, din motive evidente.

O altă problemă delicată o constituie necesitatea intercalării între turbină și generator a unor transmisii mecanice cu scopul alinierii regiunilor de lucru ale mașinilor privind turația. Cuplările directe nu sunt totdeauna posibile în sensul că valorile optime ale turațiilor turbinelor, rezultând din tipul adaptat rațional la condițiile $H-Q$ create de amenajare sunt îndeobște diferite (mai mici) de turațiile generatoarelor electrice folosite, de fabricație curentă. Practic, elementele grupului electrogen, format din turbină, generator

și transmisie (dacă este cazul) sunt studiate întotdeauna împreună, ținându-se seama de condițiile optime de construcție și funcționare ale mașinilor.

Echipamentele electrice folosite în dotarea microcentralelor hidroelectrice s-au aliniat la linia generală a construcției și destinației centralelor electrice, cu unele particularități determinate de mărime și importanță, dar rezultând pe de o parte din condițiile de serviciu impuse (tensiuni, frecvență) și pe de altă parte din condițiile de interconectare.

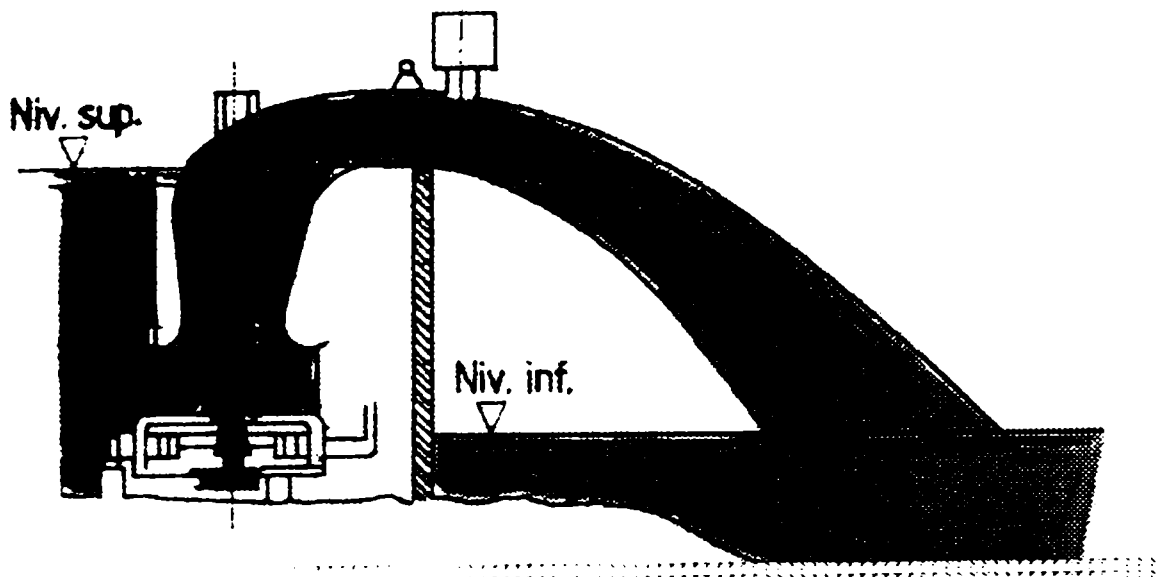


Fig. 4.5. Tronson energetic în sifon.

În acest sens a existat tendința utilizării soluțiilor clasice de echipare și în cazul microcentralelor hidroelectrice de putere mică, autonome.

În Franța, de exemplu, EDF a construit asemenea unități dotate cu generatoare sincrone cu cca. 20 ani în urmă. Constructorii au ajuns însă la concluzia că mașina asincronă folosită ca generator are virtuți incontestabile în ce privește echiparea microcentralelor hidroelectrice de toate tipurile, din categoria puterilor mici (< 100 kW). Calitățile rezidă în: fiabilitate mare (rotor masiv, lipsa bobinajelor rotitoare), comportarea mecanică bună la ambalare. Grupul constituit cu generatoare asincrone, excitate capacitativ se pretează la funcționarea atât în regim autonom (rețea izolată) cu posibilități de reglare automată a încărcării [43], cât și în regim cuplat la rețea.

Reglarea microhidrocentralelor constituie practic procesul de adaptare a funcționării acestora impuse prin condițiile transferului energetic de la sursă la consumatori. În cazul microhidroagregatelor de putere mai mare se mențin soluțiile clasice de reglaj, care, ele însele costisitoare datorită complexității, scumpesc mult ansamblul de instalații. Chiar și organul de reglare a turbinei este îndeobște complicat și costisitor; el a constituit obiectul unor încercări de simplificare.

Astfel, la unele microhidroagregate s-a admis ca reglajul turbinei să se facă manual; în aceste condiții agregatul produce o putere care nu depinde, în poziția fixă a organului de reglare, decât de cădere. Consumatorul poate preleva o parte a acestei puteri, restul fiind deturnat într-un circuit secundar, pe o sarcină neprioritară (apă caldă, pompare, stocare de energie etc.). Regulatorul este construit pe parametrul frecvență electrică pe circuitul principal (Leroy – Somer). În cadrul colectivului LMHT s-a construit un microagregat de cca. 2 kW pentru deservirea Casei Laborator Gemenele (Retezat) care funcționează pe un principiu asemănător. Turbina de tip axial cu palete rotorice și statorice fixe este cuplată cu o mașină asincronă care

funcționează în regim de generator (excitație capacitivă). Grupul autonom debitează la putere constantă, pe două circuite în paralel: unul principal (iluminat, aparate) și unul secundar (compensator, cu elemente modulare: rezistențe electrice grupate într-un boiler). Amenajarea în derivație asigură debitul necesar pentru funcționarea permanentă în perioada de activitate a obiectivului (mai - sept.).

Funcționarea în paralel cu rețeaua (SEE) a microhidroagregatelor dotate cu mașini de inducție ca generatoare, dacă fac parte din categoria puterilor mici, nu necesită practic nici o reglare. În fapt, generatorul lucrează la frecvența impusă de rețea în regim de turație suprasincron. Puterea debitată în rețea depinde de debitul absorbit de turbină respectiv de poziția organului de reglare al acesteia. Dacă debitul turbinat este asigurat, practic grupul poate debita continuu o putere activă constantă fără ca turbina să mai aibă nevoie de un organ de reglare (stator cu palete fixe). Singurul neajuns ar putea fi faptul că mașina electrică de inducție funcționând în acest regim ar absorbi din rețea putere reactivă, ceea ce însă poate fi remediat. Imaginea optimistă creată de un asemenea aranjament nu justifică afirmația că el nu ar avea nevoie de regulator. În fapt, variația naturală a debitului în amenajare, deci a puterii disponibile la turbină este o mărime aleatoare la care grupul va trebui să se alinieze cu regimul său de funcționare.

Din punct de vedere economic, grupul va trebui să livreze în sistem (SEE) maximul ce se poate din puterea disponibilă, deci adaptându-se prin reglaj la variația debitului, până la limita de instalare. Se vede că dacă la un grup "nereglat" debitul absorbit scade, din motive naturale, sub valoarea în care să presupunem a funcționat "normal", turația va tinde să scadă sub valoarea de sincronism, iar mașina electrică intră practic în regim de motor.

De aici se poate trage concluzia că grupurile microhidroelectrice dotate cu mașini de inducție, funcționând ca generator, soluție care se pare a fi din ce în ce mai folosită, au oricum nevoie de un sistem de reglare. În regim autonom grupul poate beneficia de un regulator construit pe parametrul tensiune (frecvența rețelei variază în funcție de încărcarea grupului în limite acceptabile). În regim interconectat grupul are nevoie de un regulator de debit necesar alinierii funcționării la nivelul disponibilităților.

4.2. LOCUL ȘI ROLUL HIDROENERGETICII ÎN MEDIUL SOCIAL IMPLICAȚIILE HIDROENERGETICII ÎN MEDIUL RURAL

Localizarea rurală a hidroenergeticii, la anvergura ei, a devenit în zilele noastre un imperativ la scară națională.

La prima vedere, genericul acestei tematici ar părea învăluit de inadvertență: în primul rând pentru că se consideră tot mai frecvent că mediul social este relativ omogen, puțin diferențiat între sat și oraș în privința utilizării energiei în ansamblul său, apoi în al doilea rând pentru că oricum localizarea amenajărilor hidroenergetice nu este în general asociată vecinătății satelor și orașelor.

Se poate observa în timp că folosințele energetice ale cursurilor de apă au apărut și s-au extins, sub forma unor instalații, modeste ca anvergură și rudimentare privind construcția, chiar la sate, sau cel mult în imediata lor vecinătate. De fapt, primele construcții de acest gen au apărut sub forma unor instalații de forță, deservind ocupații legate sau izvorâte nemijlocit din mediul sătesc: mori, joagăre, steampuri etc. Cu toată răspândirea lor,

acestea nu au vizat decât o parte derizorie a întregului potențial hidroenergetic disponibil.

Evoluția formelor de utilizare a energiei electrice a determinat multe schimbări. Instalațiilor de forță hidraulice li s-a adăugat o componentă nouă - generatorul electric, transformându-le în instalații electrogene. Posibilitățile de utilizare oferite au devenit treptat tot mai numeroase. Revoluția tehnică s-a desfășurat îndeobște în mediul urban ținând seama de dezvoltarea locală a formațiunilor industriale. Multă vreme, energia electrică, obținută între altele și din energia apelor, nu a pătruns, decât cu rare excepții, dincolo de marginile orașelor.

Deși Timișoara a devenit primul oraș din Europa în care a fost instalată o rețea publică de iluminat electric (1884), extinderea rețelei de distribuție electrică în extravilan este semnalată ca încă foarte modestă după multe decenii [31].

Odată cu extinderea interconectării centralelor electrice, respectiv a rețelelor aferente și formarea sistemului electroenergetic național s-a ajuns treptat la electrificarea satelor, la racordarea nu doar a gospodăriilor rurale, ci și a instalațiilor asociate activităților specifice acestui mediu.

În contextul dezvoltării sistemelor electroenergetice, odată cu creșterea într-un ritm accelerat a cererii de energie electrică (ca principală componentă a cererii de energie), se constată că resursele neregenerabile, folosite preferențial, sunt aproape de epuizare. Totodată s-a putut remarca că în cadrul acestei evoluții, contribuția componentei hidraulice ca sursă regenerabilă, dar limitată, este în mod firesc în continuă scădere. Date statistice arată că această contribuție va scădea până la finalul acestui secol aproape la jumătate [48].

În acest complex de interdependențe, aflat sub incidența crizei generale energetice, suntem în situația de a căuta resurse noi, de a încerca să valorificăm unele componente secundare ale celor existente, între care și cele ale resurselor hidraulice.

Se cunoaște că valorificarea potențialului hidroenergetic al unei regiuni se obține prin amenajări complexe, de anvergură, costisitoare, care sunt îngrădite de considerente economice bine determinate. Astfel, cu toată desfășurarea unor lucrări hidrotehnice de amploare, în cadrul unor amenajări complexe denumite integrale, rămân nevalorificate resurse hidroenergetice de importanță secundară, a căror localizare conduce în multe cazuri în vecinătatea unor așezări rurale, cu mult mai răspândite ca cele urbane.

Se poate considera că, independent de evoluția istorică a energiei în general, așezămintele din mediul rural au avut totdeauna în apropiere o sursă hidroenergetică, limitată ca putere, dar spre care au fost îndreptate interese energetice, pentru folosințe diverse asociate acestor disponibilități. Este motivul pentru care problematica hidroenergeticii implicată în mediul rural poate fi tratată în afara cadrului său istoric, ținând cont firește doar de evoluția condițiilor dezvoltării tehnice.

CAPITOLUL 5

SITUAȚIA ACTUALĂ ȘI DE VIITOR A AMENAJĂRILOR HIDROELECTRICE DE MICĂ PUTERE ÎN ROMÂNIA

România dispune de un potențial hidroenergetic de cca. 15000 MW cu o producție medie anuală de energie de 40000 GWh.

Așa cum este prezentat în Fig. 5.1, până la sfârșitul anului 1990 aproape 6000 MW din acest potențial a fost pus în funcțiune în hidrocentrale cu o capacitate medie de producție de peste 16500 GWh pe an (aproape 40 % din total) [6].

Producția de energie pentru 1993 este evidențiată pe categorii de resurse în Fig. 5.2.

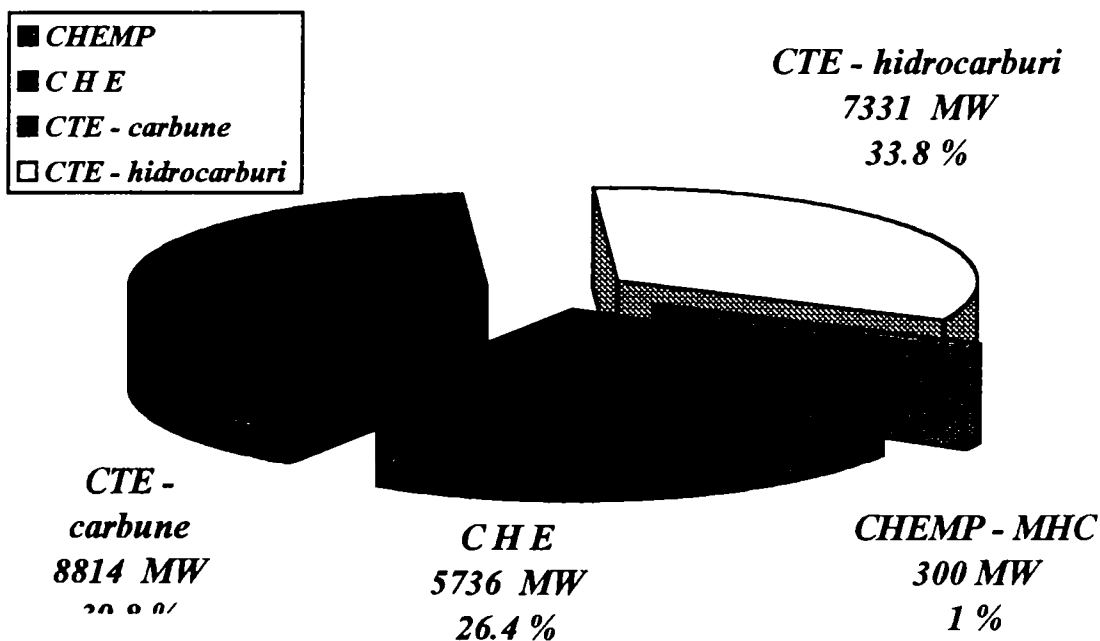


Fig. 5.1. Puterea instalată în SEN - structura la 1 ianuarie 1994.

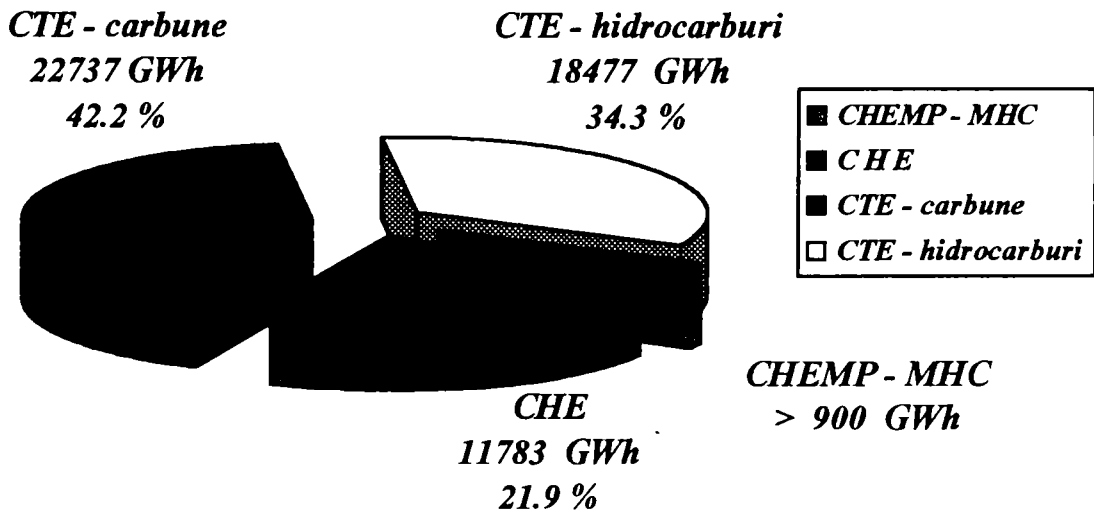


Fig. 5.2. Energia produsă în SEN în 1993.

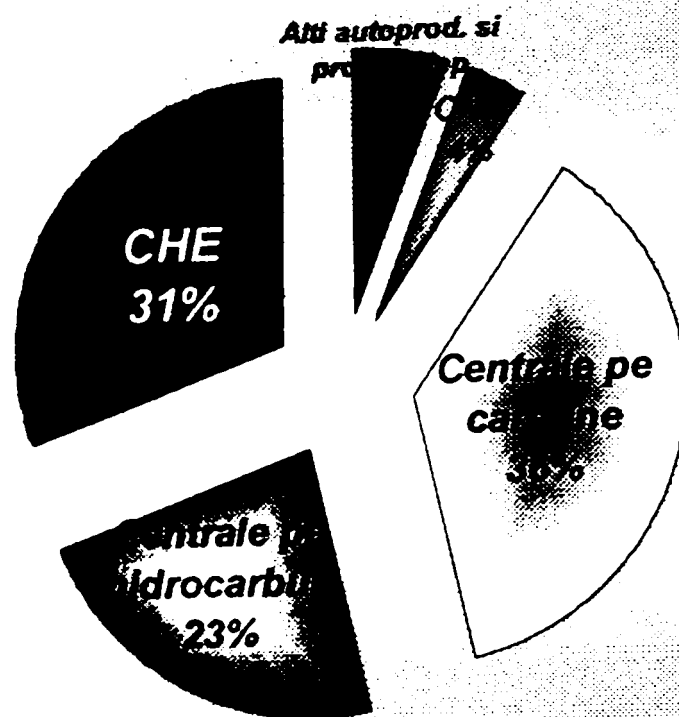


Fig. 5.3. Structura SEN la 31 Decembrie 1998 – Putere instalată 18715 MW [73].

Un rol important în cadrul programului hidroenergetic îl are amenajarea hidrocentralelor de mică putere (sub 3,6 - 5 MW).

La sfârșitul anului 1990, peste 260 centrale mici erau puse în funcțiune, însumând o putere de cca. 350 MW și o capacitate de producție de 850 GWh/an. Alte 97 de centrale mici sunt în curs de realizare până în 1996, puterea lor instalată însumând 250 MW.

Din punctul de vedere al evaluării microhidropotențialului, se apreciază că acesta însumează cca. 2600 MW, ceea ce înseamnă 17,3 % din total.

Din datele de mai sus rezultă că până în prezent acest micropotențial a fost valorificat doar în proporție de cca. 15 %, restul de 75 % urmând a fi amenajat în cadrul unor programe viitoare.

Fără a intra în detalii se poate aprecia totuși că viitoarele amenajări în domeniul microhidrocentralelor vor beneficia de experiența acumulată până în prezent [27]. În acest sens trebuie menționate în primul rând tipizarea și standardizarea soluțiilor tehnice și a echipamentelor pentru centrale cu putere mai mică de 3 MW. Una dintre direcțiile care suportă îmbunătățiri în perspectivă este lărgirea gamei de echipamente tipizate, pentru o acoperire mai bună a domeniului de folosire.

5.1 SITUAȚIA MHC ȘI CHEMP APARTINÂND SC ELECTRICA SA

Cele mai multe dintre centralele hidroelectrice mici racordate la sistemul energetic național al României se află în gestiunea Sucursalelor de Distribuție aparținând Societății Comerciale ELECTRICA SA București.

Din date statistice recente (ianuarie 1994) rezultă situația acestor centrale mici (CHEMP și MHC), puterile instalate, puterile disponibile și puterile indisponibile pentru fiecare centrală, situație prezentată în Tabelul 5.1.

Tabelul 5.1.

| Sucursala de Distribuție a energiei electrice | DENUMIREA CHEMP - MHC | PUTEREA TOTALA INSTALATA [kW] | PUTEREA DISPO NIBILA [kW] | PUTEREA INDISPONIBILA [kW] |
|---|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ALBA IULIA | Fenes 2 | 1000 | 600 | 400 |
| Total SD | | 1000 | 600 | 400 |
| ARAD | Dezna | 98 | 64 | 34 |
| | Mocrea | 55 | 30 | 25 |
| | Iosășel | 126 | 103 | 23 |
| Total SD | | 279 | 197 | 82 |
| PITEȘTI | Limpedea (*) | 315 | 0 | 315 |
| | Șuici | 1300 | 900 | 400 |
| | Gepari | 1300 | 800 | 500 |
| | Vadu Frumos | 900 | 900 | 0 |
| | Salatrucu de Sus | 850 | 850 | 0 |
| Total SD | | 4665 | 3450 | 1215 |
| BACĂU | Andriesesti (*) | 22 | 0 | 22 |
| | Hemeiusi | 85 | 41,5 | 43,5 |
| | Casin 1 tr.1 | 157 | 62 | 95 |
| | Casin 1 tr.2 | 159 | 78 | 81 |
| | Casin 2 | 161 | 100 | 61 |
| | Casin 3 (*) | 216 | 0 | 216 |
| | Casin 4 | 202 | 130 | 72 |
| | Orasa 2 (*) | 336 | 0 | 336 |
| Total SD | | 1338 | 411,5 | 926,5 |
| ORADEA | Baraj CET | 680 | 680 | 0 |
| | Restituire CET | 215 | 100 | 115 |
| | Piatra Buz | 1754 | 1590 | 164 |
| | Boga | 778 | 600 | 178 |
| | Budureasa | 731 | 560 | 171 |
| Total SD | | 4158 | 3530 | 628 |
| BISTRIȚA | Bistrița | 1215 | 970 | 245 |
| | Bolovani | 1100 | 1050 | 50 |
| | Budac 1 | 756 | 560 | 196 |
| Total SD | | 3071 | 2586 | 491 |
| BRAȘOV | Tirlung 1 | 730 | 600 | 130 |
| | Tirlung 2 | 2325 | 1800 | 525 |
| | Tirlung 3 | 1500 | 512 | 988 |
| | Risnov 3 | 572 | 445 | 127 |
| | Risnov 4 | 885 | 602 | 283 |
| | Bran 0 | 560 | 146 | 414 |
| | Bran 1 | 744 | 200 | 544 |
| | Bran 2 | 1612 | 700 | 912 |
| | Vulcan 1 | 1265 | 814 | 451 |
| | Vulcan 2 | 842 | 377 | 465 |
| | Sebes | 810 | 622 | 188 |
| | Tirlung 4 | 1200 | 800 | 400 |
| Total SD | | 13045 | 7618 | 5427 |
| BUZĂU | Lopatari | 840 | 485 | 355 |
| | Mînzălești | 940 | 471 | 469 |
| | Chiojd 1 | 690 | 690 | 0 |
| | Chiojd 2 | 750 | 439 | 311 |
| | Chiojd 3 | 620 | 620 | 0 |
| Total SD | | 3840 | 2705 | 1135 |

| | | | | |
|------------------------|----------------------------|------|-------|-------|
| REȘIȚA | Bistra Nouă | 675 | 199 | 476 |
| | C. Dalcoviciu (*) | 210 | 0 | 210 |
| | Băile Herculane (*) | 270 | 0 | 270 |
| Total SD | | 1155 | 199 | 956 |
| CLUJ | Mănăstirea Dej 1 | 378 | 270 | 108 |
| | Mănăstirea Dej 2 | 366 | 250 | 116 |
| | Florești | 50 | 30 | 20 |
| | Someșul Rece | 280 | 160 | 120 |
| | Huza 1 | 208 | 208 | 0 |
| | Salasele 1 | 25 | 25 | 0 |
| | Salasele 2 | 25 | 25 | 0 |
| Total SD | | 1332 | 968 | 364 |
| SFÂNTU GHEORGHE | Bixad | 1890 | 300 | 1590 |
| | Ghelinta 2 (*) | 100 | 0 | 100 |
| | Ghelinta 3 (*) | 105 | 0 | 105 |
| Total SD | | 2095 | 300 | 1795 |
| TÂRGOVIȘTE | Pucioasa 2 | 1240 | 444 | 796 |
| | Brănești | 1240 | 447 | 793 |
| | Bunget 1 | 196 | 169 | 27 |
| | Bunget 2 | 220 | 220 | 0 |
| | Runcu 1 | 550 | 156 | 394 |
| | Ghimpați (*) | 275 | 0 | 275 |
| | Ilfoveni (*) | 182 | 0 | 182 |
| | Adunați (*) | 220 | 0 | 220 |
| | Brătești | 140 | 140 | 0 |
| Total SD | | 4263 | 1576 | 2687 |
| CRAIOVA | Fântânele | 90 | 0 | 90 |
| Total SD | | 90 | 0 | 90 |
| TIRGU JIU | Sadu Gorj | 1600 | 1600 | 0 |
| | Novaci 1 | 835 | 520 | 315 |
| | Novaci 2 | 2200 | 2200 | 0 |
| | Novaci 3 | 2160 | 2160 | 0 |
| | Novaci 4 | 2160 | 2160 | 0 |
| | Novaci 5 | 1130 | 1130 | 0 |
| | Cornăști (*) | 45 | 0 | 45 |
| | Sacelu (*) | 30 | 0 | 30 |
| | Susani | 115 | 115 | 0 |
| | Oltet 1 | 1700 | 1700 | 0 |
| | Oltet 2 | 1350 | 1350 | 0 |
| | Bala de Fier | 750 | 750 | 0 |
| | Total SD | | 14075 | 13685 |
| MIERCUREA CIUC | Ivo 2 | 420 | 100 | 320 |
| Total SD | | 420 | 100 | 320 |
| DEVA | Dobra 1 | 810 | 780 | 30 |
| | Cătanas | 300 | 260 | 40 |
| | Baru Mare | 440 | 380 | 60 |
| | Valea de Pesti | 200 | 180 | 20 |
| | Valea Crăcului 1 | 538 | 440 | 98 |
| | Valea Crăcului 2 | 415 | 400 | 15 |
| | Valea Crăcului 3 | 560 | 480 | 80 |
| | Zeicani | 365 | 340 | 25 |
| | Godeanu 1 | 400 | 400 | 0 |
| Total SD | | 4026 | 3660 | 366 |
| SLOBOZIA | Dridu | 2350 | 684 | 1666 |
| Total SD | | 2350 | 684 | 1666 |
| IASI | Strunga | 360 | 146 | 214 |
| | Gîstești | 192 | 89 | 103 |
| Total SD | | | | |

| | | | | |
|---------------------|--------------------------|------|-------|------|
| BAIA MARE | Chiuzbaia | 750 | 715 | 35 |
| | Izvoarele | 760 | 480 | 280 |
| | Blidari 3 | 2540 | 1644 | 896 |
| | Firiza 0 | 600 | 600 | 0 |
| | Viscut | 750 | 250 | 500 |
| | Blidari 1 (*) | 345 | 0 | 345 |
| | Blidari 2 (*) | 345 | 0 | 345 |
| | Blidari 4 | 450 | 450 | 0 |
| | Borsa Complex | 286 | 286 | 0 |
| Total SD | | 6826 | 4425 | 2401 |
| TÂRGU MUREȘ | Târgu Mureș | 900 | 600 | 300 |
| | Ilies 1 | 215 | 100 | 115 |
| | Ilies 2 | 185 | 100 | 85 |
| | Sacadat 1 | 160 | 76 | 84 |
| | Sacadat 2 | 330 | 96 | 234 |
| | Reghin | 30 | 40 | 20 |
| | Fincel 1 | 90 | 50 | 40 |
| | Fincel 2 | 90 | 45 | 45 |
| | Mesterita (*) | 132 | 0 | 132 |
| | Lapusna | 25 | 0 | 25 |
| | Isticeu | 875 | 166 | 709 |
| | Iod 1 | 280 | 240 | 40 |
| | Iod 2 | 280 | 240 | 40 |
| | Iod 3 | 410 | 330 | 80 |
| Total SD | | 4032 | 2083 | 1949 |
| PIATRA NEAMȚ | Ceahlau | 390 | 390 | 0 |
| | Bistra 1 | 758 | 552 | 206 |
| | Bistra 2 | 310 | 238 | 72 |
| | Capra 2 | 375 | 366 | 9 |
| | Capra 3 | 1230 | 900 | 330 |
| | Neagra | 236 | 173 | 63 |
| | Bofovaniș | 550 | 362 | 188 |
| | Pingaracior 1 | 321 | 0 | 321 |
| | Pingaracior 2 | 247 | 0 | 247 |
| | Total SD | | 4417 | 2981 |
| PLĂCIEȘTI | Teșila 1 | 1485 | 1000 | 485 |
| | Teșila 2 | 1665 | 1180 | 485 |
| | Negraș 1 | 1025 | 800 | 225 |
| | Negraș 2 | 1100 | 800 | 300 |
| | Prișlop | 600 | 400 | 200 |
| | Sinaia 0 | 1000 | 1000 | 0 |
| | Văleni de Munte | 850 | 192 | 658 |
| | Sinaia 1 (1 grup) | 330 | 180 | 150 |
| | Sinaia 2 | 1200 | 480 | 720 |
| | Sinaia 3 | 1200 | 480 | 720 |
| | Peleş (*) | 80 | 0 | 80 |
| | Trăisteni 1 | 2250 | 2000 | 250 |
| | Valea Fetei | 225 | 205 | 20 |
| | Total SD | | 13010 | 8717 |
| SATU MARE | Călinești | 700 | 300 | 400 |
| Total SD | | 700 | 300 | 400 |
| SIBIU | Cibin | 3700 | 3500 | 200 |
| | Sadu 1 | 1680 | 1200 | 480 |
| | Sadu 2 | 1540 | 1200 | 340 |
| | Gura Riului | 1700 | 1700 | 0 |
| | Talmaclu | 235 | 180 | 55 |
| | Sadu Sat | 150 | 120 | 30 |
| | Săbeșul de Jos | 30 | 20 | 10 |
| | Rasinari | 90 | 60 | 30 |

| | | 9125 | 7980 | 1145 |
|--------------------------|-------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Total CHEMA - MHC | | | | |
| | Sadu 5 (CHE) | 15600 | 15600 | 0 |
| Total SD | | 24725 | 23580 | 1145 |
| SUCEAVA | Saru Dornel 1 | 1829 | 1250 | 579 |
| | Saru Dornel 2 | 1260 | 1050 | 210 |
| | Gura Haitii 1 | 1260 | 800 | 460 |
| | Gura Haitii 2 | 1000 | 750 | 250 |
| | Neagra Sarului 1 | 750 | 552 | 198 |
| | Neagra Sarului 2 | 1832 | 1250 | 582 |
| | Lucaciu | 380 | 340 | 40 |
| | Dornisoara | 1886 | 1291 | 595 |
| | Vorova | 541 | 541 | 0 |
| | Panaci | 440 | 424 | 16 |
| | Dimoxa | 671 | 530 | 141 |
| | Sihastrie | 542 | 400 | 142 |
| | Bamar 1 | 160 | 70 | 90 |
| | Bamar 2 | 160 | 80 | 80 |
| | Bamar 3 | 160 | 60 | 100 |
| | Ehreste | 607 | 540 | 67 |
| | Brodina 1 | 673 | 500 | 173 |
| | Sadau | 518 | 239 | 279 |
| | Brodina 2 | 132 | 65 | 67 |
| | Galanesti 1 | 452 | 452 | 0 |
| | Galanesti 2 | 590 | 348 | 242 |
| | Galanesti 3 | 520 | 287 | 233 |
| | Tibeni | 454 | 218 | 236 |
| | Milisauti | 258 | 175 | 83 |
| | Putna | 239 | 165 | 74 |
| | Poiana Marului | 548 | 390 | 158 |
| | Malini | 241 | 190 | 51 |
| | Văleni | 448 | 361 | 87 |
| | Suha Mare | 273 | 273 | 0 |
| | Slatina | 713 | 416 | 297 |
| | Suvarita | 54 | 54 | 0 |
| | Gainesti | 108 | 62 | 46 |
| | Fălticeni | 260 | 80 | 180 |
| | Pojorita | 529 | 365 | 164 |
| | Sadova | 190 | 190 | 0 |
| | Izvorul Alb | 180 | 148 | 32 |
| | Arinis | 205 | 131 | 74 |
| | FCL Cimpulung | 470 | 384 | 86 |
| | Sihla | 394 | 271 | 123 |
| | Plai Monah | 2400 | 2400 | 0 |
| Total SD | | 24327 | 18092 | 6235 |
| TIMIȘOARA | Surduc | 1700 | 800 | 900 |
| Total SD | | 1700 | 800 | 900 |
| RÂMNICU VÂLCEA | Tomsani 1 | 1400 | 930 | 470 |
| | Tomsani 2 | 1400 | 952 | 448 |
| | Tomsani 3 | 1500 | 1000 | 500 |
| | Bola 1 | 2000 | 1400 | 600 |
| | Horezu 1 (*) | 30 | 0 | 30 |
| | Horezu 2 | 100 | 540 | 460 |
| | Alunu | 15 | 15 | 0 |
| | Bola Avat 3 | 500 | 420 | 80 |
| Total SD | | 7845 | 5257 | 2588 |
| FOCSANI | Greau 1 | 900 | 890 | 10 |
| Total SD | | 900 | 890 | 10 |
| SD BUCUREȘTI | Herastrau (*) | 183 | 0 | 183 |
| | Tei (*) | 190 | 0 | 190 |

| | | | | |
|---------------|--------|--------|----------|---------|
| Total SD | | 373 | 0 | 373 |
| SD BUCUREȘTI | Buftea | 110 | 110 | 0 |
| Total SD | | 110 | 110 | 0 |
| TOTAL GENERAL | | 150719 | 109732,5 | 40985,5 |

OBSERVAȚIE:

Indicele "(*)", care apare la unele centrale, semnifică faptul ca aceste CHEMA (MHC) sunt la data întocmirii statisticii retrase din exploatare, ele fiind trecute în conservare.

Cauzele indisponibilităților diferă de la un obiectiv la altul. Cele mai importante sunt:

- avarii produse în timpul viiturilor;
- amplasare neadecvată în cadrul unor folosințe complexe;
- durată de exploatare îndelungată, care impune lucrări de reparație capitală;
- necesitatea unor lucrări de re tehnologizare pentru rentabilizarea lor economică.

5.2. PROGRAME, PROIECTE ȘI TENDINȚE**PRIVIND DEZVOLTAREA CENTRALELOR HIDROELECTRICE DE MICĂ PUTERE**

În cadrul studiilor de dezvoltare, re tehnologizare, cercetare pentru anul 1994, elaborate conform HGR nr. 1284/1990 au fost propuse D.S.D.E (Direcția Strategie Dezvoltare) din CONEL, către ISPH, o serie de lucrări pentru Programul Guvernamental de Cercetare - Dezvoltare în domeniul "Surse noi și regenerabile de energie" [68].

Aceste lucrări sunt prezentate în Tabelul 5.2., iar cele din subprogramul A. Energia microhidro ($P < 1$ MW) sunt prezentate în detaliu.

**Tabelul 5.2. A. SUBPROGRAMUL ENERGIA MICROHIDRO
(amenajări sub 1 MW) RESPONSABIL DE SUBPROGRAM: CONEL**

| Nr. crt. | OBIECTUL | Fazele șitermenele de realizare | Unități executante / Unități colaboratoare | Producător potențial | Fonduri necesare [mil. lei] Total / din care în 1994 |
|----------|--|--|--|-------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Evaluarea potențialului hidroenergetic al râurilor foarte mici (unități microhidro până la 10 kW destinate a fi realizate și folosite de populație și unități economice mici). | Studiu et. I. zone locuite Tr. IV.1994 | ISPH / INMH | Populația și unități economice mici | 20 / 10 |
| 2. | Evaluarea potențialului hidroenergetic al râurilor mici (unități microhidro între 10 și 1000 kW destinate a fi realizate și folosite de unități economice). | Studiu Tr. IV. 1995 | ISPH | Unități econo-mice | 7 / 7 |
| 3. | Studiu de schemă de amenajare a râurilor foarte mici din zone locuite (un eșantion în zone montane și altul în zone colinare). | Studiu Tr. IV. 1995 | ISPH | Populația și Unități economice mici | 13 / 13 |

| | | | | | |
|----|---|--|------------------|--|---------|
| 4. | Soluții tehnice de amenajări microhidroenergetice concepute și realizate în țară și în străinătate. | Studiu et. I (P < 10 kW) Tr. IV. 1994 | ISPH | Populația și Unități economice mici | 40 / 20 |
| 5. | Studii de fezabilitate pentru amenajări microhidroenergetice. | Studiu de fezabilitate et. I (zone inventariate) Tr. IV. 1994 et. II (rest zone) Tr. IV. 1995 | ISPH ISPH | Unități economice Unitati economice | 60 / 30 |

B. SUBPROGRAMUL: ENERGIA EOLIANĂ
RESPONSABIL DE SUBPROGRAM: CONEL

| Nr. crt. | OBIECTUL | Fazele și termenele de realizare | Unități executante / Unități colaboratoare | Producător potențial | Fonduri necesare [mil. lei] Total / din care în 1994 |
|----------|--|----------------------------------|--|----------------------|--|
| 6. | Studiu de fezabilitate pentru folosirea digurilor de apărare porturi și litoral pentru amplasarea de centrale eoliene. | Studiu Tr. IV. 1994 | ICEMENERG / ISPH - IPTANA | RENEL | 4 / 4 |

D. SUBPROGRAMUL: ENERGIA SOLARĂ
RESPONSABIL DE SUBPROGRAM: ISC ICPAIUC S.A.

| Nr. crt. | OBIECTUL | Fazele și termenele de realizare | Unități executante / Unități colaboratoare | Producător potențial | Fonduri necesare [mil. lei] Total / din care în '94 |
|----------|--|----------------------------------|--|----------------------|---|
| 7. | Studiu de oportunitate pentru folosirea digurilor de apărare porturi și litoral pentru amplasarea de instalații solare cu celule fotovoltaice. | Studiu Tr. IV. 1994 | ICEMENERG / ISC ICPATUC S.A. | RENEL | 4 / 4 |

F. SUBPROGRAMUL : ENERGIA VALURILOR
RESPONSABIL SUBPROGRAM : ICRM CONSTANTA

| Nr. crt. | OBIECTUL | Fazele și termenele de realizare | Unități executante / Unități colaboratoare | Producător potențial | Fonduri necesare [mil. lei] Total / din care în '94 |
|----------|--|----------------------------------|--|----------------------|---|
| 8. | Studiu de oportunitate pentru continuarea cercetărilor privind valorificarea resurselor energetice regenerabile disponibile pe litoralul românesc al Mării Negre (valuri, vânt, energie solară). | Studiu Tr. IV. 1994 | ICRM CONSTANȚA, ICEMENERG, INMH, S.A. | CONEL | 13 / 13 |

OBSERVAȚIE: Prețurile sunt calculate pentru luna MAI 1993.

TEMA PROGRAM 1.A.

5.2.1. EVALUAREA POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC AL RÂURILOR FOARTE MICI

1. Motivația introducerii lucrării în planul de studii

Potențialul hidroenergetic al râurilor mici reprezintă o sursă energetică regenerabilă, care se poate valorifica de către populație în zonele locuite și de către diverși utilizatori locali în restul zonelor. Pentru cunoașterea valorii acestei resurse și creerea condițiilor de valorificare este necesară această evaluare, care să fie adusă la cunoștința celor interesați pe plan local [41].

2. Utilitatea și aplicabilitatea studiului

Studiul va crea posibilitatea ca agenții economici interesați, inclusiv populația din zonă să facă investiții pentru realizarea de microhidrocentrale de foarte mică putere, pentru alimentarea cu energie electrică, realizându-se astfel economisirea resurselor energetice clasice (combustibili fosili).

3. Cuprinsul lucrării

Studiul cuprinde :

➤ **etapa I:**

- **studiul hidrologic - toate datele hidrologice necesare pentru evaluarea potențialului hidroenergetic ;**
- **evaluarea potențialului hidroenergetic conform normelor specifice, inclusiv aprecieri asupra potențialului tehnic amenajabil.**

➤ **etapa a II - a:**

- **în mod similar ca la etapa I pentru zonele în cauză.**

4. Colaboratori, valoarea apreciată

Se apreciază ca este necesară o colaborare cu INMH București, în privința unor date specifice pentru aceste râuri foarte mici. Valoarea apreciată este de 2,0 milioane lei.

TEMA PROGRAM 2.A.

5.2.2. EVALUAREA POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC AL RÂURILOR MICI (AMENAJARI CU PUTERI ÎNTRE 10 kW ȘI 1 MW)

1. Motivația introducerii lucrării în planul de studii

Până în prezent, potențialul hidroenergetic al râurilor interioare din România a fost evaluat pe bază de studii speciale pentru principalele râuri și parțial pentru râurile relativ mici, pe care se pot realiza microhidrocentrale cu puteri până la 3 MW, (studiul realizat în deceniul trecut folosind studiile întocmite de atelierele de proiectare ale Filialelor de Rețele Electrice).

Ministerul Industriilor a aprobat prin nota nr. 207150/30.07.1993, un program special, pentru următorii șapte ani, privind realizarea microhidrocentralelor cu puteri până la 1 MW, în cadrul unui program de

intensificare a valorificării resurselor energetice regenerabile pe plan național.

Deoarece acest potențial hidroenergetic (microhidrocentrale cu puteri până la 1 MW) nu a fost evaluat până în prezent pe bază de studii de specialitate decât parțial, prin studiul de inventariere realizat în deceniul trecut invocat mai sus, se impune întocmirea acestui studiu de inventariere pentru râurile mici, care permit realizarea de microcentrale hidroelectrice cu puteri între 10 KW și 1000 KW. Pentru râurile foarte mici, pe care se pot amenaja microhidrocentrale cu puteri până la 10 kW, care urmează a fi realizate în principal de către populație, urmează să se întocmească un studiu separat de inventariere.

2. Utilitatea și aplicabilitatea studiului, efecte economice apreciate

Din nota aprobată de Ministerul Industriilor rezultă că producția de energie electrică apreciată a fi produsă de aceste microcentrale hidroelectrice (cu puteri până la 1 MW) ar echivala reducerea importului de resurse energetice de 1050 mii tep/an (168 milioane dolari).

Este necesară o evaluare mai fundamentată a acestui potențial energetic regenerabil, pentru a pune la dispoziție date furnizorilor de echipamente pentru astfel de centrale și viitorilor investitori, în principal din sectorul privat.

Rezultă ca studiul este foarte util și el urmează să fie folosit imediat de către investitorii interesați.

Efectele economice sunt reducerea importului de resurse energetice și respectiv economii de valută.

3. Cuprinsul lucrării

Studiul se va întocmi pe baza studiului de specialitate privind datele hidrologice pe aceste râuri mici și foarte mici ce urmează a fi întocmit de INMH. Deasemeni se va folosi studiul de inventariere a potențialului hidroenergetic al râurilor mici realizat în deceniul trecut, care cuprinde însă o gamă mai largă de microcentrale hidroelectrice (cu puteri până la 3 MW).

Studiul va cuprinde:

➤ etapa I:

- studiul hidrologic, care pe baza studiului INMH, va cuprinde toate datele hidrologice pentru evaluarea potențialului hidroenergetic pentru aceste râuri mici. Prin tema pentru studiul INMH se solicită date privind debite specifice, care să permită calcularea datelor hidrologice de baza, în funcție de suprafața și altitudinea bazinului de recepție.**

➤ etapa a II-a:

- evaluarea potențialului hidroenergetic conform normelor specifice, inclusiv o apreciere asupra potențialului tehnic amenajabil.**

TEMA PROGRAM 3.A.

5.2.3. STUDIUL DE SCHEMĂ DE AMENAJARE A RÂURILOR FOARTE MICI DIN ZONE LOCUITE

1. Motivația introducerii lucrării în planul de studii

În localitățile din zona montană și colinară, de regulă curg și râuri foarte mici, al căror potențial hidroenergetic reprezintă o resursă energetică regenerabilă, care nu se justifică a fi folosită în cadrul amenajărilor hidroenergetice obișnuite, dar s-ar putea justifica economic să fie folosită de către populație, atât în cazul localităților racordate la sistemul energetic, cât mai ales în cazul localităților neracordate la SEN.

Studiul arată pe două eșantioane cum s-ar putea realiza astfel de microhidrocentrale de foarte mică putere (până la 10 kW). Arată în plus gradul posibil de folosire a acestui potențial, poate stimula interesul populației și poate crea condițiile minime necesare de realizare (aprovizionarea pieții cu astfel de echipamente în mod similar cu existența pompelor pentru puțuri de alimentare cu apă).

2. Utilitatea aplicabilității studiului

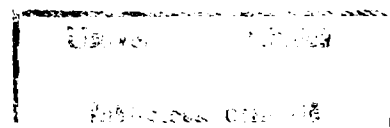
Studiul va crea posibilitatea ca populația, inclusiv agenții economici din zonă interesați, să facă investiții pentru realizarea de microhidrocentrale de foarte mică putere (până la 10 kW) pentru alimentare cu energie electrică al cărei preț de cost efectiv să fie mai avantajos economic decât tarifele care se vor practica în viitor pentru plata energiei electrice, sau decât prețul de cost care ar rezulta pentru utilizarea microcentralelor electrice cu combustibili fosili.

3. Cuprinsul lucrării

Studiul cuprinde:

- etapa I:
 - studiu documentar privind echipamentul ce se fabrică pe plan mondial cu informarea firmelor interesate asupra capacității pieței românești;
- etapa a II - a:
 - studiu hidrologic care să formuleze toate datele hidrologice necesare întocmirii studiului de schemă de amenajare pentru cele două eșantioane;
- etapa a III - a:
 - studiu de schemă de amenajare pentru cele două eșantioane (unul în zona montană și altul în zona colinară) conform normelor de conținut specifice;
- etapa a IV - a:
 - condițiile tehnice minime pe care trebuie să le îndeplinească aceste microhidrocentrale.

Ca anexă la lista proiectelor de cercetare, dezvoltare și rețehnologizare pentru anul 1994 se înregistrează la ISPH lucrarea avizată cu titlul:



5.2.4. STUDIUL PRIVIND POSIBILITĂȚILE DE ALIMENTARE CU ENERGIE ELECTRICĂ PRIN MHC A LOCALITĂȚILOR MICI ȘI A GOSPODĂRIILOR IZOLATE, NERACORDATE LA SISTEM, IDENTIFICATE DE ELECTRICA S.A. BUCUREȘTI

Etapa I: Evaluarea amplasamentelor care dispun de condiții pentru MHC.

Etapa a II - a: Echipamente, soluții constructive și costuri.

Colaboratori – subproiectanți

Filiarele de Rețele Electrice - CONEL

Finanțare [%]

- 20 %

Filiarele Locale de Gospodărire a Apelor din cadrul

Regiei Apelor Române

- 20 %

UCM Reșița S.A. - Depart. Proiectare

- 60%

1. Scopul și cerințele studiului

Localitățile din zona montană și din zona colinară se găsesc de regulă amplasate pe malurile unor cursuri de apă mici al căror potențial hidroenergetic nu reprezintă o sursă de luat în seamă pentru sistemul energetic național prin amenajări hidroenergetice obișnuite.

Aceste cursuri de apă mici și foarte mici, ce se pot amenaja hidroenergetic, vor fi folosite în mod selectiv, cu justificare economică, în folosința populației locale atât pentru grupuri de gospodării individuale, sate neracordate la sistemul local de distribuție, cât și a unor agenți economici interesați.

Studiul urmează a identifica localitățile mici, gospodăriile izolate, sau agenți economici interesați, fără racord la sistemul energetic local și care dispun de posibilități naturale de amenajare de microhidrocentrale cu puteri de până la 20 kW. Lucrarea urmează să evidențieze pe de o parte gradul posibil de folosire a potențialului hidro existent în aceste zone ale țării, să stimuleze interesul consumatorilor virtuali prin popularizarea acestor exemple și să creeze condițiile minime necesare de aprovizionare a pieții cu echipamente de foarte mică putere, cu fiabilitate ridicată și ușor de exploatat - similar cu receptorii casnici ce folosesc energia electrică (pompe pentru gradinarit, mașini de spălat etc.).

2. Utilitatea studiului

Studiul va crea posibilitatea ca persoane fizice și agenți economici interesați să facă investiții pentru construirea de microhidrocentrale de foarte mică putere (până la 20 kW), pentru alimentarea cu energie electrică.

Prețul de cost al energiei se estimează a fi economic mai avantajos decât în variantele racordare la sistem sau grupuri electrogene cu combustibili fosili.

3. Cuprinsul lucrării

Studiul cuprinde:

Etapa I: Identificarea în teren a localităților sau agenților economici potențiali aflați și în evidența ELECTRICA S.A. BUCUREȘTI pentru a stabili:

eventualele amplasamente, posibilități de captare, aducțiune, distribuție, pantă aproximativă a cursului de apă, date hidrologice minimale, natura suprafețelor de teren posibil de folosit și proprietarii acestora, potențialul hidroenergetic posibil al fiecărui amplasament etc.

Etapa a II - a: Pe baza amplasamentelor identificate în etapa I și a caracteristicilor hidroenergetice și hidraulice potențiale clasificate din punct de vedere energo - economic, studiul va stabili o documentare privind echipamentul fabricat pe plan național și pe plan mondial. Aceasta ar putea fi folosită pentru informarea firmelor interesate prin solicitarea de cataloage, pliante sau prospecte.

Studiul va prezenta în final un clasament al amplasamentelor identificate, funcție de energia electrică, costurile totale evaluate, cheltuielile anuale necesare, indicatorii energo - economici preliminari ai energiei produse. Pe baza studiului se vor putea elabora Oferte Comerciale de amenajare pentru potențialii beneficiari interesați ca: Primarii, firme agro-industriale, societăți comerciale, grupuri de gospodării etc.

La cererea beneficiarilor interesați se vor întocmi teme de specialitate către furnizorii de echipamente și caiete de sarcini cuprinzând condițiile minime pe care trebuie să le îndeplinească aceste echipamente înainte de montaj și în timpul exploatării.

4. Organizarea redactării proiectului

Pentru început se propune următorul conținut cadru:

- **Lista și caracteristicile hidraulice ale amplasamentului cu posibilități de amenajare a MHC, identificate pe bază de constatări în teren, inclusiv din "Lista localităților mici și a gospodăriilor izolate neracordate la sistem" din evidența ELECTRICA SA;**
- **Date de teren ale amplasamentelor reținute;**
- **Schițe individuale cuprinzând planul de amenajare;**
- **Soluții tehnice preconizate pentru uvraje, volumul lucrărilor și costuri estimate la nivelul anului 1994;**
- **Lista principalelor echipamente, caracteristici și posibili furnizori ale acestora;**
- **Anexa de calcul privind producția de energie, costuri generale, cheltuieli anuale, beneficii și indicatori energo - economici;**
- **Alte materiale ce se vor stabili pe parcurs prin avizările CTE - ISPH sau necesare la definitivarea lucrării.**

Pentru acest proiect s-a întocmit un grafic program de desfășurare a lucrării ale cărui etape sunt enumerate în tabelul de mai jos (Tabel 5.2), ele derulându-se începând cu luna februarie 1994. La această dată sunt în curs de finalizare, cu o relativ mică depășire a termenelor prestabilite.

Tabelul 5.3. Graficul program de desfășurare a lucrării

| Nr. crt. | ACTIVITATEA |
|----------|--|
| 1. | Intocmirea temei de proiectare și a anexelor sale conform metodologiei CONEL - DSDE, inclusiv avizarea temei în CTE - ISPH. |
| 2. | Susținerea temei de proiectare la beneficiar și obținerea avizului de la DSDE, inclusiv refacerea în urma modificărilor convenite. Forme de introducere în plan ISPH. |
| 3. | Multiplicarea temei de proiectare avizată CTE - ISPH și DSDE, împreună cu Graficul de desfășurare și difuzarea la persoanele interesate. |
| 4. | Procurarea de la ELECTRICA S.A. BUCUREȘTI a listei localităților izolate din România, ce nu erau electrificate la 31.12.1993. |
| 5. | Selectarea localităților apropiate, consemnate în lista ELECTRICA S.A. BUCUREȘTI care au cursuri de apă permanente, în vederea deplasării pentru constatări privind evaluarea amplasamentelor pentru MHC. |
| 6. | Deplasări în teritoriu cu echipa de specialiști, pentru identificarea amplasamentelor viabile pentru MHC, date hidrologice, topometrice, puteri necesare, distanțe de transport, natura suprafețelor de teren ocupate, proprietarii acestora, persoane sau instituții interesate în implementare, probleme de mediu etc. |
| 7. | Intocmirea de fișe și chestionare tehnice unice pentru culegerea de date și consemnarea acestora, pentru fiecare amplasament supus evaluării la fața locului și adaptabile în cazuri specifice. |
| 8. | Documentare cu privire la echipamentele hidroenergetice (generator - turbină) existente pe plan național și internațional, cu puteri de 1 - 20 kW / grup și care să asigure funcționarea izolată de sistem, cu parametri de folosință complexă: iluminat, forță, aparate electrocasnice etc., la frecvența de 50 Hz. Puterile la bornele generatoarelor vor fi cuprinse între 1 și 20 kW, debitul instalat 100 - 1500 l/s. |
| 9. | Intocmirea schișelor de amenajare pentru fiecare amplasament vizitat, consemnarea parametrilor hidraulici potențiali, stabilirea volumului de lucrări pentru amenajare, a puterilor instalate, a energiei electrice produse estimate, cu lista prioritară a amplasamentelor interesante. |
| 10. | Redactarea Memoriului general și a anexelor de studiu Etapa I; avizarea în CTE - ISPH, editare și predare la beneficiar. |
| 11. | Redactarea Temei de proiectare pentru "Studiu de echipare cu microhidroagregate pentru MHC funcționând în regim izolat" către CCSITEN Reșița. |
| 12. | Elaborarea de soluții tehnice (Etapa a II - a) la nivel de proiect tehnic pentru obiectele ce alcătuiesc amenajarea MHC: praguri captări, aducțiuni în conducte metalice, de beton, sau aducțiuni cu suprafață liberă, camere de încărcare, canale de fugă, clădirea centralei pe tipuri de hidroagregate, inclusiv avizarea în CTE - ISPH. |
| 13. | Alcătuirea, editarea și predarea studiului, Etapa I, Etapa a II - a. |

5.3. ENERGIA HIDRO ȘI UTILIZAREA COMPLEXĂ A APEI Conferința Națională a Energiei

Conferința Națională de Energetică desfășurată la fiecare doi ani la Neptun - Olimp, sub semnul unei "Eficiențe durabile a energiei în România", a reunit peste 1500 de specialiști dintre care peste 300 din afara granițelor țării, creând cadrul necesar comunicărilor pe teme tehnice, economice și sociale specifice energiei [62].

La ediția 1994, secțiunea destinată energiei hidroelectrice a fost una dintre cele unsprezece secțiuni ale căror lucrări s-au desfășurat în paralel.

În programul secțiunii, numărul rapoartelor prezentate a fost echilibrat pentru cele trei domenii largi abordate :

- reabilitarea echipamentelor și amenajărilor hidroenergetice;
- exploatarea centralelor;
- utilizarea potențialului hidroenergetic și impactul cu mediul înconjurător.

În ultimii zece ani s-a remarcat o preocupare generală în Europa și în lume pentru reabilitarea în domeniul producerii, transportului și distribuției energiei electrice și termice [60]. Există companii de electricitate (exemplu: Hydro - Quebec) care au organizat secții speciale pentru politica, studiile și lucrările de reabilitare.

Primul raport prezentat a examinat într-o manieră multilaterală aspectele tehnice, de risc și economice ale reabilitării CHE, ale politicii în acest domeniu, pentru una dintre companiile cu tradiție și experiență: Electricite de France.

5.3.1. REABILITAREA

Reabilitarea constă în redarea integrității instalațiilor sau a unei amenajări, în refacerea capacității ei de producere [70]:

- **prin refaceri, remedieri parțiale;**
- **prin refacerea performanțelor inițiale;**
- **sau mai mult, prin refacerea completă a amenajării cu creșterea performanțelor energetice.**

Reabilitarea este justificată în cazurile:

- **defectiuni, intreruperi repetate;**
- **indisponibilitati si pierderi de energie excesive;**
- **degradarea echipamentelor sau a uvrajelor;**
- **pericole pentru persoane sau riscuri pentru degradarea mediului înconjurator;**

Reabilitarea presupune o investiție care rezultă dintr-un calcul economic, care ține seama de:

- **starea actuală a instalațiilor (tehnică, economica);**
- **starea viitoare dorită (performanțe, securitate, mediu);**
- **constrângerile de realizare (finanțare, aspecte politice).**

Perspective de îmbunătățire:

O reabilitare, prin soluții tehnice adaptate și optimizate, conduce la:

- **câștiguri privind costul mentenanței;**
- **diminuarea riscurilor de defectare;**
- **îmbunătățirea performanțelor dinamice ale echipamentelor;**
- **securitatea rețelelor.**

Pentru asigurarea perenității energetice și a îmbunătățirii performanțelor CHE, este necesară o metodă de mentenanță atât preventivă, cât și predictivă.

Dar, oricare ar fi calitatea și eficiența metodei, nu se poate împiedica deteriorarea performanțelor echipamentelor.

Mai devreme sau mai târziu va trebui prevăzută o operație de reabilitare.

Pentru a asigura succesul unei astfel de operații, factorii de decizie vor trebui să încerce să ridice performanțele instalațiilor din punct de vedere economic, tehnic, legislativ, de securitate și de mediu.

Sunt admise în general următoarele considerații:

- a) Costul reabilitării complete a unei CHE este de ordinul a 10 % din cel al construcției aceleiași centrale noi;**
- b) Lucrările de inginerie – consultanță dețin 10-15 % din totalul lucrărilor de reabilitare;**
- c) Durata de recuperare a investițiilor este cuprinsă între 7 și 10 ani.**

În concluzie, o reabilitare este o operație care poate presupune diferite noțiuni de importanță progresivă:

- **reparație;**
- **întreținere generală;**
- **renovare;**
- **modernizare;**
- **automatizare;**
- **supraechipare;**
- **reconstrucția parțială a echipamentelor;**
- **reconstrucția totală a amenajării.**

Introducerea informatizării în exploatarea amenajărilor hidroelectrice este considerată ca o formă particulară de reabilitare.

În afară de centralele de medie și de mare putere, microhidrocentralele și CHEMP reprezintă un domeniu potențial pentru realizarea lucrărilor de reabilitare.

Acest subiect este tratat în raportul Societății pentru Valorificarea Studiilor și Cercetărilor în Științe Hidro (Valorification des Etudes et des Recherches dans les Sciences de l'eau) - VERSEAU, care prezintă acțiunile realizate în Europa, cu specificarea unor realizări și pentru România [66].

În 1991 - 1992, un studiu Ademe / Echipa Cousteau finanțat de BERD a permis evaluarea potențialelor și condițiile de dezvoltare a CHEMP în bazinul Dunării, acest studiu cuprinzând Bulgaria, Ungaria, România, Cehia și Slovacia.

În plan local, o cerere privind cooperarea în domeniul CHEMP a fost exprimată doar după 1992 de parteneri români.

Ministerul Apelor și Protecției Mediului a prevăzut organizarea unei Operații Demonstrative care să fie realizată într-o amenajare aparținind Regiei Autonome a Apelor.

În septembrie 1993, ISPH a trimis către VERSEAU o primă listă cuprinzând 11 amenajări pentru care lucrările de geniu civil sunt realizate. Centralele vor fi construite și CONEL dorește pentru aceasta cooperarea cu parteneri străini și achiziționarea de noi tehnologii.

ISPH și CONEL au manifestat interes pentru un program global de reabilitare a CHEMP.

CONEL a făcut cererea oficială către VERSEAU în septembrie 1993.

Principalele organisme responsabile de dezvoltarea CHEMP sunt:

- **CONEL / Ministerul industriilor;**
- **ISPH;**
- **Apele Române / MAPMI, într-o mai mică măsură.**

Se menționează totodată interesul următoarelor agenții:

- **Agenția Română de Dezvoltare (ARD) pentru realizarea unui proiect franco - roman;**
- **Agenția Română pentru Conservarea Energiei (ARCE).**

5.3.2. PREZENTAREA PROIECTULUI FRANCO – ROMÂN DE REABILITARE A CHEMA

Chiar dacă consumul de energie a scăzut mult după 1989, o mare parte din producția de energie termică este produsă pe bază de petrol și cărbuni din import.

România se află deci în situația de a crește contribuția surselor naționale de energie, printre care și energia hidrolică.

Într-adevăr, în 1992, hidroelectricitatea a reprezentat aproximativ 20 % (14 TWh) din producția de electricitate, în timp ce potențialul economic exploatabil ar putea asigura 40 TWh.

Inclusă în aceste valori, producția de energie în CHEMA este de 0,4 TWh și poate atinge valori de 4 TWh.

În acest context, dezvoltarea CHEMA nu este o problemă neglijabilă.

Proiectul prezentat are două etape principale:

➤ **Etapa I:**

Realizarea unei operații demonstrative într-una sau mai multe amenajări (în număr de 8), propuse de Apele Române.

Ținând seama de colaborarea dintre Ministerele Mediului din Franța și din România, este posibil ca zonele amintite să fie localizate pe râul Argeș [66].

➤ **Etapa a II - a:**

Punerea în lucru a unui program global de reabilitare a CHEMA.

CONEL a adresat VERSEAU o listă cu amenajări de reabilitat, situate în diferite bazine hidrografice ale României.

Într-o primă etapă, CHEMA aparținând SD Ploiești vor face în viitorul apropiat obiectul unui diagnostic privind decizia de fezabilitate, mentenanță.

Etapele succesive ale unei astfel de operații ar putea fi:

Faza 1: diagnostic tehnic pentru decizia de fezabilitate privind:

- **starea existent (diagnostic tehnic);**
- **caracteristicile hidrologice și hidraulice ale amenajării;**
- **contextul geologic;**
- **impactul amenajării asupra mediului;**
- **aprecierea rentabilității economice.**

Faza 2: realizarea și urmărirea operației de reabilitare:

- **alegerea echipamentelor electro-mecanice;**
- **introducerea tehnologiilor noi;**
- **fabricarea în Franța și/sau în România a echipamentelor care lipsesc;**
- **montajul CHEMA;**
- **mentenanța uvrajelor.**

COSTURI ESTIMATE ȘI FINANȚARE

➤ **Etapa I: Operația demonstrativă**

| | |
|---|---------------------|
| - costul estimativ al fazei de fezabilitate pentru 5 MW: | 450000 FF |
| - costul estimativ al fazei de reabilitare pentru 1 MW : | 720000 FF |
| TOTAL | : 7650000 FF |

Finanțările vor fi susținute în principal de investitori francezi și de parteneri români, cât și de subvenții susținute de organisme de cooperare bilaterală.

**➤ Etapa a II - a: Programul global de reabilitare a CHEMA
cu o putere totală de 30 - 50 MW**

Finanțările amintite vor trebui susținute de organisme internaționale de finanțare, ca Banca Europeană de Reconstrucție și Dezvoltare (BER), Banca Europeană de Investiții (BEI), sau Banca Mondială și de Programe Europene.

Este posibil ca BEI să contribuie la finanțarea pe termen lung a investițiilor mici (15 - 20 milioane ECU) în domeniul producției și economiei de energie.

S-a remarcat ca și concluzie încurajarea evoluției legislației române spre producția autonomă de electricitate și cumpărarea energiei de către CONEL la un preț stimulat.

Pe de altă parte s-a subliniat acțiunea ESHA (European Small Hydropower Association) în strinsă colaborare cu ARCE (Agenția Română pentru Conservarea Energiei) și în cadrul Programului "Termie de la CCE" pentru instaurarea unui cadru legislativ adaptat la dezvoltarea și evoluția CHEMA.

CAPITOLUL 6

CONCLUZII

Programele și proiectele prezentate în capitolul precedent constituie o tendință certă în evoluția centralelor hidroelectrice de mică putere în România [73]. Realizarea lor este însă condiționată de posibilitățile de finanțare, care nu sunt întotdeauna la îndemână.

Viitorul dezvoltării microcentralelor hidroelectrice în țara noastră, în noile condiții create de economia de piață depinde de:

- **activitatea unor colective de înaltă calificare în proiectare și cercetare, care să beneficieze de sprijinul cadrelor didactice din învățământul superior;**
- **existența unei game largi de tipuri de turbine hidraulice cu caracteristici energetice și cavitaționale superioare;**
- **existența unor unități industriale sau societăți economice profilate pe construcția de turbine hidraulice, mașini și echipamente electrice și de automatizare, pe construcția de MCHE;**
- **indicatorii economici cât mai atractivi pentru investitori;**
- **rapiditatea punerii în operă a MCHE, precum și de respectarea condițiilor de calitate și a altor condiții impuse de beneficiari;**
- **respectarea condițiilor ecologice, în privința conservării ecosistemelor, a unui impact redus cu mediul înconjurător.**

Nu în ultimul rând, dezvoltarea MCHE în România va depinde de activitatea managerială a unor specialiști, care să promoveze aceste obiective în locuri și amplasamente adecvate.

Cooperarea cu parteneri străini poate fi o cale în evoluția MHCE în țara noastră, prin acțiuni de reabilitare și chiar amenajare integrală. Se impune abordarea sistematică și consecvența a proiectelor comune existente și încurajarea altor proiecte de perspectivă.

Va fi de mare ajutor sprijinul financiar acordat de guvern, în special în următorii ani, pentru construcția de MCHE pilot, care să reflecte calitățile acestora, făcându-le astfel cât mai atractive pentru publicul larg, precum și pentru posibili agenți economici investitori.

Microhidroenergetica, considerată ca ansamblu al strădaniilor de valorificare a potențialului din resurse hidraulice secundare, se materializează în mare parte în spațiul ambiental rural. De fapt, aici urmează să se construiască sute de microhidrocentrale de mică putere, diferențiate tehnic și economic de cele de anvergură energetică mai mare, mult mai pușin numeroase.

Construcția acestor obiective implică o varietate mult mai largă de interese și reclamă de aceea o colaborare extinsă dincolo de competența specialiștilor.

PARTEA A DOUA

CRITERII DE SECTORIZARE ENERGETICĂ A BAZINELOR HIDROGRAFICE

CAPITOLUL 7

SECTORIZAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE PE CRITERIUL VARIAȚIEI POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC

7.1. INTRODUCERE

Este cunoscut faptul că deși România posedă resurse hidroenergetice importante, utilizarea acestora este încă departe de a fi integrală. În comparație cu alte țări, ca de exemplu Suedia, unde 91,6 % din energia electrică folosită este produsă în hidrocentrale, în țara noastră, prin toate lucrările care s-au întreprins până în prezent, s-a ajuns să se folosească numai a treia parte din potențialul hidroenergetic. În această acțiune au fost valorificate în primul rând cursurile de apă mai importante, care prin volumul de apă și cădere asigură un potențial hidroenergetic important.

Căderile cele mai importante sunt în Carpați, tot aici și debitele medii specifice sunt cele mai ridicate, în general peste 10.0 l/s km². Pe lângă nodurile hidroenergetice principale, sau chiar în interiorul sistemelor respective există numeroase cursuri de ape mici ca dimensiune, pe care pot fi amplasate microhidrocentrale de putere mai redusă sau chiar mijlocie pentru utilizări hidromecanice.

În această acțiune, în care România este la început de drum, se simte nevoia demonstrării practice a rolului pe care trebuie să îl aibă în viitor microhidroenergetica. În condițiile actuale trebuie reconsiderat modul în care este privită hidroenergia, ca rezultat a unui complex de factori de care trebuie neapărat să ținem seama, pentru a-i asigura o folosire eficientă fără a aduce prejudicii mediului înconjurător.

Un obiectiv important al proiectanților hidroenergeticieni este depistarea locurilor în care resursele sunt cele mai favorabile valorificării, în timp ce geograful geologi au menirea de a identifica legitățile naturale din arealele de interes cu privire la abundența și regimul hidraulic al resurselor.

Scopul acestei lucrări este evidențierea unor criterii de sectorizare energetică a bazinelor hidrografice în general și evaluarea cantitativă a resurselor hidroenergetice ale râurilor Prahova și Doftana, precum și a unor afluenți, pornind de la date hidrologice reale.

Conceptul de bază în studiul sectorizării energetice a bazinelor hidrografice, în studiul potențialului lor hidroenergetic îl reprezintă dublul aspect al materiei: de substanță și de energie. Astfel, într-un geosistem coexistă substanța geosferelor și un ansamblu de energii aflate într-o continuă transformare. O parte din mulțimea acestor energii caracteristice geosistemelor este energia masei de apă în mișcare, în cadrul circuitului apei în natură. Fazele acestui circuit la nivelul bazinului hidrografic – precipitații, scurgere de suprafață, scurgere liniară, definesc conform conceptului de materie privită ca substanță și energie, tot atâtea categorii hidroenergetice.

În cadrul fazei de scurgere a masei de apă intervine ca suport suprafață topografică ce se analizează cu ajutorul parametrilor morfometrici.

Energia hidraulică a masei de apă ce se scurge pe suprafața terestră poate fi privită ca rezultată a interacțiunii a două componente principale:

- **Componenta morfo – litologică;**
- **Componenta hidrică.**

De aceea se consideră oportună o analiză morfometrică la scara bazinelor hidrografice mici și evaluarea potențialului morfometric.

7.2. BAZELE GEOGRAFICE ȘI METODOLOGICE ALE EVALUĂRII POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC SECUNDAR

Evaluarea potențialului hidroenergetic al râurilor are la bază concepte metodologice care pornesc de la legi ale hidraulicii aplicate condițiilor naturale în care se realizează scurgerea masei de apă.

Ansamblul condițiilor naturale în care se realizează scurgerea apei și potențialul hidroenergetic natural poate fi privită ca rezultată interacțiunii dintre două mari grupe de factori:

- **factori generali hidroclimatici;**
- **factori locali geologici și topografici.**

În contextul râurilor mici [18], a căror scurgere este analizată în zona de formare a bazinelor hidrografice, se poate admite că rolul factorilor locali în geneza potențialului hidroenergetic este mai important decât în cazul râurilor mari. Evaluarea factorilor locali este o problema fizico – geografică și ca urmare evaluarea potențialului hidroenergetic natural al râurilor mici va avea ca obiect de abordare datele geografice specifice.

7.2.1. RAURILE MICI ȘI EVALUAREA POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC NATURAL AL ACESTORA

Evaluarea potențialului hidroenergetic natural al râurilor mici necesită definirea noțiunii de “râu mic” și a obiectivelor concrete ale evaluării cantitative a potențialului hidroenergetic teoretic. În abordarea metodologiei de evaluare, trebuie să se țina seama de legi specifice hidraulicii, precum și de faptul că potențialul hidroenergetic natural este generat și regenerat în cadrul sistemului fizico – geografic, adică în cadrul geosistemului.

NOȚIUNEA DE “RÂU MIC”

Noțiunea de “râu mic” apare frecvent în literatura fizico – geografică și în special în hidrologie în ultima perioadă, fără să se fi acceptat până în momentul de față o definiție anume, sau să se precizeze o clasificare acceptată. Totuși, este recunoscut faptul că legile râurilor mari nu pot fi aplicate râurilor mici fără modificări dependente de condițiile fizico – geografice locale [46].

Odată cu micșorarea unității teritoriale de analizat, crește gradul de omogenitate al factorilor definitorii ai acelei unități. În acest sens, unii hidrologi utilizează termenul de “bazin versant”, recunoscut și acceptat de experți UNESCO și IAHS, înțelegându-se faptul că bazinele versante sunt situate într-o regiune omogenă prin condițiile de climă, relief, sol, litologie, vegetație.

Se apreciază că bazinele versant pot avea suprafețe de ordinul hectarelor, mergând până la câțiva kilometri pătrați în condiții de omogenitate fizico-geografică.

În alte studii se utilizează termenul de "bazin elementar", înțelegându-se un bazin hidrografic relativ mic, situat într-o singură unitate geografică. Din punct de vedere dimensional se apreciază faptul că suprafața bazinelor hidrografice mici însumează aproximativ 100 km² la munte, respectiv mai puțin de 400 - 500 km² la șes.

Limitele areale ale bazinelor mici [4] diferă de la un autor la altul și în legatură cu obiectivele studiilor respective. Astfel, în cazul cercetărilor legate de simularea scurgerii în bazine mici, limitele acestora au fost fixate între câteva sute de hectare și 10 km². Într-o clasificare mai largă a cursurilor de apă din România râurile mici figurează cu suprafețe de 7 - 50 km² în regiunile montane și 50 - 100 km² în cele de șes.

Într-un studiu al râurilor mici din țara noastră ca surse hidroenergetice, termenul de râuri mici este folosit pentru acelea care au suprafața bazinului cuprinsă între 300 km² și 1000 km², iar cele cu bazine de sub 300 km² au fost considerate pârâie.

Există mulți autori care agreează termenul de râu mic, bazin elementar sau bazin versant. Se poate concluziona că un bazin hidrografic poate fi apreciat ca fiind "mic" din punct de vedere dimensional dacă are o suprafață cuprinsă între unu și câteva zeci de km² (în cazul bazinelor versant limitele fiind mai reduse) [61].

În plus, bazinele mici trebuie să se caracterizeze printr-o omogenitate sporită a condițiilor definitorii (litologie, morfologie, vegetație, climă, scurgere etc).

7.2.2. OBIECTIVE GENERALE ALE EVALUARII POTENTIALULUI HIDROENERGETIC

Prin studiul potențialului hidroenergetic al cursurilor de apă se urmărește evaluarea cantitativă a resurselor energetice, repartizarea lor geografică, posibilitățile tehnice și economice de amenajare de uzine hidroelectrice și lucrări de regularizare a debitelor, corelarea valorificării hidroenergetice cu celelalte folosințe ale apelor.

Factorii cei mai importanți care influențează resursele hidroenergetice sunt:

- potențialul hidrologic exprimat prin cantitatea și distribuția precipitațiilor, mărimea coeficienților de scurgere, mărimea și variația debitelor;
- potențialul morfometric exprimat de pantele reliefului;
- structura geologică și caracteristicile geotehnice ale bazinelor hidrografice;
- factorii limitativi sau restrictivi ai valorificării resurselor hidroenergetice: caracteristicile scurgerii solide, particularități chimice ale cursurilor de apă, regimul termic și de îngheț al râurilor, limitări geologo - topografice;
- limitări tehnico - economice de etapă.

Inventarul detaliat al potențialului teoretic al cursurilor de apă constituie cadastrul hidroenergetic. În cadrul acestuia se calculează potențialul teoretic al cursurilor de apă la nivelul debitului mediu multianual, la nivelul debitului mediu a semestrului de vară, respectiv de iarnă.

Potențialul calculat pe baza debitului mediu multianual indică valoarea maximă a producției de energie, care poate fi obținută pe sectorul respectiv de râu. Întrucât această valoare este influențată de valorile extreme ale debitelor (maxim și minim) se consideră ca debitul cu asigurarea de 50 % permite aprecierea funcționării normale a uzinei hidroelectrice. Potențialul calculat pe baza debitului mediu de iarnă și vară permite să se aprecieze repartizarea în timpul anului a producției de energie electrică. Debitul mediu minim zilnic, respectiv debitul mediu minim lunar, cu asigurarea de 90-95 %, dă indicații asupra energiei garantate, care poate fi obținută prin amenajarea sectorului de râu.

Realizarea construcțiilor hidrotehnice se bazează pe necesitatea cunoașterii debitelor medii maxime zilnice cu asigurări de 1 - 10 %, care se impune de asemenea a fi calculate [53].

Amenajarea hidroenergetică a unui curs de apă presupune estimarea inclusiv a potențialului amenajabil (exploatabil sau net). Deși studiul de față nu are ca obiectiv această categorie de potențial, prezentăm principalele lui caracteristici. Potențialul hidroenergetic amenajabil corespunde producției potențiale reale a tuturor amenajărilor hidroelectrice care ar putea fi realizate pe un anumit curs de apă. El se calculează ținând seama de pierderile care apar în amenajările hidroenergetice, la transformarea energiei hidraulice în energie electrică, neutilizarea întregii căderi brute a râurilor, neutilizarea întregului debit al râurilor datorită deversărilor, infiltrației, consumului sau evaporației, pierderi datorate randamentului turbinelor și generatoarelor. Potențialul amenajabil se diferențiază datorită acestor cauze, în potențial tehnic amenajabil și potențial economic amenajabil.

Potențialul tehnic amenajabil reprezintă puterea sau energia care poate fi obținută efectiv prin amenajarea unui curs de apă. Determinarea acestui

potențial se face pe baza elaborării unor scheme de amenajare care țin seama de condițiile locale (topografice, geologice, hidrologice, ecologice), situația căilor de comunicație și a localităților existente în zona amenajării (care se impun sau nu să fie dezafectate sau strămutate), necesități de apă pentru alte folosințe. Anumite studii operează în locul acestui tip de potențial cu "potențialul mediu al energiei exploatabile" exprimat prin $E = 0,4 Q_m H$ (GWh/an), (unde: H = căderea, Q_m = debit mediu multianual pe sector). Acest potențial corespunde unei puteri egale cu $7,5 Q_m H$ (kW) utilizat timp de 5400 h/an.

Potențialul economic amenajabil reprezintă puterea sau energia tuturor amenajărilor care se pot realiza în condiții economice. Acesta este susceptibil de modificări, fiind influențat de: progresul tehnic, solicitările social - economice, potențialul tehnico - economic și perspectiva de utilizare de noi resurse energetice.

Este de remarcat faptul că evaluarea potențialului hidroenergetic are ca obiectiv în ultimă instanță deservirea societății, ceea ce înseamnă că valorificarea energiei naturale devine o componentă energetică a sistemului social uman.

Modul de conversiune și de valorificare a energiei hidraulice, sunt legate de disponibilitățile naturale, dar și de specificul solicitării social - economice a comunității omenești. Acest adevăr fundamentează trăsătura geografică a evaluării potențialului hidroenergetic natural.

7.2.3. ABORDAREA SISTEMICĂ A METODOLOGIEI DE EVALUARE A POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC

Scurgerea apei în albiile naturale se realizează prin interacțiunea dintre caracteristica de masă a geosferelor-atmosferă, hidrosferă, litosferă și un câmp de forțe dintre care cea mai importantă este forța de gravitație.

Din energia rezultată prin mișcarea apei, o parte se pierde pentru învingerea rezistenței la înaintare, deformarea albiei, transportul aluviunilor etc. Contactul direct dintre suprafața geosferelor sub acțiunea câmpului de forțe naturale convinge asupra faptului că atât scurgerea naturală a apei cât și energia rezultată constituie procese fizice realizate în cadrul geosistemului. Deci, studiul scurgerii și al energiei astfel rezultate presupune o abordare geoseismică.

Condițiile naturale în care se realizează scurgerea masei de apă (m) de densitate (ρ) într-o albie rectilinie între două secțiuni sunt: forța de gravitație (g), presiunea atmosferică normală (p_0), alte presiuni derivate (presiunea asupra pereților secțiunii udate, presiunea masei de apă în mișcare), frecări rezultate între moleculele de apă și frecări rezultate datorită rugozității albiei [22].

Dacă scurgerea apei unui râu se identifică cu scurgerea unui fluid ideal (incompresibil și lipsit de viscozitate), atunci pentru o linie de curent este valabilă legea lui Bernoulli:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{const.} \quad (7.1.)$$

Presiunea totală într-un fluid perfect este constantă de-a lungul unei linii de curent.

În formula (2.1.), (p) reprezintă presiunea statică (în cazul de față presiunea atmosferică la suprafața râului), ($1/2 \rho v^2$) reprezintă presiunea dinamică datorată energiei cinetice a fluidului, fiind egală cu energia cinetică

a unității de volum, iar (ρgh) este presiunea de poziție sau potențială datorată energiei potențiale și fiind egală cu energia potențială a unității de volum.

Relația lui Bernoulli este din punct de vedere dimensional o sumă de lungimi, fiecărui termen atașându-i-se o lungime [24].

Astfel, aceasta scrisă între două puncte ale unei linii de curent, devine:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gh_2 \quad (7.2.)$$

În formula care reprezintă legea lui Bernoulli, dând factor comun pe (ρg) se obține:

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + h = \text{const.} \quad (7.3.)$$

unde:

$p / \rho g$ - semnifică înălțimea piezometrică;

$v^2 / 2g$ - înălțimea cinetică;

h - cota punctului față de un plan de referință.

Deci, pentru un punct al aceleiași linii de curent suma celor trei lungimi este o constantă reprezentată printr-o linie energetică (curba reprezentativă a energiei curentului) paralelă cu linia de referință în cazul fluidelor perfecte.

Relația lui Bernoulli din punct de vedere energetic este o sumă de energii raportate la unitatea de greutate a fluidului considerat [2].

Acestea sunt:

- energia de poziție, h ;
- energia de presiune, $p/\rho g$;
- energia cinetică, $v^2/2g$;
- energia potențială, $h + p/\rho g$.

Suma lor reprezintă energia totală (E_u) a unității de greutate a unui lichid:

$$E_u = \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + h \quad (7.4.)$$

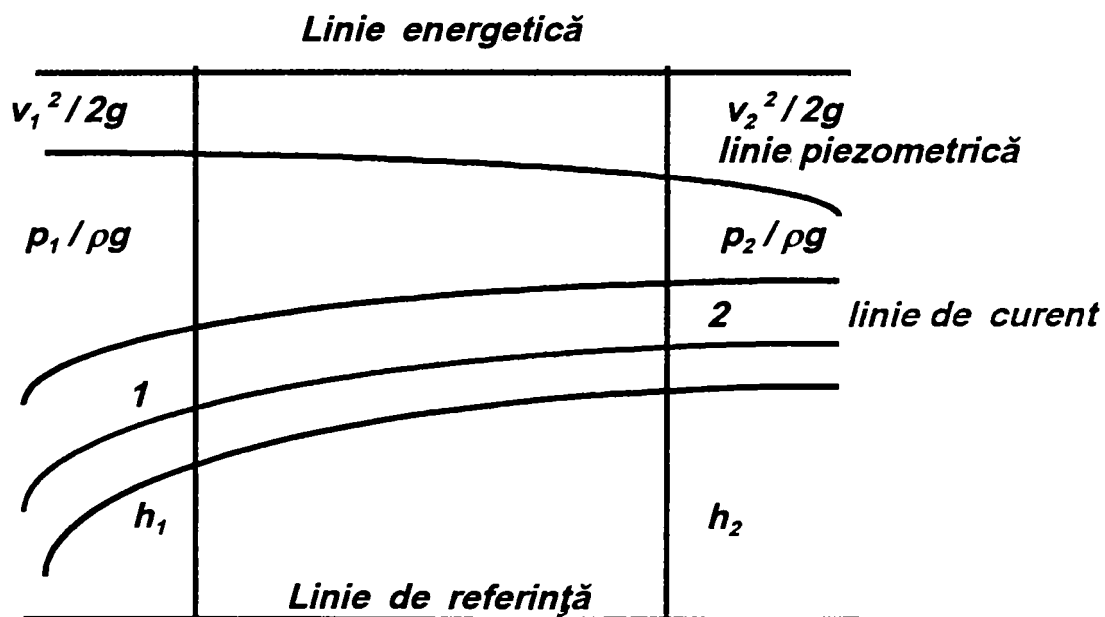


Fig 7.2. Reprezentarea grafică a energiilor unei linii de curent de fluid real.

Rezultă că energia brută disponibilă a unui volum de lichid (V) de greutate (G) este:

$$E = E_u G \quad (7.5.)$$

$$E_1 = \rho g V \left[\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + h_1 \right] \quad (7.6.)$$

$$E_2 = \rho g V \left[\frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + h_2 \right] \quad (7.7.)$$

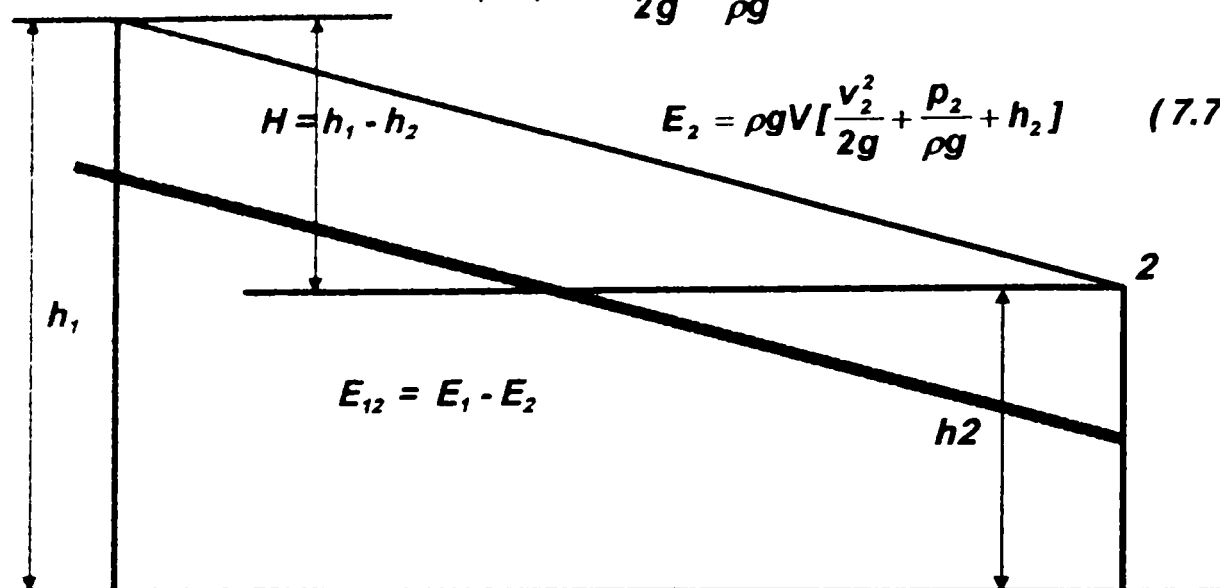


Fig. 7.3. Exprimarea energiei hidraulice pe sectorul 1-2 al unui râu.

Știind că $G = \rho g h$, rezultă:

$$E = \rho g V \left(\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + h \right) \quad (7.8.)$$

Amenajarea unui sector de râu delimitat de secțiunile (1) și (2), (Fig. 7.3.) permite obținerea unei energii hidraulice E_{12} dată de relația:

$$E_{12} = \rho g V \left[\frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2g} + \frac{(p_1 - p_2)}{\rho g} + h_1 - h_2 \right] \quad (7.9.)$$

Dacă secțiunile sunt suficient de apropiate, atunci:

$$v_1 \cong v_2 \text{ și } p_1 \cong p_2 \cong p_0$$

În aceste condiții, considerând căderea $H = h_1 - h_2$:

$$E_{12} = \rho g V H \quad (7.10.)$$

O altă aproximație acceptată prin trecerea de la fluidul ideal la apa râului se referă la faptul că în condiții practice nu se operează cu o unică linie de curent de viteză cunoscută. Prin medierea vitezelor pe verticală rezultă o epură în care vectorul viteză este același pentru toate liniile de curent [13].

Deoarece $m = \rho V$, E_{12} din relația precedentă este energie potențială ($E = mgH$), deci, ținând seama de condițiile naturale și de aproximațiile acceptate, se poate neglija ponderea energiei cinetice cuprinse în energia totală (E_u).

Natura geosistemică a procesului energetic este argumentată de natura parametrilor care intervin în expresia E_{12} :

- litosfera este reprezentată prin H ;
- hidrosfera este reprezentată prin V și ρ ;
- atmosfera este reprezentată prin condițiile de suprafață liberă a scurgerii râului și presiunea atmosferică normală;
- câmpul de forțe este reprezentat prin g .

Cu cât distanța dintre secțiunile considerate scade, cu atât relația (7.5.) este mai exactă [9].

7.2.4. EVALUAREA POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC TEORETIC

Studiul sistematizat al potențialului hidroenergetic a demarat la începutul secolului al XX - lea, metodele de calcul fiind diverse, ca și gradul de precizie al datelor de bază.

În anul 1921 U.S. Geological Survey evaluează potențialul teoretic liniar mondial pentru debite cu asigurarea de 95 %, rezultate care au fost ulterior îmbunătățite de H.K. Barrows (1930 - 1931). Valori ale potențialului teoretic liniar calculat pentru debitul cu asigurarea de 50 % și valori ale potențialului tehnic amenajabil au fost adăugate celor anterioare de către F.I. Nesteruk.

Și la noi în țară apar lucrări de evaluare a potențialului hidroenergetic: M. Sophian (1926), D. Pavel (1929, 1931, 1933, 1936). Evaluări hidroenergetice pe anumite râuri au mai făcut înainte de 1950 următorii autori: C. Mateescu pentru Prahova, Tarlung, Ialomița, D. Leonida pentru Bistrița, C. Andreescu pentru unele râuri ale Moldovei, P. Iacobi pentru unele râuri din Ardeal, D. Pastia pentru Bistrița și Siret, R. Ștefănescu și P. Cartianu pentru Ialomița superioară, D. Pavel pentru Sebeș, pentru unele râuri din Banat și pentru Dunăre.

În privința potențialului hidroenergetic al râurilor mici, Al. Cogălniceanu (1986) include în cunoscuta clasificare a potențialului hidroenergetic și categoria potențial hidroenergetic suplimentar, care se poate obține prin amenajări hidroenergetice de mică putere (microhidrocentrale) pe râuri de interes local. În privința evaluării resurselor hidroenergetice ale râurilor mici este remarcabil efortul depus de Catedra de Geografie Fizică a Universității "Babeș - Bolyai" din Cluj.

În ceea ce privește studiul energiei râurilor mici, al energiei secundare a bazinelor hidrografice, prof. I. Preda definește o disciplină aparte microhidroenergetica [48]. Energia râurilor mici urmează să fie valorificată cu ajutorul unor amenajări simple denumite microcentrale hidroelectrice (MCHÉ) cu o putere instalată cuprinsă între 0,5 kW și 15 MW. Amenajările se presupun a putea fi realizate în genere simplificat cu ajutorul unor materiale și mijloace locale iar echipamentele prin soluții constructive simplificate, fără a afecta sensibil performanțele conversiei de energie realizate. Energia electrică produsă de MCHÉ poate fi utilizată în scopuri tehnice de către o gamă largă de utilizatori care își desfășoară activitatea în vecinătatea sursei, respectiv în instalațiile gospodărești ale comunității aferente: în primul caz este vorba de antrenarea pe cale electrică a diferitelor mașini și instalații cu caracter tehnologic din domeniul construcțiilor, forestier, agro-zootehnic etc., iar în al doilea caz de alimentarea unor aparate de uz gospodăresc. Diagramele de consum zilnice ale grupurilor de utilizatori variază desigur de la caz la caz după tipurile de activitate tehnologică sau gospodărească, dar pot fi studiate și chiar stăpânite prin măsuri organizatorice adecvate.

7.2.4.1. CALCULUL POTENȚIALULUI TEORETIC

Energia hidraulică teoretică (brută) disponibilă a unui volum de apă V [m^3] care se scurge pe o diferență de înălțime H [m] considerată constantă se exprimă prin relația:

$$E_b = \rho g V H$$

Înlocuind $\rho g = \gamma$ și cunoscând că greutatea specifică a apei $\gamma = 1000 \text{ kg}/m^3$, relația devine:

$$E_b = 1000VH \text{ (kgm)} \quad (7.11.)$$

În sistemul MKS se ține seama că 1kgm = 9,81 Joule și 1 kWh = 367.000 kgm și deci:

$$E_b = VH / 367 = 0,002725VH \text{ (kWh)} \quad (7.12.)$$

Ținând cont că volumul de apă se scurge cu un debit constant: $Q = V/t$ (m^3/s), puterea teoretică disponibilă este dată de relația:

$$P_b = E_b / t = \gamma QH = 1000QH \text{ (kgm / s)} \quad (7.13.)$$

Pentru transformarea în kW se ține seama că 1 kgm / s = 9,81 W și 1 kW = 1000 / 9,81 (kgm / s) și deci:

$$P_b = 9,81QH \text{ (kW)} \quad (7.14)$$

Presupunând cunoscută funcția continuă $V(H)$, adică variația volumului mediu care se scurge pe suprafața bazinului de recepție, integrând, se obține:

$$E_b = 2,725 \int_{H_{min}}^{H_{max}} Vdh \text{ (kWh / an)} \quad (7.15.)$$

Cunoscând că debitul mediu specific:

$$q = \frac{1}{31560 F} V \text{ (l / s km}^2\text{)} \quad (7.16.)$$

unde: F este suprafața bazinului de recepție (km^2); energia și puterea vor fi:

$$E_b = \int_{H_{min}}^{H_{max}} qFdH \text{ (kWh / an)} \quad (7.17.)$$

$$P_b = 9,81 * 10^{-3} \int_{H_{min}}^{H_{max}} qFdH \text{ (kW)} \quad (7.18)$$

Efectuând calculul grafic sau tabelar se operează cu valori medii și deci se poate considera:

$$E_b = 86 \sum_{H_{min}}^{H_{max}} (q_i f_i h_i) \text{ (kWh / an)} \quad (7.19)$$

$$P_b = 9,81 * 10^{-3} \sum_{H_{min}}^{H_{max}} (q_i f_i h_i) \text{ (kW)} \quad (7.20)$$

unde :

q_i - debit specific pe sector;

f_i - suprafața de bazin aferentă sectorului;

h_i - căderea pe sector.

Aplicarea formulelor (7.19.) și (7.20.) presupune sectorizarea bazinului în (i) părți. Cu cât numărul sectoarelor va fi mai mare, cu atât sporește precizia calculului. Expresiile (7.17.) și (7.20.) exprimă energii și puteri teoretice ale unui volum de apă care se scurge de pe o anumită suprafață parcurgând o anumită cădere fără să se menționeze specificul condițiilor naturale.

Diferențierea condițiilor naturale de realizare a energiilor corespunzătoare fazelor succesive ale circuitului apei (precipitații, scurgere de suprafață, scurgere liniară) oferă posibilitatea evaluării energiei și puterii teoretice pentru fiecare dintre cele trei faze ale circuitului apei în natură [13].

Rezultă astfel trei categorii de potențiale teoretice care se calculează considerând randamentul de transformare a energiei hidraulice în energie electrică egal cu 100 %. Potențialul energetic teoretic (brut) reprezintă resursele de energie naturală ale unui bazin, fără a se ține seama de posibilitățile tehnice și economice de amenajare. El corespunde unei utilizări integrale a căderii și a disponibilului de apă.

Există numeroase alte metode de calcul numerice exacte și aproximative și metode grafice.

7.2.4.2. CALCULUL POTENȚIALULUI TEORETIC DE SUPRAFAȚĂ

a) **Potențialul teoretic de precipitații (E_p), reprezintă echivalentul energetic al întregului volum de apă rezultat din precipitațiile care cad pe o anumită suprafață de teren. Potențialul de precipitații absolut (E_{pa}) ia în considerare altitudinea absolută a bazinelor hidrografice iar potențialul de precipitații relativ (E_{pr}) ia în considerare nivelul de bază local al bazinelor hidrografice. Nivelul de contact al precipitațiilor cu terenul a fost apreciat la altitudinea medie a bazinului (H_m).**

$$E_p = 2,725 X_0 F H_m \quad (\text{kWh / an}) \quad (7.21.)$$

unde:

X_0 - precipitații în mm;

F - suprafața bazinului în km²;

H_m - altitudinea medie a bazinului (pentru E_{pa} se aplică H_m absolut, pentru E_{pr} se aplică H_m relativ).

Pentru a scoate în evidență gradul de concentrare a potențialului de precipitații se calculează valoarea potențialului specific pe unitatea de suprafață (e_p):

$$e_p = E_p / F \quad (\text{kWh / an km}^2) \quad (7.22.)$$

Astfel rezultă potențialul de precipitații specific absolut (e_{pa}), dacă nivelul de referință este nivelul de bază absolut, sau potențialul de precipitații specific relativ (e_{pr}), (dacă este vorba de nivelul de bază local).

b) **Potențialul teoretic de scurgere (E_s) se calculează ținând cont că numai o parte din precipitații se scurg la suprafața bazinului, restul pierzându-se prin infiltrație, evaporație, evapotranspirație, pierderile acestea fiind exprimate de coeficientul de scurgere :**

$$E_s = \sigma E_p \quad (\text{kWh / an km}^2) \quad (7.23.)$$

unde : σ - coeficient de scurgere mediu.

După cum se ia în considerare H_m absolut sau H_m relativ se obține potențialul teoretic de scurgere absolut (E_{sa}) respectiv potențialul teoretic de scurgere relativ (E_{sr}).

Gradul de concentrare al potențialului de scurgere este reprezentat de potențialul teoretic de scurgere specific :

$$e_s = \sigma e_p \quad (\text{kWh / an km}^2) \quad (7.24.)$$

care de asemenea în funcție de mărimea căderii poate fi absolut (e_{sa}) sau relativ (e_{sr}).

Având în vedere obiectivul propus - studiul potențialului hidroenergetic la nivelul unor bazine respectiv râuri mici, în vederea sectorizării acestora, nu se face o diferențiere a precipitațiilor, respectiv a coeficienților de scurgere în cadrul teritoriului bazinelor, ci se iau în considerare precipitațiile medii pe bazin, respectiv coeficientul de scurgere mediu pe bazin.

Evaluând potențialul de scurgere se identifică mai multe sectoare, în fiecare dintre acestea fiind valabilă o anumită variație a precipitațiilor și a coeficienților de scurgere cu altitudinea medie.

Aceste funcții de variație intervin în diferențierea precipitațiilor medii, respectiv a coeficienților de scurgere medii în cadrul sectoarelor bazinelor, sau de la un bazin la altul. Acesta este motivul pentru care relațiile de calcul ale potențialului de precipitații, respectiv de scurgere, nu s-au exprimat sub formă de integrări, respectiv însumări.

Rezultatele calculelor care se efectuează pentru bazine hidrografice mici se grupează în două categorii, corespunzătoare nivelului de bază absolut și respectiv relativ.

Valorile care rezultă: $E_{p,p}$, $E_{s,s}$, $E_{p,r}$, $E_{s,r}$, reflectă potențialul de precipitații, respectiv de scurgere de care dispune bazinul în secvența multianuală [13].

Rezultatele: $e_{p,p}$, $e_{s,s}$, $e_{p,r}$, $e_{s,r}$, reflectă gradul de concentrare a potențialului teoretic de suprafață și permit efectuarea de comparații, sectorizări pe criterii valorice și tipizări.

Prin reprezentarea grafică a rezultatelor se obține modelul hidroenergetic areal al râului care permite compararea potențialelor de scurgere și precipitații ale subbazinelor aferente sectoarelor de râu. Rezultă sectoare cu E_p și E_s ridicate. Aceste maxime se datorează suprafețelor subbazinale mai mari între sectoarele menționate, ceea ce duce la posibilitatea recepționării unui fascicol mai larg de precipitații. Acest tip de model hidroenergetic ilustrează de asemeni micșorarea rapidă dinspre izvor spre vărsare a raportului dintre E_p și E_s , datorită micșorării în același sens a coeficientului de scurgere.

În diversitatea factorilor naturali care intervin în geneza potențialului teoretic de suprafață, se includ parametri: elementele morfometrice (altitudinea medie a bazinelor hidrografice și suprafața acestora) și elementele hidrometeorologice (precipitațiile și coeficienții de scurgere). Cele mai mari valori ale potențialului teoretic de suprafață sunt caracteristice bazinelor hidrografice de suprafață mai întinsă, ceea ce conduce la receptarea unui fascicol mai larg de precipitații. Deoarece elementele hidrometeorologice menționate sunt dependente de cele morfometrice, în interpretarea rezultatelor obținute prin calculele de potențial teoretic se impune eliminarea dimensiunilor cu rol "subiectiv" ca de exemplu suprafața bazinelor hidrografice. Astfel, o corectă interpretare a variației spațiale a potențialului hidroenergetic este posibilă pe baza potențialurilor specifice.

În studiul variației spațiale a potențialului de suprafață, s-a ales ca variabilă cauză altitudinea medie a bazinelor hidrografice, element component al formulelor de calcul și în același timp element prezent în conținutul informațional al precipitațiilor medii și al coeficientului de scurgere mediu.

7.2.4.3. CALCULUL POTENȚIALULUI TEORETIC LINIAR

Potențialul teoretic liniar (E_l), reprezintă energia hidraulică totală disponibilă a debitelor de apă care se scurg de la izvoare până la vărsare (sau un alt reper) considerând randamentul egal cu 100%. Calculul potențialului teoretic al cursurilor de apă se face prin împărțirea pe sectoare caracteristice succesive ale cursului de apă. Având în vedere că în studiul de față cursurile sunt mici, lungimea sectoarelor s-a luat de 1 km.

Pentru un anumit sector de râu puterea medie și energia corespunzătoare sunt date de relații în care $Q = qf / 1000$ (q = debit specific pe sector, f = suprafața aferentă sectorului de calcul):

$$dP_i = 9,81Q_m \quad [\text{kWh} / \text{km}] \quad (7.25.)$$

$$dE_i = 86.000Q_m \Delta H \quad [\text{kWh} / \text{an.km}] \quad (7.26.)$$

unde :

dP_i = puterea medie pe sectorul i ;

dE_i = energia medie pe sectorul i ;

$Q_m = (Q_{am} + Q_{av}) / 2$ [m^3/s], media debitelor de la capătul amonte și aval al sectorului i ;

$$\Delta H = H_{am} - H_{av} \text{ [m]} \quad (7.27.)$$

Puterea teoretică respectiv energia teoretică unitară medie a cursurilor mici se calculează prin raportare la lungimea cursului:

$$p_m = \sum dP_i / L \text{ [kW / km]} \quad (7.28.)$$

$$e_m = \sum dE_i / L \text{ [kWh / an.km]} \quad (7.29.)$$

unde :

p_m = puterea unitară medie ;

e_m = energia unitară medie ;

L = lungimea râului.

Potențialul teoretic al cursurilor de apă se calculează pentru valorile debitului mediu multianual (Q_m) ceea ce indică valoarea maximă a producției de energie care poate fi obținută pe sectorul respectiv de râu. Întrucât această valoare este influențată de valorile extreme ale debitelor (maxim și minim), se consideră că debitul cu asigurarea 50% permite aprecierea funcționării normale a uzinei hidroelectrice.

Potențialul teoretic calculat cu asigurarea de 90-95% dă indicații asupra energiei garantate care poate fi obținută prin amenajarea sectorului de râu. Potențialul teoretic calculat pe baza debitului mediu de iarnă și vară permite să se aprecieze repartizarea în timpul anului a producției de energie electrică. Valorile debitelor specifice celor două sezoane pot fi utilizate la calculul potențialului sezonier. Debitele medii, maxime și minime calculate pentru diverse asigurări, pot servi calculului potențialului teoretic cu asigurările respective.

În cazul potențialului hidroenergetic liniar se ține cont atât de diferențele funcției $q = f(H_m)$ de la o regiune la alta cât și de specificul acestei funcții de-a lungul cursului. Astfel energia totală liniară a unui râu este calculată prin însumarea energiilor parțiale, aferente fiecărui sector. Puterea și energia totală oferă informații privind cantitatea de energie (puterea pe care o are râul de la izvoare până la secțiunea de închidere).

Deoarece râurile au lungimi diferite, gradul de concentrare a puterii (energii) liniare este reprezentat prin puteri (energii) liniare unitare medii $(\sum) dP_i / L$; $(\sum) dE_i / L$. Pe baza acestor valori se pot efectua comparații, ierarhizări, tipizări.

Mărimea potențialului teoretic liniar este dependentă față de mărimea debitului mediu, sau cu alte cuvinte dependentă de mărimea suprafeței bazinului de receptie. Pentru a elimina acest inconvenient, se obișnuiește să se ia în considerare pentru comparații și ierarhizări mărimea potențialului teoretic liniar specific (obținut prin raportare la lungimea cursului). Se alege valoarea medie corespunzătoare gardului cu care participă fiecare km^2 din bazin la mărimea totală a potențialului teoretic liniar. Deci indicele potențialului teoretic liniar (I_l) este egal cu:

$$I_l = \sum dE / F \text{ [kWh / an / km}^2 \text{]} \quad (7.30.)$$

unde:

$\sum dE_i$ = potențialul teoretic liniar total al cursului;

F = suprafața bazinului.

Acest indice este mult mai ilustrativ decât energia teoretică unitară medie (e_m) exprimată în kWh/an/km. l, exprimă energia liniară aferentă unui km² din bazin, în timp ce (e_m) exprimă energia liniară aferentă unui km de curs. Uniformizarea unităților de măsură ale potențialului de scurgere specific și ale potențialului liniar specific exprimat de indicele (I_l), este calea care poate duce la elaborarea unei ecuații de legătură între potențialul liniar și cel de suprafață.

Exprimarea variației spațiale a potențialului teoretic liniar depinde, după cum arată formula de calcul, de debitul mediu și de căderea medie, ambele corespunzătoare sectorului de râu luat în considerare. Corelațiile grafice încercate, luând în considerare diverse combinații ale energiei liniare, debitul mediu, altitudini medii, nu au condus la identificarea unor funcții de variație spațială semnificative din punct de vedere fenomenologic. De aceea s-au luat în considerare ca variabilă cauza, care să exprime căderea pe sector de râu, indicele H_{medrel}/F . Valoarea acestui indice se exprimă în m/km și are semnificația de pantă a unui bazin teoretic de aceeași suprafață cu cea a bazinului real, dar de formă pătrată. Acest indice "panta" și-a demonstrat eficiența în generalizările teritoriale ale scurgerii maxime și ale scurgerii de aluviuni în suspensie, ambele strict dependente de energia râului.

O mărime caracteristică pentru un anumit sector este potențialul teoretic liniar specific p care se raportează la unitatea de lungime a râului [5]:

$$p_p = \frac{\Delta P}{L} = 9,81Q_m \frac{\Delta H}{L} = 9,81Q_m i \quad [\text{kW} / \text{km}] \quad (7.31.)$$

$$p_e = \frac{\Delta E}{l} = 86000Q_m \frac{\Delta H}{L} = 86000Q_m i \quad [\text{kW} / \text{km}] \quad (7.32.)$$

În aceste relații i reprezintă panta râului, în ‰ sau în m/km.

Potențialul liniar specific reprezintă puterea medie sau producția de energie hidroelectrică teoretică care poate fi obținută prin amenajarea unui km de râu. O valoare mare a potențialului teoretic specific liniar semnifică o concentrare accentuată a potențialului hidroenergetic și deci condiții favorabile de amenajare hidroelectrică.

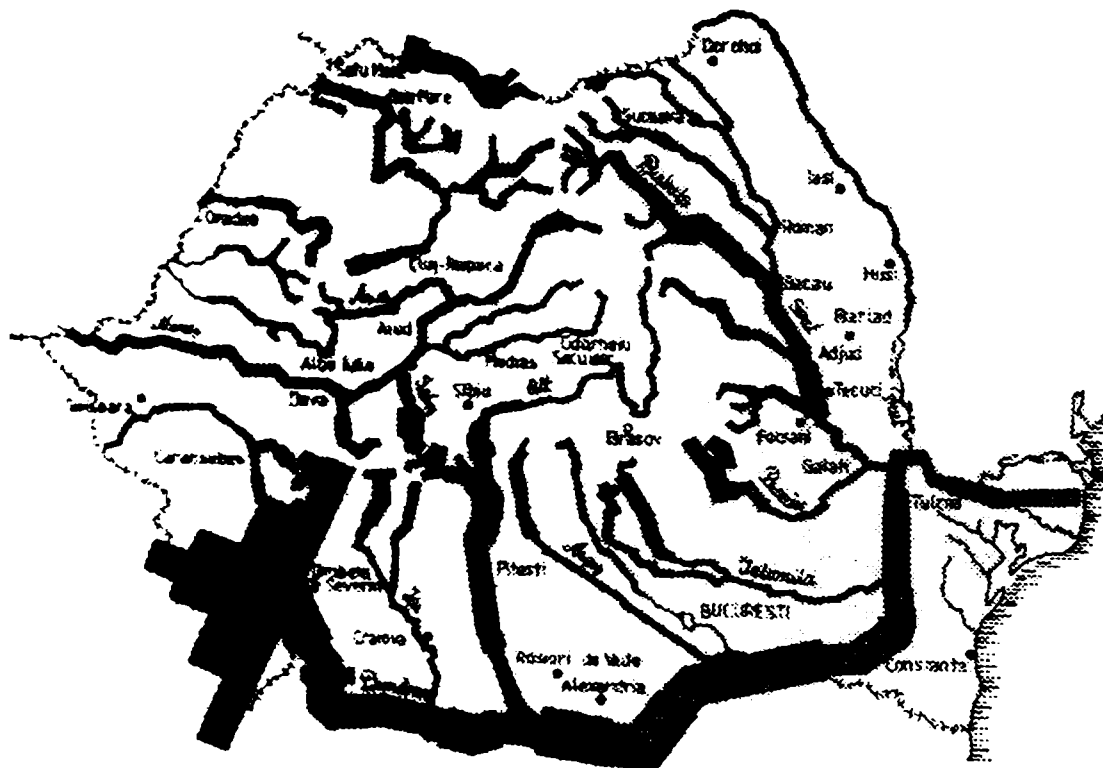


Fig. 7.4. Potențialul teoretic liniar al cursurilor de apă din România.

Reprezentarea sinoptică a potențialului liniar specific pune imediat în evidență zonele de concentrare a potențialului hidroenergetic, cărora trebuie să li se acorde prioritate în studiu. Astfel, în Fig. 7.4. se prezintă potențialul liniar specific pe cursurile de apă ale României [5].

Diferența dintre energia teoretică de suprafață a apelor de scurgere și energia teoretică liniară este dată de apele de șiroire, partea de izvoare a râurilor etc. În mod natural, o parte importantă a acestei energii se consumă în erodarea versanților. O cotă a acestui potențial poate fi valorificat în AHE de mare putere prin derivații secundare sau în microhidrocentrale care se pot realiza pe râuri secundare, de interes local.

7.2.5. POTENȚIALUL HIDROENERGETIC AMENAJABIL

Potențialul hidroenergetic amenajabil prezintă capacitatea de producție medie anuală și puterea tuturor AHE care se pot realiza pe cursurile de apă de pe un teritoriu.

Pentru determinarea lui este necesar să se întocmească schemele de amenajare ale râurilor din acest teritoriu, ținând seama de condițiile topografice, geologice, hidrologice, de amplasarea localităților, a căilor de comunicație, de cerințele de apă actuale și în perspectivă ale altor folosințe etc.

Suma puterilor și capacităților de producție a tuturor AHE din cuprinsul teritoriului studiat va da potențialul tehnic amenajabil.

Diferențele AHE prezintă deosebiri mari din punct de vedere al investiției și al cheltuielilor anuale, astfel că numai unele dintre ele satisfac condițiile de economicitate care justifică realizarea lor. Suma puterilor și a capacităților de producție a AHE economice constituie potențialul economic amenajabil.

Potențialul hidroenergetic amenajabil este variabil în timp, prezentând o continuă tendință de creștere, datorită progreselor tehnice în transportul energiei electrice, în fabricarea hidroagregatelor și echipamentelor hidromecanice, în perfecționarea schemelor de amenajare, a metodelor de calcul, a materialelor folosite și a utilajelor de construcții, a creșterii posibilităților tehnice de realizare a AHE în condiții geologice și topografice grele etc.

Potențialul economic amenajabil este o valoare relativă, depinzând de raportul investiției și cheltuielilor anuale ale AHE și ale altor tipuri de centrale electrice, în special centrale termo și nucleare electrice, de condițiile de realizare și finanțare a lucrărilor, de fondurile disponibile pentru investiții, de concepția asupra economicității, de interesul pe care îl prezintă lucrarea la un anumit moment pentru alte ramuri ale gospodăririi apelor. Progresele tehnice conduc, în multe cazuri, la reducerea relativă a investiției și cheltuielilor anuale ale AHE. Astfel, de exemplu, utilizarea turbinelor bulb a permis valorificarea economică a căderilor mici. Creșterea continuă a costului combustibilului din ultimii ani a condus la mărirea spectaculoasă a potențialului hidroenergetic economic amenajabil. Creșterile cele mai semnificative ale potențialului hidroenergetic amenajabil se datoresc progreselor în transportul energiei electrice la foarte înaltă tensiune, ceea ce a permis valorificarea unui însemnat potențial hidroenergetic din zone îndepărtate de marile centre de consum. Asemenea situații s-au înregistrat în C.S.I., Canada, Brazilia etc.

În afară de potențialul hidroenergetic tehnic și economic amenajabil al râurilor principale (potențialul major), în ultimul timp se acordă atenție și

potențialului hidroenergetic suplimentar care se poate obține prin amenajarea de AHE de mică putere și de microhidrocentrale pe râurile de interes local.

Din cele cinci categorii de potențial hidroenergetic care au fost prezentate se observă că în fond interesează numai ultimile două, respectiv potențialele tehnic amenajabil și economic amenajabil. Determinarea lor directă cere o activitate sistematică, îndelungată și costisitoare, fiind necesar un volum important de date de bază hidrologice, topografice și geologice. În lipsa unor asemenea date complete, se poate face o evaluare indirectă globală a potențialului hidroenergetic amenajabil pornind de la potențialul teoretic, cărui i se pot aplica diferiți coeficienți de reducere până la stabilirea aproximativă a potențialului tehnic și economic amenajabil. Acest mod de calcul este ușurat și de faptul că în multe situații datele de bază de care se dispune constau mai ales în precipitații și în ridicări topografice de ansamblu care nu sunt suficiente pentru întocmirea de scheme de amenajare, dar permit o evaluare globală a potențialului hidroenergetic tehnic și economic amenajabil. În Tabelul 7.1. se prezintă date comparative asupra potențialului teoretic al scurgerii și potențialele tehnic și economic amenajabil din unele țări europene.

Stabilirea coeficienților de trecere de la o categorie de potențial la alta este foarte importantă. Aplicarea unor coeficienți de trecere insuficient studiați poate conduce la erori însemnate.

Astfel, în timp ce potențialele teoretice de suprafață sunt date numai de precipitațiile și debitele de scurgere ale teritoriului în studiu, potențialele amenajabile se referă la cursuri de apă, la care o parte a volumului de scurgere poate fi formată în afara limitelor suprafeței a cărei potențial se determină.

Pentru o comparare corectă este necesar să se elimine potențialul amenajabil al părții de volum de apă format în afara zonei care se studiază [5].

Tabelul 7.1.

Potențialul teoretic de scurgere și potențialul tehnic amenajabil în unele țări din Europa. [4 și 14]

| ȚARA | POTENȚIALUL TEORETIC DE SCURGERE E_t [Twh] | POTENȚIALUL TEORETIC AMENAJABIL | |
|--------------------|---|------------------------------------|-------------|
| | | TOTAL | % din E_t |
| Australia | 152,5 | 43 | 28,7 |
| Bulgaria | 35 ¹ | 15,8 | 45,0 |
| Cehoslovacia | 39,3 | 12,0 | 30,6 |
| Elveția | 144 ² | 39,0 | 21,8 |
| Finlanda | 47 | 21,7 | 46,1 |
| Franța | 314 | 82,0 | 26,2 |
| Italia | 341 | 76,5 | 22,4 |
| Iugoslavia | 226 | 66,0 | 29,2 |
| Norvegia | 556 | 151,6 | 27,2 |
| Polonia | 32 | 12,1 | 37,8 |
| România | 90 | 40,0 | 44,4 |
| C.S.I. | | | |
| - total | 4500 | 2160,0 | 48,0 |
| - partea europeană | 972 | 314,0 | 32,2 |

¹ Numai râurile interioare (fără Dunăre).

² Calculat față de cota de ieșire a apelor din țară.

Coeficienții de trecere depind de asemenea foarte mult de condițiile naturale ale zonei.

Din această cauză se recomandă să se studieze câteva bazine tipice din cadrul teritoriului în studiu pentru a determina coeficienții de trecere de la o categorie la alta de potențial în condițiile specifice zonei respective.

7.2.5.1. VALORIFICAREA POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC AL ROMÂNIEI

Studiul sistematic al potențialului hidroenergetic al României, început în anul 1950, a permis determinarea principalelor categorii de potențial hidroenergetic [21].

Astfel potențialul teoretic de suprafață din precipitații este 230 TWh, iar cel al scurgerii de 90 TWh.

Potențialul teoretic liniar, calculat pe aproape 25 000 km în lungul principalelor râuri, se cifrează la următoarele valori:

- La debitul mediu: 70 TWh, din care 51,5 TWh pe râurile interioare și 18,5 TWh pe Dunăre;
- La debitul cu asigurarea 95 %: 18,4 TWh, din care 11,5 TWh pe râurile interioare și 6,9 TWh pe Dunăre.

Potențialul tehnic amenajabil a crescut de la 36 TWh la 40 TWh, datorită îmbunătățirii schemelor de amenajare. Din această valoare 28,4 TWh, revin AHE de pe râurile interioare și 11,6 TWh amenajărilor de pe Dunăre.

În Tabelul 7.2. se prezintă valorile diferitelor categorii de potențial hidroenergetic pe principalele bazine hidrografice.

Tabelul 7.2.
Potențialul hidroenergetic al bazinelor hidrografice din România.

| BAZINUL HIDROGRAFIC | Suprafața [km ²] | Potențialul teoretic [GWh] | | | Potențialul tehnic amenajabil [GWh] | Amenajat în 31.12.1985 [GWh] |
|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------|--|---------------------------------------|
| | | De precipitații | Al scurgerii | Teoretic liniar | | |
| Tisa – Someș | 23 351 | 32 500 | 14 900 | 6 900 | 4 080 | 550 |
| Crișuri | 13 085 | 10 500 | 4 500 | 2 500 | 1 040 | 330 |
| Mureș | 27 842 | 41 000 | 17 200 | 9 500 | 4 850 | 1 361 |
| Timiș - Nera | 9 700 | 9 000 | 3 700 | 1 800 | 1 230 | 60 |
| Cerna - Jiu | 21 844 | 25 000 | 10 400 | 5 650 | 2 600 | 443 |
| Olt | 24 507 | 34 500 | 13 400 | 8 250 | 4 540 | 3 287 |
| Argeș – Dambovița | 12 424 | 12 500 | 5 000 | 3 100 | 1 700 | 926 |
| Ialomița | 10 817 | 8 500 | 3 300 | 2 200 | 800 | 175 |
| Siret | 44 993 | 44 500 | 16 700 | 11 100 | 4 950 | 1 421 |
| Pрут | 10 894 | 2 700 | 500 | 500 | 230 | 65 |
| Dobrogea și bazine endoreice | 38 043 | 9 500 | 400 | - | - | - |
| Microhidrocentrale | - | - | - | - | 2 380 | 159 |
| TOTAL RĂURI INTERIOARE | 237 500 | 230 000 | 90 000 | 51 500 | 28 400 | 8 777 |
| Dunărea | - | - | - | 18 500 | 11 600 | 6 496 |
| TOTAL GENERAL | 237 500 | 230 000 | 90 000 | 70 000 | 40 000 | 15 273 |

Pe ansamblul țării, compararea diferențelor categorii de potențial se va face numai pentru partea aferentă râurilor interioare, deoarece la Dunăre o parte importantă a debitului se formează în amonte. Astfel:

- Potențialul teoretic al scurgerii reprezintă 39,1 % din potențialul teoretic de precipitații.
- Potențialul teoretic liniar al râurilor interioare reprezintă 57,2 % din potențialul scurgerii și 22,4 % din potențialul de precipitații.
- Potențialul tehnic amenajabil al râurilor interioare reprezintă 55,1 % din potențialul teoretic liniar, 31,6 % din potențialul scurgerii și 12,3 % din potențialul de precipitații.
- Fluviul Dunărea reprezintă un potențial însemnat, care reprezintă 29 % din potențialul tehnic amenajabil al țării.
- Regimul hidrologic variat al râurilor se pune în evidență prin raportul dintre potențialul teoretic liniar al debitului cu asigurarea de 95 % și cel corespunzător debitului mediu: acest raport este de 23,3 % pentru râurile interioare și 37,3 % pentru Dunăre.

Valorificarea potențialului hidroenergetic al țării, cu toate că a început încă de la sfârșitul secolului trecut, s-a dezvoltat foarte lent, astfel că în anul 1950 puterea tuturor AHE era de numai 60 MW, reprezentând 8 % din puterea și producția tuturor centralelor electrice din țară [36].

După anul 1950 s-au pus în funcțiune primele AHE importante pe râurile interioare (pe Bistrița, pe Argeș), dar dezvoltarea hidroenergeticii a fost mai lentă decât a producției totale de energie electrică, ceea ce a făcut ca producerea puterii și energiei hidroelectrice să scadă până în anul 1965. La mijlocul deceniului al 7-lea ritmul construcției de AHE a crescut rapid, punându-se treptat în funcțiune o serie de AHE importante, dintre care se remarcă SHEN Porțile de Fier I pe Dunăre, cascadele de AHE de pe Bistrița, Argeș, Olt, Lotru, Someș, Sebeș, Râu Mare etc. Ca rezultat, ponderea puterii și producției de energie a AHE a crescut rapid (Tabelul 7.3.), ajungând la 16 % din producția de energie în anul 1984, care a fost un an secetos.

Tabelul 7.3. Evoluția participării AHE la acoperirea producției de energie electrică a României. [5], [73].

| ANUL | 1950 | 1960 | 1965 | 1975 | 1980 | 1984 | 1989 | 1997 | 1998 |
|---|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Producția de energie electrică [GWh] | 2 113 | 7 650 | 17 215 | 53 721 | 67 486 | 71 600 | 72509 | 50293 | 46140 |
| Producția de energie hidroelectrică [GWh] | 169 | 397 | 1 005 | 8 711 | 12 637 | 11 330 | 12506 | 17442 | 18798 |
| Ponderea producției AHE [%] | 8,0 | 5,2 | 5,8 | 16,2 | 18,7 | 15,8 | 17,24 | 34,68 | 40,74 |
| Puterea instalată totală [MW] | 740 | 1 779 | 3 258 | 11 578 | 16 109 | 18 824 | 21544 | 18653 | 18715 |
| Puterea instalată în AHE [MW] | 60 | 209 | 461 | 2 632 | 3 455 | 4 062 | 5509 | 5906 | 5942 |
| Ponderea puterii AHE [%] | 8,1 | 11,75 | 14,15 | 22,70 | 21,40 | 21,60 | 25,57 | 31,66 | 31,75 |

Amenajarea energetică a râurilor țării a urmărit permanent valorificarea complexă a apelor, asigurând, pe lângă producția de energie electrică și cerințele altor folosințe ca alimentările cu apă potabilă și industrială, irigațiile, navigația etc., precum și atenuarea viiturilor.

SECTORIZAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE ÎN FUNCȚIE DE VALORILE COEFICIENTULUI DE INSTALARE – DATE HIDROLOGICE PENTRU BAZINELE HIDROGRAFICE ALE RÂURILOR PRAHOVA ȘI DOFTANA

8.1. ROLUL COEFICIENTULUI DE INSTALARE AL CHE ȘI CHEMP - MHC ÎN SECTORIZAREA REȚELEI HIDROGRAFICE

Există în România multe zone geografice în care, amonte de lacuri de acumulare cu volum important, mai există un potențial hidroenergetic nevalorificat, demn de luat în considerare.

Un exemplu convingător îl constituie amenajările preconizate amonte de lacul Vidraru, aflate în zona de formare a rețelei hidrografice a Argeșului (Fig. 8.1. și Fig. 8.2.).

Această idee sugerează sectorizarea unei rețele hidrografice în două zone [37]:

- prima asociată unei centrale hidroelectrice de acumulare (CHEA), eventual prelungită în aval cu o cascadă de CHE mai mici, beneficiind de un debit compensat;
- a doua - în amonte de lacurile de acumulare, în zona de formare a rețelei.

Exploatarea energetică a acestor două zone ia în considerare nu numai CHE mici sau micro, de interes local ci mai ales un ansamblu de CHE care să funcționeze coordonat, intensiv în perioada apelor mari de primăvară.

Coefficienții de instalare aferenți acestor CHE a căror funcționare va fi coordonată, vor fi mai mari decât ai celor de interes local, pentru a favoriza producția de energie în sezonul în care în aval domnește strategia umplerii lacurilor de acumulare.

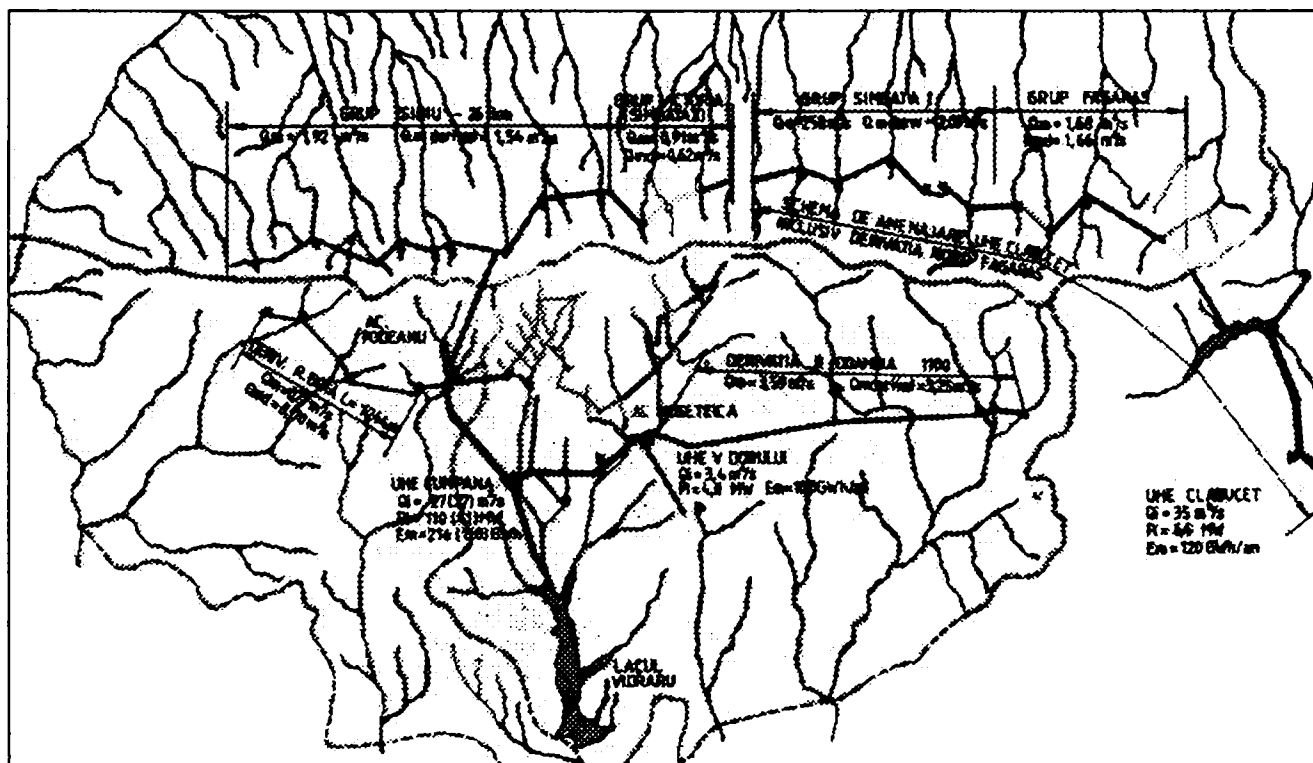


Fig. 8.1. Amenajarea hidroenergetică a râului Argeș – amonte.

$$E_{\text{prod}} = \varepsilon' \eta_{\text{mp}} E_{\text{damenaj}} = \varepsilon E_{\text{damenaj}} \quad (8.7.)$$

unde:

$$\varepsilon = \varepsilon' \eta_{\text{mp}} \quad (8.8.)$$

este factorul de producție.

Randamentul mediu ponderat η_{mp} rezultă din faptul că în procesul de producție, echipamentele lucrează cu valori diferite ale randamentului (după curba de garanție) în funcție de încărcare.

Astfel, dacă t_k este durata funcționării la puterea P_k cu randamentul η_k , randamentul mediu ponderat este [47]:

$$\eta_{\text{mp}} = \frac{\sum t_k \eta_k}{\sum t_k} \quad (8.9.)$$

Se vede că valoarea η_{mp} poate fi favorizată de faptul că puterile celei mai frecvente i se asociază randamentul maxim, constituind una din condițiile esențiale ale soluției de dotare.

Producția de energie a CHEMP depinde practic de mărimea ei definită prin coeficientul de instalare. Astfel, debitul corespunzător capacității maxime a turbinelor din CHEMP se numește debit instalat Q_i .

Pentru N agregate: $Q_i = N Q_{ia}$.

Corespunzător căderii de calcul H_c , puterea nominală a agregatelor $P_n = 9,81 \eta Q_{ia} H_c$ este echivalent puterii instalate $P_i = P_n N$.

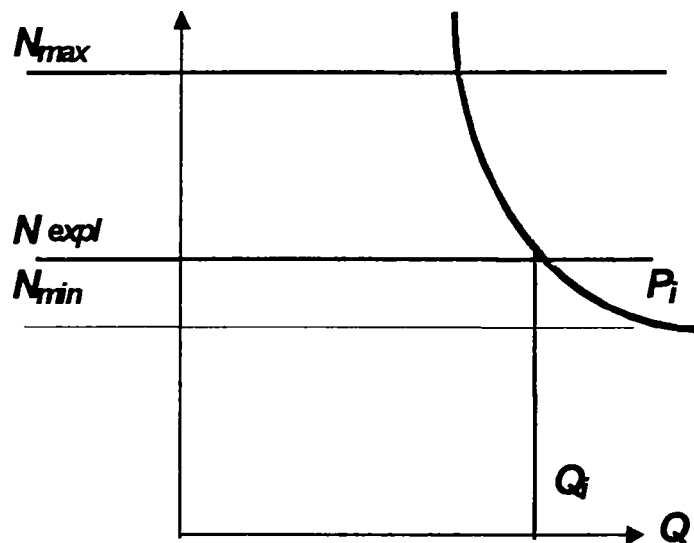


Fig. 8.3. Limitele diagramei de exploatare.

În Fig. 8.3. este indicat schematic domeniul de funcționare al CHE respectiv limitele P_i și Q_i .

Aceste mărimi se determină față de debitul mediu Q_n sau puterea corespunzătoare acestuia P_n prin intermediul coeficientului de instalare k_i .

$$Q_i = k_i Q_n \quad (8.10.)$$

$$P_i = k_i P_n \quad (8.11.)$$

Alegerea acestui coeficient depinde de o serie de factori:

- Necesarul de energie - determinat de curbele de consum zilnic și anuale, ținând cont de perspectivele dezvoltării în viitor.
- Schema de amenajare, la amenajări importante cu baraje mari, costul echipamentelor este procentual redus - se ia k_i mare.
- Caracterul exploatării (CHE de vârf au k_i mare).

c. Planul de exploatare a rețelei electrice; dacă CHE lucrează în paralel cu alte centrale electrice, ea este folosită pentru acoperirea vârfului - k_1 mare.

e. Posibilități financiare și de execuție.

În conexiune cu producția de energie respectiv cu alegerea mărimii CHE un indice important este timpul de utilizare a puterii instalate.

Într-adevăr dacă producția anuală a unei CHE ar fi virtual realizată de puterea instalată P_1 , în timpul de funcționare T_0 ore, se poate scrie:

$$\varepsilon T P_{m,d} = E_{prod} = T_0 P_1 \quad (8.12.)$$

de unde T_0 , timpul de utilizare al puterii instalate:

$$T_0 = \frac{T \varepsilon P_{m,d}}{P_1} = T \frac{\varepsilon}{k_1} \quad (8.13.)$$

este o funcție de factorul de producție și coeficientul de instalare.

Notând cu u factorul de utilizare, mai rezultă:

$$u = \frac{\varepsilon P_{m,d}}{P_1} = \frac{\varepsilon}{k_1} \quad (8.14.)$$

$$T_0 = u T \quad (8.15.)$$

Pe seama criteriilor de alegere a coeficientului de instalare se pot face următoarele observații: din studiul devizelor de construcții hidrotehnice [8] rezultă că investigațiile necesare amenajărilor sunt exprimate în funcție de Q_1 , printr-o expresie de forma:

$$I = a + b_1 Q_1 + c_1 Q_1^2 \quad (8.16.)$$

Relația învederează trei categorii de lucrări:

- Lucrări independente de Q_1 , ca barajul, injecțiile de beton, centrala propriu zisă, sectorul corectat din aval etc.;
- Lucrări proporționale cu Q_1 ;
- Lucrări proporționale cu Q_1^2 , ca priza sub presiune, galerii, conducte forțate, castel de echilibru, unități electrogene.

Se apreciază că și cheltuielile anuale au o expresie similară, respectiv dacă se consideră $Q_1 = k_1 Q_n$, rezultă:

$$A = a + b \sqrt{k_1} + c k_1 + d k_1^2 + e k_1^3 = F_1(k_1) \quad (8.17.)$$

Pentru centralele pe firul apei acad. D. Pavel stabilește următoarea relație:

$$A = a(1 + 0,2 \sqrt{k_1} + 0,65 k_1 + 0,1 k_1^2 + 0,05 k_1^3) \quad (8.18.)$$

sau în general, cu i lei/kW investiția specifică:

$$A \cong (0,04 - 0,06) i P_1 \quad [lei / an] \quad (8.19.)$$

Producția de energie electrică a CHE este desigur dependentă de mărimea ei respectiv de k_1 : $E = F_2(k_1)$. În acest mod desigur și raportul A/E reprezentând costul energiei produse este desemenea o funcție de mărime a CHE, deci:

$$p (lei / kWh) = A / E = F_3(k_1) \quad (8.20.)$$

În contextul acestor considerații economice se pot invoca mai multe criterii de opțiune pe seama coeficientului de instalare k_1 . Astfel dacă se consideră în afara valorilor A, E, p , o mărime de comparație $p_1 E$ reprezentând valoarea energiei produse și valorificate la prețul p_1 lei / kWh, criteriile menționate pot fi:

- a) energia produsă cea mai ieftină $p = (A/E)_{min}$;
- b) cheltuielile anuale relative determinate de:

$$(\operatorname{tg} \alpha)_{\min} = (A / k_i)_{\max} = F_4(k_i) \quad (8.21.)$$

c) **beneficiul financiar maxim, considerând că beneficiul rezultă din diferența $B = p_1 E - A = F_3(k_i)$;**

d) **investiția minimă la limita rentabilității $(k_i)_{\min}$ pentru $B = 0$;**

e) **investiția maximă la limita rentabilității $(k_i)_{\max}$ pentru $B = 0$;**

În Fig. 8.4. sunt reprezentate cele cinci funcții $F(k_i)$, determinând cinci valori diferite pentru k_i .

În actuala conjunctură energetică opțiunile converg spre soluțiile următoare:

- **energia produsă cât mai ieftină, care definește condițiile economice cele mai favorabile;**
- **investiția maximă la limita rentabilității, care definește producția maximă de energie.**

În România, unde fondurile de investiții sunt dirijate pe criterii determinate de condițiile tranziției spre o economie de piață, devine preferabilă prima variantă.

Pentru construcția curbei $p_1 E = p_1 \varepsilon P_{md}$, acad. D. Pavel propune următoarea corelație în cazul râurilor carpatine, valabilă pentru cazul bazinelor Prahova și Doftana analizate:

Tabelul 8.1. Corelația coeficientului de instalare cu factorul de producție.

| k_i | 0.3 | 0.5 | 0.75 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 |
|---------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| ε | 0.3 | 0.47 | 0.63 | 0.72 | 0.84 | 0.93 | 0.95 | 0.98 | 0.99 | 0.995 |

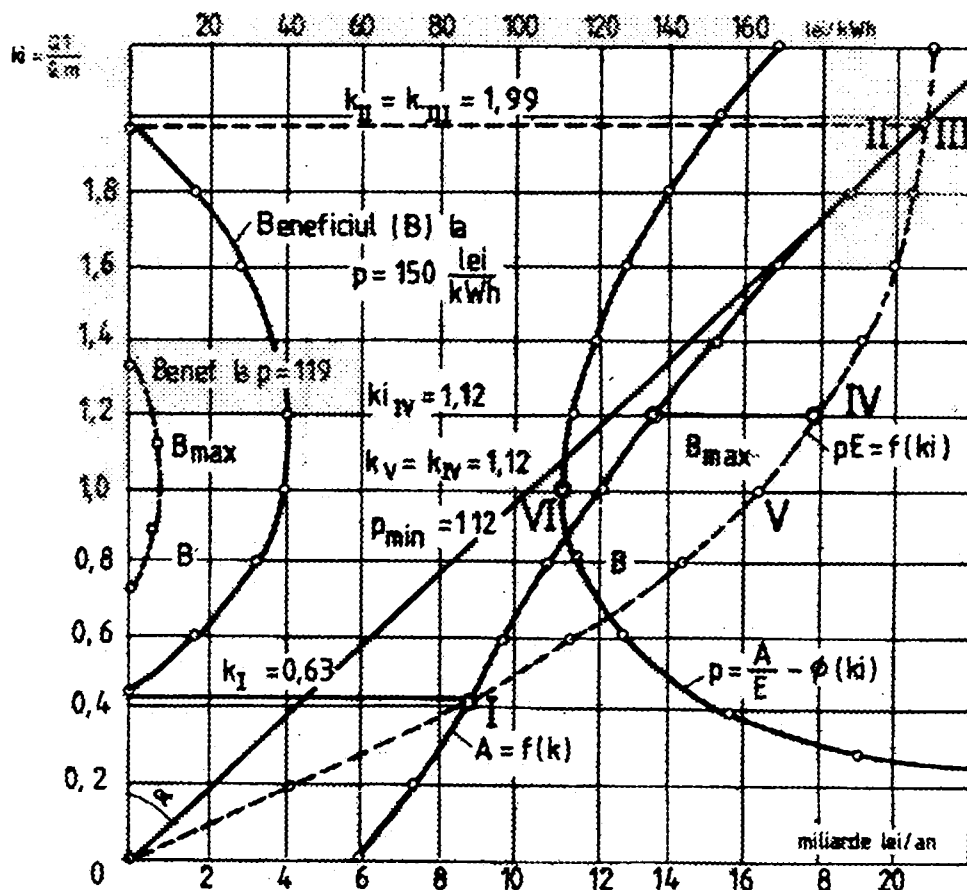


Fig. 8.4. Diagrama coeficientului de instalare economică.

8.1.1. DETERMINAREA DEBITULUI INSTALAT PENTRU O AMENAJARE DE MICĂ PUTERE

Pentru exemplificare s-a ales o CHEMA care s-ar putea amenaja în vederea funcționării prin prelucrarea și compensarea debitului natural al râului Prahova în sectorul Posada – Breaza [55]

Sunt cunoscute elementele morfometrice, debitele medii multianuale, debitele maxime de viitură, debitele medii zilnice minime și curbele de durată ale debitelor medii zilnice într-o serie de secțiuni de pe cursul râului Prahova în sectorul considerat semnificativ energetic. Aceste date s-au folosit în calculele hidroenergetice de determinare a debitului instalat, a energiei produse și a duratelor de funcționare.

Determinarea debitului instalat în CHEMA se face conform prevederilor "Normativului cadru pentru proiectarea microhidrocentralelor și a centralelor hidroelectrice de mică putere" - PE 306/86.

Se calculează prețul de cost al energiei produse de un agregat și dacă acesta este superior valorii maxime admise, se reface calculul pentru un agregat mai mic. Dacă prețul de cost pentru un agregat este mai mic decât valoarea medie admisă, se face un calcul similar pentru cel de al doilea agregat etc.

Se consideră oportună instalarea aceluși număr de agregate la care prețul de cost al energiei produse de agregatul cu cel mai mic timp de funcționare este mai mic decât valoarea maximă admisă, iar media pe toate agregatele este mai mică decât valoarea medie admisă.

Debitul instalat pe centrală este suma debitelor instalate ale agregatelor.

Nu se fac referiri cu privire la modul de stabilire a valorii maxime admise pentru prețul de cost al energiei produse.

EXEMPLU DE CALCUL :

Se consideră următoarele elemente de deviz:

A. Investiții

Diferența de investiții între cele două variante de echipare analizate:

a) a) 3 x FO 230 / 720 ;

b) b) 4 x FO 230 / 720 ;

este:

$$\Delta I = I_4 - I_3 = 672706 \$ \text{ sau } \Delta I = \Delta I / I_3 = 14,01 \%$$

B. Cheltuieli anuale:

Diferența de cheltuieli anuale între cele două variante de echipare comparate este:

$$\Delta Ca = \Delta Ca_4 - \Delta Ca_3 = 12312 \$$$

Producția de energie electrică exprimată în GWh / an este prezentată în Tabelul 8.2. :

Tabelul 8.2.

| Varianta de echipare | Eprodusa [GWh / an] | ΔE [GWh / an] |
|----------------------|---------------------|-----------------------|
| 3 x FO 230 / 720 | 6.73 | 0.30 |
| 4 x FO 230 / 720 | 7.03 | |

Prețul de cost al energiei suplimentare este:

$$p = \frac{\Delta C_a}{\Delta E} \quad [\$ / MWh]$$

$$p = 12312 / 300 = 41,04 \$ / MWh > 29,40 \$ / MWh$$

CONCLUZII :

1. Nu se justifică instalarea celui de al patrulea grup.
2. Debitul instalat este $Q_i = 3 \times 3 \text{ m}^3 / \text{s} = 9 \text{ m}^3 / \text{s}$.
3. Coeficientul de instalare pentru centrala analizată, în condițiile:
 - debit mediu multianual: $Q_{med} = 6,86 \text{ m}^3 / \text{s}$;
 - debit de servitute: $Q_{serv} = 1,71 \text{ m}^3 / \text{s}$;
 - debit mediu disponibil: $Q_{md} = 5,15 \text{ m}^3 / \text{s}$;

este:

$$K_i = \frac{Q_i}{Q_m} \quad ; \quad K_i = 1,75$$

Orientarea asupra valorii debitului instalat, corelat cu diferența de nivel a sectorului de amenajat, a fost determinată de caracterul relativ constant al cursului de apă, fapt care asigură posibilitatea unei funcționări de lungă durată a grupurilor, în condițiile unui coeficient de instalare redus.

În cazul analizat, s-a optat pentru varianta instalării a $3 \times 3 \text{ m}^3 / \text{s}$, ceea ce, la un debit mediu disponibil de $5,15 \text{ m}^3 / \text{s}$ înseamnă un coeficient de instalare $K_i = 1,75$.

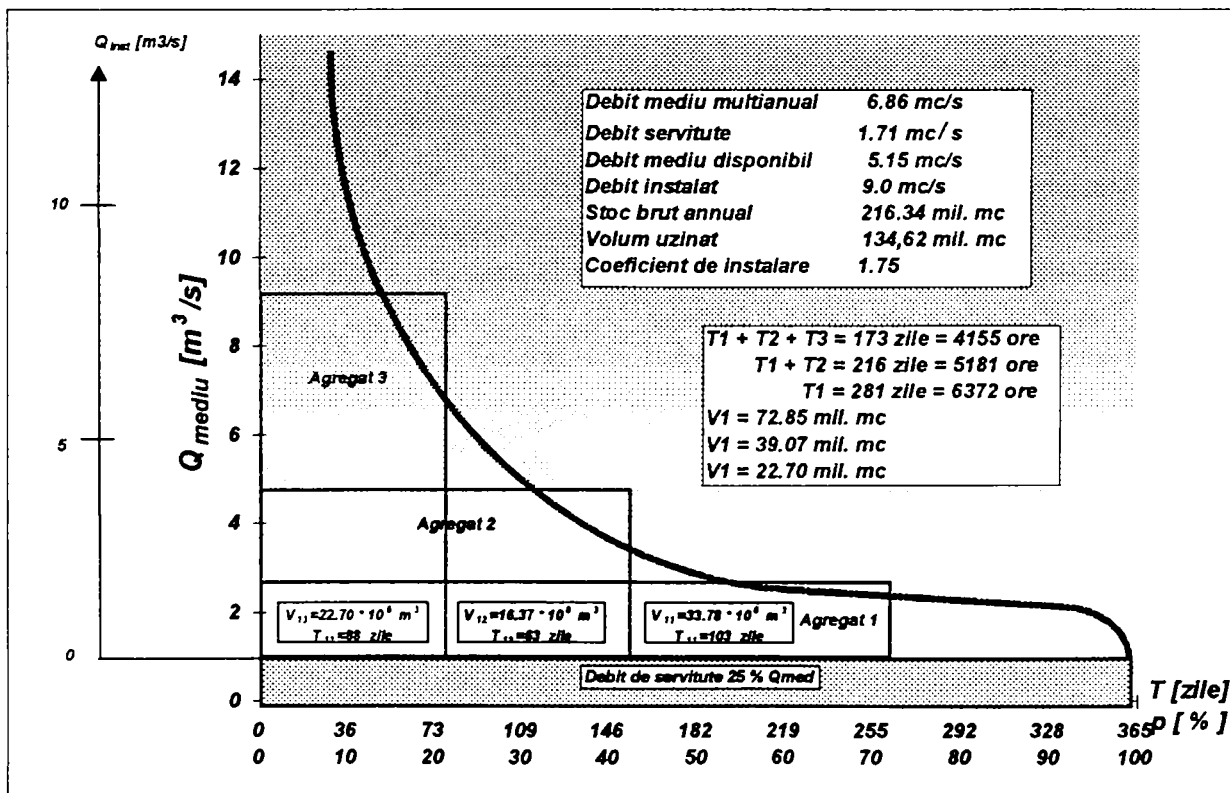


Fig. 8.5. Curba de durată a debitelor medii zilnice multianuale. Râul Prahova – Secțiunea Posada – cota 640.00 mdM

Curba de durată a debitelor medii zilnice multianuale pentru secțiunea considerată a râului Prahova este prezentată în Fig. 8.5.

Instalarea celui de al patrulea grup având debitul maxim de $3 \text{ m}^3/\text{s}$ se poate considera inefficientă, în condițiile analizării exclusive a acestei amenajări, producția suplimentară de energie electrică nejustificându-se din punct de vedere al prețului de cost.

În cele mai frecvente situații, însă, contextul energetic creat de existența unei mulțimi de astfel de centrale hidroelectrice de putere mică, într-o zonă situată amonte sau aval de ultima acumulare importantă, permite abordarea problemei coeficientului de instalare sub o formă care încurajează situarea sa într-o plajă de valori superioare ($k_i > 2$).

Aportul energetic al acestui ansamblu de centrale poate deveni considerabil în perioada debitelor mari, de primavară, iar problema compensării debitului afluent constituie o direcție interesantă de aprofundare.

8.2. HIDROGRAFURILE RÂURILOR PRAHOVA ȘI DOFTANA ÎN PERIOADA APELOR MARI DE PRIMĂVARĂ

Ca argument al ideii prezentate în paragraful precedent, prin care se acceptă valori mai mari decât cele utilizate până acum pentru coeficientul de instalare k , sunt prezentate în continuare valorile debitelor medii zilnice ale râurilor Prahova și Doftana în lunile de primavară, când debitele afluate sunt mai mari.

Deși intervalul de măsură este restrâns, se poate accepta că adoptarea unor coeficienți de instalare $k > 2$ este posibilă și prezintă interes în investigații pentru valorificarea eficientă a potențialului hidroenergetic secundar.

Datele cuprinse în tabelele 8.3., 8.4., 8.5., 8.6., 8.7. sunt rezultatele măsurătorilor debitelor în stațiile hidrometrice Bușteni pe râul Prahova și Teșila pe râul Doftana.

Hidrografurile acestor două cursuri de apă pentru fiecare lună cu debite afluate importante provenite din topirea zăpezii și din ploi sunt evidențiate în Fig. 8.6. ÷ 8.15., iar în Fig. 8.16. și Fig. 8.17. – hidrografurile pentru întreaga perioadă de analiză (februarie - iunie).

Se poate observa că valorile medii ale debitelor în secțiunile Treisteni și Sinaia depășesc valorile debitelor instalate în centralele situate în vecinătate, ceea ce justifică luarea în considerare a aportului energetic determinat de creșterea coeficientului de instalare.

Tabelul 8.3.

Debitele medii zilnice ale râurilor Prahova și Doftana - Luna Februarie 1993.

| ZIUA | VALOAREA DEBITULUI MEDIU ZILNIC ÎN SECȚIUNILE | | | |
|---------------------|---|---------------|--------------|--------------|
| | S.H. BUȘTENI | SINAIA | S.H. TEȘILA | TREISTENI |
| 1 | 0.176 | 0.264 | 0.510 | 0.400 |
| 2 | 0.133 | 0.200 | 0.900 | 0.700 |
| 3 | 0.229 | 0.344 | 0.632 | 0.495 |
| 4 | 0.265 | 0.398 | 0.858 | 0.670 |
| 5 | 0.169 | 0.260 | 0.910 | 0.600 |
| 6 | 0.169 | 0.254 | 0.800 | 0.624 |
| 7 | 0.169 | 0.254 | 0.640 | 0.500 |
| 8 | 0.169 | 0.254 | 0.750 | 0.585 |
| 9 | 0.169 | 0.254 | 0.856 | 0.668 |
| 10 | 0.169 | 0.254 | 0.770 | 0.600 |
| 11 | 0.265 | 0.480 | 0.754 | 0.590 |
| 12 | 0.169 | 0.304 | 0.774 | 0.604 |
| 13 | 0.169 | 0.306 | 0.599 | 0.470 |
| 14 | 0.169 | 0.306 | 0.710 | 0.550 |
| 15 | 0.171 | 0.308 | 1.110 | 0.866 |
| 16 | 0.149 | 0.268 | 0.695 | 0.542 |
| 17 | 0.150 | 0.270 | 0.718 | 0.560 |
| 18 | 0.150 | 0.270 | 0.742 | 0.578 |
| 19 | 0.150 | 0.270 | 0.736 | 0.574 |
| 20 | 0.150 | 0.270 | 0.802 | 0.620 |
| 21 | 0.140 | 0.252 | 0.798 | 0.620 |
| 22 | 0.153 | 0.276 | 0.711 | 0.580 |
| 23 | 0.458 | 0.820 | 1.240 | 0.970 |
| 24 | 0.187 | 0.340 | 1.000 | 0.780 |
| 25 | 0.205 | 0.370 | 0.800 | 0.620 |
| 26 | 0.178 | 0.320 | 1.020 | 0.795 |
| 27 | 0.178 | 0.320 | 0.850 | 0.660 |
| 28 | 0.180 | 0.320 | 0.970 | 0.700 |
| Media lunară | 0.185 | 11.660 | 4.840 | 0.634 |



Fig. 8.6. Variația debitului râului Prahova în secțiunile Bușteni și Sinaia - Luna FEBRUARIE 1993.

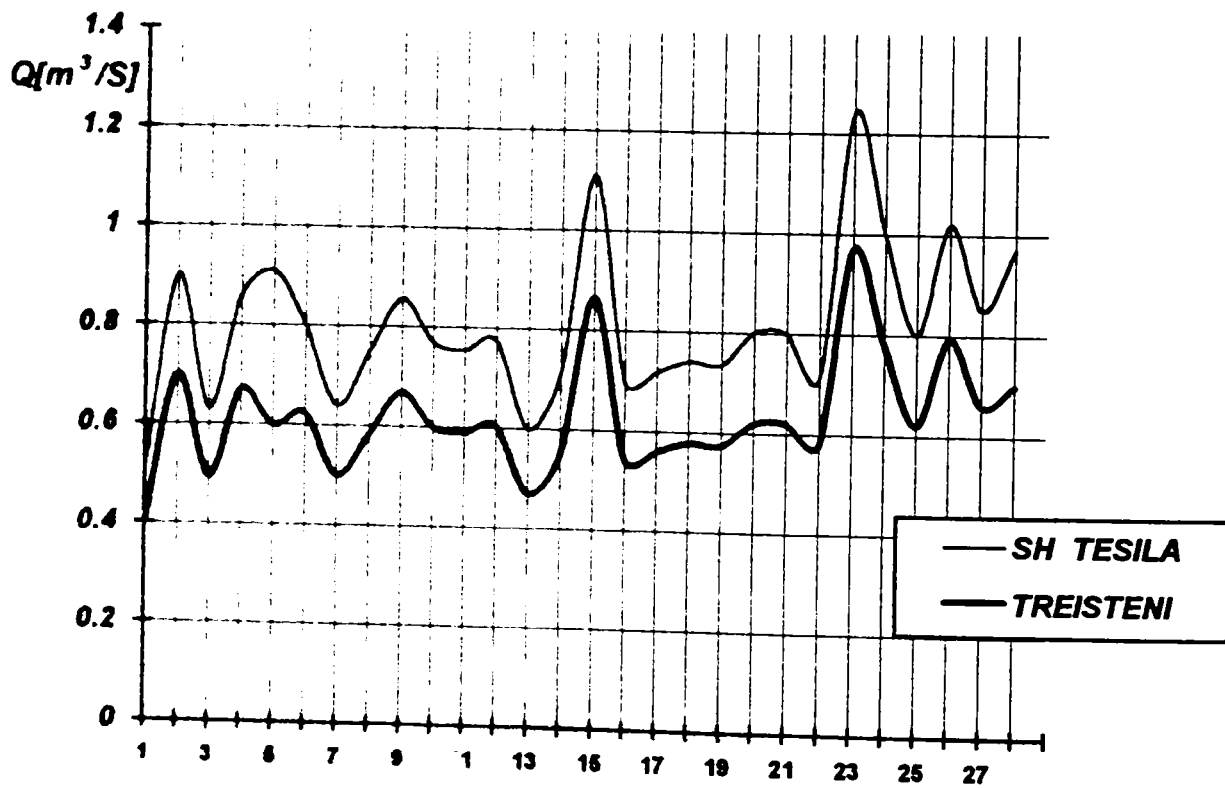


Fig. 8.7. Variația debitului râului Doftana în secțiunile Treisteni și Teșila - Luna FEBRUARIE 1993.

Tabelul 8.4.
Debitele medii zilnice ale râurilor Prahova și Doftana – Martie 1993

| ZIUA | VALOAREA DEBITULUI MEDIU ZILNIC ÎN SECȚIUNILE | | | |
|---------------------|---|--------------|--------------|--------------|
| | S.H. BUȘTENI | SINAIA | TREISTENI | S.H. TEȘILA |
| 1 | 0.184 | 0.330 | 0.940 | 1.200 |
| 2 | 0.184 | 0.330 | 0.610 | 0.770 |
| 3 | 0.180 | 0.540 | 0.540 | 0.690 |
| 4 | 0.170 | 0.510 | 0.940 | 1.000 |
| 5 | 0.060 | 0.200 | 0.470 | 0.570 |
| 6 | 0.050 | 0.150 | 0.560 | 0.720 |
| 7 | 0.050 | 0.150 | 0.400 | 0.500 |
| 8 | 0.060 | 0.200 | 0.340 | 0.427 |
| 9 | 0.060 | 0.200 | 0.150 | 0.193 |
| 10 | 0.060 | 0.200 | 0.707 | 0.906 |
| 11 | 0.060 | 0.200 | 0.900 | 1.160 |
| 12 | 0.060 | 0.200 | 0.750 | 0.960 |
| 13 | 0.060 | 0.200 | 0.760 | 0.970 |
| 14 | 0.100 | 0.300 | 0.840 | 1.070 |
| 15 | 0.120 | 0.360 | 1.400 | 1.800 |
| 16 | 0.156 | 0.500 | 1.500 | 1.980 |
| 17 | 0.151 | 0.450 | 0.630 | 0.807 |
| 18 | 0.218 | 0.654 | 1.340 | 1.720 |
| 19 | 0.395 | 1.400 | 2.430 | 3.120 |
| 20 | 0.520 | 1.800 | 4.901 | 6.300 |
| 21 | 0.590 | 2.100 | 3.200 | 4.100 |
| 22 | 0.592 | 2.100 | 2.600 | 3.320 |
| 23 | 0.936 | 3.300 | 3.100 | 3.960 |
| 24 | 1.720 | 6.000 | 4.300 | 5.250 |
| 25 | 2.630 | 9.200 | 5.900 | 7.560 |
| 26 | 2.280 | 7.980 | 6.440 | 8.250 |
| 27 | 3.380 | 10.000 | 5.560 | 7.140 |
| 28 | 6.700 | 12.100 | 3.700 | 4.760 |
| 29 | 6.270 | 11.300 | 6.120 | 7.850 |
| 30 | 2.810 | 9.840 | 4.450 | 5.700 |
| 31 | 2.290 | 8.020 | 2.090 | 2.680 |
| Media lunară | 1.070 | 2.930 | 2.212 | 2.820 |

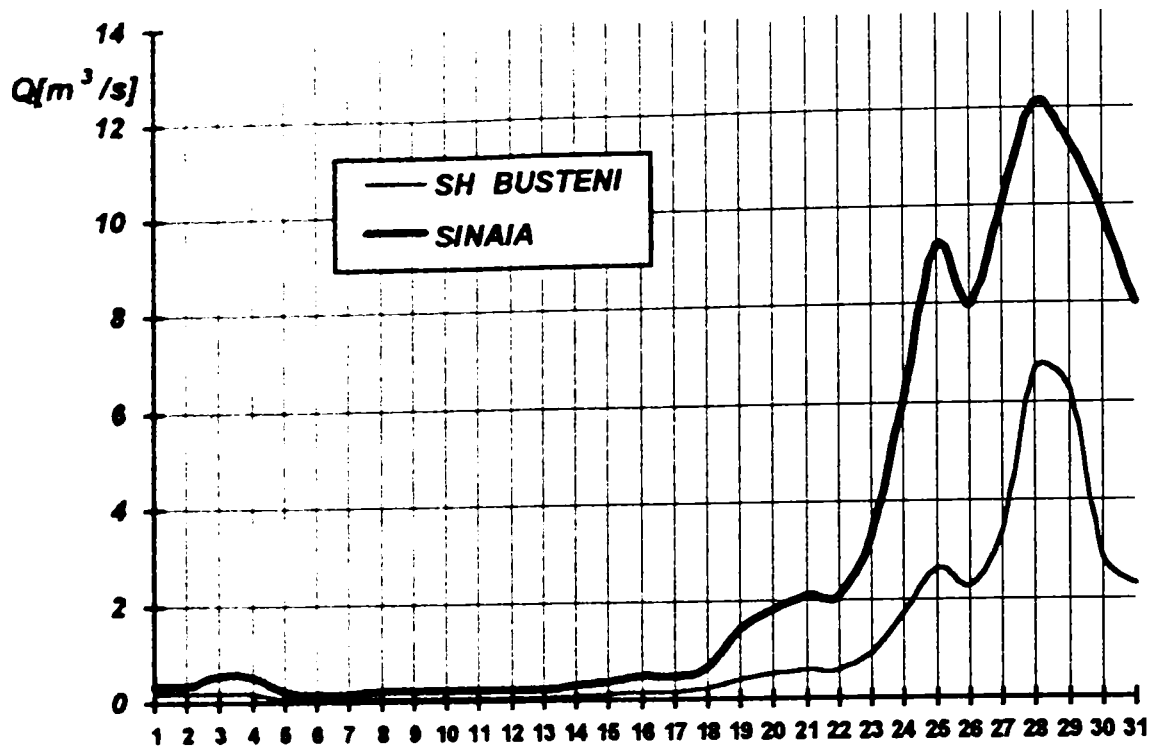


Fig. 8.8. Variația debitului râului Prahova în secțiunile Bușteni și Sinaia - Luna MARTIE 1993

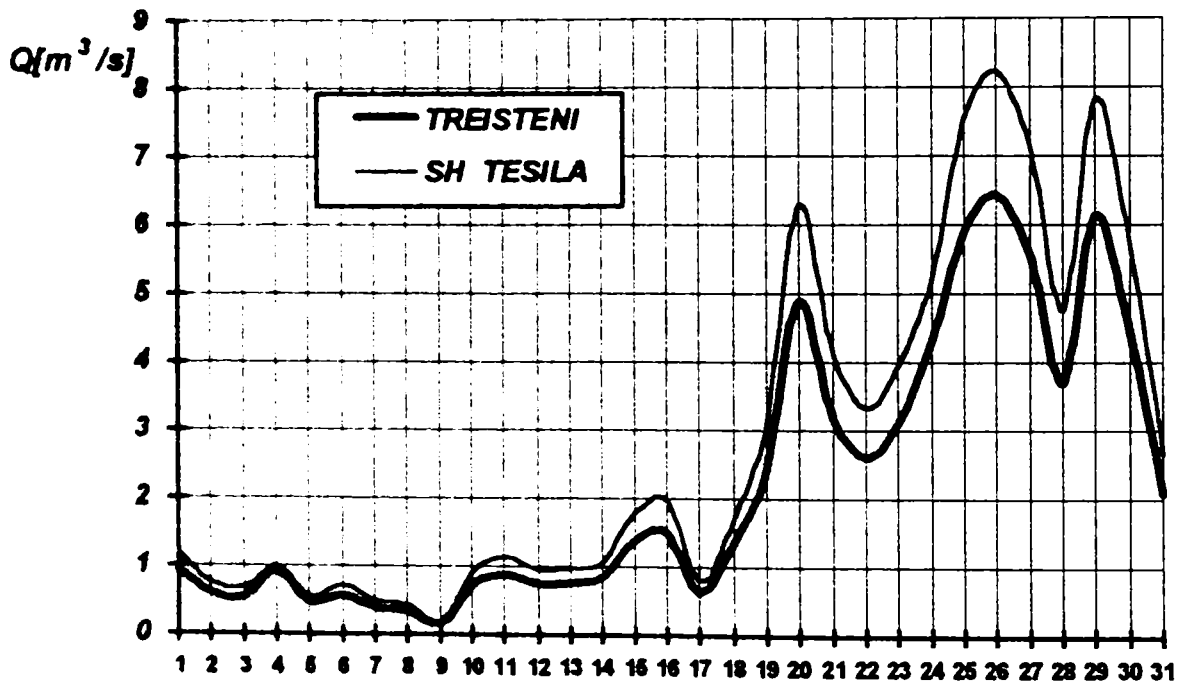


Fig. 8.9. Variația debitului râului Doftana în secțiunile Treisteni și Teșila - Luna MARTIE 1993.

Tabelul 8.5.
Debitele medii zilnice ale râurilor Prahova și Doftana - Luna Aprilie 1993.

| ZIUA | VALOAREA DEBITULUI MEDIU ZILNIC ÎN SECȚIUNILE | | | |
|---------------------|---|---------------|--------------|--------------|
| | S.H. BUȘTENI | SINAIA | TREISTENI | S.H. TEȘILA |
| 1 | 1.950 | 5.850 | 1.770 | 2.270 |
| 2 | 1.620 | 5.700 | 1.620 | 2.080 |
| 3 | 1.450 | 5.100 | 1.480 | 1.900 |
| 4 | 1.780 | 6.200 | 2.100 | 2.690 |
| 5 | 3.770 | 11.300 | 3.500 | 4.480 |
| 6 | 4.150 | 12.500 | 12.400 | 15.900 |
| 7 | 3.000 | 10.500 | 6.550 | 8.410 |
| 8 | 2.620 | 9.200 | 5.460 | 7.000 |
| 9 | 2.450 | 8.580 | 5.000 | 6.440 |
| 10 | 2.290 | 8.000 | 3.950 | 5.070 |
| 11 | 2.450 | 8.580 | 3.850 | 4.930 |
| 12 | 2.290 | 8.000 | 3.430 | 4.440 |
| 13 | 2.450 | 8.580 | 3.800 | 4.890 |
| 14 | 2.620 | 9.170 | 4.250 | 5.460 |
| 15 | 2.810 | 9.830 | 4.300 | 5.510 |
| 16 | 4.150 | 12.500 | 6.180 | 7.920 |
| 17 | 6.270 | 21.940 | 8.030 | 10.300 |
| 18 | 3.960 | 13.860 | 5.850 | 7.500 |
| 19 | 3.000 | 10.500 | 5.350 | 6.870 |
| 20 | 3.580 | 12.530 | 4.890 | 6.280 |
| 21 | 3.770 | 13.190 | 5.040 | 6.470 |
| 22 | 3.580 | 12.500 | 4.550 | 5.840 |
| 23 | 3.960 | 13.800 | 4.980 | 6.380 |
| 24 | 4.340 | 15.000 | 4.500 | 5.760 |
| 25 | 4.530 | 15.000 | 5.800 | 7.440 |
| 26 | 4.750 | 16.600 | 5.200 | 6.680 |
| 27 | 4.340 | 15.200 | 5.300 | 6.750 |
| 28 | 4.340 | 15.200 | 5.200 | 6.590 |
| 29 | 5.820 | 17.400 | 5.300 | 6.810 |
| 30 | 5.830 | 17.500 | 5.680 | 7.290 |
| Medii lunare | 3.464 | 11.660 | 4.840 | 6.211 |

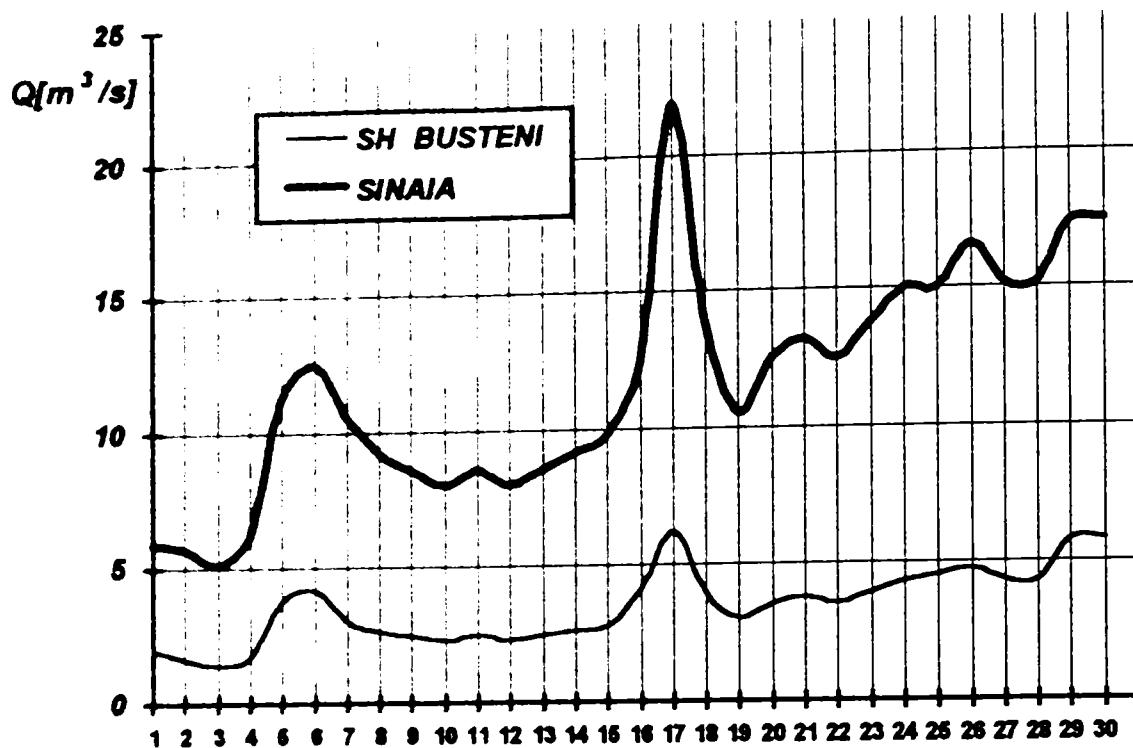


Fig. 8.10. Variația debitului râului Prahova în secțiunile Bușteni și Sinaia - Luna APRILIE 1993.

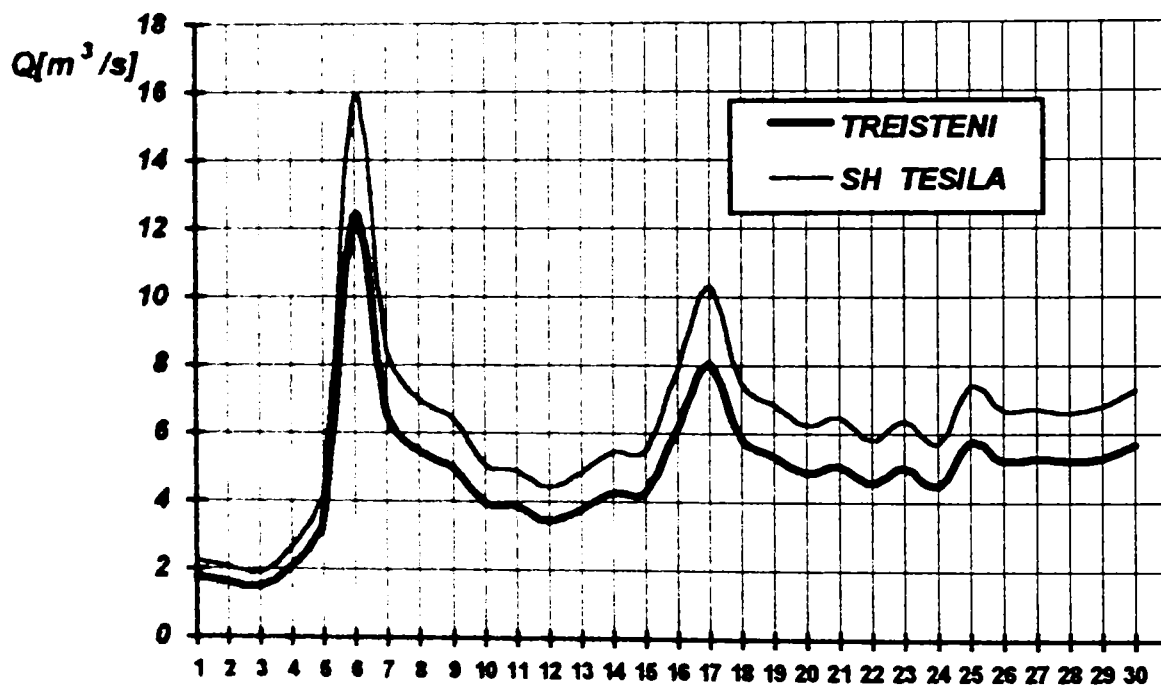


Fig. 8.11. Variația debitului râului Doftana în secțiunile Treisteni și Teșila - Luna APRILIE 1993.

Tabelul 8.6.
Debitele medii zilnice ale râurilor Prahova și Doftana - Luna Mai 1993.

| ZIUA | VALOAREA DEBITULUI MEDIU ZILNIC ÎN SECȚIUNILE | | | |
|---------------------|---|---------------|--------------|--------------|
| | S.H. BUȘTENI | SINAIA | TREISTENI | S.H. TEȘILA |
| 1 | 6.050 | 18.000 | 5.540 | 7.100 |
| 2 | 6.050 | 18.000 | 5.760 | 7.390 |
| 3 | 4.150 | 12.500 | 5.430 | 6.960 |
| 4 | 4.530 | 13.500 | 5.300 | 6.800 |
| 5 | 8.260 | 18.000 | 6.100 | 7.820 |
| 6 | 6.480 | 14.500 | 5.340 | 6.840 |
| 7 | 5.400 | 13.000 | 5.680 | 7.290 |
| 8 | 5.700 | 14.000 | 5.200 | 6.700 |
| 9 | 4.900 | 12.300 | 3.940 | 5.060 |
| 10 | 4.380 | 11.000 | 4.700 | 6.060 |
| 11 | 3.840 | 10.500 | 4.400 | 5.620 |
| 12 | 3.320 | 10.000 | 4.300 | 5.530 |
| 13 | 3.050 | 9.000 | 4.270 | 5.480 |
| 14 | 3.050 | 9.000 | 3.900 | 4.970 |
| 15 | 4.110 | 10.500 | 3.100 | 3.990 |
| 16 | 3.840 | 10.000 | 3.970 | 5.050 |
| 17 | 4.380 | 10.500 | 4.100 | 5.290 |
| 18 | 4.250 | 10.600 | 3.750 | 4.810 |
| 19 | 3.500 | 8.700 | 4.060 | 5.210 |
| 20 | 3.500 | 9.500 | 3.940 | 5.050 |
| 21 | 3.290 | 9.200 | 3.800 | 4.840 |
| 22 | 3.080 | 9.100 | 3.500 | 4.490 |
| 23 | 2.870 | 8.600 | 3.500 | 4.500 |
| 24 | 17.000 | 25.000 | 8.100 | 10.400 |
| 25 | 11.000 | 33.000 | 33.700 | 43.200 |
| 26 | 7.650 | 19.100 | 19.500 | 25.000 |
| 27 | 6.100 | 13.000 | 13.500 | 17.300 |
| 28 | 4.850 | 12.000 | 11.200 | 14.400 |
| 29 | 4.380 | 11.500 | 9.600 | 12.300 |
| 30 | 3.720 | 10.500 | 9.000 | 11.600 |
| 31 | 2.870 | 8.600 | 8.700 | 11.200 |
| Media lunară | 5.146 | 12.990 | 6.996 | 8.975 |

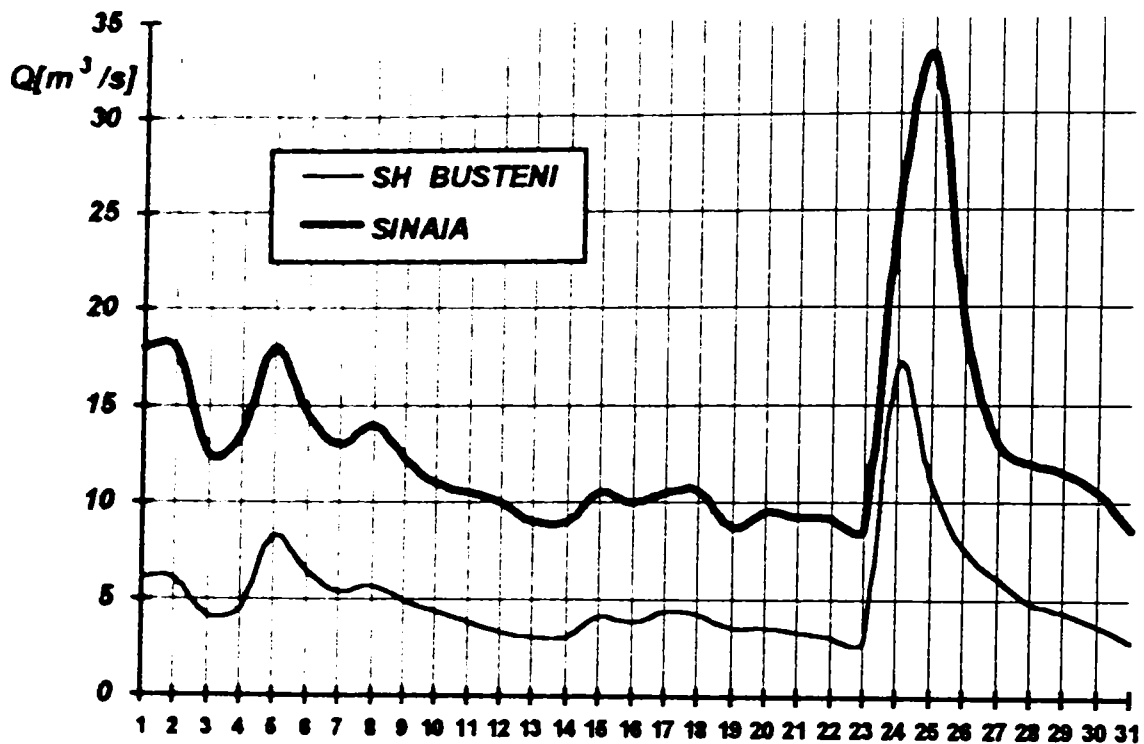
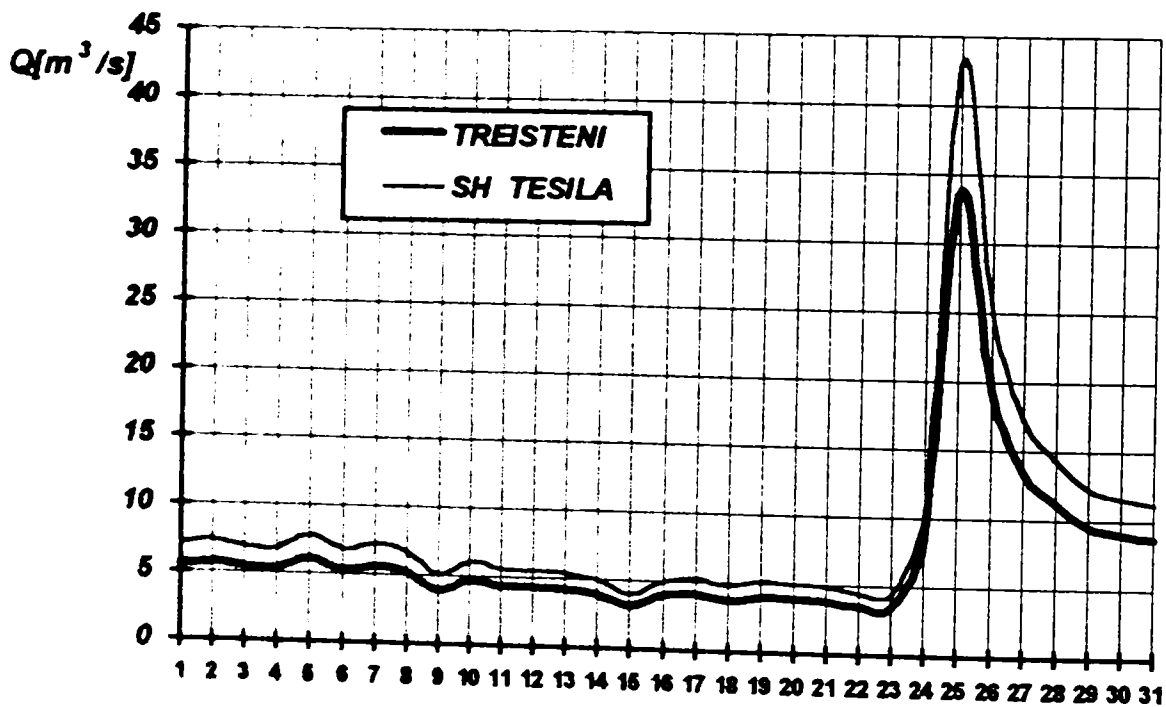


Fig. 8.12. Variația debitului râului Prahova în secțiunile Bușteni și Sinaia - Luna MAI 1993.



Ffig. 8.13. Variația debitului râului Doftana în secțiunile Treisteni și Teșila - Luna MAI 1993.

Tabelul 8.7.
Debitele medii zilnice ale râurilor Prahova și Doftana - Luna Iunie 1993

| ZIUA | VALOAREA DEBITULUI MEDIU ZILNIC ÎN SECȚIUNILE | | | |
|---------------------|---|--------------|--------------|--------------|
| | S.H. BUȘTENI | SINAIA | TREISTENI | S.H. TEȘILA |
| 1 | 6.100 | 15.000 | 11.200 | 14.300 |
| 2 | 5.800 | 12.500 | 10.500 | 13.500 |
| 3 | 4.160 | 10.400 | 9.600 | 12.400 |
| 4 | 3.720 | 9.300 | 8.700 | 11.100 |
| 5 | 3.720 | 9.300 | 7.800 | 10.000 |
| 6 | 3.080 | 7.700 | 7.450 | 9.550 |
| 7 | 2.870 | 7.200 | 7.250 | 9.300 |
| 8 | 2.660 | 6.650 | 6.900 | 8.870 |
| 9 | 2.870 | 6.600 | 6.900 | 8.880 |
| 10 | 2.450 | 6.000 | 6.700 | 8.620 |
| 11 | 2.450 | 6.000 | 6.400 | 8.220 |
| 12 | 2.090 | 6.500 | 6.000 | 7.660 |
| 13 | 2.090 | 6.500 | 6.100 | 7.830 |
| 14 | 2.090 | 6.500 | 5.800 | 7.470 |
| 15 | 1.730 | 5.300 | 5.000 | 6.180 |
| 16 | 1.910 | 6.600 | 4.700 | 6.060 |
| 17 | 1.910 | 6.700 | 4.700 | 6.000 |
| 18 | 1.910 | 6.600 | 4.000 | 5.150 |
| 19 | 1.910 | 6.600 | 3.000 | 3.820 |
| 20 | 1.730 | 5.900 | 2.500 | 3.260 |
| 21 | 1.730 | 5.500 | 2.400 | 3.040 |
| 22 | 1.550 | 5.400 | 2.400 | 3.120 |
| 23 | 1.730 | 6.000 | 2.540 | 3.260 |
| 24 | 1.650 | 5.700 | 2.400 | 3.500 |
| 25 | 1.550 | 5.300 | 2.300 | 2.920 |
| 26 | 1.550 | 5.500 | 6.400 | 8.200 |
| 27 | 1.550 | 5.300 | 3.040 | 3.900 |
| 28 | 1.550 | 5.000 | 3.200 | 4.060 |
| 29 | 2.090 | 6.300 | 2.300 | 2.910 |
| 30 | 2.200 | 6.500 | 2.500 | 3.200 |
| Media lunară | 2.480 | 7.211 | 5.356 | 6.876 |

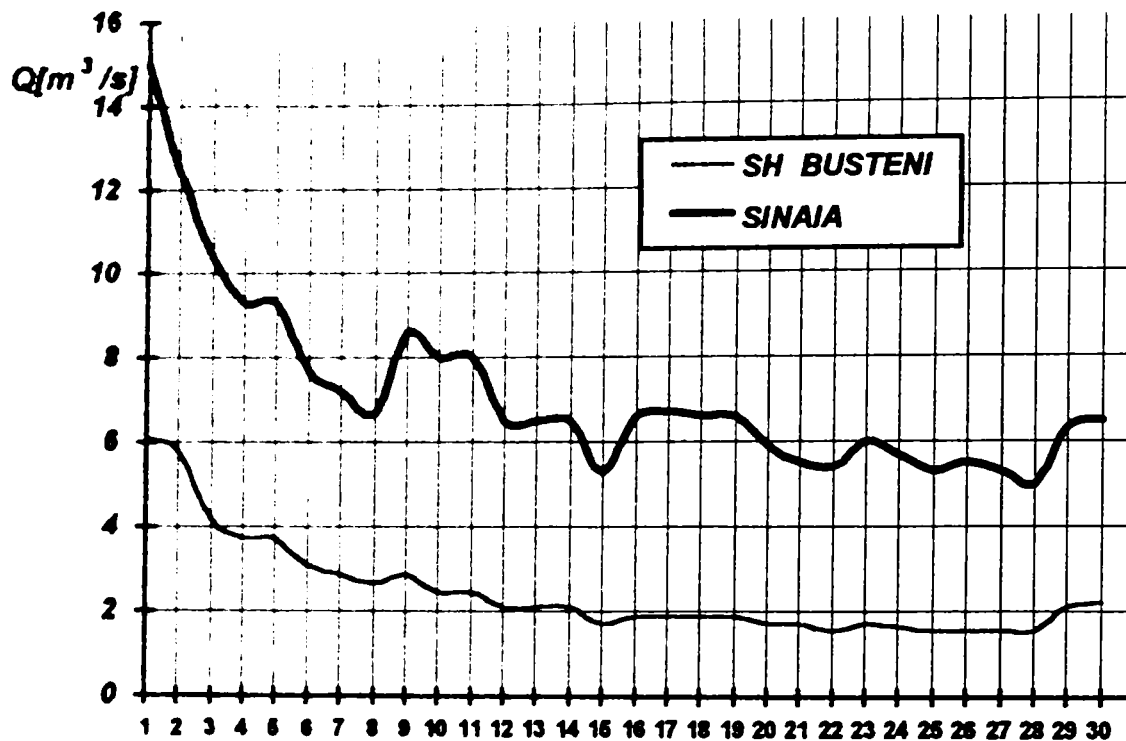


Fig. 8.14. Variația debitului râului Prahova în secțiunile Bușteni și Sinaia – Luna Iunie 1993.

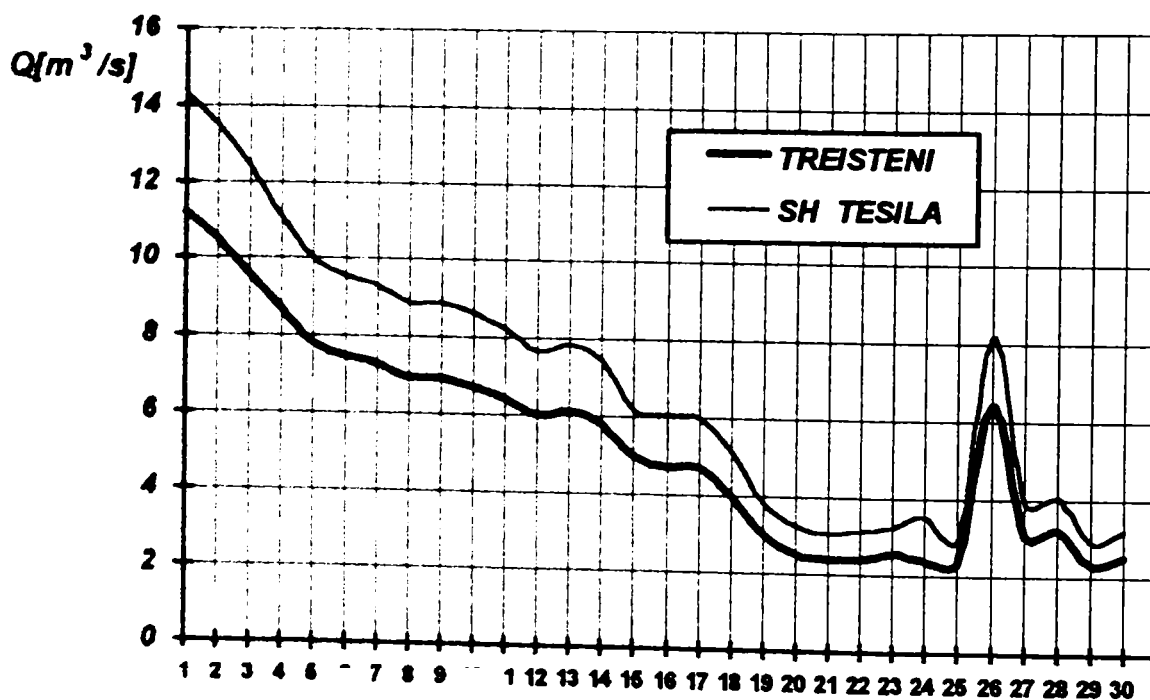


Fig. 8.15. Variația debitului râului Doftana în secțiunile Trăisteni și Teșila - Luna Iunie 1993.

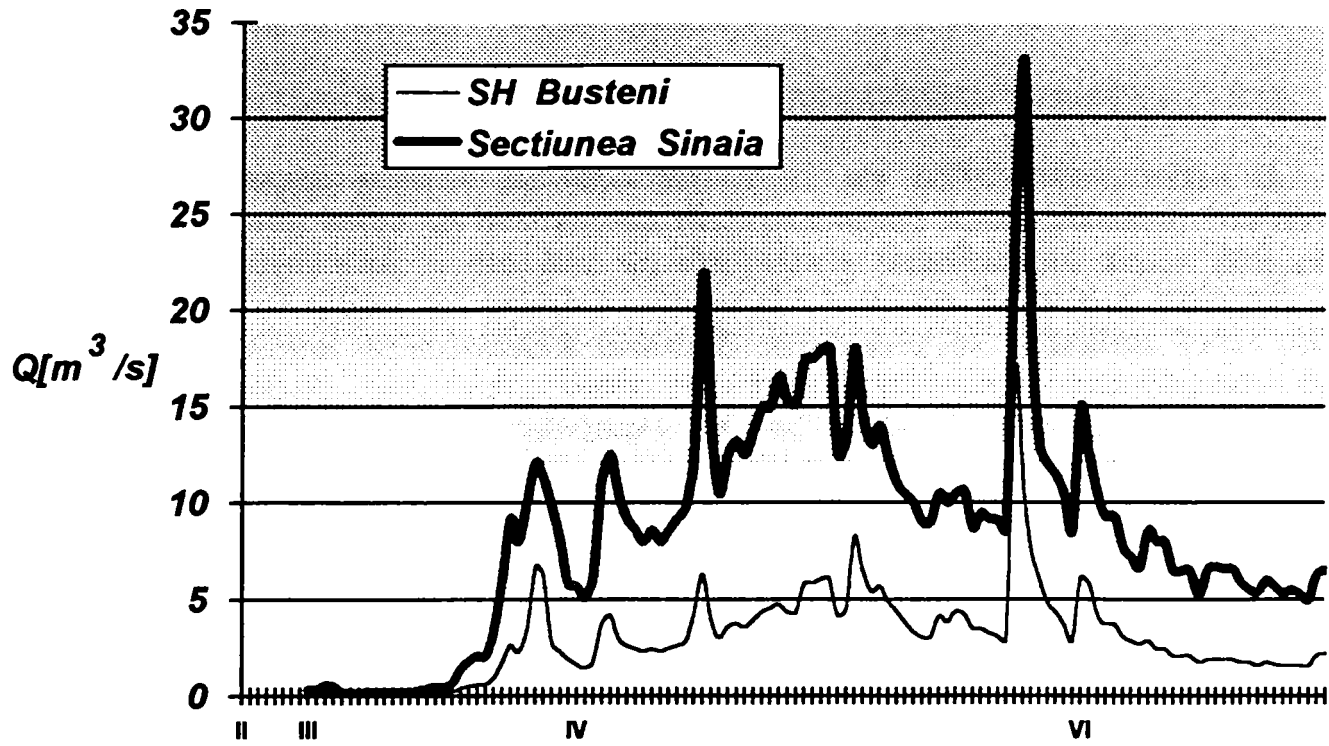


Fig. 8.16. Variația debitului afluent al râului Prahova în secțiunile Bușteni și Sinaia în perioada 21 FEBRUARIE - 30 IUNIE 1993.

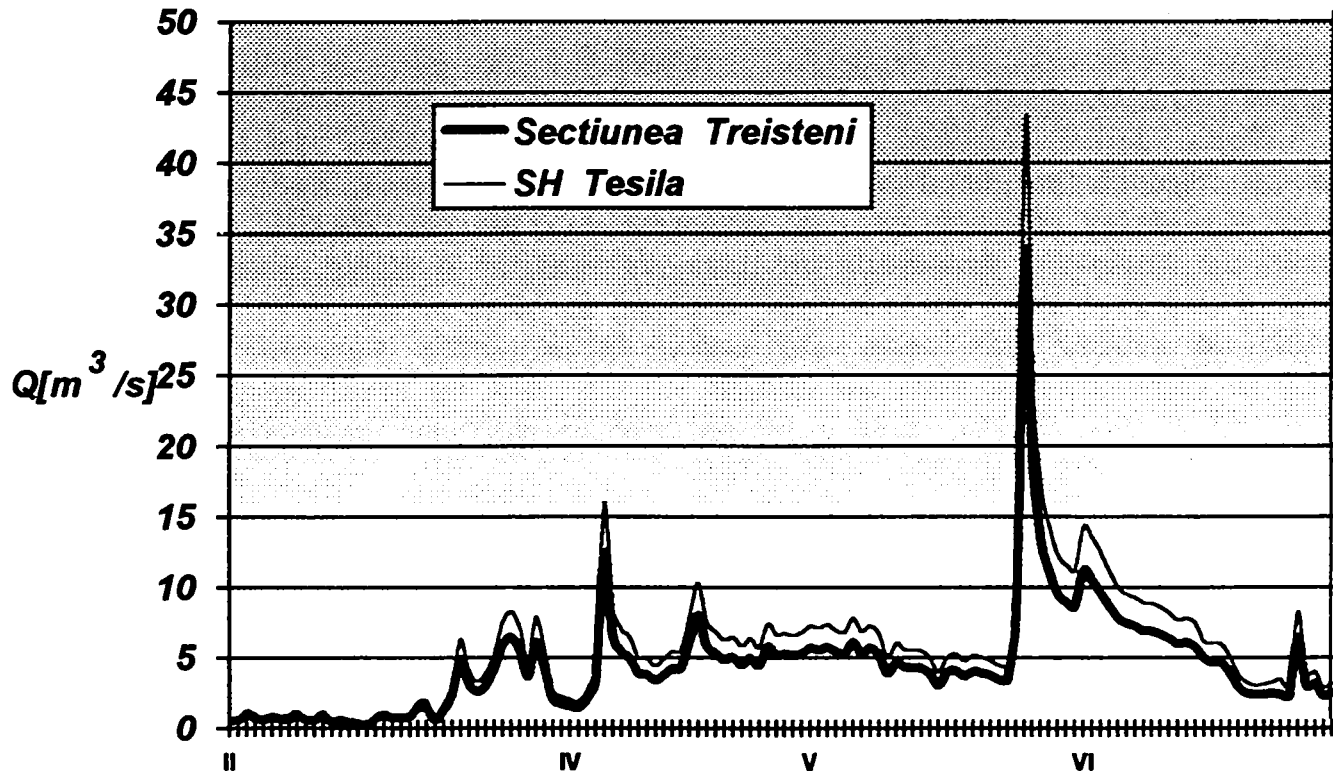


Fig. 8.17. Variația debitului afluent al râului Doftana în secțiunile Trăisteni și Teșila în perioada 21 FEBRUARIE - 30 IUNIE 1993.

8.3. INFLUENȚA FACTORILOR FIZICO - GEOGRAFICI ASUPRA REGIMULUI SCURGERII APELOR ÎN BAZINELE RÂURILOR PRAHOVA ȘI DOFTANA

8.3.1. REȚEAUA HIDROGRAFICĂ ȘI BAZINUL HIDROGRAFIC

O rețea hidrografică de suprafață este un sistem ramificat de văi și depresiuni naturale, care comunică prin deschideri și către care gravitează în parte, atât apele atmosferice precipitate pe sol, cât și cele subterane.

În plan orizontal, rețeaua hidrografică apare ca nervurile frunzelor, sau ca sistemul radicular al plantelor. Rețeaua hidrografică cuprinde nu numai apele curgătoare permanente, ci și văile seci ale torenților (rețeaua hidrografică temporară), ravenele și ogașele, precum și unele canale executate de om în scopuri economice.

Rețelele hidrografice sunt de diferite importanțe, după cum văile principale au lungimi mai mari sau mai mici și un număr mai mare sau mai mic de văi ramificate. În analiza morfometrică a unei rețele de râuri se impune și adoptarea unui sistem de clasificare, fiecare curs de râu și odată cu el și bazinul hidrografic corespunzător este introdus într-o clasă de mărime funcție de principiile sistemului și de modul de ramificare a rețelei existente.

Sistemul de clasificare elaborat de R.E. Horton (1945) și completat de A.N. Strahler (1973), este cel mai bine verificat pentru că, având o bază genetică, permite o analiză comparativă a bazinelor hidrografice și chiar a sectoarelor aceluiași bazin [57]. Folosind acest sistem, se constată că, în general, râurile care aparțin aceluiași ordin și sunt situate în condiții fizico-geografice similare au în medie aproximativ aceeași mărime a suprafeței bazinelor de recepție, a debitelor de apă, a pantelor medii, a lungimii cursurilor etc.

După acest sistem, primul ordin revine formelor negative de teren, care au capacitatea de a orienta și organiza scurgerea, care dispun de un talveg elementar și care nu mai primesc nici un alt afluent; unirea a două cursuri de ordinul 1 formează un curs de ordinul 2, două cursuri de ordinul 2 prin unire formează un curs de ordinul 3, care poate primi ca afluenți și cursuri de ordine inferioare, dar saltul la un ordin superior se realizează numai în momentul în care se unește cu un curs de ordin egal. Astfel, artera principală a unui bazin, prin care se scurge întreaga cantitate de apă este una singură și are cel mai mare ordin.

LUNGIMEA RAMIFICAȚIEI ȘI A REȚELEI HIDROGRAFICE

În funcție de gradul de precizie urmărit, pe hărți la scările 1 : 10000; 1 : 25000; 1 : 50000; 1 : 100000; etc., lungimea unei ramificații se măsoară prin distanța desfășurată în plan orizontal, în kilometri numerotați de la confluența [26].

Lungimea L a tuturor ramificațiilor unei rețele hidrografice de ordinul n , se obține prin relația:

$$L = \sum_1^{N_1} l_{n-1} + \sum_1^{N_2} l_{n-2} + \dots + \sum_1^{N_l} l_{n-l} + \dots + \sum_1^{N_{n-1}} l_{n-n+1} + l_{n-n} \quad (8.22.)$$

$$l = 1, 2, \dots, n-1$$

unde:

N_i = numărul de ramificații al rețelei de ordin de mărime $n = i$;

$\sum_{n=1}^{N_i} l_{n=i}$ este suma lungimilor ramificațiilor rețelei de ordin $n = i$.

BAZINUL HIDROGRAFIC

Prin denumirea de bazin hidrografic, bazin de recepție sau bazin colector se înțelege teritoriul de pe cuprinsul căruia se alimentează un râu sau în general un sistem hidrografic.

Suprafața unui bazin hidrografic are ca limită o linie de separație naturală denumită cumpăna apelor (Fig. 8.18.). Aceasta este dată de linia celor mai înalte cote ale bazinului hidrografic considerat. În cele mai multe cazuri, cumpăna apelor este bine reprezentată în regiunile înalte ale reliefului și poate fi cu ușurință identificată, spre deosebire de regiunile joase (câmpie sau zone mlăștinoase) unde nu poate fi stabilită practic în teren decât prin nivelment.

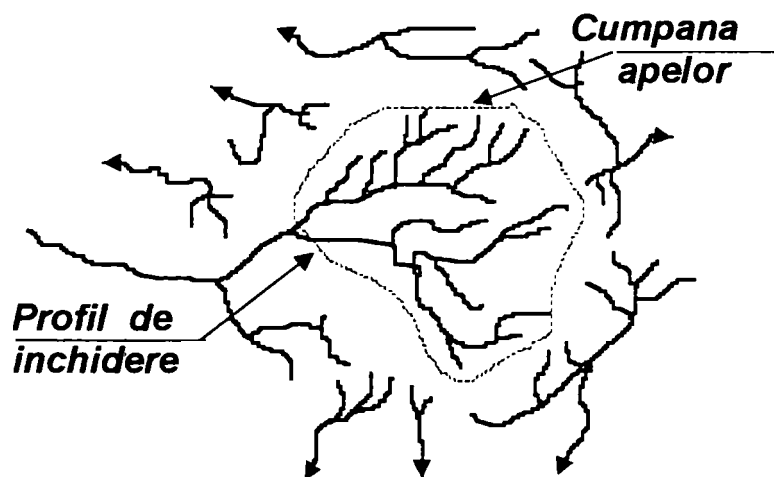


Fig. 8.18. Trasarea pe hartă a cumpenei apelor.

Suprafața de pe care se alimentează un curs de apă are în mod obișnuit două cumpene de apă și anume:

- cea superficială care reprezintă limita bazinului hidrografic de suprafață;
- cea subterană, care reprezintă limita bazinului hidrografic subteran.

În foarte rare cazuri aceste două limite coincid.

În funcție de dezvoltarea bazinelor se pot deduce trei tipuri caracteristice în ceea ce privește geneza și desfășurarea viiturilor [57].

- bazinele dezvoltate mult în cursul superior vor genera viituri a căror amplitudine scade cu cât se apropie de cursul inferior;
- bazinele dezvoltate uniform, pe toată lungimea lor, nu sunt generatoare de viituri bruște, ci numai de creșteri și atenuări treptate;
- bazinele dezvoltate în cursul inferior favorizează scurgerea bruscă, deoarece apele din precipitații se vor aduna rapid la ieșirea din bazin.

În cadrul bazinului hidrografic are loc procesul complex al transformării precipitațiilor atmosferice în fluxuri de apă, ce se colectează de către rețeaua hidrografică și rezervoarele subterane. Această acțiune impune studiarea cât mai aprofundată a diferitelor aspecte fiziografice ale bazinului.

8.3.2. DATE HIDROLOGICE, ELEMENTE MORFOMETRICE UTILIZATE LA EVALUAREA POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC AL RÂURILOR PRAHOVA ȘI DOFTANA

Premiza valorificării eficiente a potențialului mediului o reprezintă cunoașterea amănunțită a posibilităților acestuia, a factorilor care îl determină și prin urmare se impune evaluarea cantitativă și calitativă a componentelor sale genetice.

Energia hidraulică a masei de apă care se scurge pe versanți și prin albie este rezultatul interacțiunii a două principale componente ale geosistemului și anume: componenta morfo – litologică și componenta hidrică. Ca urmare, factorii favorizanți ai potențialului hidroenergetic natural sunt reprezentați de potențialul morfometric și de potențialul de scurgere. Acești factori pot constitui elemente considerabile în stabilirea unor criterii de sectorizare energetică a bazinelor hidrografice.

În procesul de evaluare a factorilor favorizanți ai potențialului hidroenergetic, pomind de la faptul că tectonica, constituția litologică și evoluția paleogeografică și-au pus amprenta pe fragmentarea orizontală și verticală a reliefului și ca urmare, în regiune predomină râurile mici - caracteristica de bază a rețelei hidrografice din munții Bucegi și din zona subcarpatică învecinată.

Prin studiul unui unui bazin hidrografic mai extins (în cazul de față sub-bazinele cursurilor de apă Doftana și Prahova, aparținând bazinului hidrografic Ialomița), semnificația calitativă a unor date morfologice, hidrologice sau hidroenergetice va fi afectată de un număr mare de factori și de variația acestora, atât în spațiu, cât și în timp.

În Tabelul 8.8. sunt prezentate date morfometrice ale râurilor Prahova și Doftana, iar în Fig. 8.19. bazinele de recepție ale acestor râuri, precum și amplasarea CHEMP și MHC.

Pomind de la aceste considerente, dar ținând seama și de faptul că rezultatele obținute să poată fi utilizate în studiul amenajărilor hidroenergetice ale râurilor mici, se consideră criteriu de delimitare teritorială suprafața de 10 - 100 km² a bazinelor hidrografice. La acest nivel se poate admite un grad sporit de omogenitate a factorilor definatorii ai condițiilor fizico - geografice.

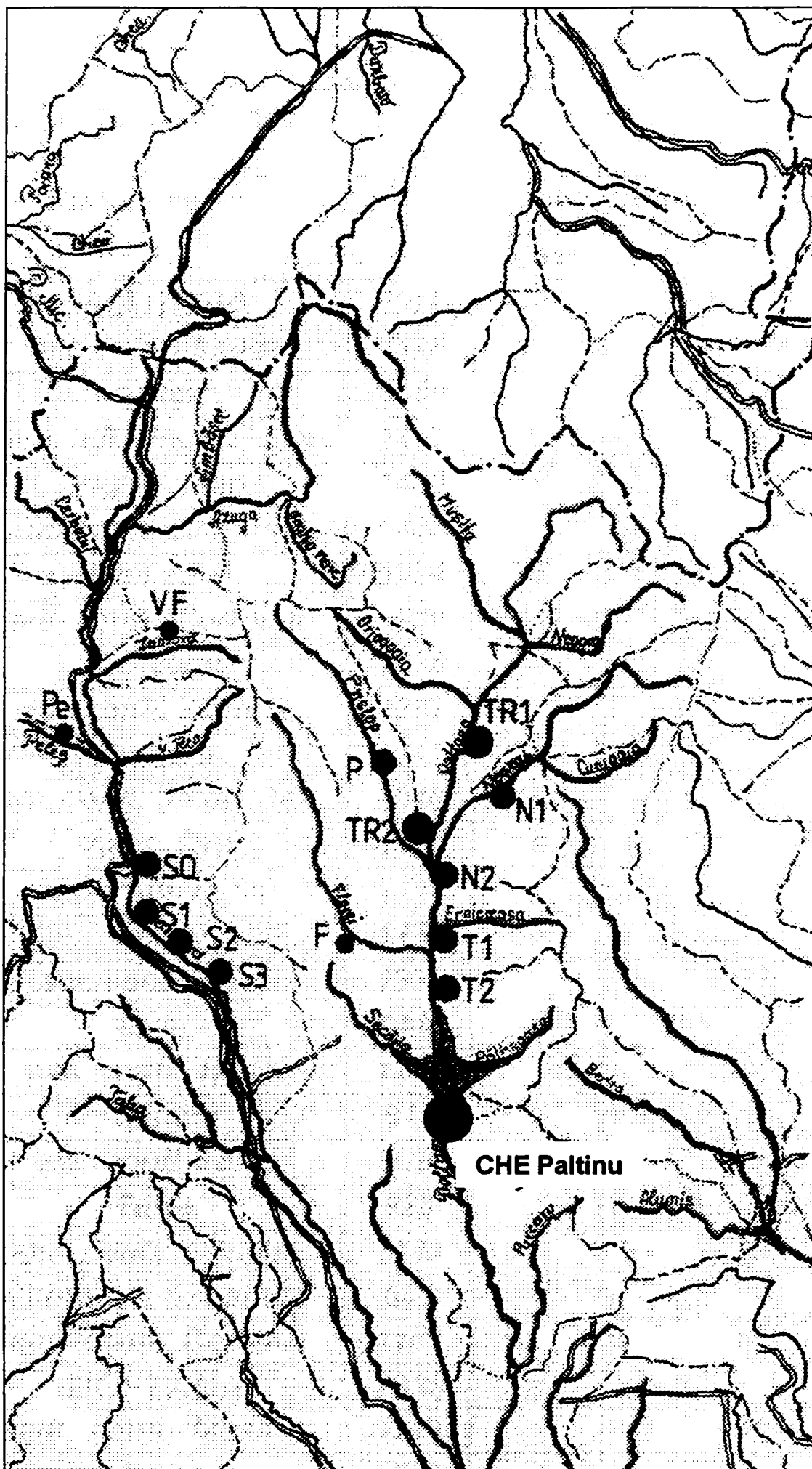


Fig. 8.19. Bazinele de recepție ale râurilor Prahova și Doftana; Amplasarea CHEMP și MHC.

Tabelul 8.8. Date morfometrice ale râurilor Prahova și Doftana.

| Nr. crt. | Cursul de apă | H [m] | Poziția confluentei | Lungimea [km] | Suprafața [km ²] |
|----------|-------------------------|-------|---------------------|---------------|------------------------------|
| 1 | PRAHOVA | 541 | s | 176 | 3740 |
| | am. confl. Azuga | 1148 | | 8 | 36 |
| 2 | Azuga | 1360 | s | 22 | 87 |
| | am. confl. Unghia Mare | 1407 | | 14 | 39 |
| 3 | Unghia Mare | 1480 | s | 6 | 10 |
| | am. confl. Limbasel | 1400 | | 17 | 63 |
| 4 | Limbasel | 1284 | d | 6 | 15 |
| | am. confl. Cerbului | 1290 | | 11 | 137 |
| 5 | Cerbului | 1536 | d | 7 | 26 |
| | am. confl. Zamora | 1367 | | 15 | 191 |
| 6 | Zamora | 1311 | s | 7 | 10 |
| | am. confl. Valea Rea | 1348 | | 19 | 218 |
| 7 | Valea Rea | 1337 | s | 7 | 14 |
| | am. confl. Peles | 1348 | | 19 | 232 |
| 8 | Peles | 1415 | d | 5 | 7 |
| | am. confl. Izvor | 1336 | | 22 | 257 |
| 9 | Izvor | 1446 | d | 16 | 28 |
| | am. confl. Beliei | 1249 | | 36 | 351 |
| 10 | Beliei | 916 | d | 10 | 36 |
| | am. confl. Talea | 970 | | 7 | 13 |
| 11 | Talea | 928 | d | 7 | 20 |
| | am. confl. Cimpea | 1162 | | 49 | 437 |
| 12 | Cimpea (Cimpina) | 601 | s | 12 | 30 |
| | am. confl. Doftana | 1101 | | 55 | 480 |
| 13 | DOFTANA | 1038 | s | 47 | 408 |
| | am. confl. Musita | 1229 | | 10 | 39 |
| 14 | Musita | 1309 | d | 9 | 33 |
| | am. confl. Neagra | 1263 | | 11 | 74 |
| 15 | Neagra | 1287 | s | 8 | 20 |
| | am. confl. Orjogoiaia | 1238 | | 14 | 105 |
| 16 | Orjogoiaia | 1203 | d | 7 | 14 |
| | am. confl. Prislop | 1197 | | 20 | 136 |
| 17 | Prislop | 1234 | d | 13 | 39 |
| | am. confl. Negras | 1305 | | 20 | 175 |
| 18 | Negras | 1202 | s | 14 | 47 |
| | am. confl. Cucioaia | 1266 | | 8 | 21 |
| 19 | Cucioaia | 1297 | s | 6 | 14 |
| | am. confl. Ermeneasa | 1196 | | 22 | 227 |
| 20 | Ermeneasa | 1059 | s | 5 | 12 |
| | am. confl. Florei | 1185 | | 23 | 241 |
| 21 | Florei | 1150 | d | 12 | 41 |
| | am. confl. Paltinoasa | 1162 | | 28 | 297 |
| 22 | Paltinoasa | 938 | s | 6 | 19 |
| | am. confl. Secaria | 1147 | | 29 | 318 |
| 23 | Secaria | 923 | d | 8 | 16 |
| | am. confl. Purcaru | 1085 | | 41 | 371 |
| 24 | Purcaru | 620 | s | 9 | 27 |

POTENȚIALUL MORFOMETRIC

Elementele morfometrice reprezintă expresia dimensională a modului de interacțiune dintre variabilele care definesc bazinul hidrografic din punct de vedere sistemic.

Evaluarea caracteristicilor morfometrice ale bazinului hidrografic este mult înlesnită de posibilitatea delimitării precise a suprafeței bazinelor. Cu ajutorul cumpenelor de apă se asigură posibilitatea determinării cantitative a caracteristicilor morfometrice, a materiei și energiei care sunt vehiculate în spațiul bazinului.

Necesitatea studiului caracteristicilor morfometrice ale rețelei hidrografice este justificată în primul rând de utilizarea datelor morfometrice în diferitele formule de calcul ale scurgerii și ale diverselor categorii de potențiale energetice. Deasemenea, datele morfometrice sunt absolut necesare în stabilirea unor formule de generalizare teritorială a parametrilor scurgerii, principalul element dinamic al potențialului hidroenergetic.

Râurile mici din munții Bucegi și zona subcarpatică învecinată însumează până la ieșirea din aria rocilor specific montane ordinul 3 - 4 conform sistemului de clasificare Horton – Strahler[64].

Pentru satisfacerea obiectivelor privind evaluarea potențialului hidroenergetic, se cer elemente morfometrice, unele dintre ele regăsindu-se în formule de calcul hidroenergetic, iar altele fiind necesare pentru analiza variației spațiale a potențialului hidroenergetic.

În mod obișnuit se utilizează următoarele elemente morfometrice:

- suprafața de recepție a bazinului;
- lungimea cursului principal;
- altitudinea medie a bazinului hidrografic;
- diverși coeficienți de formă;
- panta medie a bazinului;
- panta medie a râului;
- densitatea medie a rețelei hidrografice;
- fragmentarea orizontală (densitatea în drenaj);
- fragmentarea verticală (energia reliefului).

Suprafața bazinului este cuprinsă în interiorul proiecției în plan a liniilor de cumpănă a apelor. În general suprafața unui bazin joacă rolul unui adevărat regulizator al scurgerii. De aceea aceasta este una dintre cele mai utilizate caracteristici geometrice în calculele hidrologice.

Forma bazinelor hidrografice este un element cu implicații, mai ales la bazinele mari, în răspunsul pe care-l dă bazinul la căderea precipitațiilor, cunoscut fiind că cu cât bazinul este mai rotund cu atât viiturile au o amplitudine și o putere de eroziune și de transport mai mare.

Lungimea râului, se consideră, distanța dintre izvor și gura de vărsare măsurată pe hartă de-a lungul talvegului. În acest caz o sursă de subiectivism o constituie fixarea izvorului, știut fiind faptul că în realitate puține sunt râurile cu un izvor propriu-zis; pentru cele mai multe cazuri este necesară opțiunea cercetătorului în ceea ce privește trecerea pe hartă a punctului de schimbare a scurgerii de versant în scurgere de albie.

Altitudinea medie precizează poziția spațială a unui bazin hidrografic și sugerează cantitatea de materie și de energie care este recepționată și vehiculată în spațiul bazinului. Altitudinea medie trebuie privită sub două aspecte: absolută și relativă, având în vedere că toate procesele și fenomenele care se desfășoară pe suprafața bazinului sunt legate de

planurile de referință corespunzătoare. În condițiile reliefului carpatic, altitudinea medie a bazinelor hidrografice este un element de bază în dimensionarea cantității de apă recepționată de unitatea de suprafață. Utilizarea altitudinii medii este o necesitate de prim ordin în calculele hidrologice având în vedere zonalitatea verticală a fluxului de materie și de energie implicat în evoluția bazinelor hidrografice [34].

Fragmentarea verticală (energia reliefului, adâncimea bazinelor locale de eroziune, amplitudinea reliefului, adâncimea fragmentării reliefului - sunt termeni care se referă în genere la același conținut dar diferă sensibil printr-un anumit specific de calcul sau punct de vedere), exprimă profunzimea până la care a pătruns eroziunea liniară. Ea este echivalentă cu diferența de nivel dintre altitudinea maximă și altitudinea minimă dintr-o unitate de suprafață.

Fragmentarea orizontală și densitatea rețelei hidrografice. Prin fragmentarea orizontală a reliefului (F_o) (fragmentare de drenaj, densitatea fragmentării reliefului) se înțelege gradul de discontinuitate al suprafețelor morfologice privite în plan orizontal, ca rezultat al modelării și compartimentării acestora de către acțiunea factorilor exogeni, în primul rând de către eroziunea areală a apelor curgătoare. Cunoașterea paramerilor fragmentării orizontale este importantă pentru aprecierea evoluției reliefului și pentru indicațiile pe care le dă referitoare la scurgerea superficială și solidă. Densitatea rețelei hidrografice (D) a unui bazin hidrografic se calculează ca raport între lungimea în km a rețelei de râuri (L) de pe teritoriul bazinului și suprafața acestuia (F), rezultatul fiind obținut în km/km^2 [64].

Panta medie a bazinului hidrografic și panta medie a râului. Valoarea pantelor reprezintă factorul dinamic al modelării actuale a reliefului de către agenții externi. Din punct de vedere al modelării bazinelor hidrografice în timp lung, pantele medii ale bazinelor și ale râurilor au un dublu caracter: sunt consecințe ale modelării, dar și factori ai modelării. În analiza semnificației cantitative a pantelor medii, se ține seama de faptul că în evoluția bazinelor hidrografice a existat o fază a unei paleopante inițiale, sau în unele cazuri chiar și aceasta a fost o consecință a modelării de către scurgerea de versant.

Profilul longitudinal al râului este reprezentarea grafică a variației altitudinii talvegului în funcție de lungimea cartografică a lui. Se știe că pantele diverselor sectoare de râu sunt de regulă diferite, după cum diferă de la un sector la altul caracteristicile structural - tectonice, litologice, morfologice etc. În general pantele mai pronunțate caracterizează sectoarele dinspre izvoare.

8.3.2.1. DATE HIDROLOGICE PENTRU RÂUL PRAHOVA ÎN DIFERITE SECȚIUNI

Pentru bazinul hidrografic Prahova s-au ales două sectoare având condiții favorabile de utilizare a potențialului hidroenergetic în centrale hidroelectrice de mică putere: sectorul Sinaia - Valea Largă și sectorul Comarnic - Câmpina.

Pentru aceste sectoare s-au selectat date privind elementele morfometrice, scurgerea lichidă maximă, medie și minimă. Sunt prezentate și curbele de durată a debitelor medii zilnice în câteva secțiuni semnificative.

Datele morfometrice pentru secțiunile alese, respectiv suprafața bazinului F [Km^2] și altitudinea medie H [m] au fost determinate pe hărți topografice la scara 1 : 50000 și 1 : 25000. Datele morfometrice și valorile parametrilor F , H , Q sunt prezentate în Tabelul 8.9.

Scurgerea medie a fost determinată pe baza relațiilor de sinteză întocmite prin prelucrarea statistică a datelor directe înregistrate la stațiile hidrometrice din zonă și sunt calculate pentru trei secțiuni considerate mai importante în contextul morfoenergetic local [55].

Tabelul 8.9. Date hidrologice și morfometrice pentru râul Prahova [19].

| Nr. Secț | F [Km^2] | H [m] | Q _{med} [m^3/s] | Q _{ziln. min 80%} [m^3/s] | Q _{max p%} [m^3/s] | | | Zona |
|----------|---------------------|-------|--|--|---|-----|-----|----------|
| | | | | | 0.3% | 1% | 5% | |
| 1 | 290 | 1342 | 6.76 | 1.71 | 511 | 406 | 263 | V. Largă |
| 2 | 304 | 1330 | | | | 413 | 268 | |
| 3 | 349 | 1250 | 7.33 | 1.86 | 554 | 440 | 285 | Comarnic |
| 4 | 398 | 1204 | | | | 486 | 315 | |
| 5 | 405 | 1192 | | | | 492 | 319 | |
| 6 | 415 | 1175 | | | | 497 | 322 | |
| 7 | 420 | 1167 | 7.98 | 2.02 | 630 | 500 | 323 | Breaza |
| 8 | 434 | 1156 | | | | 510 | 330 | |
| 9 | 473 | 1117 | | | | 525 | 340 | Câmpina |
| 10 | 481 | 1105 | | | | 530 | 344 | |

Valorile scurgerii maxime se referă la debitele maxime cu probabilitatea de depășire de 1 % și 5 % în zece secțiuni și cu probabilitatea de depășire de 0,3 %, 1 % și 5 % în secțiunile reprezentative (1 - Valea Largă, 3 - Comarnic, 7 - Breaza).

Debitele maxime cu probabilitatea de depășire de 1 % au fost determinate pe baza prelucrării statistice a datelor directe înregistrate la stațiile hidrometrice din zonă, cu ajutorul cărora s-a întocmit relația de sinteză $q_{1\%} = f(F [\text{Km}^2])$ [25]. Trecerea debitelor maxime de la probabilitatea de depășire 1 % la celelalte probabilități s-a făcut pe baza coeficienților de variație rezultați din analiza statistică a datelor existente la stațiile hidrometrice din zonă. Valorile debitelor calculate se referă la regimul natural de scurgere și nu includ sporul de siguranță.

Pentru determinarea $Q_{med. zilnic min. 80\%}$ din perioada lunilor aprilie - noiembrie s-au analizat șirurile statistice înregistrate la stațiile din zonă (valori reconstituite), rezultând o bună concordanță cu valorile transmise prin raporturile coeficienților moduli ai debitelor medii multianuale.

Sunt utilizate valorile rezultate din transmiterea de la stația hidrometrică Câmpina prin raportul debitelor module.

Curbele de durată a debitelor medii zilnice au fost calculate în coeficienți moduli pentru trei secțiuni, având reprezentate în abscisă durate de apariție (zile, procente) pe an mediu, iar în ordonată valoarea coeficienților moduli:

$$K = Q_i / Q_{med. multianual} \quad (8.23.)$$

Tabelar sunt prezentate, pentru fiecare secțiune considerată în sectoarele Sinaia - Valea Largă și Comarnic – Câmpina (Tabelele 8.10., 8.11., 8.12., 8.13., și 8.14.), valorile debitelor corespondente pentru coeficienții moduli caracteristici. Curbele de durată ale debitelor medii zilnice (în coeficienți moduli) sunt prezentate grafic în Fig. 8.20., 8.21., 8.22., 8.23., 8.24., pentru anul mediu 1961 - 1986.

Tabelul 8.10.

| NR CRT | Q [m ³ / S] | K | Nr. zile cumulat | Nr. zile | p % |
|--------|------------------------|------|------------------|----------|-------|
| 1 | 177 | 25.2 | | | |
| 2 | 176 | 25.0 | 1 | 0.039 | 0.011 |
| 3 | 70.4 | 10.0 | 14 | 0.565 | 0.155 |
| 4 | 35.2 | 5.00 | 67 | 2.62 | 0.719 |
| 5 | 21.1 | 3.00 | 270 | 10.4 | 2.86 |
| 6 | 14.1 | 2.00 | 894 | 34.6 | 9.48 |
| 7 | 10.6 | 1.50 | 1695 | 65.6 | 18.0 |
| 8 | 7.04 | 1.00 | 3243 | 125 | 34.4 |
| 9 | 5.63 | 0.80 | 4208 | 163 | 44.6 |
| 10 | 4.23 | 0.60 | 5632 | 218 | 59.7 |
| 11 | 2.82 | 0.40 | 7789 | 301 | 82.6 |
| 12 | 1.41 | 0.20 | 9350 | 362 | 99.1 |
| 13 | 1.06 | 0.10 | 9436 | 365 | 100 |

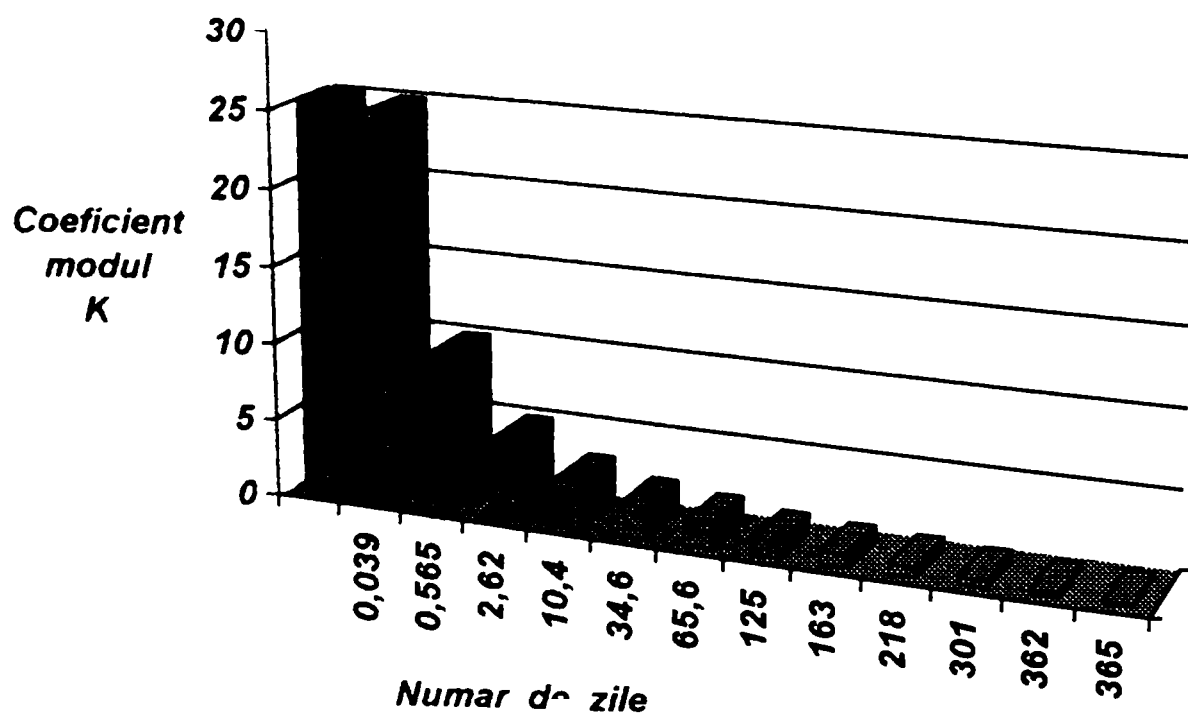


Fig. 8.20. CURBA DE DURATĂ a debitelor medii zilnice (în coeficienți moduli) pentru anul mediu (1961 - 1986) Râul Prahova - secțiunea 1 - $Q = 0.816 Q_{Campina}$

Tabelul 8.11.

| NR CRT | Q m ³ /Sj | K | Nr. zile cumulat | Nr. zile | p % |
|--------|-------------------------|-------|---------------------|----------|-------|
| 1 | 192 | 25.20 | | | |
| 2 | 191 | 25.00 | 1 | 0.039 | 0.011 |
| 3 | 76.4 | 10.00 | 14 | 0.565 | 0.155 |
| 4 | 38.2 | 5.00 | 67 | 2.62 | 0719 |
| 5 | 22.9 | 3.00 | 270 | 10.4 | 2.68 |
| 6 | 15.3 | 2.00 | 894 | 34.6 | 9.48 |
| 7 | 11.5 | 1.50 | 1695 | 65.6 | 18.0 |
| 8 | 7.64 | 1.00 | 3243 | 125 | 34.4 |
| 9 | 6.11 | 0.80 | 4208 | 163 | 44.6 |
| 10 | 4.58 | 0.60 | 5632 | 218 | 59.7 |
| 11 | 3.06 | 0.40 | 7789 | 301 | 82.6 |
| 12 | 1.53 | 0.20 | 9350 | 362 | 99.1 |
| 13 | 1.15 | 0.1 | 9436 | 365 | 100 |

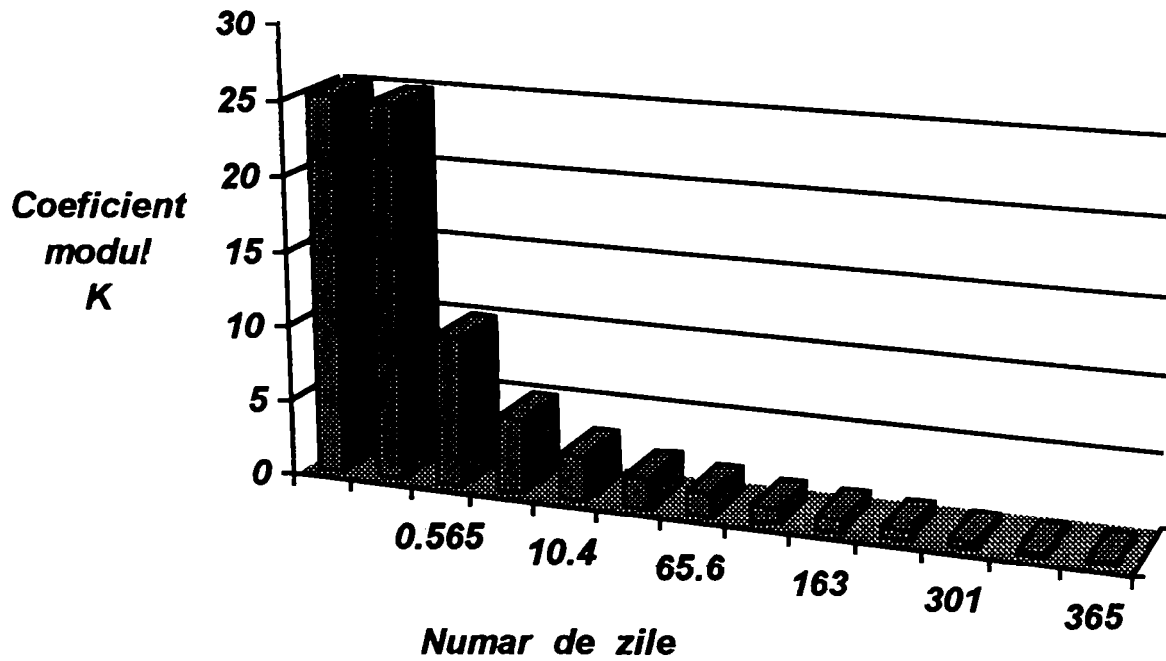


Fig. 8.21. CURBA DE DURATĂ a debitelor medii zilnice (în coeficienți moduli) pentru anul mediu (1961 - 1986) Râul Prahova - secțiunea 3 - $Q = 0.885 Q_{Campina}$

Tabelul 8.12.

| NR CRT | Q [m ³ /S] | K | Nr. zile cumulat | Nr. zile | p % |
|--------|-----------------------|-------|------------------|----------|-------|
| 1 | 209 | 25.20 | | | |
| 2 | 208 | 25.00 | 1 | 0.039 | 0.011 |
| 3 | 83.2 | 10.00 | 14 | 0.565 | 0.155 |
| 4 | 41.6 | 5.00 | 67 | 2.62 | 0719 |
| 5 | 25.0 | 3.00 | 270 | 10.4 | 2.68 |
| 6 | 16.6 | 2.00 | 894 | 34.6 | 9.48 |
| 7 | 12.5 | 1.50 | 1695 | 65.6 | 18.0 |
| 8 | 8.32 | 1.00 | 3243 | 125 | 34.4 |
| 9 | 6.65 | 0.80 | 4208 | 163 | 44.6 |
| 10 | 4.99 | 0.60 | 5632 | 218 | 59.7 |
| 11 | 3.33 | 0.40 | 7789 | 301 | 82.6 |
| 12 | 1.66 | 0.20 | 9350 | 362 | 99.1 |
| 13 | 1.25 | 0.10 | 9436 | 365 | 100 |

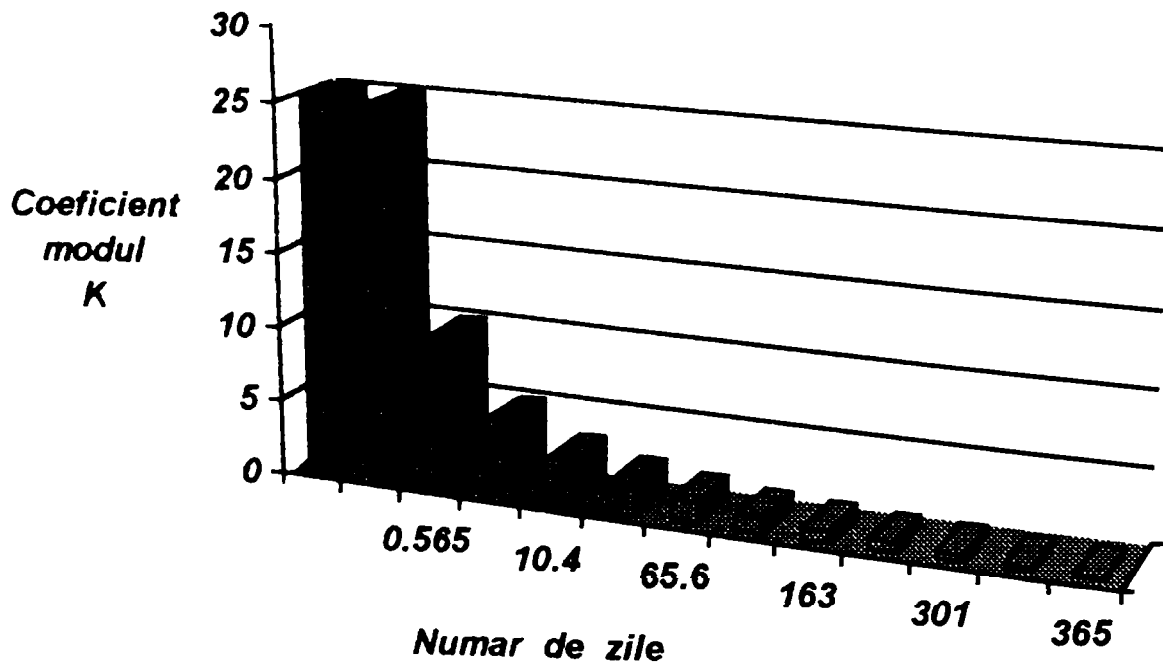


Fig. 8.22. CURBA DE DURATĂ a debitelor medii zilnice (în coeficienți moduli) pentru anul mediu (1961 - 1986) Râul Prahova - secțiunea 7 - $Q = 0.964 Q_{Campina}$

Tabelul 8.13.

| NR CRT | Q [m ³ /S] | K | Nr. zile cumulat | Nr. zile | p % |
|--------|-----------------------|------|------------------|----------|-------|
| 1 | 76.0 | 14.9 | | | |
| 2 | 75.9 | 14.9 | 1 | 0.048 | 0.013 |
| 3 | 51.0 | 10.0 | 4 | 0.199 | 0.054 |
| 4 | 25.5 | 5.00 | 53 | 2.52 | 0.692 |
| 5 | 15.3 | 3.00 | 96 | 9.33 | 2.56 |
| 6 | 10.2 | 2.00 | 639 | 30.4 | 8.34 |
| 7 | 7.65 | 1.50 | 1354 | 64.5 | 17.7 |
| 8 | 5.10 | 1.00 | 2812 | 134 | 36.7 |
| 9 | 4.08 | 0.80 | 3598 | 171 | 46.9 |
| 10 | 3.06 | 0.60 | 4743 | 226 | 61.9 |
| 11 | 2.04 | 0.40 | 6594 | 314 | 86.0 |
| 12 | 1.02 | 0.20 | 7637 | 364 | 99.6 |
| 13 | 0.85 | 0.10 | 7665 | 365 | 100 |

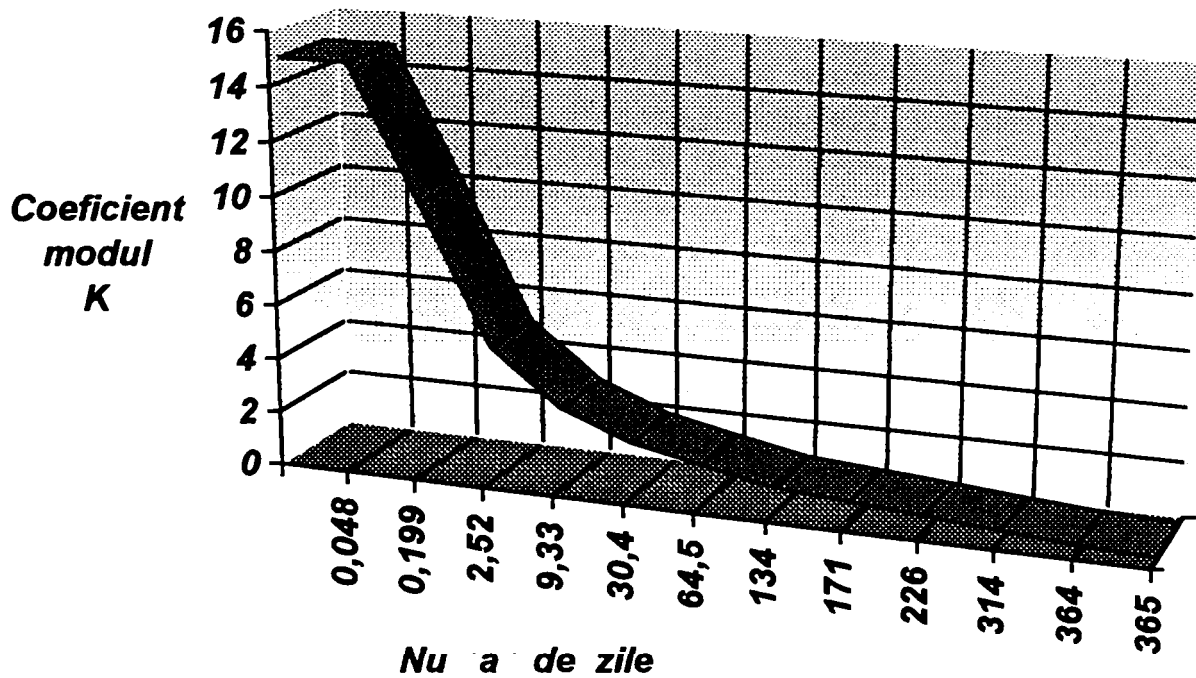


Fig. 8.24. CURBA DE DURATĂ a debitelor medii zilnice (în coeficienți moduli) pentru anul mediu (1961 - 1986) Râul Prahova - Stația Hidrometrică Poiana Țapului.

Tabelul 8.14.

| NR CRT | Q [m ³ / S] | K | Nr. zile cumulat | Nr. zile | p % |
|--------|------------------------|------|------------------|----------|-------|
| 1 | 217 | 25.1 | | | |
| 2 | 216 | 25.0 | 1 | 0.039 | 0.011 |
| 3 | 86.3 | 10.0 | 14 | 0.565 | 0.155 |
| 4 | 43.2 | 5.00 | 67 | 2.62 | 0719 |
| 5 | 25.9 | 3.00 | 270 | 10.4 | 2.68 |
| 6 | 17.3 | 2.00 | 894 | 34.6 | 9.48 |
| 7 | 12.9 | 1.50 | 1695 | 65.6 | 18.0 |
| 8 | 8.63 | 1.00 | 3243 | 125 | 34.4 |
| 9 | 6.90 | 0.80 | 4208 | 163 | 44.6 |
| 10 | 5.18 | 0.60 | 5632 | 218 | 59.7 |
| 11 | 3.45 | 0.40 | 7789 | 301 | 82.6 |
| 12 | 1.73 | 0.20 | 9350 | 362 | 99.1 |
| 13 | 1.30 | 0.10 | 9436 | 365 | 100 |

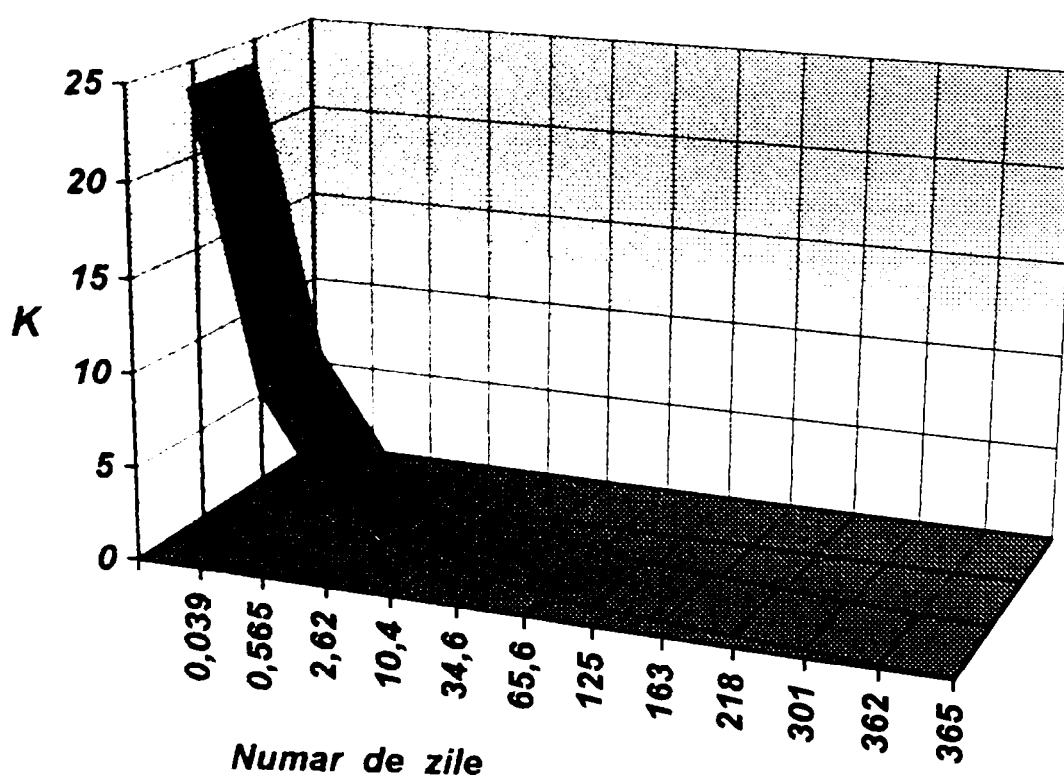


Fig. 8.24. CURBA DE DURATĂ a debitelor medii zilnice (în coeficienți moduli) pentru anul mediu (1961 - 1986) Râul Prahova - Stația Hidrometrică Câmpina.

8.3.2.2. DATE HIDROLOGICE PENTRU AFLUENȚI AI RÂURILOR PRAHOVA, DOFTANA ȘI TELEAJEN – CURBE ALE DEBITELOR CLASATE

S-a considerat oportună prezentarea debitului mediu multianual, a curbei de durată medie multianuală a debitelor medii zilnice și a debitului maxim cu probabilitatea de depășire de 3 % în patru secțiuni situate pe V. Cerbului (în b. h. Prahova), V. Floreiului (în b. h. Doftana), V. Crasnei și V. Drajei (în b. h. Teleajen).

ELEMENTELE MORFOMETRICE

Principalele date morfometrice în secțiunile de interes – suprafața bazinului de recepție ($F - km^2$) și altitudinea medie a bazinului ($H_{med} - m$) au fost determinate pe baza hărților topografice 1 : 50.000.

SCURGEREA MEDIE MULTIANUALĂ

În secțiunile interesate nu s-a dispus de date din măsurători directe, astfel că valorile debitului mediu multianual s-au determinat pe baza relației de sinteză de tipul $\bar{q} = f(H_{med})$, care reprezintă legătura dintre scurgerea medie specifică - \bar{q} - exprimată în $l/s/km^2$ și altitudinea medie a bazinului - H_{med} - exprimată în m.

Relația de sinteză a fost stabilită pe baza datelor măsurate și prelucrate de la stațiile hidrometrice din bazinele hidrografice Prahova, Doftana și Teleajen. Pentru precizarea ei s-au folosit și valorile scurgerii medii din secțiunile satelit Crasna și Florei și valorile calculate pentru secțiuni din zonă [19].

Prezența pânzei de grohotiș calcaros de pe V. Cerbului a influențat scurgerea de suprafață în sensul diminuării valorii medii multianuale.

Cursurile de apă luate în considerare au un caracter permanent de scurgere prezentând condițiile necesare pentru a fi captate.

Valorile debitului mediu multianual în secțiunile semnificative se prezintă în Tabelul 8.15.

Tabelul 8.15.

| Nr. crt. | RÂUL | SECȚIUNEA | F [km ²] | H _{med} [m] | Debitul mediu multianual \bar{q} [m ³ /s] |
|----------|-------------|------------|-------------------------|-------------------------|---|
| 1 | V. Crasna | Cota 620 m | 40.30 | 1087 | 0.665 |
| 2 | V. Drajea | Cota 650 m | 9.30 | 818 | 0.104 |
| 3 | V. Cerbului | Cota 940 m | 22.00 | 1593 | 0.426 |
| 4 | V. Florei | Cota 750 m | 35.40 | 1194 | 0.673 |

CURBA DE DURATĂ MEDIE MULTIANUALĂ

În lipsa datelor directe în secțiunile semnificative, pentru determinarea curbei de durată s-au analizat datele privind scurgerea medie zilnică de la stațiile hidrometrice Bușteni pe Valea Cerbului, Teșila pe râul Doftana și Cheia pe râul Teleajen, în perioada lor de funcționare până în 1987. S-a utilizat procedeul de asimilare hidrografică.

Transmiterea curbelor de durată a debitelor medii zilnice de la s.h. Bușteni în secțiunea V. Cerbului "Cota 940 m", de la s.h. Teșila în secțiunea V. Florei "Cota 750 m" și de la s.h. Cheia în secțiunea V. Crasna "Cota 620 m" și V. Drajna "Cota 650 m" s-a făcut cu ajutorul unor coeficienți, care exprimă raportul dintre debitul mediu multianual în secțiunea studiată și debitul mediu multianual de la stația hidrometrică de referință.

Diagramele curbelor de durată medie multianuală a debitelor medii zilnice sunt prezentate grafic.

SCURGEREA MAXIMĂ

Se referă la debitul maxim cu probabilitatea de depășire de 3 %. În lipsa datelor hidrometrice directe și ținând seama de suprafața bazinului în secțiunile alese, valoarea debitului maxim a fost determinată prin metode indirecte de calcul.

S-au utilizat metode genetice de calcul, care țin seama de factorii climatici și fizico-geografici principali care generează scurgerea.

Valorile obținute au fost verificate utilizând relații de sinteză valabile în zonă, de forma $q_{\max 1\%} = f(F)$, în care:

$q_{\max 1\%}$ - este debitul maxim specific cu probabilitatea de depășire 1 % exprimat în l/s/km²;

F - este suprafața bazinului de recepție exprimată în km².

Relația de sinteză s-a precizat folosind datele de la stațiile hidrometrice din zonă și datele calculate anterior.

Calcululele au fost efectuate pentru probabilitatea de depășire de 1 %, iar stabilirea valorilor pentru probabilitatea interesată s-a făcut pe baza coeficienților curbei de repartiție Pearson tip III [63], adoptând $C_v = 1$ și $C_s = 4C_v$, valori recomandate pentru râuri mici nestudiate din punct de vedere hidrologic.

Valorile obținute sunt prezentate în Tabelul 8.16.

Tabelul 8.16.

| Nr. Crt. | RĂUL | SECȚIUNEA | F [km ²] | Debitul maxim cu probabilitatea de depășire 1% [m ³ /s] |
|----------|-------------|------------|---------------------------|--|
| 1 | V. Crasna | Cota 620 m | 40.30 | 108.0 |
| 2 | V. Drajna | Cota 650 m | 9.30 | 40.7 |
| 3 | V. Cerbului | Cota 940 m | 22.00 | 85.4 |
| 4 | V. Florei | Cota 750 m | 35.40 | 102.0 |

Valorile au fost calculate pentru regimul natural de scurgere și luând în considerare gradul și tipul actual de acoperire a terenului cu vegetație și nu includ sporul de siguranță [20].

Curbele debitelor clasate pentru debitele medii zilnice (1951 - 1987) în secțiunile alese pentru fiecare dintre afluenții sudiați pot fi comparate urmărind graficele din Fig. 8.25., 8.26., 8.27. și 8.28. Aceste grafice sunt construite pomind de la datele hidrologice conținute de Tabelele 8.17., 8.18., 8.19. și respectiv 8.20.

Tabelul 8.17.

| NR. CRT. | Q [m ³ /s] | K | DURATA | | |
|----------|-----------------------|--------|---------|----------|---------|
| | | | CUMULAT | AN MEDIU | |
| | | | ZILE | ZILE | p [%] |
| 1 | 34.800 | 51.800 | | | |
| 2 | 34.700 | 51.600 | 1 | .029 | .008 |
| 3 | 6.720 | 10.000 | 21 | .615 | .169 |
| 4 | 3.360 | 5.000 | 92 | 2.650 | .727 |
| 5 | 2.020 | 3.000 | 385 | 11.000 | 3.020 |
| 6 | 1.340 | 2.000 | 1063 | 30.500 | 8.340 |
| 7 | 1.010 | 1.500 | 1931 | 55.300 | 15.200 |
| 8 | .672 | 1.000 | 4264 | 122.000 | 33.500 |
| 9 | .538 | .800 | 5945 | 170.000 | 46.700 |
| 10 | .403 | .600 | 8059 | 231.000 | 63.300 |
| 11 | .269 | .400 | 10813 | 310.000 | 84.900 |
| 12 | .134 | .200 | 12490 | 358.000 | 98.000 |
| 13 | .067 | .100 | 12739 | 365.000 | 100.000 |
| 14 | .066 | .099 | 12741 | 365.000 | 100.000 |

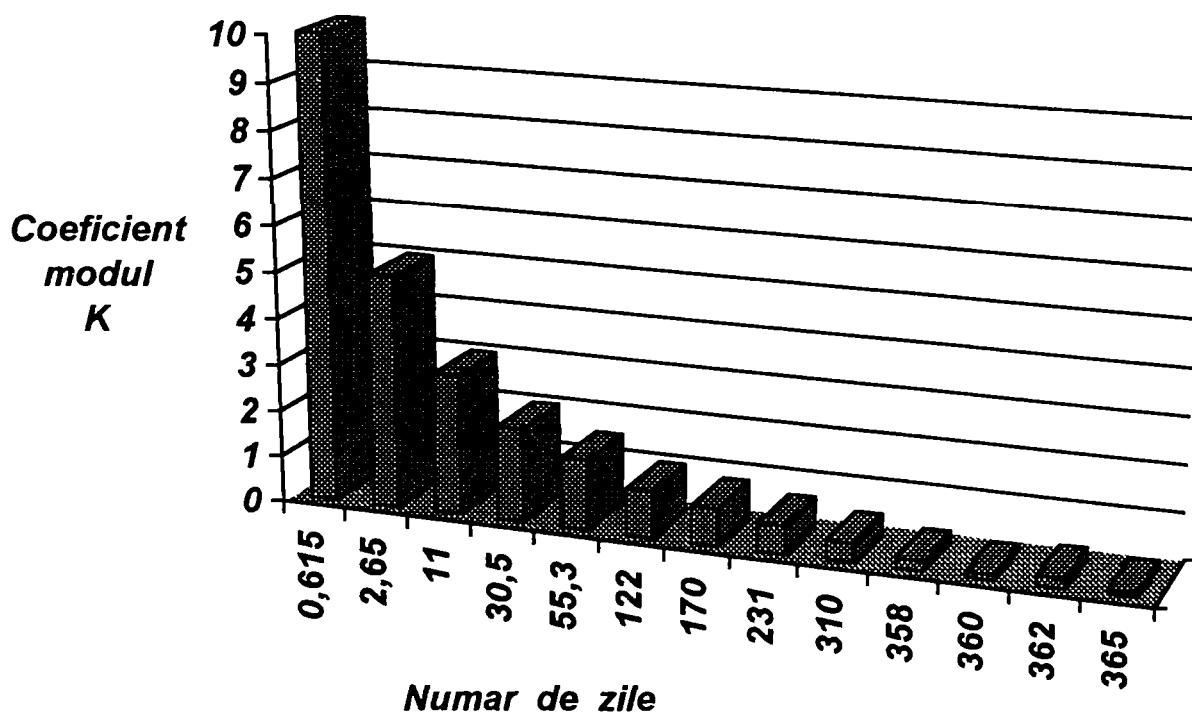


Fig. 8.25. Curba debitelor clasate pentru debitele medii zilnice (1951 - 1987) VALEA CRASNA - secțiunea: cota 620 m

Tabelul 8.18.

| NR. CRT. | Q [m ³ /s] | K | DURATA | | |
|----------|--------------------------|--------|---------|----------|---------|
| | | | CUMULAT | AN MEDIU | |
| | | | ZILE | ZILE | P [%] |
| 1 | 5.440 | 51.700 | | | |
| 2 | 5.430 | 51.600 | 1 | .029 | .008 |
| 3 | 4.050 | 10.000 | 21 | .615 | .169 |
| 4 | .526 | 5.000 | 92 | 2.650 | .727 |
| 5 | .316 | 3.000 | 385 | 11.000 | 3.020 |
| 6 | .210 | 2.000 | 1063 | 30.500 | 8.340 |
| 7 | .158 | 1.500 | 1931 | 55.300 | 15.200 |
| 8 | .105 | 1.000 | 4264 | 122.000 | 33.500 |
| 9 | .084 | .800 | 5945 | 170.000 | 46.700 |
| 10 | .063 | .600 | 8059 | 231.000 | 63.300 |
| 11 | .042 | .400 | 10813 | 310.000 | 84.900 |
| 12 | .021 | .200 | 12490 | 358.000 | 98.000 |
| 13 | .044 | .100 | 12739 | 365.000 | 100.000 |
| 14 | .010 | .099 | 12741 | 365.000 | 100.000 |

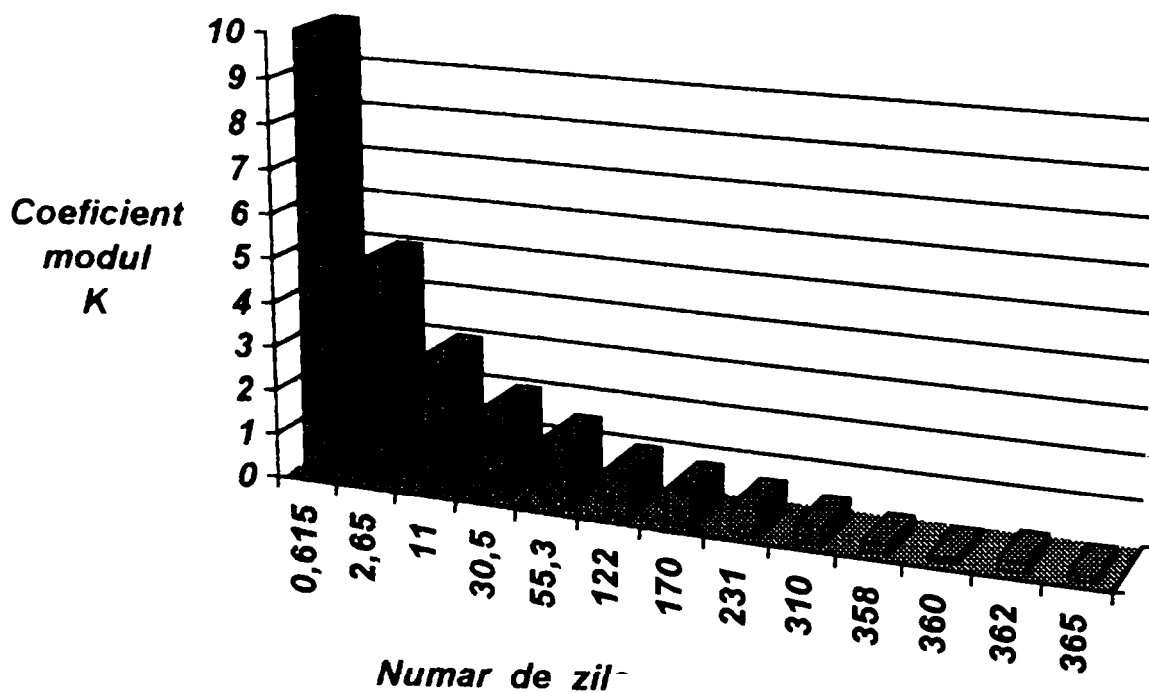


Fig. 8.26. Curba debitelor clasate pentru debitele medii zilnice (1951 - 1987) VALEA DRAJNA - secțiunea: cota 650 m.

Tabelul 8.19.

| NR. CRT. | Q [m ³ /s] | K | DURATA | | |
|-------------|--------------------------|------|---------|----------|-------|
| | | | CUMULAT | AN MEDIU | |
| | | | ZILE | ZILE | P [%] |
| 1 | 9.37 | 21.4 | | | |
| 2 | 9.36 | 21.4 | 1 | .033 | .009 |
| 3 | 4.38 | 10.0 | 9 | .309 | .085 |
| 4 | 2.19 | 5.00 | 70 | 2.36 | .646 |
| 5 | 1.31 | 3.00 | 406 | 13.5 | 3.71 |
| 6 | .876 | 2.00 | 1335 | 44.6 | 12.2 |
| 7 | .657 | 1.50 | 2253 | 75.2 | 20.6 |
| 8 | .438 | 1.00 | 3736 | 125 | 34.2 |
| 9 | .350 | .800 | 4813 | 161 | 44.0 |
| 10 | .263 | .600 | 6091 | 203 | 55.7 |
| 11 | .175 | .400 | 7887 | 263 | 72.1 |
| 12 | .088 | .200 | 10205 | 340 | 93.3 |
| 13 | .044 | .100 | 10890 | 363 | 99.5 |
| 14 | .028 | .064 | 10942 | 365 | 100 |

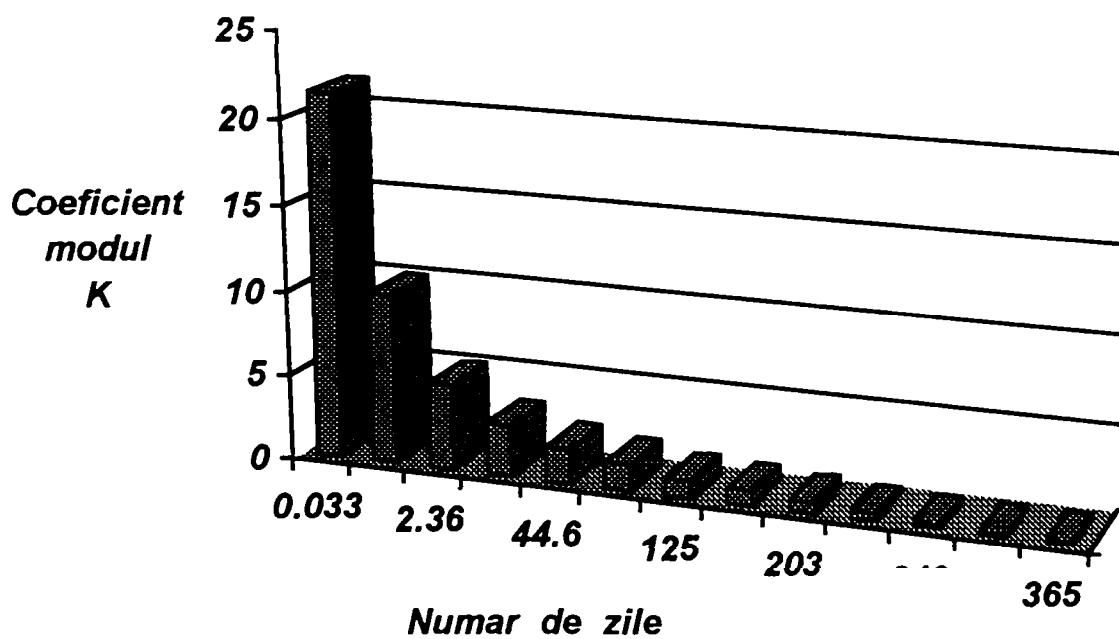


Fig. 8.27. Curba debitelor clasate pentru debitele medii zilnice (1958 - 1987) VALEA CERBULUI - secțiunea: cota 940 m.

Tabelul 8.20.

| NR. CRT. | Q [m ³ /s] | K | DURATA | | |
|----------|-----------------------|------|---------|----------|-------|
| | | | CUMULAT | AN MEDIU | |
| | | | ZILE | ZILE | P [%] |
| 1 | 9.33 | 16.2 | | | |
| 2 | 9.32 | 16.2 | 1 | .034 | .009 |
| 3 | 5.76 | 10.0 | 8 | .304 | .083 |
| 4 | 2.88 | 5.00 | 69 | 2.36 | .648 |
| 5 | 1.73 | 3.00 | 360 | 12.2 | 3.34 |
| 6 | 1.15 | 2.00 | 1150 | 38.9 | 10.7 |
| 7 | .864 | 1.50 | 2086 | 70.5 | 19.3 |
| 8 | .576 | 1.00 | 3698 | 125 | 34.2 |
| 9 | .461 | .800 | 4764 | 161 | 44.1 |
| 10 | .346 | .600 | 6297 | 213 | 58.3 |
| 11 | .230 | .400 | 8463 | 286 | 78.3 |
| 12 | .115 | .200 | 10519 | 355 | 97.4 |
| 13 | .058 | .100 | 10775 | 364 | 99.7 |
| 14 | .029 | .050 | 10800 | 365 | 99.9 |
| 15 | .024 | .042 | 10806 | 365 | 100 |

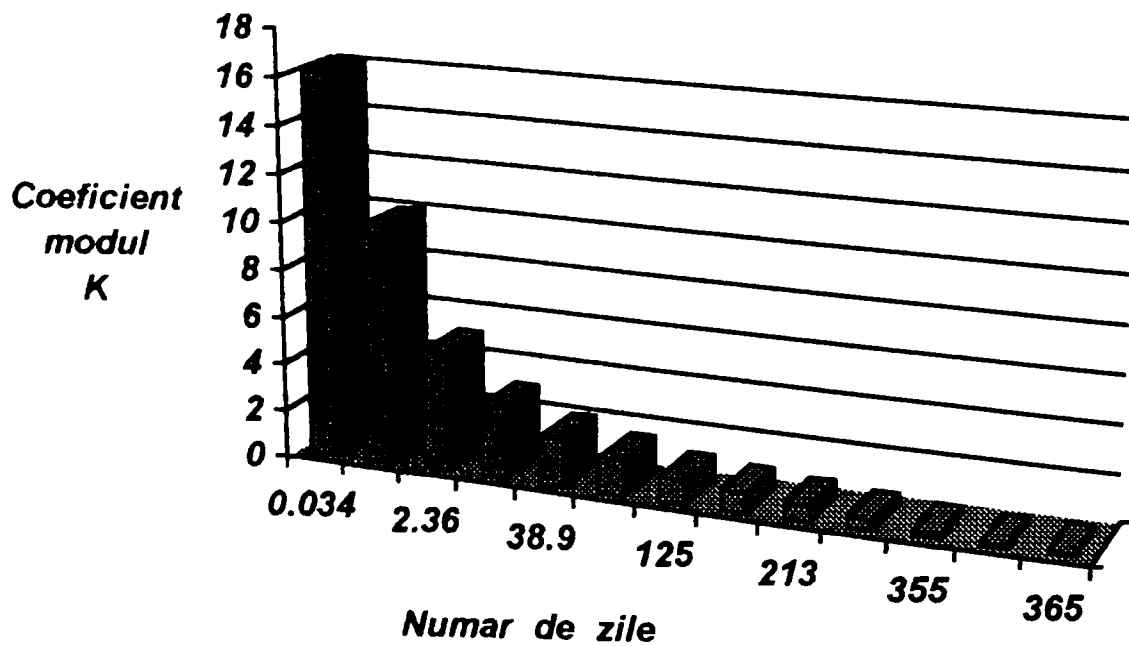


Fig. 8.28. Curba debitelor clasate pentru debitele medii zilnice (1951 - 1987) VALEA FLOREIULUI - secțiunea: cota 750 m.

8.3.2.3. DATE HIDROLOGICE PENTRU CURSURILE DE APĂ DIN BAZINUL HIDROGRAFIC VALEA DOFTANEI PENTRU AMENAJĂRI DE MICROHIDROCENTRALE

S-au selectat o serie de date hidrologice referitoare la debite maxime, debite medii multianuale de apă, curba de durată a debitelor medii și debite medii multianuale solide în 5 secțiuni situate pe afluenții râului Doftana.

Pentru determinarea valorilor solicitate s-au folosit datele directe înregistrate la stațiile hidrometrice din zonă și relațiile de sinteză valabile în zonă.

Datele morfometrice pentru secțiunile interesate s-au obținut cu ajutorul hărților la scara 1 : 25 000 și 1 : 50 000.

DEBITE MAXIME

Debitele maxime cu posibilitatea de depășire de 1 %, în lipsa datelor hidrometrice directe, au fost determinate cu formula reducțională [19]:

$$Q_{\max 1\%} = \frac{0,28 H_{60} \alpha F}{(F + 1)^n} \quad (8.24.)$$

0,28 = coeficient adimensional;

H_{60} = stratul precipitațiilor maxime orare [mm];

α = coeficient global de scurgere;

n = exponentul de reducere al modulului scurgerii maxime.

Parametrii H_{60} , α , n - s-au determinat pe baza relațiilor de sinteză existente.

Valorile debitelor maxime rezultate din calcule au fost confirmate și de relațiile de tipul $q_{\max 1\%} = f(F)$ valabile în zonă.

Trecerea debitelor maxime de la probabilitatea de depășire de 1 % la celelalte probabilități de depășire s-a făcut prin adoptarea parametrilor statistici $C_v = 1,0$ și $C_s = 4C_v$, valori admise în cazul râurilor mici, nestudiate din punct de vedere hidrometric.

Valorile debitelor maxime redată în Tabelul 8.22. nu conțin sporul de siguranță.

DEBITE MEDII

Valorile debitelor medii multianuale au fost determinate din relația de sinteză de tipul $\bar{q} = f(H_m)$, întocmită pe baza datelor directe înregistrate la stațiile hidrometrice din zonă.

Valorile rezultate sunt date în Tabelul 8.21.

Referitor la caracterul cursurilor de apă, se poate aprecia că aceste râuri prezintă caracterul unor cursuri de apă permanente, în conformitate cu "Atlasul secării râurilor din România" editat de INMH - București 1974.

CURBA DE DURATĂ

Întrucât pe râurile interesate nu se dispune de date directe cu privire la scurgerea apei, pentru determinarea curbei de durată și frecvență s-au utilizat datele hidrometrice directe înregistrate la s.h. Teșila pe râul Doftana din perioada 1959 - 1981 ($F = 288 \text{ km}^2$, $H_m = 1200 \text{ m}$).

Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelul 8.21. și grafic în Fig. 8.29.

Pentru secțiunile interesate, curba de durată și frecvență obținută la s.h. Teșila, va putea fi folosită prin aplicarea raportului dintre debitele medii multianuale din aceste secțiuni și debitul mediu multianual rezultat la s.h. Teșila ($Q = 5,07 \text{ m}^3/\text{s}$).

Tabelul 8.21.

| INTERVALUL [m ³ /s] | FRECVENȚA [Nr. zile] | FRECVENȚA CUMULATĂ [durata] | | COEFICIENT MODUL K |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------|--------------------------|
| | | Zile | p [%] | |
| 77.700 - 70.000 | 1 | 1 | 0.01 | 13.80 |
| 70.000 - 60.000 | 2 | 3 | 0.04 | 11.83 |
| 60.000 - 50.000 | 0 | 3 | 0.04 | 9.86 |
| 50.000 - 45.000 | 5 | 8 | 0.10 | 8.87 |
| 45.000 - 40.000 | 2 | 10 | 0.12 | 7.80 |
| 40.000 - 35.000 | 2 | 12 | 0.14 | 6.90 |
| 35.000 - 30.000 | 15 | 27 | 0.32 | 5.92 |
| 30.000 - 25.000 | 23 | 50 | 0.60 | 4.93 |
| 25.000 - 20.000 | 53 | 103 | 1.23 | 3.94 |
| 20.000 - 18.000 | 42 | 145 | 1.73 | 3.55 |
| 18.000 - 16.000 | 61 | 206 | 2.45 | 3.15 |
| 16.000 - 14.000 | 126 | 332 | 3.95 | 2.76 |
| 14.000 - 12.000 | 215 | 547 | 6.51 | 2.37 |
| 12.000 - 10.000 | 351 | 898 | 10.69 | 1.97 |
| 10.000 - 9.000 | 275 | 1173 | 13.96 | 1.77 |
| 9.000 - 8.000 | 336 | 1509 | 17.96 | 1.58 |
| 8.000 - 7.000 | 362 | 1871 | 22.27 | 1.38 |
| 7.000 - 6.000 | 478 | 2349 | 27.96 | 1.18 |
| 6.000 - 5.000 | 624 | 2973 | 33.39 | 0.99 |
| 5.000 - 4.500 | 425 | 3398 | 40.45 | 0.89 |
| 4.500 - 4.000 | 446 | 3844 | 45.76 | 0.79 |
| 4.000 - 3.500 | 531 | 4375 | 52.08 | 0.69 |
| 3.500 - 3.000 | 617 | 4992 | 59.42 | 0.59 |
| 3.000 - 2.500 | 820 | 9812 | 69.18 | 0.49 |
| 2.500 - 2.000 | 932 | 6744 | 80.28 | 0.39 |
| 2.000 - 1.800 | 352 | 7098 | 84.47 | 0.35 |
| 1.800 - 1.600 | 374 | 7070 | 88.92 | 0.32 |
| 1.600 - 1.400 | 330 | 7800 | 92.85 | 0.28 |
| 1.400 - 1.200 | 180 | 7980 | 94.99 | 0.24 |
| 1.200 - 1.000 | 232 | 8212 | 97.75 | 0.20 |
| 1.000 - .900 | 76 | 8288 | 98.65 | 0.18 |
| .900 - .800 | 26 | 8314 | 98.96 | 0.16 |
| .800 - .700 | 28 | 8342 | 99.30 | 0.14 |
| .700 - .600 | 18 | 8390 | 99.87 | 0.12 |
| .600 - .500 | 30 | 8391 | 99.88 | 0.10 |
| .500 - .450 | 1 | 8394 | 99.92 | 0.08 |
| .450 - .400 | 3 | 8394 | 99.92 | 0.07 |
| .400 - .350 | 0 | 8394 | 99.92 | 0.06 |
| .350 - .300 | 0 | 8395 | 99.93 | 0.05 |
| .300 - .250 | 1 | 8401 | 100.00 | 0.04 |
| .250 - .200 | 6 | 8401 | 100.00 | 0.04 |
| .200 - .180 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.03 |
| .180 - .160 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.03 |

| | | | | | |
|------|--------|---|------|--------|------|
| .160 | - .140 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.02 |
| .140 | - .120 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.02 |
| .120 | - .100 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.02 |
| .100 | - .090 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.02 |
| .090 | - .080 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.01 |
| .080 | - .070 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.01 |
| .070 | - .060 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.01 |
| .060 | - .050 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.01 |
| .050 | - .045 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.01 |
| .045 | - .040 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.01 |
| .040 | - .035 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.01 |
| .035 | - .030 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .030 | - .025 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .025 | - .020 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .020 | - .018 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .018 | - .016 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .016 | - .014 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .014 | - .012 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .012 | - .010 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .010 | - .009 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .009 | - .008 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .008 | - .007 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .007 | - .006 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .006 | - .005 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .005 | - .004 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .004 | - .003 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .003 | - .002 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .002 | - .001 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |
| .001 | - .000 | 0 | 8401 | 100.00 | 0.00 |

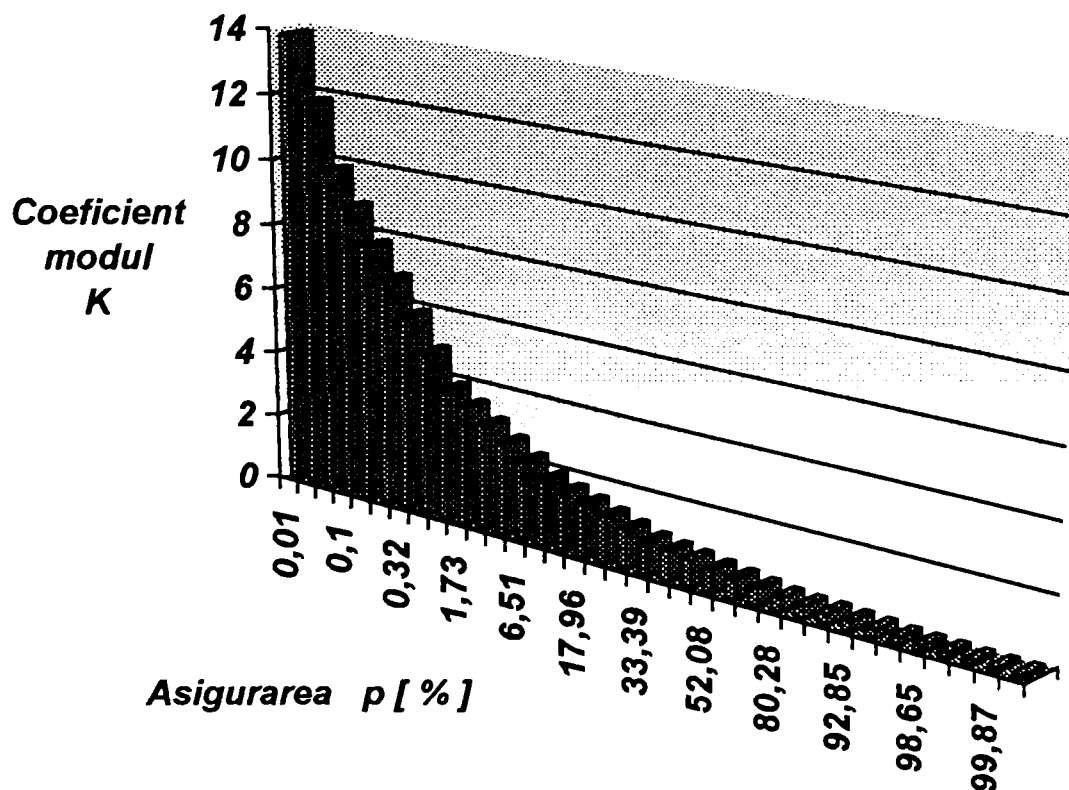


Fig. 8.29. Curba de durată de asigurare (frecvență cumulată)
An mediu - Q mediu multianual
Râul Doftana - Stația hidrologică Teșila .

DEBITE SOLIDE

În lipsa datelor directe, valorile debitelor medii multianuale de aluviuni în suspensie au fost determinate pe baza relațiilor de sinteză valabile în zonă.

Valorile rezultate sunt date în Tabelul 8.22. în t/ha/an.

Ținând seama de lipsa datelor directe și de condițiile fizico-geografice (gradul de acoperire cu vegetație și starea erozională) a zonei interesate, valorile au un caracter orientativ.

Tabelul 8.22.

| Râul | Secțiunea | F [km ²] | H [m] | L [km] | Debitul mediu multian. Q[m ³ /s] | Debitul specific de aluviuni în suspensie Q[t/ha/an] | Debite maxime cu diverse probabilități de depășire p % [m ³ /s] | | |
|------------|----------------------|-------------------------|----------|-----------|--|--|--|-------|-------|
| | | | | | | | 1 | 3 | 5 |
| Morârreasa | Am. Confl. Purcaru | 10.00 | 583 | 4.00 | 0.0830 | 10.00 | 74.4 | 50.9 | 42.0 |
| Secăria | Cota 764.2 | 9.50 | 922 | 3.50 | 0.122 | 4.50 | 72.3 | 49.5 | 40.9 |
| Flora | Am. Confl. Doftana | 41.00 | 1150 | 12.00 | 0.684 | 2.35 | 160.0 | 109.0 | 90.4 |
| Ermenesa | Am. Confl. Doftana | 12.00 | 1059 | 5.00 | 0.179 | 3.20 | 82.5 | 56.4 | 46.6 |
| Prislop | Am. Confl. Doftana | 39.00 | 1234 | 13.00 | 0.729 | 1.70 | 156.0 | 107.0 | 88.1 |
| Negraș | Am. Confl. Doftana | 47.00 | 1202 | 14.00 | 0.837 | 1.90 | 172.0 | 118.0 | 97.2 |
| Cucloaia | Am. Confl. Negraș | 14.00 | 1247 | 6.00 | 0.267 | 1.60 | 89.7 | 61.4 | 50.7 |
| Orjogoala | Am. Confl. Doftana | 14.00 | 1202 | 7.00 | 0.249 | 1.90 | 89.7 | 61.4 | 50.7 |
| Neagra | Am. Confl. Doftana | 20.00 | 1287 | 8.00 | 0.402 | 1.40 | 109.0 | 74.6 | 61.6 |
| Mușța | Am. Confl. Doftana | 32.00 | 1309 | 9.00 | 0.672 | 1.25 | 140.0 | 95.8 | 79.1 |
| Glodeasa | Am. Confl. Doftana | 5.50 | 1060 | 4.00 | 0.082 | 3.20 | 52.6 | 36.0 | 29.7 |
| Doftana | Am. Confl. Mușța | 39.00 | 1222 | 10.00 | 0.718 | 1.80 | 156.0 | 107.0 | 88.1 |
| Doftana | Am. Confl. V. Neagră | 84.00 | 1275 | 11.50 | 1.860 | 1.45 | 222.0 | 152.0 | 125.0 |
| Doftana | Am. Confl. Orjogoala | 119.00 | 1220 | 14.50 | 2.180 | 1.80 | 249.0 | 170.0 | 141.0 |

CAPITOLUL 9

CONCLUZII

Prin studiul potențialului hidroenergetic al cursurilor de apă se urmărește evaluarea cantitativă a resurselor energetice, repartizarea geografică a acestora, posibilitățile tehnice și economice de realizare a amenajărilor hidroenergetice.

În problematica evaluării potențialului hidroenergetic al cursurilor de apă, abordată în prima parte a lucrării, se remarcă utilizarea noțiunilor de debit mediu specific (q) pe sector, potențial specific pe unitatea de suprafață (e_p), coeficient de scurgere mediu pe bazin.

Se pot identifica mai multe sectoare prin evaluarea potențialului de scurgere. În fiecare din aceste sectoare este valabilă o anumită variație a precipitațiilor și a coeficienților de scurgere cu altitudinea medie.

Simultan cu regionarea potențialului hidroenergetic se realizează și regionarea potențialului resurselor de apă, deoarece acesta reprezintă componenta dinamică a potențialului hidroenergetic. Comparația dintre cele două tipuri de regionări permite interpretarea factorială a teritoriilor delimitate prin procesul de regionare [28].

Din punct de vedere natural există regiuni hidrologice de formare și regenerare a resurselor de apă, foarte bine delimitate.

Din punct de vedere al metodologiei de regionare, se constată că prin reducerea suprafeței bazinului sporește omogenitatea componentelor sale definitorii, ceea ce sugerează utilizarea pentru regionare a bazinelor hidrografice mici.

Existența în România a unui potențial hidroenergetic nevalorificat, demn de luat în considerare, situat în amonte de lacuri de acumulare cu volum important, sugerează sectorizarea unui bazin hidrografic în două zone:

- prima asociată unei centrale hidroelectrice de acumulare (CHEA), eventual prelungită în aval cu o cascadă de CHE mai mici, beneficiind de un debit compensat;*
- a doua - în amonte de lacurile de acumulare, în zona de formare a rețelei.*

Exploatarea energetică a acestor două zone ia în considerare nu numai CHE mici sau micro, de interes local ci mai ales un ansamblu de CHE care să funcționeze coordonat, intensiv în perioada apelor mari de primăvară.

Coeficienții de instalare aferenți acestor CHE a căror funcționare va fi coordonată, vor fi mai mari decât ai celor de interes local și factorul de producție ε al ansamblului menționat va trebui rezonabil sporit, atât în privința factorului de disponibilitate ε' , cât și randamentul ansamblului.

Economicitatea soluțiilor se stabilește în urma unor calcule economice.

Datele hidrologice pentru cursurile de apă din bazinele hidrografice ale râurilor Prahova și Doftana pentru amenajări de microhidrocentrale argumentează posibilitatea creșterii coeficientului de instalare ai centralelor hidroelectrice cu funcționare coordonată local, favorizând astfel producția de energie electrică în sezonul în care în aval se aplică strategia umplerii lacurilor de acumulare.

Procedeele de sectorizare (regionare) a bazinelor hidrografice reprezintă o arie vastă de cercetare și poate constitui elementul de pornire pentru alte investigații în domeniu.

PARTEA A TREIA

PROBLEMELE EXPLOĂTĂRII CENTRALELOR HIDROELECTRICE DE MICĂ PUTERE GRUPATE ÎNTR-UN SECTOR HIDROENERGETIC COMUN, CU RACORDARE LA SISTEMUL ENERGETIC NAȚIONAL PARTICULARITĂȚILE EXPLOĂTĂRII LOR ÎN CONEXIUNE CU CHEA SITUATE ÎN AVAL

CAPITOLUL 10

CONSIDERAȚII GENERALE ASUPRA MODELULUI DE EVALUARE ENERGETICĂ - CRITERII DE CALCUL AL PARAMETRILOR

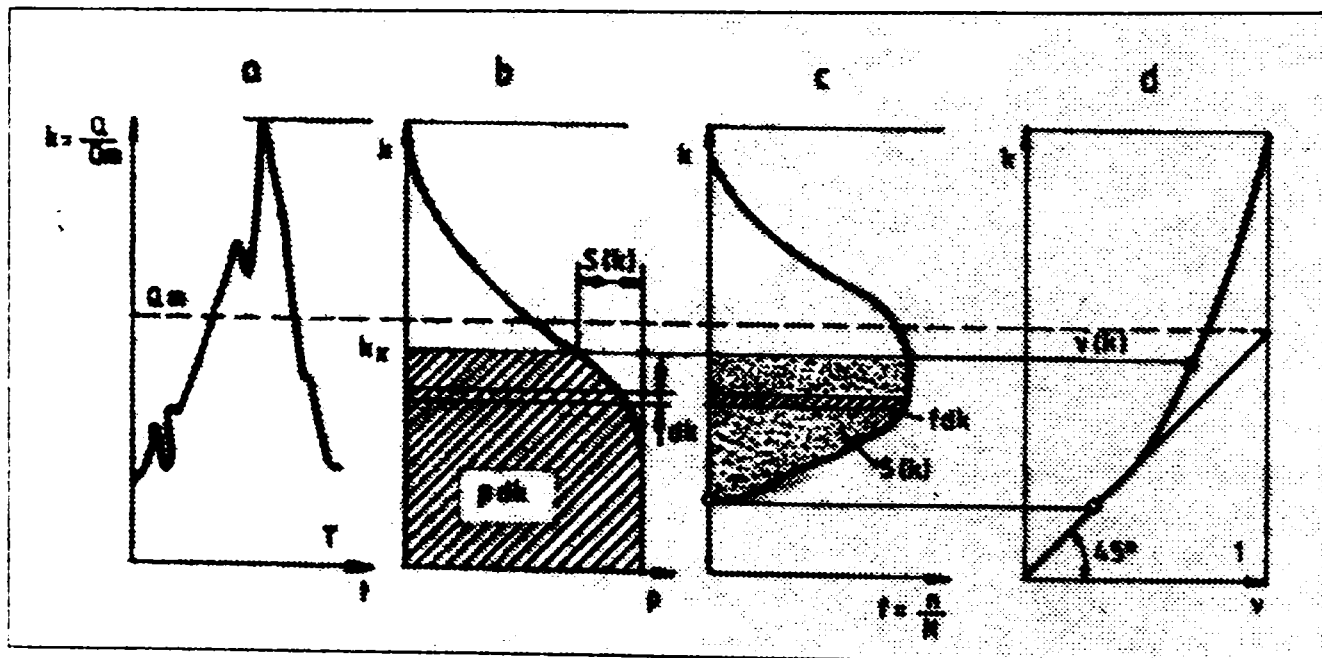
10.1. PARAMETRI ȘI CARACTERISTICI ALE MODELULUI DE EVALUARE

10.1.1. PARAMETRUL HIDROLOGIC DEBIT

Debitul este unul din parametrii principali ai puterii și capacității de producție pentru o amenajare hidroenergetică. Prin prelucrarea datelor hidrometrice se obține un vast material informativ asupra debitelor, din care trebuie să se selecteze și să se ordoneze elementele necesare calculelor hidroenergetice.

Datele hidrologice disponibile constau în debite medii zilnice, lunare și anuale. După necesitățile calculelor energetice și de gospodărire a apelor, se utilizează și debite medii pe diferite intervale caracteristice de timp: perioada de ape mari de primăvară, cea de etiaj de vară și respectiv de iarnă, perioada de golire sau de umplere a lacului de acumulare [5].

Hidrologia pune la dispoziție o gamă variată de reprezentări care evidențiază caracteristicile hidrologice ale unui râu (Fig. 10.1.):



$$p = 1 - S(k)$$

$$\frac{dv}{dk} = p \text{ echivalent } \frac{\varepsilon}{T_{an}} \quad S(k) = \int_{k_{min}}^{k_z} f dk \quad v = \int_0^{k_z} p dk$$

| | | | |
|----------------------------------|---|---|---------------------------------|
| a. hidrograf $Q(t)$ $k(t)$ | b. asigurare acoperire $Q(t), k(t), k(p)$ | c. frecvența (distributie) $k(f)$ | d. volumul relativ $k(v)$ |
|----------------------------------|---|---|---------------------------------|

Fig. 10.1. Diagrame hidrologice.

a. Hidrograful - reprezintă variația debitelor în funcție de timp, el putând fi reprezentat și în mărimi relative $k(t)$.

b. Curba debitelor clasate $Q(t)$ sau $k(t)$ respectiv $k(p)$, unde p este acoperirea (asigurarea):

$$S(k) = \int_0^k f dk \quad (10.1.) \quad \text{iar} \quad p = 1 - S(k) \quad (10.2.)$$

c. Curba de frecvență - histograma arată gradul de repetiție a diferitelor debite $k(f)$, f fiind frecvența de observație a acestora, egală cu raportul dintre n - numărul de repetiție a unui anumit debit, față de N - numărul total de observație.

Curbele de durată și de asigurare se pot calcula direct pe baza unui șir de valori, dar aceasta impune ca perioada de observație să fie suficient de lungă. În cazul în care durata de observație este insuficientă, se folosesc curbe teoretice.

Curbele de durată și de asigurare sunt integralele curbei de frecvență a debitelor respective, care se poate exprima sub forma unor funcții, prin integrarea cărora se obțin curbele teoretice de durată sau de asigurare. Aceasta permite să se obțină valori pentru asigurări care depășesc pe cele corespunzătoare numărului de termeni din șirul de observații directe [5].

Variația debitelor se studiază cu metode statistice [47]. Șirurile de date hidrologice se caracterizează, în general, prin aceea că debitele mai mari decât media șirului sunt mai puține, dar cu abateri mai mari decât față de medie, decât debitele mai mici ca debitul mediu. Din această cauză curba de frecvență și cea de durată sunt asimetrice.

$$\text{Calculând } v = \int_0^k p dk \quad (10.3.) \quad \text{se obține curba debitului total.}$$

Rezultă că $\frac{dv}{dk} = p$. Dacă se notează $pT_{an} = \tau$, ceea ce reprezintă acoperirea unui debit (sau a unei puteri) exprimată în unități de timp, atunci

$$\frac{dv}{dk} \text{ este echivalent cu } \frac{\tau}{T_{an}}.$$

Presupunând o variație continuă a probabilității evenimentului hidrologic, exprimat prin parametrul Q (respectiv nivelul h) în raport cu valorile sale Q ($0 < Q < Q_{max}$), se poate scrie relația [20]:

$$\int_0^{Q_{max}} \varphi(Q) dQ = 1 \quad (10.4.)$$

unde $\varphi(Q)$ este o funcție de probabilitate, care poate fi de diferite tipuri. În acest context relația:

$$S_d = \int_{Q_x}^{Q_{max}} \varphi(Q) dQ \quad (10.5.)$$

exprimă suma tuturor probabilităților ca evenimentul să fie reprezentat cel puțin prin valoarea Q_x și se numește asigurare de depășire hidrologică. Relația:

$$S_n = \int_{Q_{min}}^{Q_x} \varphi(Q) dQ = 1 - p \quad (10.6.)$$

exprimă asigurarea de nedepășire, adică suma probabilităților ca evenimentul (debit) să atingă cel mult valoarea Q_x .

Este utilă introducerea următoarelor mărimi relative:

- Coeficientul modul - arată gradul de abatere a debitului curent Q față de valoarea medie pe o perioadă de timp, de exemplu 1 an:

$$k = \frac{Q}{Q_m} \quad (10.7.), \quad \text{unde } Q_m = \frac{V_{an}}{T} = \frac{\int_0^T Q dt}{T} \quad (10.8.)$$

- Volumul relativ - arată gradul de variație a volumului cumulabil prin creșterea continuă a debitului ca valoare după hidrograf:

$$v_x = \frac{V}{V_{an}} = \frac{Q_x T + \int_0^T Q dt}{\int_0^T Q dt} = \frac{\int_0^T Q' dt}{\int_0^T Q dt} \quad (10.9.)$$

unde $Q_x \geq Q \geq Q_{min}$, respectiv $Q' = Q$ pentru $Q < Q_x$
 $Q' = Q_x$ pentru $Q > Q_x$.

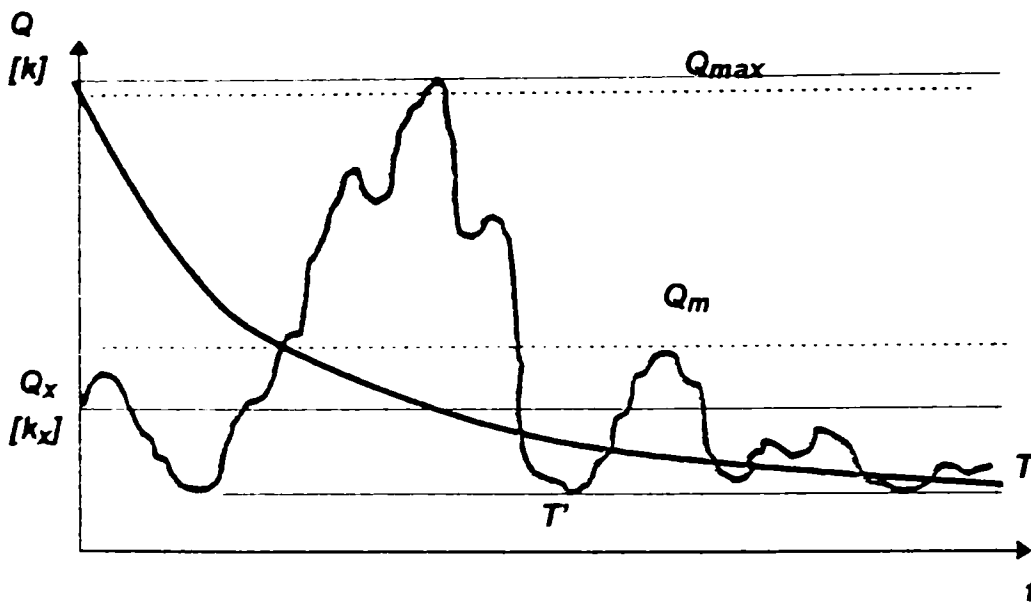


Fig. 10.2. Hidrograf și curba de acoperire.

Caracteristicile sunt cu atât mai sigure, cu cât șirul de observații se extinde pe o perioadă mai mare de timp. În acest cadru se evidențiază unii ani caracteristici, respectiv anul hidrologic mijlociu ("normal").

Regimurile de energie pot fi caracterizate, ținând seama de aceste reprezentări, prin debite cu diferite asigurări:

- $Q_{min\ min}$ = cel mai mic debit semnalat;
- Q_{min} = debitul minim asigurat 365 zile din an;
- Q_0 = debitul de etiaj asigurat 355 zile din an;
- Q_6 = debitul asigurat șase luni din an;

$$Q_m = \frac{V_{an}}{T_{an}} = \frac{\int_0^T Q dt}{an \cdot T} = \text{debitul modul}; \quad (10.10.)$$

- Q_3 = debitul asigurat trei luni din an;
- $Q_{max.n}$ = debitul maxim normal, depășit zece zile pe an;
- Q_{max} = debitul maxim, depășit o zi pe an;
- $Q_{max.ma}$ = debitul maxim semnalat în perioada de observație;
- Q_{cat} = debitul de calcul maxim ce poate surveni într-un număr mare de ani.

O importanță deosebită o are debitul modul Q_m , deoarece caracterizează disponibilul energetic:

$$E_{\text{disp}} = 9.81 Q_m HT \quad [\text{kWh / an}] \quad (10.11.)$$

Prelucrarea datelor hidrologice, cuprinse în șiruri mai mult sau mai puțin cuprinzătoare, poate fi apelată prin utilizarea adecvată a diferitelor tipuri de distribuții teoretice.

Față de cele folosite în hidrologie, se impune printr-o suplețe sporită distribuția Weibull triparametrică [20]. Acest tip de distribuție permite utilizarea calculului programat, cu aplicații în hidroenergetică.

Funcția de repartiție adaptată unui șir de date hidrologice Q_x , cu acoperirile aferente p_x se poate scrie astfel:

$$F(Q_x) = p_x = 1 - \int_{Q_{\min}}^{Q_x} f(Q) dQ \quad (10.12.)$$

Densitatea de repartiție pentru distribuția Weibull triparametrică este de forma:

$$f(Q) = \frac{k}{c} \left(\frac{Q-a}{c} \right)^{(k-1)} \exp \left[- \left(\frac{Q-a}{c} \right)^k \right] \quad (10.13.)$$

în care se remarcă cei trei parametri:

- a - de localizare;
- c - de scară;
- k - de formă.

Formele analitice obținute prin relațiile p_x și f_x permit calculul acoperirii p , respectiv frecvenței de repetiție pentru oricare valoare Q din domeniul studiat. Ele pot rezulta dintr-un calcul programat care poate fi extins și la alte calcule de natură energetică.

Acest procedeu urmează să fie utilizat în paragraful 10.7. pentru reprezentarea diagramelor caracteristice hidrologice pentru diferite puncte hidrometrice din bazinul hidrografic al râului Doftana ales ca model.

Observațiile directe se efectuează în cele mai favorabile cazuri pe perioade de timp cuprinse între 20 și 50 de ani.

Necesitățile de proiectare cer valori ale debitelor caracteristice corespunzătoare unor intervale mai mari (100 până la 1000 de ani), cerințe la care se poate răspunde prin extrapolarea șirului de date obținut din observații directe, admitându-se anumite legi asupra distribuției valorilor în timp.

Hidrograful se poate referi la un șir mai lung de ani, scoțând în evidență variațiile în jurul anului zis normal.

Notând Q_{mj} debitul modul al anului cu numărul de ordine j și calculând media modulelor:

$$Q_0 = \frac{\sum Q_{mj}}{n} \quad (10.14.)$$

coeficientul modul $k_j = \frac{Q_{mj}}{Q_0}$, respectiv diferența $(k_j - 1)$ evidențiază gradul de abatere a anului cu numărul de ordine j față de anul mediu.

Similar cu curba de frecvență a debitelor, se poate construi o curbă de frecvență pentru coeficienții moduli (Fig. 10.4).

Datorită numărului limitat de ani de observație, este greu să se obțină o curbă completă, de aceea se apelează la curbe analitice (Pearson tipul III, Weibull).

Din curba de frecvență se poate construi curba de asigurare a coeficienților moduli, considerând asigurarea unui coeficient modul ca fiind procentul ce exprimă numărul de ani, din total, în decursul cărora coeficientul modul nu a fost inferior celui dat.

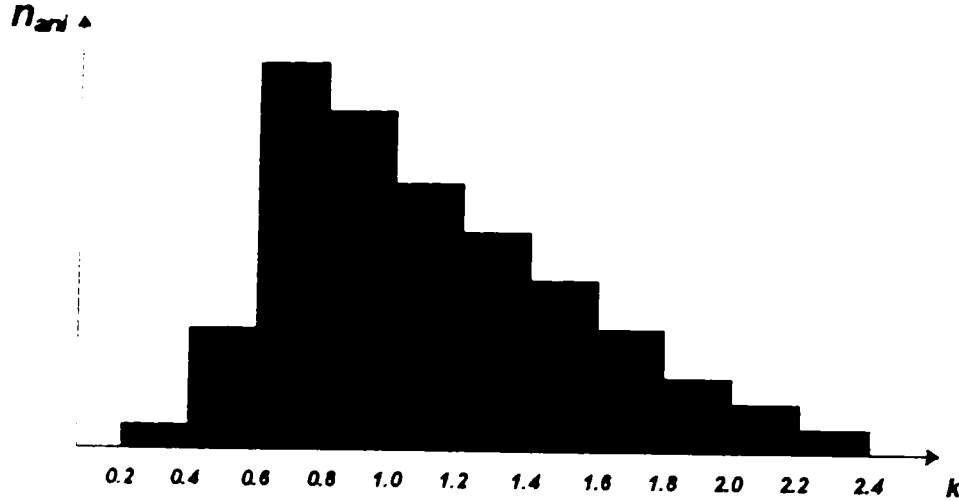


Fig. 10.3. Curba de frecvență.

Când curba de frecvență este dată în trepte, asigurarea coeficientului modul k va fi dată de totalul ordonatelor tuturor treptelor situate între k și k_{max} prin relația:

$$p = \frac{n_1 + n_2 + \dots + n_i}{n} = \frac{\sum_1^i n_i}{n} \quad (10.15.)$$

Dacă, în schimb, curba de frecvență este asimilată într-o formă analitică, asigurarea (acoperirea) este dată de raportul:

$$p = \frac{a}{A} = \frac{\int_{k_x}^{k_{max}} n dx}{\int_{k_{min}}^{k_{max}} n dx} \quad (10.16.)$$

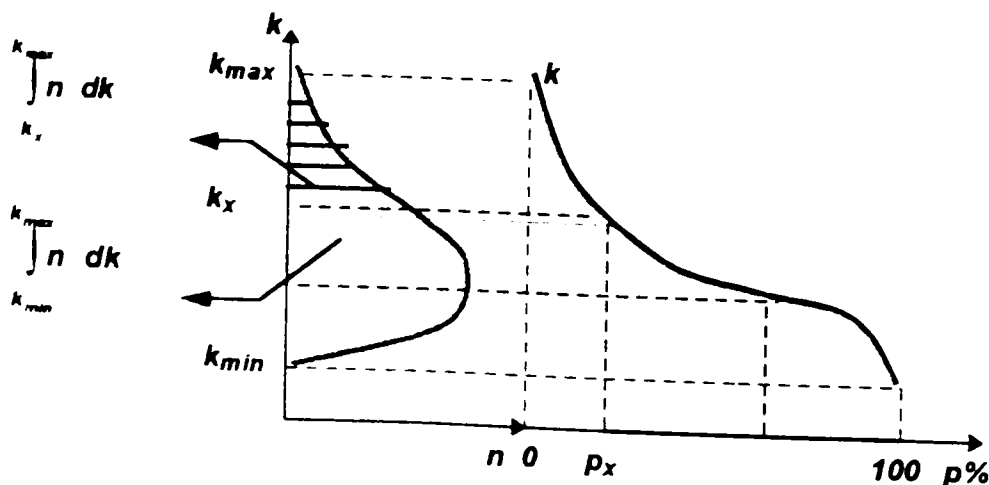


Fig. 10.4. Asigurarea coeficienților moduli.

10.1.2. PARAMETRUL HIDROLOGIC CĂDERE

Analizând circuitul energetic al unei amenajări, realizat în principal dintr-o aducțiune la extremitatea căreia sunt dispuse turbinele hidraulice, destinate transformării energiei hidraulice în energie mecanică cedată la arborele acestora, se poate scrie relația de bilanț energetic:

$$E_i = E_u + E_d + E_e \quad (10.17.)$$

Aceasta arată că influxul de energie E_i se compune dintr-o parte utilă E_u preluată de turbine, dintr-o parte disipată în aducțiune E_d și un eflux de energie E_e (rest), constituind o parte din energie de restituție, la ieșire din traseul hidraulic.

Se scrie diferența dintre influxul și efluxul de energie, considerând

$$E_p = \int H_p \cdot (\gamma Q) dA \quad (10.18.)$$

componentele: E_p – potențială și E_c – cinetică.

în care cota piezometrică este:

$$H_p = z + \frac{P}{\gamma} \quad (10.19.)$$

$$H_{st} = H_{pi} - H_{pe} = \left(z_i + \frac{p_i}{\gamma} \right) - \left(z_e + \frac{p_e}{\gamma} \right) = z_i - z_e \quad (10.20.)$$

$$E_p = \gamma Q H_{st} \quad (10.21.)$$

Pentru calculul energiei cinetice se consideră energia cinetică e_M a unei particule aflate într-un punct M , raportată la greutate:

$$e_M = \frac{mv_M^2}{2} = \frac{\gamma v_M^2}{2g} \quad (10.22.)$$

Fluxul de energie cinetică prin secțiunea elementară dA , (care cuprinde și punctul M) prin care trece debitul de greutate $\gamma v_M dA$, se poate scrie [2]:

$$dL = e_M \gamma v_M dA = \gamma \frac{v_M^3}{2g} dA \quad (10.23.)$$

Integrând pe secțiunea A , se obține:

$$E_c = \int_A \gamma v_M^3 dA \quad (10.24.)$$

Considerând $k_{(M)}$ un coeficient de distribuție a vitezei locale v_M în raport cu viteza medie în secțiunea v_A , rezultă: $v_M = k_{(M)} v_A$

$$E_c = \int_A \gamma \frac{k_{(M)}^3 v_A^3}{2g} dA = \gamma (A v_A) \frac{v_A^2}{2g} \int_A k_{(M)}^3 dA \quad (10.25.)$$

Dar: $A v_A = Q$ și coeficientul lui Coriolis α fiind:

$$\frac{1}{A} \int_A k_{(M)}^3 dA = \alpha \quad (10.26.), \quad \text{atunci} \quad E_c = \gamma Q \frac{\alpha v_A^2}{2g} \quad (10.27.)$$

Considerând secțiunile de intrare și de ieșire:

$$E_c = E_{cl} - E_{ce} = \gamma Q \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_e v_e^2}{2g} \quad (10.28.)$$

Notând pierderile în aducțiune cu Σh_p și înlocuind și relația de bilanț, rezultă:

$$E_n = (E_l - E_c) - E_d = \gamma Q \left[(H_{pl} - H_{pe}) + \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_e v_e^2}{2g} - \Sigma h_p \right] \quad (10.29.)$$

în care:

$$(H_{pl} - H_{pe}) = z_l - z_e = H_{st} \quad \text{Căderea statică}$$

$$H_{st} + \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_e v_e^2}{2g} = H_{br} \quad \text{Căderea brută}$$

$$H_{br} - \Sigma h_p \quad \text{Căderea netă}$$

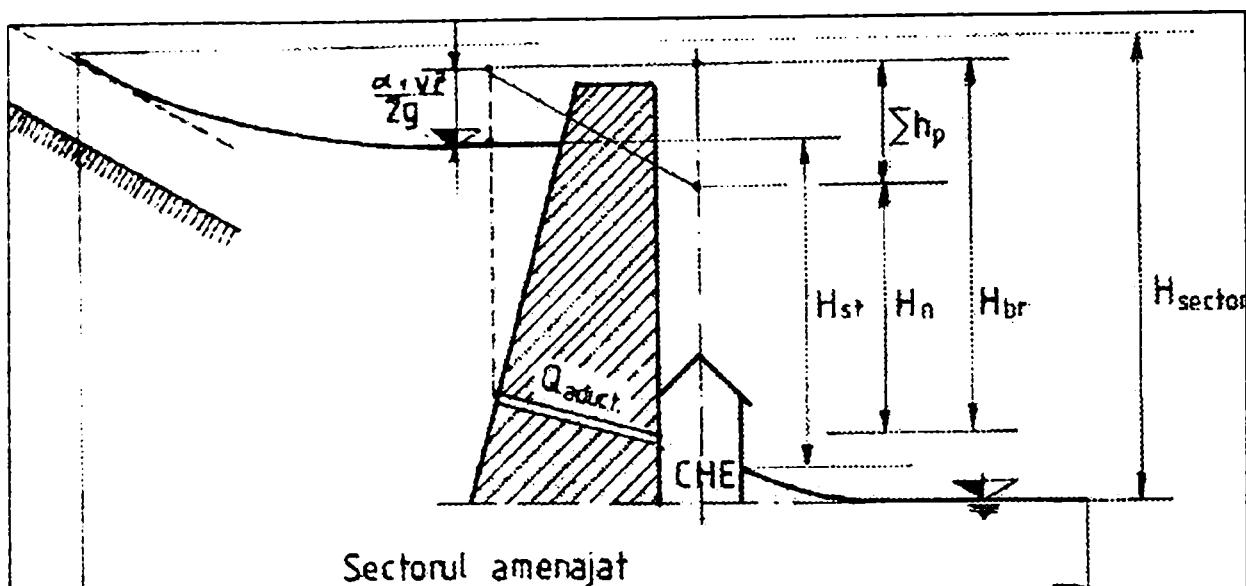


Fig. 10.5. Căderea realizată în amenajare.

Se remarcă faptul că diferite tipuri de amenajări, în care elementele componente sunt diferite, respectiv au amenajări diferite, determină o anumită compunere a căderii nete H_n . Totodată, H_n poate varia în limite destul de largi ca o consecință a oscilațiilor din bieful amonte sau aval al CHE. Nivelul energetic amonte și aval sunt influențate de debitul afluent [47].

Eficiența amenajării poate fi caracterizată economic de următorii coeficienți:

✓ coeficientul de concentrare a căderii:

$$\chi_{conc} = \frac{H_{br}}{H_{sect}} = \frac{H_{st}}{H_{sect}} \quad (10.30.)$$

✓ coeficientul de utilizare a căderii:

$$\chi_{utiliz} = \frac{H_n}{H_{br}} = \frac{H_n}{H_{st}} \quad (10.31.)$$

✓ respectiv prin produsul lor;

$$\chi = \chi_{conc} \cdot \chi_{utiliz} = \frac{H_n}{H_{sector}} \quad (10.32.)$$

10.1.3. CARACTERISTICILE DE EXPLOATARE ALE AGREGATELOR

Ca o consecință a alegerii favorabile a tipului numărului de turbine se evidențiază calitatea exploatării prin intermediul randamentului ponderat.

Acest factor evidențiază eficiența economică a exploatării CHE dotată cu turbina studiată, fiind determinat de valorile η_k asociate regimurilor funcționării turbinelor la debitele Q_k , respectiv la căderea H_k .

Ponderea randamentului η_k este f_k și este extras în cazul centralei analizate, din curba de frecvență a debitelor afluate.

Deoarece $A \sum f_k = T$, se obține media ponderată a randamentelor:

$$\eta_{mp} = \frac{\sum t_k \eta_k}{\sum t_k} \quad (10.33.)$$

Este importantă nu numai poziția punctului optim de funcționare în diagrama de exploatare, ci și forma, respectiv așezarea suprafeței caracteristice energetice fiecărui tip.

Punctele cele mai favorabile de trecere de la o formație de agregate la alta sunt evidențiate în Fig. 10.6. Acestea se obțin urmărind evoluția randamentului în diagrama suprapusă pentru fiecare formație de agregate în paralel, de-a lungul fiecărei fracțiuni de caracteristică exterioară corespunzătoare.

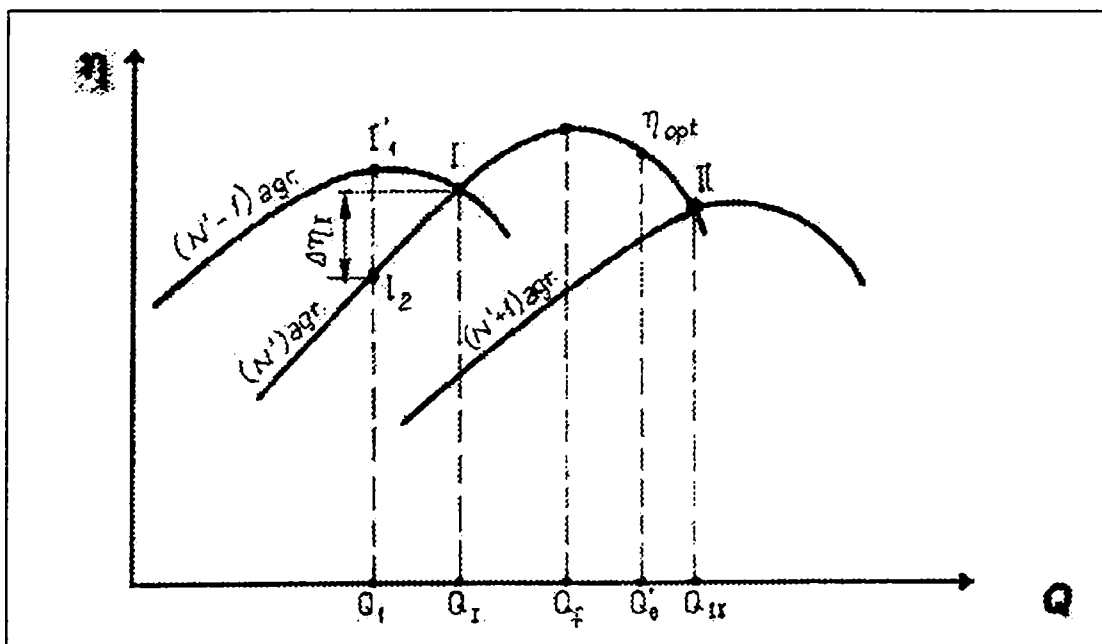


Fig. 10.6. Optimizarea exploatării CHE după caracteristicile de randament ale agregatelor.

Trecerile între formațiile $(N-1)$ și (N) , respectiv între (N) și $(N+1)$ agregate se face la debitul Q_I și respectiv Q_{II} .

Dacă s-ar accepta trecerea prin saltul de randament $I_1 - I_2$, atunci ar rezulta o pierdere de energie:

$$\Delta E_1 = 9.81 \cdot f_1 \cdot Q_1 \cdot H_1 \cdot \Delta \eta_1 \quad [\text{kWh}] \quad (10.34.)$$

unde f_1 este ponderea de timp pentru debitul Q_1 în diagrama de frecvență.

Pe seama acestor observații se poate întocmi diagrama din Fig. 10.7, cuprinzând efectele exploatării optimizate în cursul anului.

10.1.4. EXPRIMAREA ANALITICĂ A CARACTERISTICILOR DE PRODUCȚIE

Pentru randamentele agregatelor se propune expresia analitică [47]:

$$\eta_x = \eta_{max} \cdot \left[1 - C_1 \cdot \left(\frac{Q_{opt}}{Q_x} - 1 \right)^2 - C_2 \cdot \left(\frac{Q_{opt}}{Q_x} - 1 \right)^3 \right] \quad (10.35.)$$

în care :

- C_1 și C_2 sunt constante;
- η_{max} este randamentul cel mai bun;
- Q_{opt} este debitul la care apare η_{max} ;
- Q_x - poate fi apreciat de pe curba experimentală (la debitul Q_x corespunde randamentul η_x).

Pentru calculul celor două constante C_1 și C_2 se consideră două perechi de valori (Q_x, η_x) , pentru $x=1$ și $x=2$ și se rezolvă sistemul.

10.2. MODELUL DE EVALUARE ENERGETICĂ

Măsurătorile hidrologice efectuate sistematic în toate bazinele hidrografice, în care au fost cuprinse date informative și asupra unor surse cu caracter secundar, urmează a fi completate pentru a avea o imagine cât mai exactă asupra evoluției în timp a debitelor unei surse cercetate, respectiv a variațiilor sezoniere pe care acestea le prezintă, cu scopul firesc de a putea adopta o valoare rațională pentru debitul instalat al centralei, în condițiile unor restricții acceptabile de exploatare (în perioada debitelor mici), respectiv a unor pierderi de energie nevalorificate (în perioada debitelor mari) [17].

Cum în majoritatea situațiilor, în configurația amenajărilor construite pentru centrale hidroelectrice de mică putere, căderea realizată nu variază decât în limite mici, curba de acoperire a debitelor poate fi asimilată, la o scară potrivită, drept curbă de acoperire pentru puterile disponibile. În același consens se poate construi curba de frecvență aferentă.

Analiza funcționării optimizate a unei CHE descrisă în Fig. 10.7. poate fi aplicată și în cazul CHEMP.

Se remarcă prin hașuri diferite, producția de energie, pierderile de energie în procesul de producere, respectiv cele datorate deversărilor.

Puterea disponibilă este :

$$P_d(p) = 9.81 Q H \quad [kW] \quad (10.36.)$$

Planimetrând suprafața de sub curba $P_d(p)$ se obține energia disponibilă E_{dCHE} . Dacă din aceasta se scad:

- energia pierdută prin deversări : $E_{pierd. devers.}$ și
- energia pierdută în procesul de producere : $E_{pierd. prod.}$, atunci se obține energia produsă $E_{prod.}$ (suprafața de sub curba P - Fig. 10.7.).

$$E_{prod.} = E_{dCHE} - E_{pierd.}$$

Raportul celor două suprafețe este factorul de producție :

$$\varepsilon = \frac{E_{prod.}}{E_d}$$

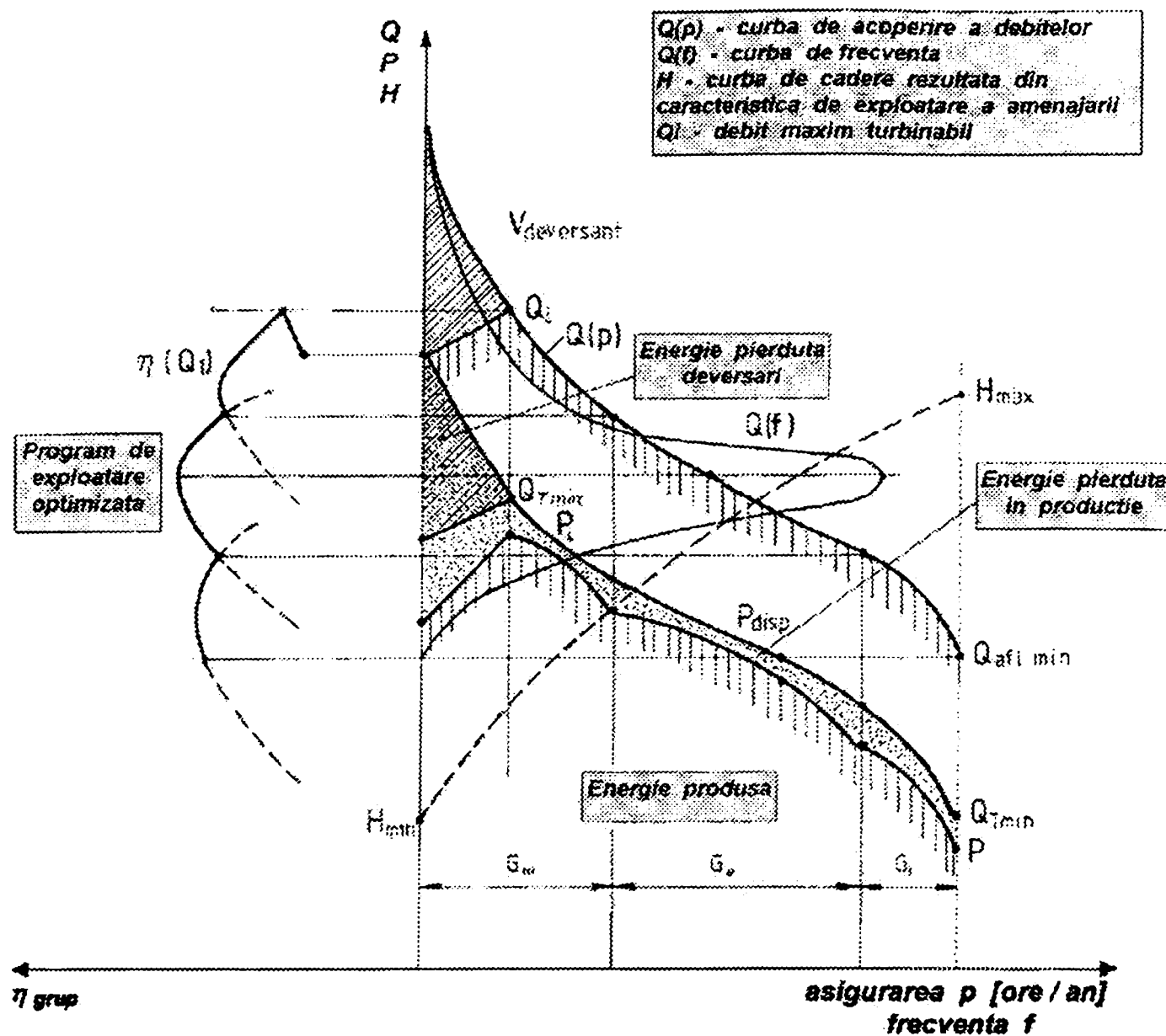


Fig. 10.7. Analiza funcționării optimizate a CHE pe firul apei în cursul anului.

Există în România multe zone geografice în care, amonte de lacuri de acumulare cu volum important, mai există un potențial hidroenergetic nevalorificat, demn de luat în considerare.

Un exemplu îl constituie amenajările preconizate amonte de lacul Vidraru, aflate în zona de formare a rețelei hidrografice a Argeșului.

Rețeaua hidrografică poate fi sectorizată în două zone, astfel [37]:

- prima asociată unei centrale hidroelectrice de acumulare (CHEA), eventual prelungită în aval cu o cascadă de CHE mai mici, beneficiind de un debit compensat;
- a doua - în amonte de lacurile de acumulare, în zona de formare a rețelei.

Oportunitatea dezvoltării potențialului tehnic prin CHE de mică putere este reprezentată schematic în Fig. 10.8. [40].

Se consideră cursul unui râu pe firul căruia s-a reprezentat printr-o sferă cu diametru mare - volumul de apă disponibil V^* , rezultat primavara din topirea zăpezilor, volum căruia i se asociază energia disponibilă corespunzătoare E^* [42].

Printr-o sferă cu diametru mai mic este reprezentat volumul de apă acumulat în lac V_1 , care este considerabil mai mic decât volumul de apă disponibil ($V_1 < V^*$), datorită capacității limitate a lacului [Fig. 10.8].

Căderile brute asociate:

- bazinului hidrografic, al cărui centru de greutate este situat în centrul sferei mari, care dispune de volumul V^* rezultat din topirea stocului de zăpadă;
- amenajării CHEA sunt H^* și respectiv H .

În centrala hidroelectrică de acumulare se produce energia E dependentă direct proporțional de parametrii V_1 și H , conform relațiilor echivalente:

$$E[\text{J}] = \rho g V_1 H \quad (10.37.) \quad \text{sau} \quad E = 2.725 V H [\text{kWh}] \quad (10.37^*)$$

Valoarea acestei energii este mai mică, eventual cu mult mai mică decât energia disponibilă naturală E^* ($E < E^*$), unde:

$$E^*[\text{J}] = \rho g V^* H^* \quad (10.38.)$$

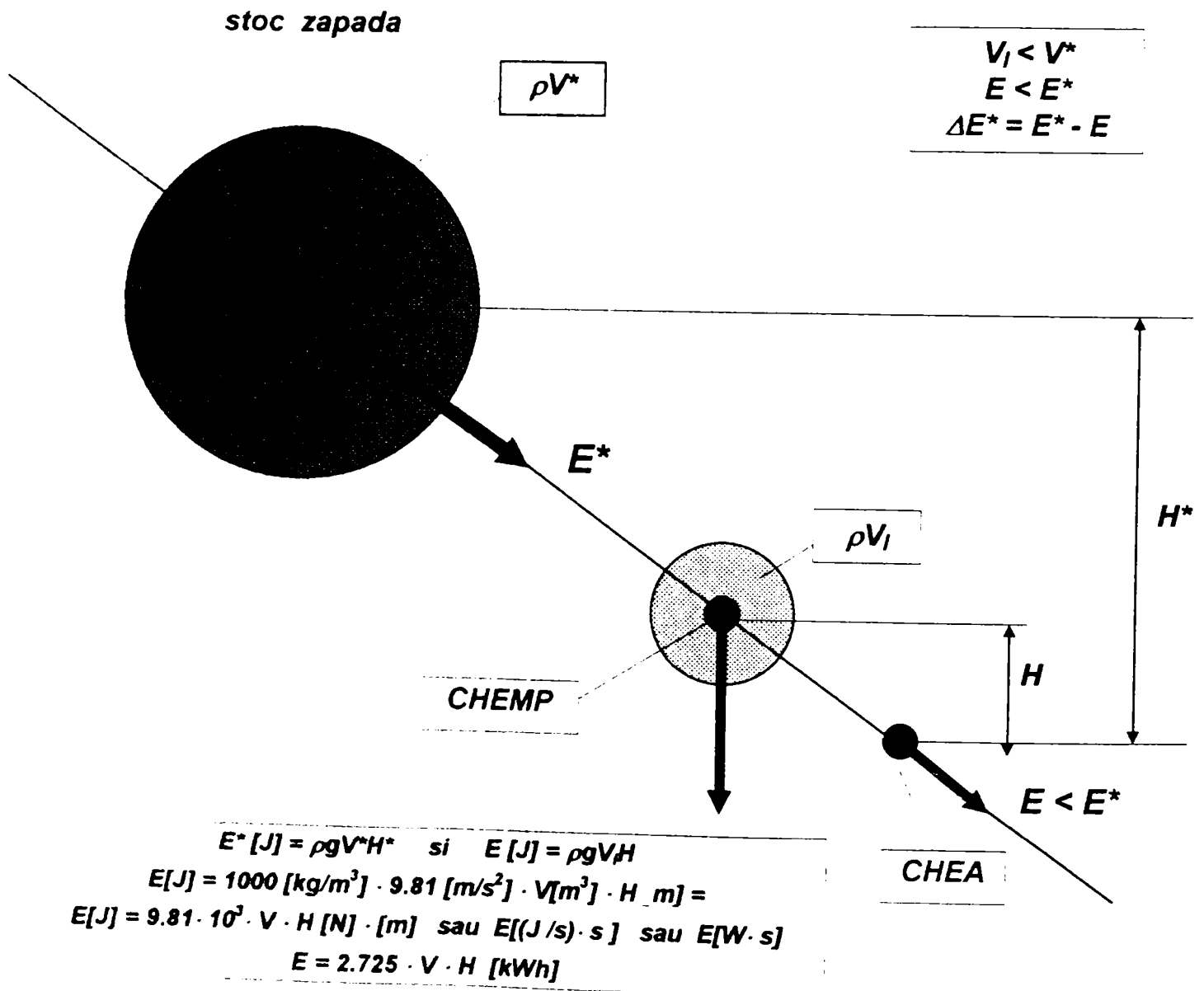


Fig. 10.8. Schema logică
 Oportunitatea dezvoltării potențialului tehnic prin CHE de mică putere.

În aceste condiții, diferența de energie $\Delta E^* = E^* - E$ prezintă un interes crescut în perspectiva valorificării prin CHE de mică putere, amplasate în zona situată amonte de ultima CHEA și figurate virtual în centrul de greutate al sferei care simbolizează lacul de acumulare.

Exploatarea energetică a acestor două zone ia în considerare nu numai CHE mici sau micro, de interes local ci mai ales un ansamblu de CHE care să funcționeze coordonat, intensiv în perioada apelor mari de primăvară.

Coeficienții de instalare aferenți acestor CHE a căror funcționare va fi coordonată, vor fi mai mari decât ai celor de interes local, pentru a favoriza producția de energie în sezonul în care în aval domnește strategia umplerii lacurilor de acumulare [37].

În mod firesc, și factorul de producție ε al ansamblului menționat va trebui rezonabil sporit, în ambele sale componente:

- atât factorul de disponibilitate ε' ,
- cât și randamentul ansamblului η_{mp} .

$$\varepsilon = \varepsilon' \eta_{mp}$$

În studiul efectuat am considerat un subsistem format dintr-o centrală hidroelectrică cu acumulare CHEA și n centrale hidroelectrice de mică putere - CHEMP situate în amonte de acumulare, pe cursul principal al râului și pe afluenții acestuia.

Energia subsistemului are două componente :

- Energia produsă în CHEA,
- Energia produsă în ansamblul CHEMP;

și depinde de coeficienții de instalare aleși pentru CHEMP din amonte de acumulare.

Toate curbele prezentate anterior, caracteristice pentru o amenajare, se pot exprima analitic, pomind de la date rezultate din măsurători. Ele se pot exprima în anul caracteristic (care poate fi ploios, secetos, mediu). Pentru fiecare an se obțin curbe diferite.

Relațiile analitice introduse pentru fiecare curbă permit aplicarea procedurii de integrare.

Programul rezultat din studiul subansamblului constituit din amenajarea Paltinu și centralele din amonte constituie un program util în dispecerizarea energiei hidraulice, care se poate aplica în cazul oricărei CHEA care are în amonte o rețea hidrografică în formare.

10.3. MODELUL MATEMATIC AL SUBSISTEMULUI HIDROENERGETIC

Dispecerizarea optimă a energiei hidro într-un sistem complex, din care fac parte o serie de amenajări de mică putere alături de o CHE cu acumulare situată în aval, necesită crearea unui model care să țină seama de reajustarea din rațiuni economice a programelor de generare, ca urmare a unor evenimente neprevăzute, modificări ale condițiilor inițiale sau schimbări ale datelor prognozate.

Principalele dificultăți ale managementului generării energiei hidro sunt:

- Caracteristicile unei amenajări hidroenergetice.
- Optimizarea globală a unui grup de amenajări.
- Studii pe termen lung legate de latura economică.

Pomind de la aceste dificultăți, pot fi luate în considerare următoarele metode de îmbunătățire a managementului energiei hidro:

- Analiza tehnică.
- Modelarea procesului hidraulic.
- Analiza fiabilității proceselor într-o amenajare (sau grup de amenajări) utilizând programarea dinamică [45].
- Optimizarea globală a unui set de amenajări hidro.

În continuare este abordată problema funcționării ansamblului format de o serie de CHEMA și CHE de acumulare din aval, pentru valorificarea eficientă a potențialului hidroenergetic, urmărind în special debitele de viitură în perioada apelor mari de primăvară.

10.3.1. Descrierea modelului

Fiecare centrală din subsistem este caracterizată de următorii parametri:

- | | | |
|-----------------------------|------------------|------------|
| • Debitul affluent | $Q_{aj} [m^3/s]$ | $j = 1, n$ |
| • Volumul affluent | $W_j [m^3]$ | |
| • Puterea instalată | $P_{ij} [kW]$ | |
| • Coeficientul de instalare | k_j | |
| • Energia produsă anual | $E_{aj} [kWh]$ | |

Energia produsă anual în sistemul ales ca model este:

$$E_{\text{subsistem}} = E_a + \sum_1^n E_{aj} \quad (10.39)$$

$$E_{aj} = E_{aj}(k_j) \quad (10.40)$$

și depinde de coeficienții de instalare aleși pentru CHEMA din amonte de acumulare.

Pentru analiza globală a sistemului CHEMA - CHE s-a ales cazul real al amenajărilor râului Doftana, pentru care amonte de acumulare Paltinu sunt realizate o serie de CHEMA care funcționează interconectate la SEN, putând fi realizate și altele care să funcționeze coordonat în perioada apelor de primăvară rezultate din topirea zăpezii.

Se consideră un curs de apă principal având o serie de n afluenți pe un sector hidrografic ales. Debitul de primăvară $Q_p, j=1, \dots, n$ sunt exprimate în funcție de debitul affluent în lac Q_{af} prin coeficienții subunitari α_j , care exprimă cota de participare a afluentului respectiv la debitul total Q_{af} :

$$Q_j = \alpha_j \cdot Q_{af} \quad (10.41)$$

Pentru cazul a n centrale amplasate pe cursuri diferite de apă (în paralel), bilanțul debitelor este:

$$Q_{af} = \sum_{j=1}^n Q_j \quad (10.42.)$$

Sau:

$$Q_{af} = Q_{af} \cdot \sum_{j=1}^n \alpha_j \quad (10.43.)$$

Sau:

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j = 1 \quad (10.44.)$$

Luând în considerare căderea nominală H_j a centralei care turbinează debitul Q_j cu randamentul global asociat η_{Gj} , se evidențiază pierderile de cădere direct proporționale cu patratul debitului Q_j :

$$H_j = H_{0j} - k \cdot Q_j^2 \quad (10.45.)$$

unde H_{0j} este căderea netă corespunzătoare debitului nul, iar coeficientul k depinde de numărul de conducte de aducțiune montate în paralel, precum și de tipul constructiv al acestora prin rezistența totală a conductei.

Pentru cazul centralelor în serie debitul își menține valoarea constantă.

Energia și puterea hidroelectrică reală asociate debitului afluent Q_j și respectiv volumului afluent W_j pentru cursul de apă j sunt:

$$E_j = \frac{W_{af,j} \cdot H_{Tj}}{367} \cdot \eta_{Gj} \quad (10.46.) \quad P_j = 9,81 \cdot Q_{af,j} \cdot H_{Tj} \cdot \eta_{Gj} \quad (10.47.)$$

Pentru întreg subsistemul hidroenergetic aceste mărimi sunt date de relațiile:

$$E_{\text{subsistem}} = \sum_{j=1}^n E_j = \frac{1}{367} \sum W_{af,j} \cdot H_{Tj} \cdot \eta_{Gj} \quad (10.48.)$$

$$P_{\text{subsistem}} = \sum_{j=1}^n P_j = 9,81 \cdot \sum_{j=1}^n Q_{af,j} \cdot H_{Tj} \cdot \eta_{Gj} \quad (10.49.)$$

în care η_{Gj} este randamentul global al amenajării, de transformatre a energiei hidraulice în energie electrică. Acesta este determinat de coeficientul de instalare (utilizare a debitului) k_j , randamentul turbinei η_T , randamentul generatorului η_G și cel hidraulic η_h , conform relației:

$$\eta_{Gj} = k_j \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot \eta_h \quad (10.50.)$$

Pentru amenajarea hidroenergetică a zonei de formare a rețelei hidrografice există o mulțime s de variante denumite în lucrare sisteme de amenajare, fiecărui sistem asociindu-i-se costurile corespunzătoare $C_{vi}(i=1,..s)$.

$$C_{\text{subsistem}} = C_{\text{CHEA}} + \sum_{j=1}^n C_{aj} \quad (10.51.)$$

10.3.2. Analiza și calculul eficienței economice a CHEMP

Pentru microhidrocentralele electrice, criteriul normat pentru analiza și calculul eficienței economice a investițiilor este "criteriul cheltuielilor totale actualizate minime" (CTA) [74].

În cazurile în care prin aplicarea criteriului CTA nu s-au obțin diferențe sensibile între variantele comparate, astfel încât să se poată adopta decizia de departajare, analiza economică continuă prin aplicarea, în ordinea de mai jos, a indicatorilor:

- a) Durata de recuperare (DR);
- b) Bilanțul energetic total cu considerarea energiei înglobate.

Centrala etalon pentru analiza tehnico-economică a CHEMP și MHC este o microcentrală echipată cu grupuri Diesel, funcționând pe motorină, dacă puterea instalată este sub 1 MW. Pentru centrale cu puterea instalată mai mare, centrala etalon se stabilește în funcție de calitatea și cantitatea energiei electrice produse, depinzând și de regimul de funcționare al centralei.

Condiția de eficiență pentru CHEMP și MHC constă din respectarea cel puțin a uneia din restricțiile următoare:

- a) $CTA_{CHEMP} < CTA_{C\ etalon}$
- b) $i_0 < i_{0\ limit}$

Investiția specifică, i_0 , este calculată pe baza valorilor totale de investiții estimate, raportate la producția anuală de energie electrică pentru anul cu hidraulicitate medie. Condiția a doua se aplică în cazul în care producția de energie electrică a CHEMP este continuă și practic constantă pe o durată de minim 15 ani.

Cheltuielile de exploatare ale CHEMP și MHC sunt calculate pentru a fi introduse în criteriul CTA, ținându-se seama de componentele de combustibil, personal, apă de răcire, materiale de întreținere (1% din valoarea investiției), reparații capitale (5% din valoarea investiției). Durata anuală de utilizare a puterii instalate în centrala etalon (Diesel) se va lua egală cu cea a CHEMP sau MHC analizată.

Alți indicatori de eficiență economică utilizați în alegerea coeficientului de instalare K , sunt:

- Raportul venituri / costuri totale actualizate $RA = VTA / CTA$; Cazul în care $RA > 1$ reprezintă varianta de proiect rentabil;
- Venitul net actualizat $VNA = VTA - CTA$; $VNA > 0$ semnifică activitate rentabilă;
- Rata de rentabilitate financiară RRF stabilește capacitatea unei investiții de a asigura profit în perioada de analiză luată în considerare față de totalitatea cheltuielilor efectuate, asigurând, în același timp și recuperarea simplă (amortizarea) capitalului investit. RRF este exprimată de rata de actualizare care anulează fluxul de numerar (venituri și cheltuieli), fiind dedusă din expresia:

$$\sum_{y=d-1}^D \frac{V_y}{(1+r)^y} - \sum_{y=1}^D \frac{I_y + C_y}{(1+r)^y} = 0 \quad (10.52.)$$

în care: V_y - valoarea încasărilor de bază și din activitățile adiacente;

C_y - valoarea tuturor cheltuielilor, inclusiv reparații curente, pierderi sau daune;

I_y valoarea capitalului investit, inclusiv pentru reparații capitale;

d - perioada de execuție a lucrării [ani];

- Cursul de revenire net actualizat CNRA exprimă costul consumului de resurse interne pentru obținerea unei unități de aport valutar:

$$CNRA = \frac{VNA(lei)}{VNA(\$)} = \frac{\sum_{y=1}^d \frac{(I_y + C_y - V_y)}{(1+r)^y}}{\sum_{y=1}^d \frac{(V_y - I_y - C_y)}{(1+r)^y}} \quad (10.53.)$$

10.4. ANALIZA SISTEMELOR DE AMENAJARE HIDROENERGETICĂ PE BAZA MODELULUI DEFINIT – STUDIU DE CAZ

Pomind de la modelul matematic al subsistemului hidroenergetic descris în paragraful precedent, am considerat semnificativă analiza tehnico-economică comparativă a mai multor variante denumite în continuare sisteme de amenajare hidroenergetică a zonei de formare a rețelei hidrografice.

În cadrul studiului de caz am analizat bazinul râului Doftana cu CHEA Paltinu și amenajările CHEMA existente și / sau propuse spre realizare în amonte. Anul de referință ales este anul 1997, an în care debitul mediu afluent în secțiunea de măsură Teșila a avut valoarea $4,99 \text{ m}^3/\text{s}$, ceea ce permite evaluarea acestui an ca fiind ploios, având în vedere șirul de date hidrologice din perioada 1959 – 1997 (Tabelul 10.7).

Astfel, cele patru sisteme de valorificare a potențialului hidroenergetic secundar în zona de formare a rețelei hidrografice sunt definite după cum urmează:

A. Sistemul clasic – în care volumul de apă rezultat din stocul de zăpadă $V_{\text{stoc zăpadă}}$ este valorificat energetic doar prin producția rezultată în urma acumulării volumului limitat de capacitatea lacului $V_{\text{stoc lac}}$, diferența fiind pierdută prin deversări. Echivalentul energetic este în condițiile hidrologice ale anului 1997 de 31869 MWh (Fig. 10.9.).

B. Sistemul clasic la care se adaugă contribuția MCHE I (actuale). Acestea valorifică o parte din $V_{\text{stoc zăpadă}}$ și anume $V_{u \text{ MCHE I}}$, sporind producția de energie cu 14552 MWh. Contribuția pentru anul 1997 a fiecăreia dintre CHEMA existente este dată în Tabelul 10.1.

Tabelul 10.1.

| CENTRALA | Energia produsă în anul 1997 [MWh] | |
|-------------------|---|---|
| | La valoarea actuala a debitului instalat - Q_{ia} | La valoarea propusa a debitului instalat - Q_{ip} |
| CHEMA TEȘILA 1 | 3237 | 6170 |
| CHEMA TEȘILA 2 | 3428 | 6840 |
| CHEMA NEGRAȘ 1 | 1949 | 3910 |
| CHEMA NEGRAȘ 2 | 1850,8 | 3980 |
| CHEMA PRISLOP | 872 | 2770 |
| CHEMA TRĂISTENI 1 | 3215,5 | 5880 |
| TOTAL | 14552,7 | 29550 |

Echivalentul energetic total este de 46 421 MWh, cu 45,7 % mai mare decât în cazul precedent (Fig. 10.10.).

C1. Sistemul clasic la care se însumează contribuția MCHE II – C1, care sunt centralele existente la care s-a mărit puterea instalată P_i la limită economic, acestea fiind prevăzute să funcționeze cu predilecție la debitele mari de primăvară.

Volumul de apă disponibil rezultat din topirea zăpezilor $V_{\text{stoc zăpadă}}$ este mai bine valorificat în acest caz prin $V_{u \text{ MCHE II - C1}}$ care reprezintă 46 % din $V_{\text{stoc zăpadă}}$, față de 32,8 % cât reprezintă $V_{u \text{ MCHE}}$ în cazul anterior. (Fig. 10.11.).

Utilizând procedeul de calcul economic descris în paragraful 13.1, rezultă o creștere a cheltuielilor de investiții de 12 – 15 %, față de investiția inițială, pentru mărirea coeficientului de instalare în CHEMP existente, până la valorile date în Tabelul 12.12.

Acest volum de apă $V_{u \text{ MCHE II - C1}}$ valorificat în MCHE se regăsește în acumularea din aval, el fiind reutilizat pentru producția de energie în CHEA.

Valorificarea potențialului în acest caz caracterizat de sporirea puterii instalate în MCHE determină, pentru anul 1997 analizat, o creștere a echivalentului energetic cu 92,7 % față de cazul A și cu 75,6 % față de cazul B.

C2. Această variantă este caracterizată de sistemul descris la cazul B, (sistemul clasic + MCHE I – actuale) la care se adaugă contribuția altor MCHE destinate valorificării apelor mari de primăvară (Fig. 10.14).

În analiza și calculele din acest paragraf sunt utilizate rezultate și date prezentate în detaliu în paragrafele care se referă la aportul energetic al amenajării Paltinu (10.6.), precum și la calculele economice pentru cazul centralei la care s-a mărit coeficientul de instalare (Capitolul 13.).

Datele numerice înscrise în schemele corespunzătoare celor patru sisteme de amenajare hidroenergetică definite (Fig. 10.9., Fig. 10.10., Fig. 10.11., Fig. 10.12.) au fost introduse după efectuarea calculelor de evaluare conform modelului descris anterior și aplicat în Capitolul 12.

Am analizat situația în care amonte de ultima centrală cu acumulare, în studiul de caz - CHE Paltinu, se află în exploatare o serie de centrale hidroelectrice de mică putere a căror funcționare este destinată valorificării potențialului rezultat din topirea zăpezilor.

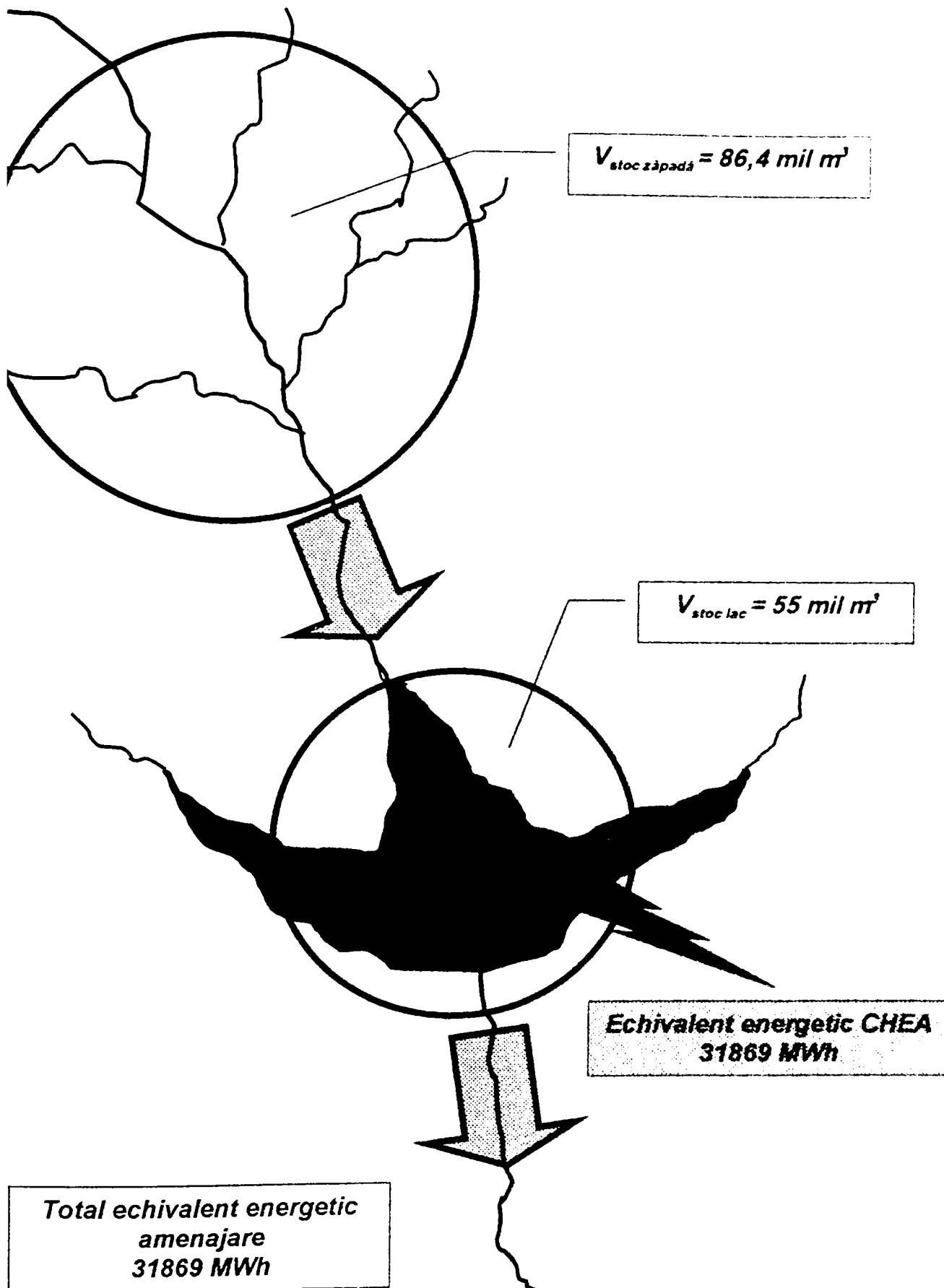


Fig. 10.9. Sistemul clasic de amenajare hidroenergetică.

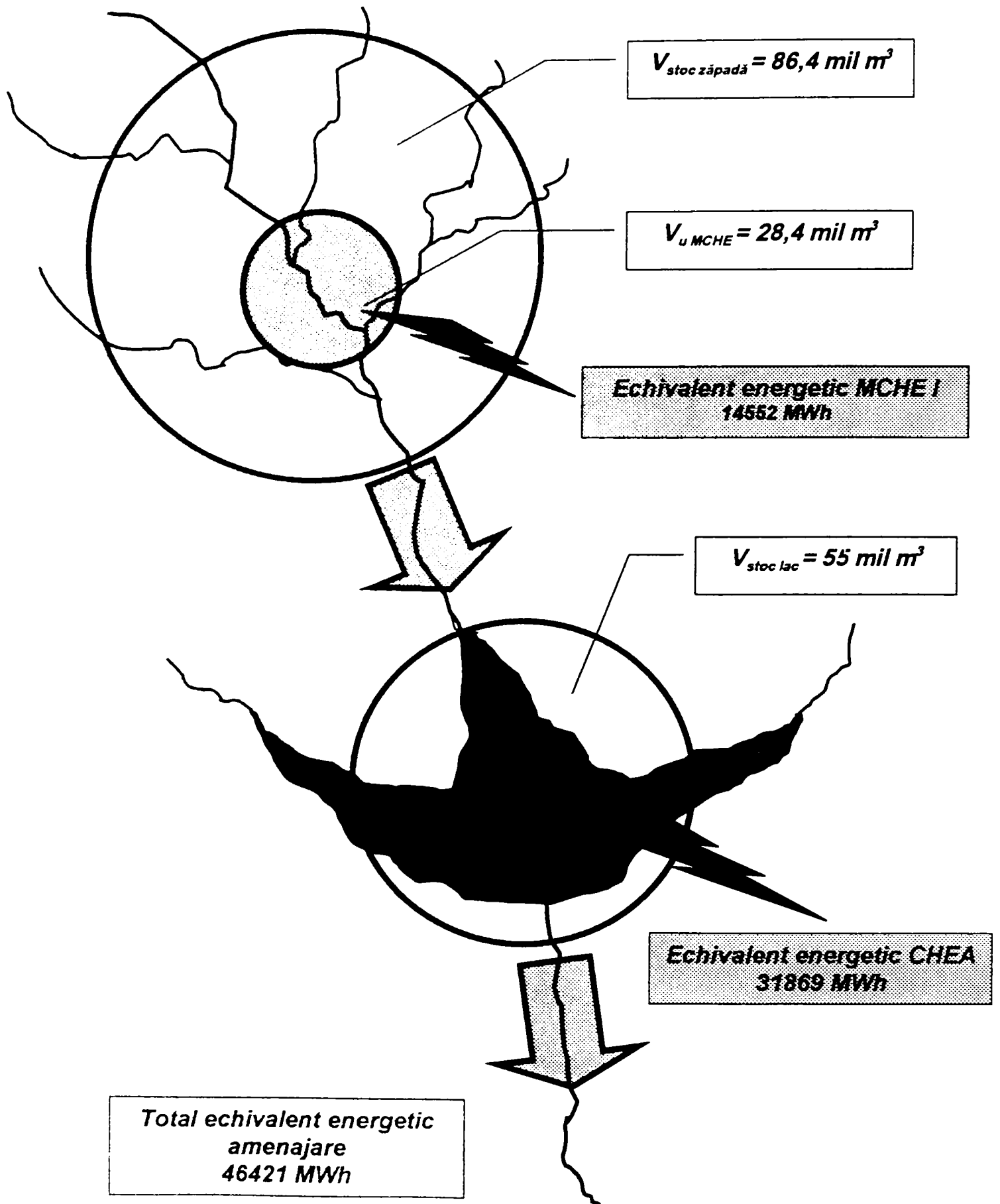


Fig. 10.10. Sistemul clasic de amenajare + MCHE I (actuale)

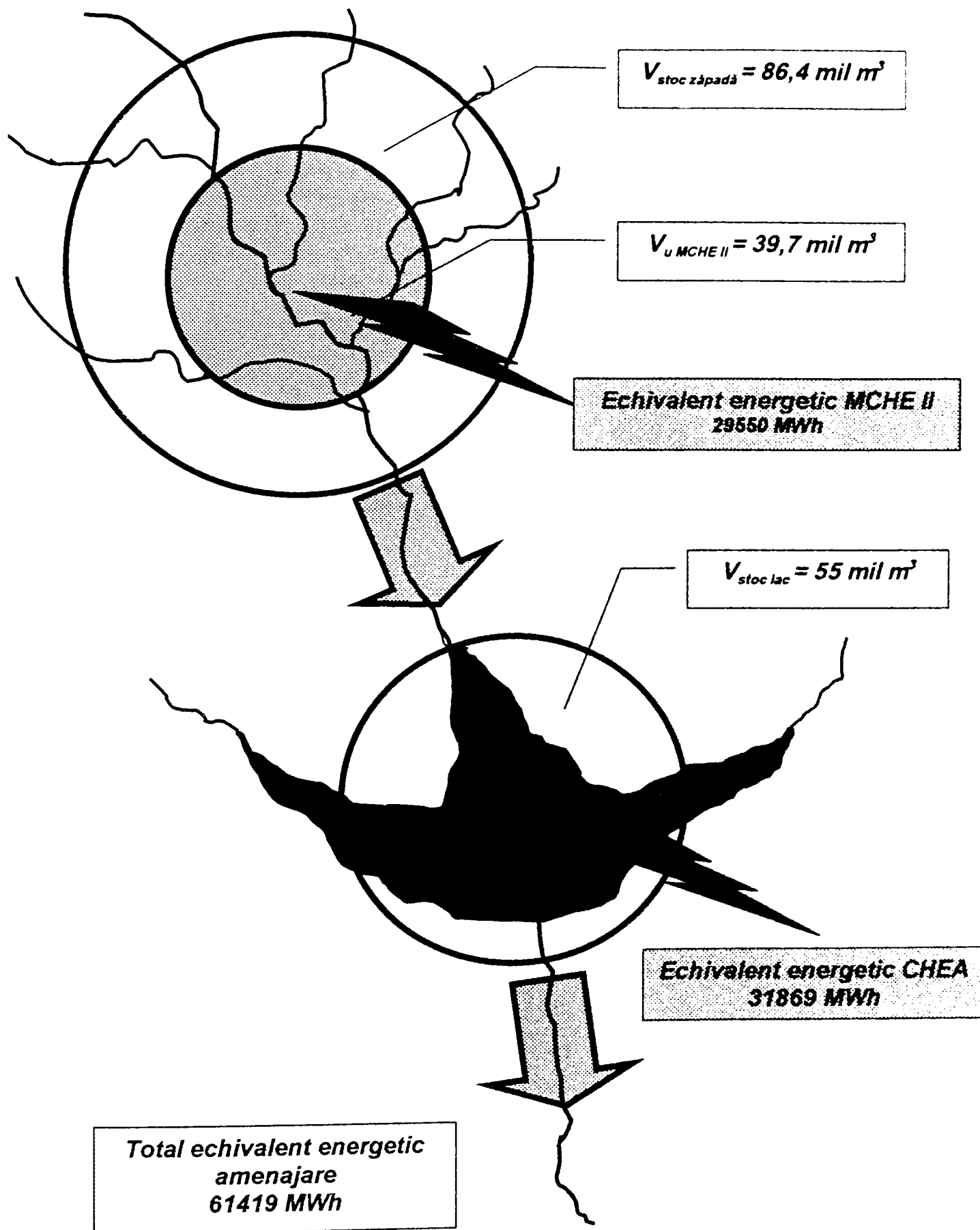


Fig. 10.11. Sistemul clasic de amenajare + MCHE II
(propuse cu Q, de valoare mare)

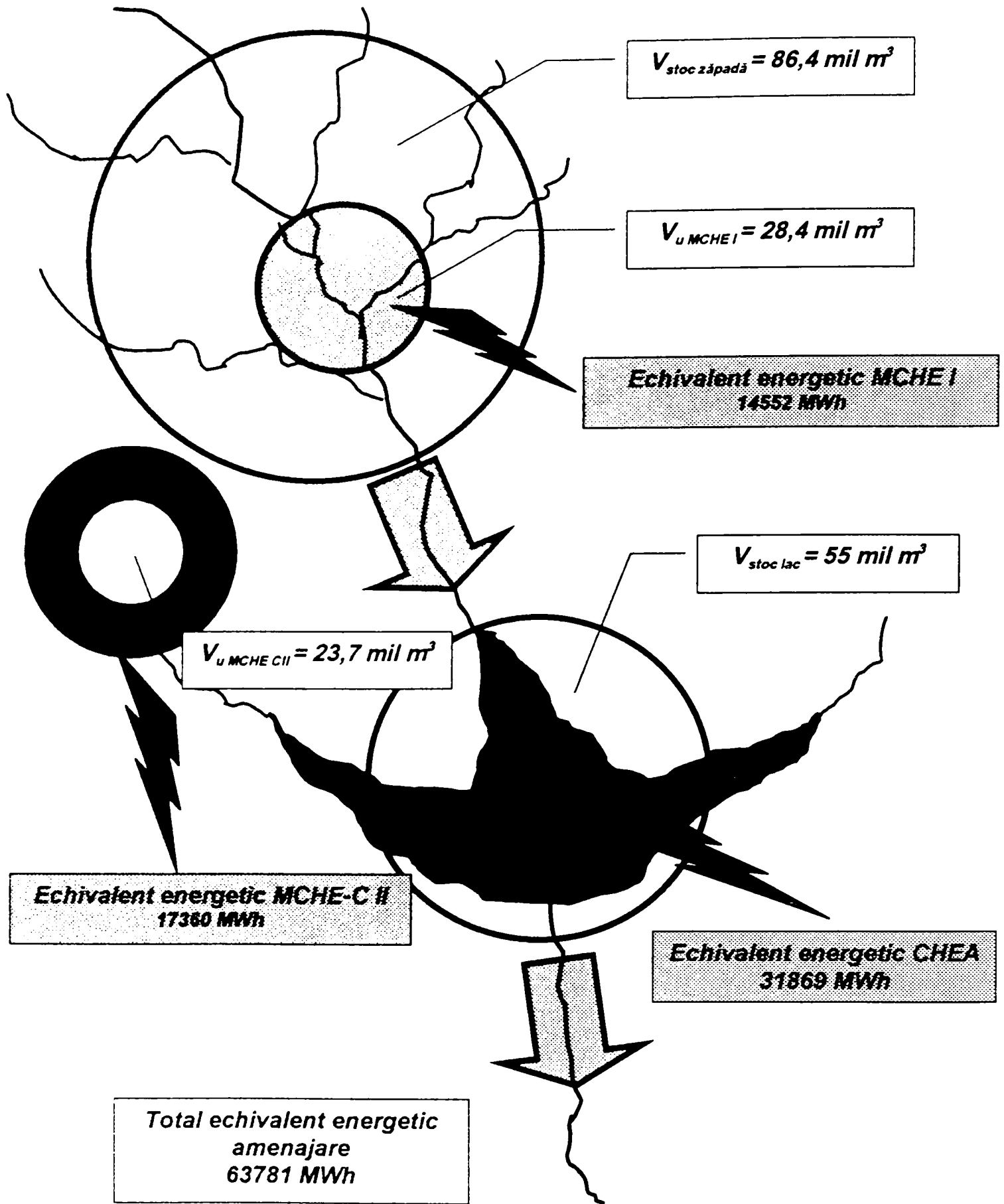


Fig. 10.12. Sistemul clasic de amenajare + MCHE I (actuale) + alte MCHE - C II (propușe cu Q, de valoare mare)

Coefficienții de instalare ai acestor centrale, determinați conform procedurii descris în Capitolul 13, au valori mai mari decât ai celor existente, având valori cuprinse între 2,67 și 4,59. În Tabelul 10.2 sunt date pentru fiecare din aceste centrale debitul mediu disponibil anual, volumul anual de apă disponibil, debitul instalat, coeficientul de instalare, varianta de echipare, căderea brută și energia produsă anual, calculată conform metodei grafo-analitice descrise și exemplificate în Capitolul 12.

Însumând contribuțiile fiecăreia dintre aceste centrale, rezultă o energie produsă anual de 17,36 GWh, ceea ce reprezintă 57,5 % din producția anuală a CHE Paltinu, realizând împreună cu aceasta și cu CHEMP existente un total echivalent energetic de 63,78 GWh în condițiile scurgerii specifice anului 1997 considerat de referință. Participarea la producția de energie totală în ansamblul modelului considerat – CHE și CHEMP este redată procentual în Fig. 10.13.

Tabelul 10.2.

| Centrala | Q_{md} [m ³ /s] | V_{and} [mil m ³] | Q_l [m ³ /s] | k_l | Echipare | H_b [m] | E_{an} [GWh/an] |
|----------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------|---------------------------|-----------|----------------------|
| KPs1 | 0,37 | 4,56 | 1,43 | 3,85 | FO 125/640 + FO 90/390 | 70 | 0,74 |
| KS1 | 0,31 | 3,82 | 1,43 | 4,60 | FO 125/640 + FO 90/390 | 90 | 0,92 |
| KD1 | 4,5 | 55,50 | 9,87 | 2,18 | 3 FO 230/720 | 30 | 6,06 |
| KN1 | 0,68 | 8,39 | 2,85 | 4,19 | 2 FO 125/640 + FO 90/570 | 70 | 1,57 |
| KPr1 | 0,42 | 5,18 | 1,75 | 4,17 | FO 125/640 + FO 90/570 | 100 | 2,16 |
| KT1 | 1,76 | 21,71 | 5,51 | 3,13 | 2 FO 190/720 + FO 125/640 | 66 | 5,91 |
| TOTAL | | | | | | | 17,36 |

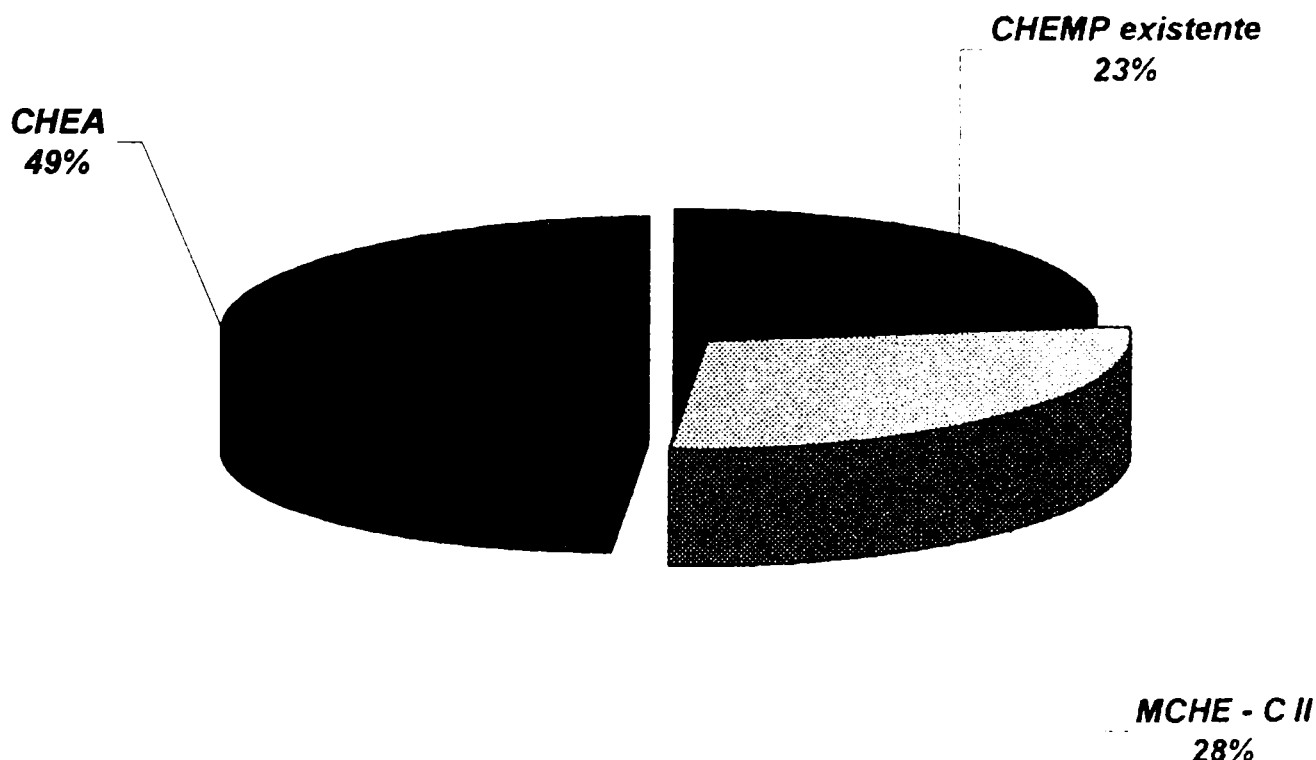


Fig. 10.13. Producția anuală de energie a ansamblului CHE și CHEMP.

Locul de amplasare al centralelor hidroelectrice de mică putere KT1, KPr1, KN1, KD1, KPs1, KS1 este ilustrat în Fig. 10.14., funcționarea acestor centrale fiind independentă de funcționarea CHEMP existente.

Prin valorile alese ale coeficienților de instalare, aceste centrale vor funcționa preponderent primăvara. Apa rezultată din topirea zăpezilor va fi turbinată, ea regăsindu-se apoi în lacul de acumulare al CHE din aval. Cantitatea de energie produsă în perioada apelor mari de primăvară în CHEMP compensează regimul de funcționare al CHE din aval a cărei exploatare este caracterizată de strategia umplerii lacului de acumulare.

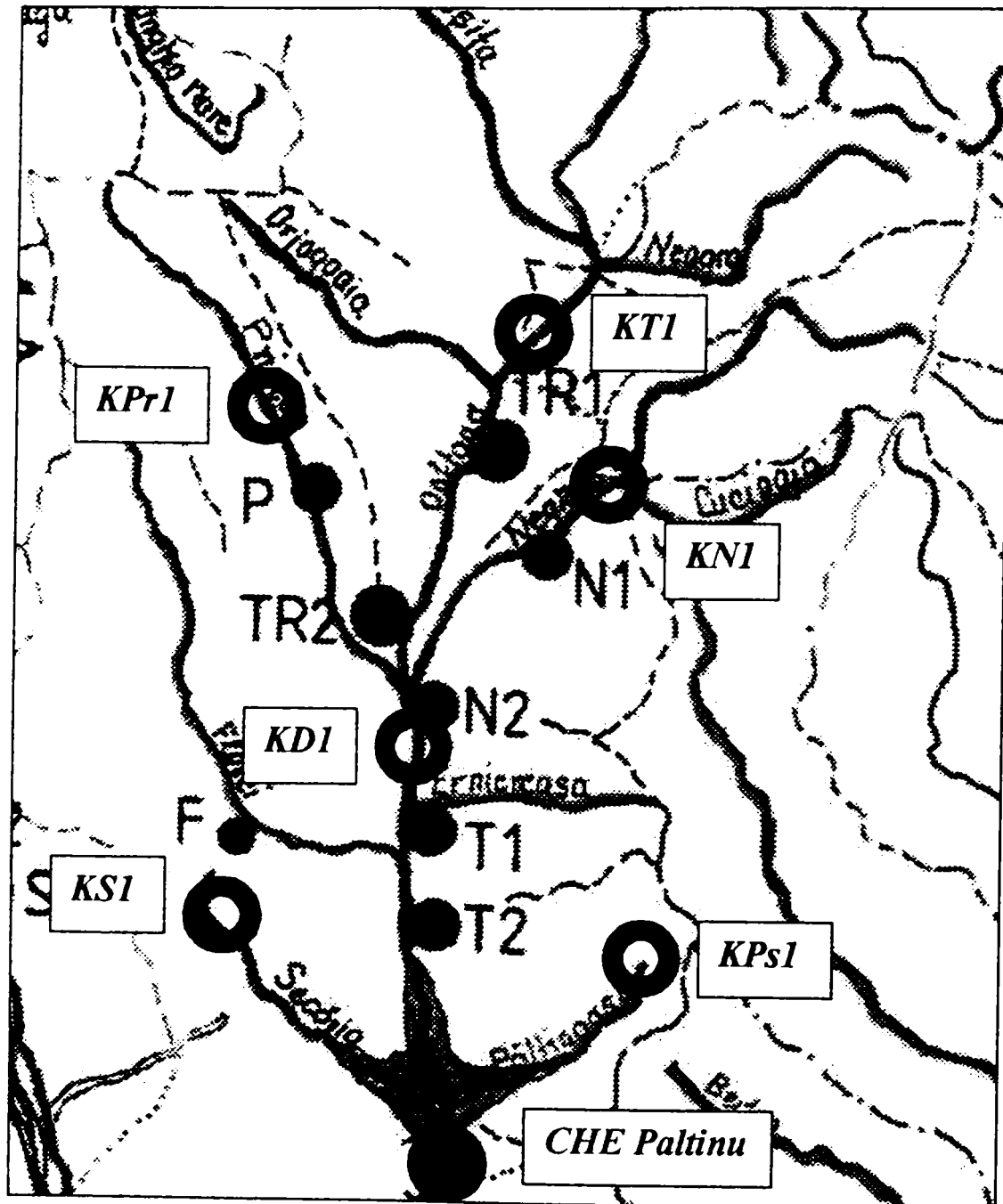


Fig. 10.14. Amplasarea CHEMP cu coeficienți de instalare mari în zona de formare a rețelei hidrografice a râului Doftana.

Rezultatele calculelor economice derulate după modelul analizat în paragraful 13.1 sunt prezentate în Tabelul 10.3. pentru CHEMP existente la care se intervine în sensul creșterii puterii instalate și deci a debitului instalat, iar în

Tabelul 10.4 cheltuielile de investiții calculate cu același procedeu pentru cazul CHEMP cu coeficienți de instalare mari.

Tabelul 10.3.

| Centrala | Investiții [mii \$] | | Diferența investiții | |
|-------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| | Varianta actuală | Varianta Q_1 mare | mii \$ | % |
| CHEMP Tesila 1 | 2740 | 3108 | 368 | 13,43 |
| CHEMP Tesila 2 | 2970 | 3327 | 357 | 12,02 |
| CHEMP Negras 1 | 1915 | 2178 | 263 | 13,73 |
| CHEMP Negras 2 | 1820 | 2067 | 247 | 13,57 |
| CHEMP Prislop | 1760 | 1976 | 216 | 12,27 |
| CHEMP Traisteni 1 | 3320 | 3798 | 478 | 14,40 |
| Total | 14525 | 16454 | 1929 | 13,28 |

Tabelul 10.4.

| Centrala | Cheltuieli de Investiții [mii \$] |
|--------------|-----------------------------------|
| KPs1 | 1680 |
| KS1 | 1720 |
| KD1 | 3460 |
| KN1 | 2160 |
| KP1 | 1830 |
| KT1 | 3270 |
| Total | 14120 |

În Tabelul 10.5. sunt sintetizate pentru fiecare din cele patru sisteme de amenajare analizate:

- Echivalentul energetic total al sistemului;
- Valoarea investiției suplimentare față de sistemul B;
- Echivalent energetic suplimentar față de cazul A [MWh / an].

Tabelul 10.5.

| Nr. Crt. | Sistemul de amenajare | Costul investiției [mii\$] | Investiția suplimentară față de cazul B [mii \$] | Echivalent energetic [MWh / an] | Echivalent energetic suplimentar față de cazul A [MWh / an] |
|----------|-----------------------|----------------------------|--|---------------------------------|---|
| 1 | A | I_A | - | 31869 | 0 |
| 2 | B | $I_A + 14525$ | 0 | 46421 | 14552 |
| 3 | C1 | $I_A + 16454$ | 1929 | 61419 | 29550 |
| 4 | C2 | $I_A + 14525 + 14120$ | 14120 | 63781 | 31912 |

Rezultatele calculelor economice și ale estimărilor efectuate în acest sens susțin varianta sistemului clasic la care se însumează contribuția centralelor hidroelectrice de mică putere având valorile ridicate ale coeficientul de instalare. Valorificarea superioară a potențialului hidroenergetic, a apelor rezultate din topirea zăpezilor se face în acest caz cu o investiție suplimentară mai mare cu 13,28 % față de cea inițială (1920 mii \$), echivalentul energetic suplimentar fiind de 4998 Mwh/an adică 21,16 %.

10.5. METODE DE DECIZII MULTICRITERIALE UTILIZATE LA ALEGEREA VARIANTEI SISTEMULUI DE AMENAJARE HIDROENERGETICĂ

Estimările și comparațiile precedente efectuate cu scopul alegerii variantei optime a sistemului de amenajare hidroenergetică în zona de formare a bazinului hidrografic al râului Doftana sugerează utilizarea unor metode de decizii multicriteriale. Am dezvoltat cercetarea în această direcție, valorificând avantajele oferite de o serie de modele de decizii în prezența mai multor criterii.

Definirea funcției obiectiv în procesul decizional multicriterial

În definirea strategiei optime sau a mulțimii alternativelor decizionale optime se urmărește în puține cazuri realizarea unui singur obiectiv. În majoritatea cazurilor se caută o anumită soluție, considerată optimă, care să răspundă cât mai bine unei multitudini de cerințe restrictive, care din punctul de vedere al celui ce urmează să ia o hotărâre prezintă tendințe restrictive.

În cazul de față se pune problema realizării obiectivelor energetice CHEMP în zona de formare a rețelei hidrografice pe baza următoarelor criterii de optimizare:

- ✓ Energia obținută în subsistemul format din CHEA și CHEMP să fie maximă - (C_1);
- ✓ Cheltuielile totale actualizate să fie minime - (C_2);
- ✓ Siguranța în funcționare a centralelor să fie cât mai mare - (C_3);
- ✓ Regimul de exploatare aferent fiecărei variante - (C_4).

Procesul decizional devine în acest caz multicriterial sau multidimensional. Variantele analizate în cazul particular al bazinului hidrografic al râului Doftana sunt cele definite anterior în paragraful 10.4.

În Tabelul 10.6. sunt menționate consecințele asociate fiecărei variante, având în vedere mulțimea criteriilor.

Tabelul 10.6.

| Variantă \ Criteriu C_1 | C_1 [MWh/an] | C_2 [mii \$] | C_3 | C_4 |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-------|------------|
| V_A | 31869 | A | 0.92 | Normal |
| V_B | 46421 | A+55253 | 0.90 | Bun |
| V_{C1} | 61419 | A+62521 | 0.89 | Foarte bun |
| V_{C2} | 63781 | A+118046 | 0.88 | Foarte bun |

Notă: În calculul valorilor actualizate ale cheltuielilor s-a ținut seama de următoarele considerații:

✓ o cheltuială anuală C , neproductivă timp de un an, are valoarea actualizată:

$$C'_1 = (1 + a) \cdot C \quad (10.54.)$$

unde a este rata de actualizare (considerată relativ mică, $a=8\%$, pentru favorizarea soluțiilor cu investiții mari și cheltuieli anuale reduse).

✓ cheltuielile se consideră concentrate la sfârșitul anului;

✓ actualizarea diferitelor variante care se compară se face la același an de referință considerat anul în curs.

Soluționarea acestei probleme se bazează pe conceptul de utilitate propus de J. von Neumann și O. Morgenstern. În concepția acestora, utilitatea reprezintă folosul sau satisfacția pe care le poate obține decidentul ca urmare a realizării unei anumite consecințe. Conform acestei noțiuni, dacă S_i, S_j sunt consecințele variantelor V_i, V_j , prima variantă este preferată celei de a doua dacă și numai dacă utilitatea variantei i este mai mare decât utilitatea variantei j :

$$U(V_i) > U(V_j) \Rightarrow V_i \mathcal{R} V_j \quad (10.55.)$$

(între cele două variante există o relație de preferință exprimată de operatorul \mathcal{R} .)

Se consideră valoarea maximă a utilității egală cu 1, iar valoarea minimă 0:

$$U_{\min} = 0 \leq U \leq U_{\max} = 1 \quad (10.56.)$$

Revenind la datele problemei de analizat, se constată că unele consecințe sunt exprimate cantitativ, în timp ce unul dintre criterii este redat prin indici de calitate. Folosind conceptul de utilitate se poate stabili, de obicei prin relații de dependență liniară - o matrice a cifrelor de utilitate asociate variantelor, criteriilor menționate, realizându-se în acest fel o cuantificare a tuturor consecințelor.

Dacă se admite o astfel de variație liniară între costuri și utilitate se obțin următoarele valori ale utilității asociate fiecărei variante:

✓ Pentru varianta A:

$$\frac{A - A}{(A + 118046) - A} = \frac{U(V_A) - U_{\max}}{U_{\min} - U_{\max}} = \frac{U(V_A) - 1}{0 - 1} \quad (10.57.)$$

Deci: $U(V_A) = U_{\max} = 1$

În mod similar rezultă valorile utilității pentru celelalte variante. Dacă se admite aceeași dependență liniară pentru consecințele celorlalte criterii se ajunge la cifrele de utilitate înscrise în Tabelul 10.7.

Tabelul 10.7.

| Criteriu C_i \ Varianta | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | Suma |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| V_A | 0 | 1 | 0.92 | 0.5 | 2.420 |
| V_B | 0.456 | 0.531 | 0.90 | 0.75 | 2.637 |
| V_{C1} | 0.926 | 0.470 | 0.89 | 1 | 3.286 |
| V_{C2} | 1 | 0 | 0.88 | 1 | 2.880 |

Dacă se presupune independența criteriilor, însumând utilitățile aferente

$$\max \sum U_{i,j} \Rightarrow V_{\text{optima}} \quad (10.58.)$$

fiecărei variante se ajunge la soluția optimă:

În baza acestei relații rezultă că varianta a treia (V_{C1}) este optimă.

Analizând mai profund însă cele patru criterii în funcție de care se vor departaja variantele aflate în competiție, se observă că aceste criterii au importanță diferită. Asociind fiecărui criteriu coeficientul de importanță β_i , stabilit obiectiv de către decident, determinarea variantei optime pare mai rațională.

Varianta optimă se deduce în acest caz din relația:

$$\max \sum \beta_i \cdot U_{i,j} \Rightarrow V_{optima} \quad (10.59.)$$

Înmulțind fiecare coeficient de importanță β_i cu utilitățile criteriului respectiv și însumând aceste produse conform relației se obțin datele din Tabelul 10.8. din care rezultă varianta optimă.

Tabelul 10.8.

| Criteriu C_i | $\beta_1 C_1$ | $\beta_2 C_2$ | $\beta_3 C_3$ | $\beta_4 C_4$ | Suma $\beta_i C_i$ |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| β_i | 7 | 4 | 2 | 2 | |
| V_A | 0 | 4 | 1.84 | 1.0 | 6.840 |
| V_B | 3.192 | 2.124 | 1.80 | 1.5 | 9.116 |
| V_{C1} | 6.482 | 1.880 | 1.78 | 2 | 12.142 |
| V_{C2} | 7 | 0 | 1.76 | 2 | 10.760 |

Se justifică, deci a fi rațională varianta a treia (V_{C1}), care reprezintă sistemul clasic la care se insumează contribuția MCHE II – C1. Aceste centrale sunt centralele existente la care s-a mărit puterea instalată P_i la limită economic, ele fiind prevăzute să funcționeze la debitele mari de primăvară.

Decizii multicriteriale Fuzzy

Într-o serie de metode multicriteriale se presupune că fiecare variantă este apreciată în raport cu fiecare criteriu printr-o valoare cunoscută și unică. În cele mai multe cazuri, informația de care dispune decidentul are un grad mare de incertitudine. Aceasta a determinat necesitatea aplicării teoriei mulțimilor fuzzy în teoria deciziilor multicriteriale. Bellman și Zadeh au demonstrat aplicabilitatea teoriei mulțimilor fuzzy la metode de decizii multicriteriale [2*]. S-au introdus diverse metode ca metoda maximin fuzzy, metoda ponderării aditive fuzzy, utilizând funcții de apartenență ale unor mulțimi fuzzy, metoda ELECTRE fuzzy.

În cele ce urmează este prezentată metoda maximin fuzzy ca potențială aplicație la procesul decizional de alegere a variantei optime a sistemului de amenajare hidroenergetică, în situația în care criteriile de selecție sunt definite de o serie de informații cu caracter de incertitudine.

Se pune problema realizării obiectivelor energetice CHEMP în zona de formare a rețelei hidrografice pe baza următoarelor criterii de optimizare redefinite:

- ✓ Energia obținută în subsistemul format din CHEA și CHEMP să aibă valoarea cuprinsă în intervalul [60 – 80] GWh/an - (C_1);
- ✓ Cheltuielile totale actualizate să fie minime - (C_2);
- ✓ Siguranța în funcționare a centralelor să fie cuprinsă între [0.85 ; 0.95] - (C_3);
- ✓ Debitul affluent să aibă valori cuprinse în intervalul [1.2 ; 9.0] m^3/s ; - (C_4).
- ✓ Impactul ecologic al sistemului de amenajare hidroenergetică să fie cât mai redus. - (C_5).

În metodele fuzzy aprecierea unei variante în raport cu un criteriu nu se face printr-un număr, ci printr-un interval al dreptei reale, considerat ca o mulțime fuzzy. Prin urmare, matricea aprecierii variantelor în raport cu criteriile este o matrice de funcții de apartenență:

$$A = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} \mu_{a_{11}} & \mu_{a_{12}} & \dots & \mu_{a_{1n}} \\ \mu_{a_{21}} & \mu_{a_{22}} & \dots & \mu_{a_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{a_{n1}} & \mu_{a_{n2}} & \dots & \mu_{a_{nn}} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (10.60.)$$

Metoda maximin alege ca variantă optimă varianta V_{i_0} cu proprietatea că:

$$\mu_{a_{i_0j}} = \max_i \min_j \mu_{a_{ij}} \quad (10.61.)$$

unde operațiile max și min sunt operații cu mulțimi fuzzy.

Maximul și minimul pentru două funcții de apartenență ale unor intervale reale $\mu_{[a,b]}$, $\mu_{[c,d]}$ se vor defini astfel. Fie

$$I_1 \cup I_2 \cup \dots \cup I_k = \{x / \mu_{[a,b]}(x) \geq \mu_{[c,d]}(x)\} \quad (10.62.)$$

mulțimea intervalelor pe care funcția $\mu_{[a,b]}$ depășește pe $\mu_{[c,d]}$ și fie $L_{[a,b,c,d]}$ lungimea acestei mulțimi. Dacă această reuniune se reduce la o mulțime discretă, atunci $L_{[a,b,c,d]}=0$.

Se consideră reuniunea:

$$J_1 \cup J_2 \cup \dots \cup J_k = \{x / \mu_{[c,d]}(x) > \mu_{[a,b]}(x)\} \quad (10.63.)$$

care reprezintă reuniunea intervalelor pe care funcția $\mu_{[c,d]}$ depășește funcția $\mu_{[a,b]}$, $\mu_{[c,d]}$ și $l_{[a,b,c,d]}$ lungimea acestei reuniuni. Dacă această reuniune se reduce la o mulțime discretă, atunci $l_{[a,b,c,d]}=0$.

Rezultă, atunci:

$$\max(\mu_{[a,b]}, \mu_{[c,d]}) = \begin{cases} \mu_{[a,b]}, & \text{dacă } L_{[a,b,c,d]} > l_{[a,b,c,d]}, \\ \mu_{[c,d]}, & \text{dacă } L_{[a,b,c,d]} < l_{[a,b,c,d]}. \end{cases} \quad (10.64.)$$

În cazul în care $L_{[a,b,c,d]}=l_{[a,b,c,d]}$, atunci $\mu_{[a,b]} = \mu_{[c,d]}$.

Minimul celor două funcții de apartenență se definește în mod similar.

Metodele de decizii multicriteriale fuzzy, ca și combinarea unor metode de decizii multiatribut cu metode multiobiectiv reprezintă un domeniu deschis cercetării, cu potențiale aplicații în optimizarea variantelor de amenajare a sistemelor hidroenergetice.

10.6. CHE PALTINU - PREZENTAREA AMENAJĂRII ȘI APORT ENERGETIC

10.6.1. Barajul și acumularea Paltinu

Barajul Paltinu, amplasat pe râul Doftana la 17 km amonte de confluența cu râul Prahova, constituie obiectivul principal al Sistemului hidrotehnic PALTINU - VOILA și asigură regularizarea debitelor râului Doftana și utilizarea acestora pentru:

- Alimentarea cu apă potabilă a principalelor localități din aval;
- Alimentarea cu apă industrială a platformelor Brazi și Teleajen;
- Producerea de energie electrică în CHE PALTINU;
- Irigarea a 22000 ha în zonele învecinate orașului Ploiești;
- Acorduri, turism.

Barajul Paltinu este din beton, în dublu arc, cu rost perimetral, cu înălțimea maximă de 108 m și lungimea la coronament 460 m.

Lacul de acumulare creat de baraj are un volum util de 53.66 milioane m³ (corespunzător cotei 649.00 mdM) și volumul total al acumulării de 61 mil. m³.

Cotele de exploatare ale acumulării sunt:

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| • Cota retenției normale | 649.00 mdM |
| • Cota ax priză conductă forțată CHE | 578.00 mdM |
| • Cota minimă de funcționare a CHE | 600.00 mdM |
| • Cota golire fund nr. 1 | 570.00 mdM |
| • Cota golire fund nr. 2 | 574.00 mdM |
| • Cota golire semiadâncime | 625.00 mdM |

10.6.2. Centrala Hidroelectrică Paltinu

C.H.E. este amplasată în aval de barajul Paltinu și are următoarele caracteristici:

- | | |
|---|--|
| • Energia de proiect pentru anul mediu hidrologic | $E_{anmed} = 30.2$ Gwh/an |
| • Timpul de utilizare al puterii instalate | $T_{uPI} = 2960$ ore |
| • Puterea instalată | $P_i = 10.2$ MW |
| • Debit instalat | $Q_i = 2 \times 7.5$ m ³ /s |

Aducțiunea:

- Lungime $L = 26.0$ m
- Diametru $D = 1.4$ m

Conducta forțată:

- Lungime $L_{cf} = 22.6$ m
- Diametru $D_{cf} = 1.4$ m

Turbinele:

- | | |
|---|----------------------|
| • Tip FVM - 5.4 - 80 | 2 unități |
| • Cădere brută | $H_{br} = 94$ m |
| • Cădere netă maximă | $H_{nmax} = 90$ m |
| • Cădere netă nominală | $H_{nom} = 80$ m |
| • Cădere netă minimă | $H_{nmin} = 49$ m |
| • Puterea maximă la cupla turbinei (pentru căderea netă nominală) | $P = 5.35$ MW |
| • Turația nominală | $n_n = 600$ rot/min |
| • Turația de ambalare | $n_a = 1340$ rot/min |

**10.6.3. Producția de energie electrică
în CHE PALTINU - 1972 - 1997**

Tabelul. 10.9.

| Perioada | HG 1 | | HG 2 | | CENTRALA |
|-----------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|------------------------|
| | Ore funcț | Energ.produșă [MWh] | Ore funcț | Energ.produșă [MWh] | Energ.produșă [MWh] |
| 1972 | 3491 | 9275 | 1730 | 4596 | 13871 |
| 1973 | 4016 | 13070 | 2634 | 8573 | 21643 |
| 1974 | 956 | 3791 | 69 | 274 | 4065 |
| 1975 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1976 | 2776 | 5388 | 987 | 1916 | 7304 |
| 1977 | 4885 | 9636 | 1933 | 3812 | 13448 |
| 1978 | 2765 | 5712 | 1116 | 2307 | 8019 |
| 1979 | 4992 | 13718 | 2336 | 6419 | 20137 |
| 1980 | 3140 | 7442 | 1515 | 3590 | 11032 |
| 1981 | 4641 | 13421 | 2845 | 8227 | 21648 |
| 1982 | 2873 | 9402 | 3438 | 11252 | 20654 |
| 1983 | 2758 | 9854 | 2708 | 9675 | 19529 |
| 1984 | 2956 | 11432 | 3026 | 11704 | 23136 |
| 1985 | 2419 | 10035 | 2309 | 9608 | 19643 |
| 1986 | 1844 | 7872 | 1775 | 7577 | 15449 |
| 1987 | 1566 | 4872 | 1367 | 4242 | 9114 |
| 1988 | 2180 | 10064 | 1944 | 8975 | 19039 |
| 1989 | 1353 | 6141 | 1570 | 7127 | 13268 |
| 1990 | 1481 | 6241 | 1566 | 6599 | 12840 |
| 1991 | 2975 | 14487 | 2898 | 14122 | 28609 |
| 1992 | 1908 | 9610 | 2126 | 10707 | 20317 |
| 1993 | 1634 | 7053 | 1808 | 7804 | 14857 |
| 1994 | 1951 | 9357 | 1422 | 6820 | 16177 |
| 1995 | 1981 | 9027 | 2081 | 9482 | 18509 |
| 1996 | 2631 | 13142 | 2907 | 14520 | 27662 |
| 1997 Ianuarie | 167 | 838 | 196 | 984 | 1822 |
| Februarie | 137 | 699 | 127 | 647 | 1346 |
| Martie | 145 | 710 | 140 | 686 | 1396 |
| Aprilie | 269 | 1359 | 231 | 1168 | 2527 |
| Mai | 500 | 2526 | 526 | 2657 | 5183 |
| Iunie | 220 | 1132 | 211 | 1117 | 2249 |
| Iulie | 325 | 1672 | 257 | 1362 | 3034 |
| August | 312 | 1560 | 649 | 3244 | 4804 |
| Septembrie | 321 | 1610 | 316 | 1584 | 3194 |
| Octombrie | 184 | 961 | 153 | 799 | 1760 |
| Noiembrie | 169 | 855 | 141 | 714 | 1569 |
| Decembrie | 268 | 1349 | 325 | 1637 | 2986 |
| Total 1997 | 2903 | 14715 | 3386 | 17154 | 31869 |
| 1998 | 3019 | 15083 | 3686 | 17950 | 33033 |
| Total de la PIF | 70094 | 249840 | 55182 | 215032 | 464872 |

Producția anuală de energie electrică în CHE Paltinu în perioada 1972 – 1998 este prezentată grafic în Fig. 10.15., iar producția lunară pentru 1997 în Fig. 10.16.

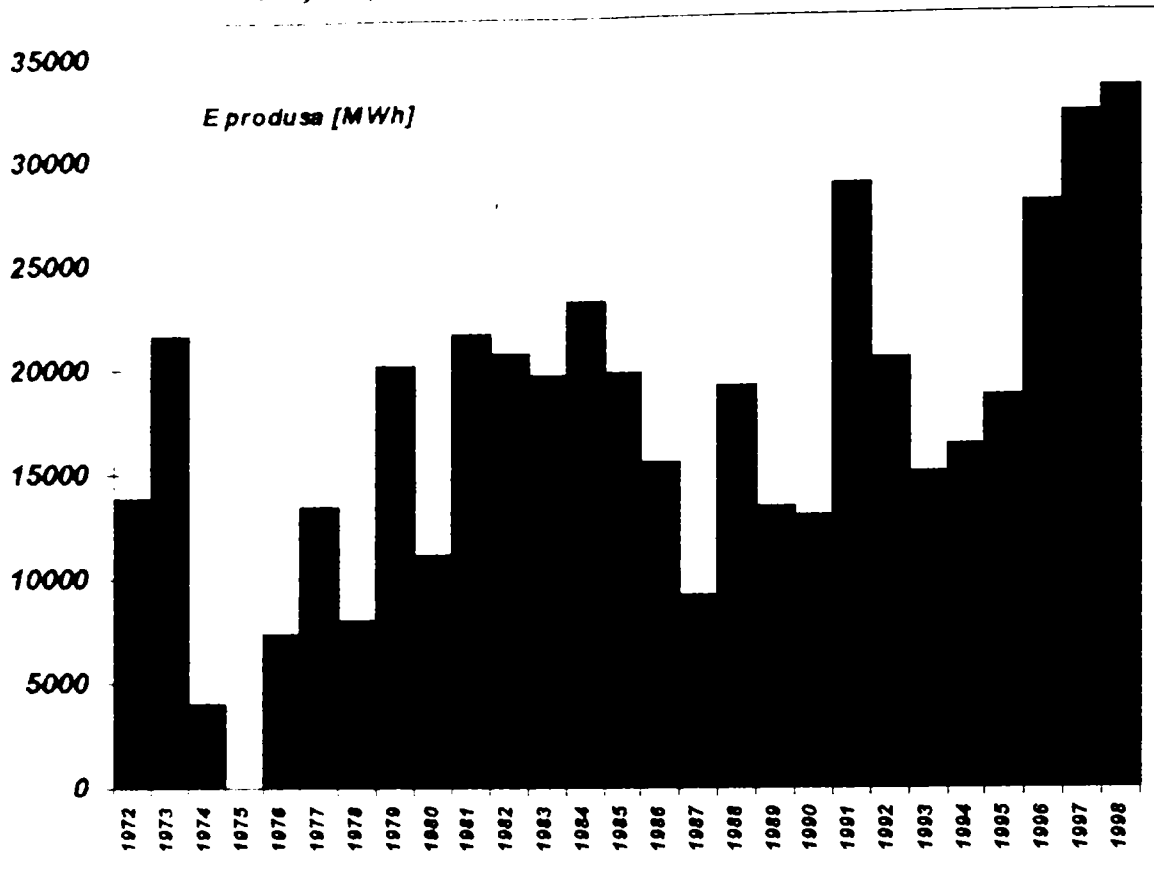


Fig. 10.15. Producția anuală de energie electrică în CHE Paltinu - 1972 - 1998 [MWh]

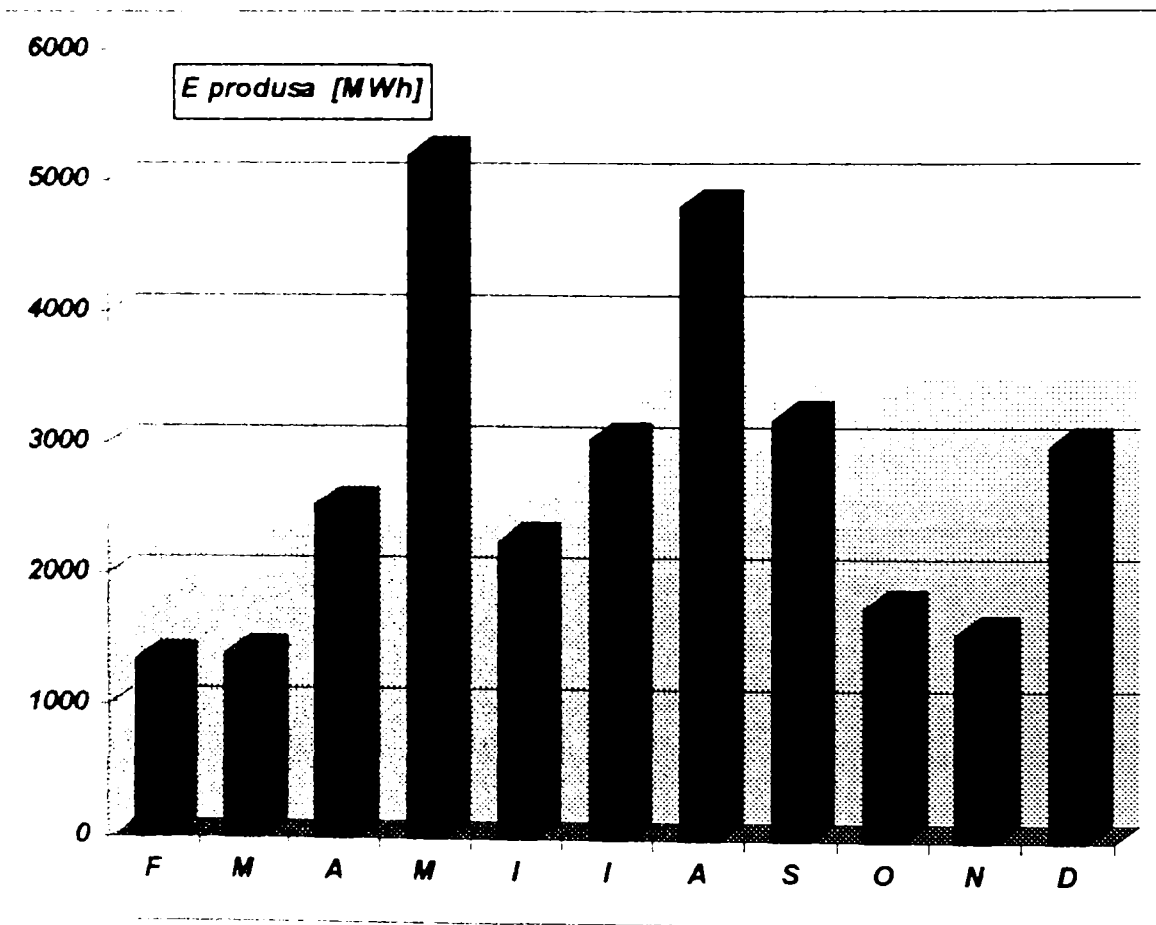


Fig. 10.16. Producția lunară de energie electrică în CHE Paltinu - 1997 [MWh].

10.6.4. Curbele caracteristice ale acumulării Paltinu

Fig. 10.17. ilustrează o secțiune transversală prin barajul acumulării Paltinu, iar în Fig. 10.18. sunt reprezentate curbele caracteristice ale acestei acumulări.

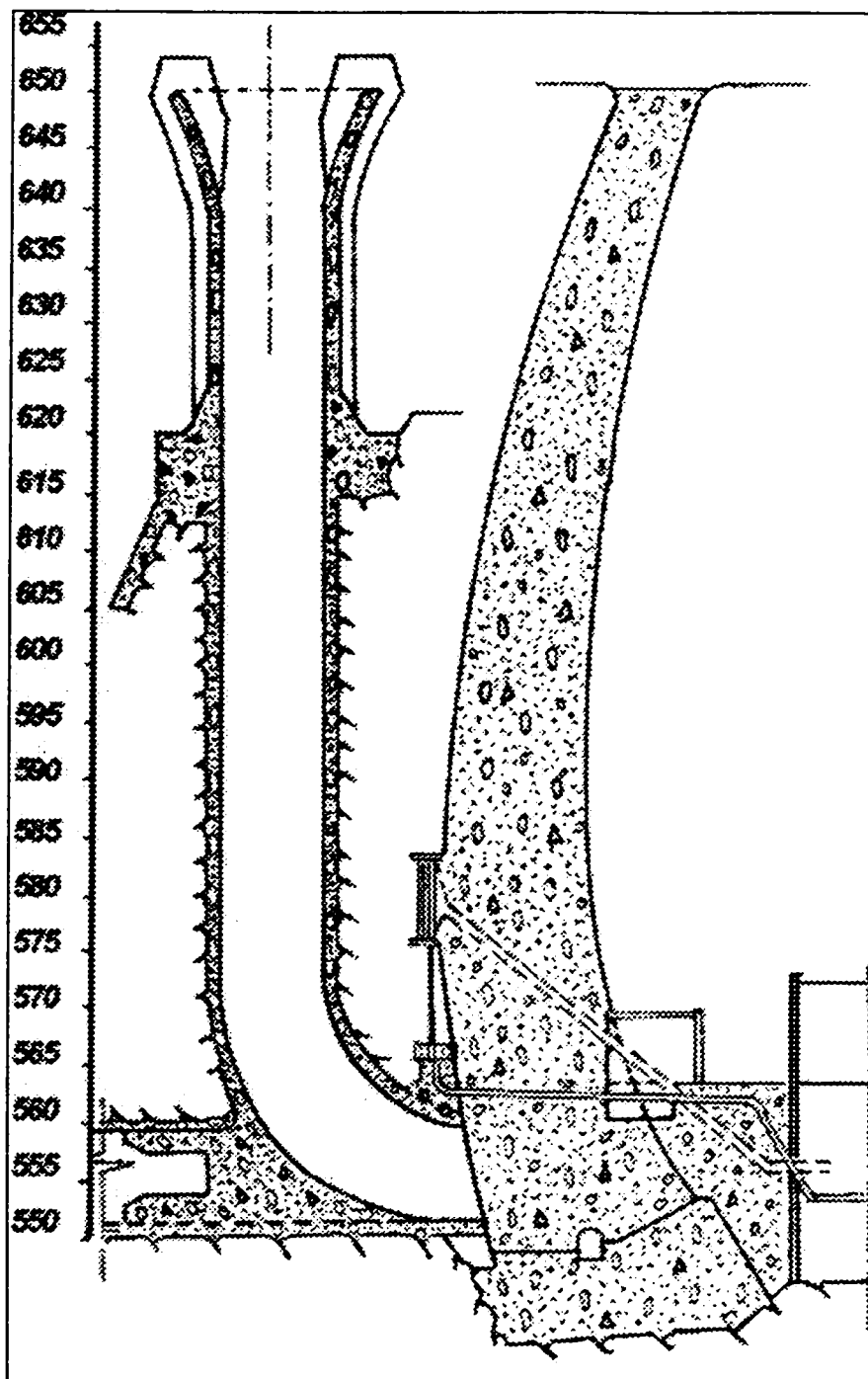


Fig. 10.17. Secțiune transversală prin barajul Paltinu – Scara 1 : 500.

Volumele restante în lacul de acumulare trebuie atent gestionate, astfel încât, independent de caracterul anului, stratul util al acestuia să fie folosit în mod eficace (golit la începutul viiturii următoare, fără ca golirea să se producă prematur) [45].

Această gestionare este posibilă prin urmărirea periodică a volumelor restante în lac, în raport cu variația acestora într-un an extrem de secetos (de ex. cu asigurare de 97 - 99 %).

Astfel se poate controla efectiv ritmul formării dar mai ales al consumului stratului util al lacului față de variația reală a debitului afluent și se pot modifica corespunzător debitele turbinate în CHE.

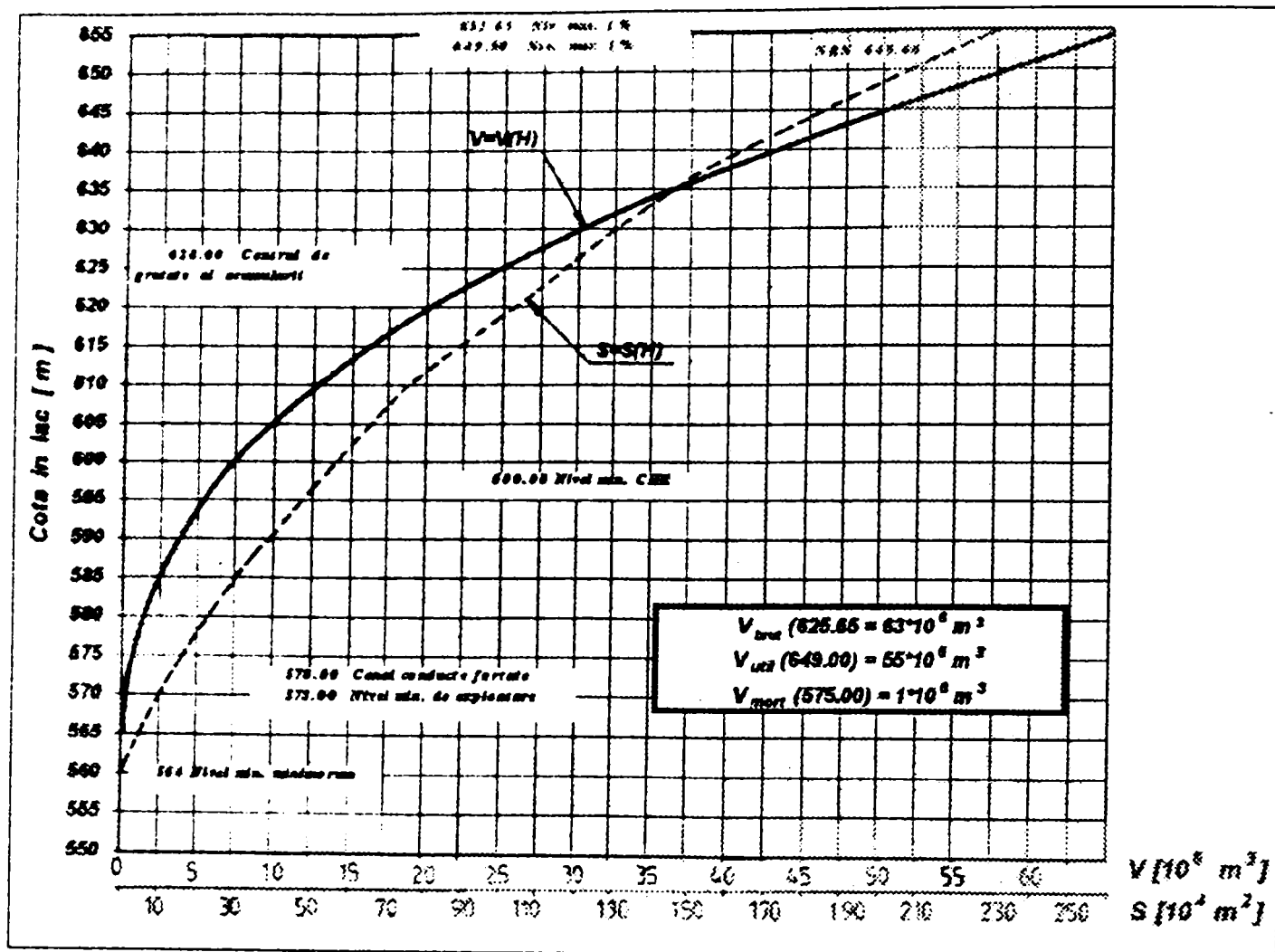


Fig. 10.18. Curbele caracteristice ale acumulării Paltinu.

10.6.5. Graficul dispecer – Lacul de acumulare Paltinu

Practic, procedeul dispecer presupune:

- Stabilirea în prealabil a unui program de exploatare a lacului pentru anul de comparație: cotele apei din lac funcție de timp $h(t)$ studiat pe baza unor date expirate;
- Compararea pe parcurs a evoluției reale a cotelor apei din lac pentru anul în curs cu cele din program și stabilirea corecțiilor.

Programe de exploatare de comparație, studiate pe date expirate, pot conține diferite strategii de utilizare a stocului de apă, în care se introduc diferite ritmuri de umplere sau golire, în funcție de necesitățile sistemului energetic sau ale altor servituți.

În practică, graficele de exploatare, denumite și grafic dispecer se construiesc sub forma $V = V(t)$, cu volumul din lac în limitele stratului util.

Considerând pe diferite perioade de timp t (lunar, anual) debitele de utilizare Q_u , în contextul ordonării după priorități a diferitelor folosințe, se determină în raport cu debitul afluent Q_a , volumul în lac la sfârșitul perioadei t , cu relația:

$$V_{\text{final}} = V_{\text{initial}} + (Q_a - Q_u) t \quad (10.65.)$$

În Fig. 10.19. este prezentat graficul dispecer pentru lacul de acumulare Paltinu, realizat pe baza datelor înregistrate în perioada 1941 – 1994 [40].

LACUL DE ACUMULARE PALTINU
 GRAFIC DISPECER (1941 - 1994)

$Q_{nec.} = 2.80 \text{ m}^3/\text{s}$ $p = 99.00 \%$ $V_{util} = 53.66 \text{ mil. m}^3$

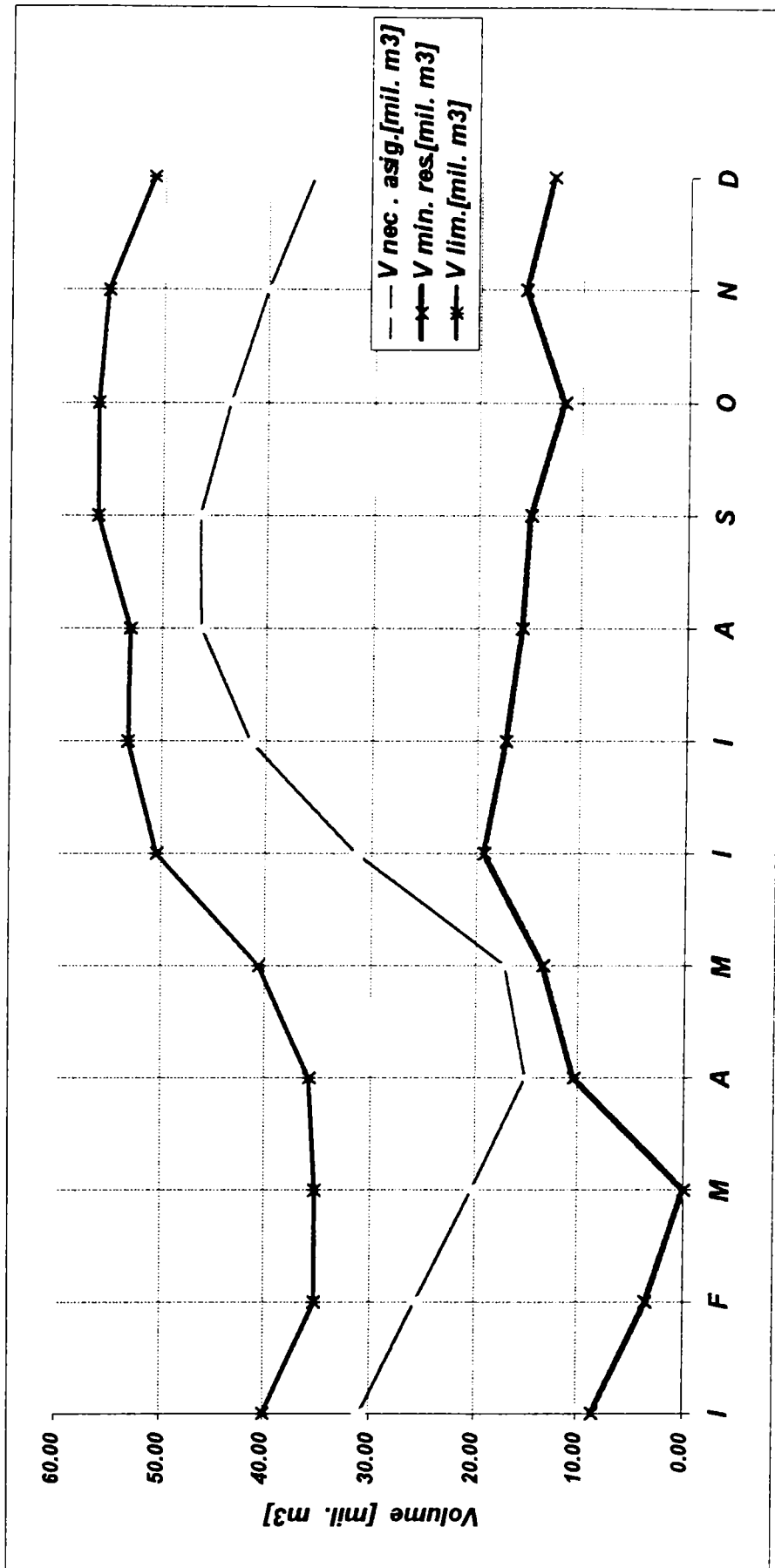
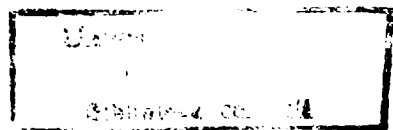


Fig. 10.19.

| Luna | I | F | M | A | M | I | I | A | S | O | N | D |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Q_{cerut} [\text{m}^3/\text{s}]$ | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 |
| $Q_{par} [\text{m}^3/\text{s}]$ | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 |
| $V_{nec. \text{ asig.}} [\text{mil. m}^3]$ | 30.96 | 25.72 | 20.25 | 15.12 | 17.23 | 31.48 | 41.53 | 46.26 | 46.31 | 43.53 | 40.03 | 35.82 |
| $V_{min. \text{ res.}} [\text{mil. m}^3]$ | 8.49 | 3.60 | 0.00 | 10.49 | 13.33 | 19.25 | 17.07 | 15.60 | 14.89 | 11.81 | 15.46 | 12.91 |
| $V_{lim.} [\text{mil. m}^3]$ | 40.05 | 35.22 | 35.22 | 35.85 | 40.55 | 50.34 | 53.02 | 52.86 | 56 | 56.00 | 55.15 | 50.94 |



10.6.6. Elemente de calcul al compensării pentru CHEA Paltinu

Pentru anul 1997 am efectuat un studiu al compensării, însumând debitele gospodărite în amenajarea CHEA Paltinu.

Volumul afluent este determinat pomind de la hidrograful înregistrat în perioada de analiză (Fig.10.20.) pentru care datele sunt extrase din Tabelul 10.10, utilizând relația de calcul:

$$V_{afi} = \sum \Delta V_i = \sum Q_{medlunari} \cdot \Delta t_i \quad (10.66.)$$

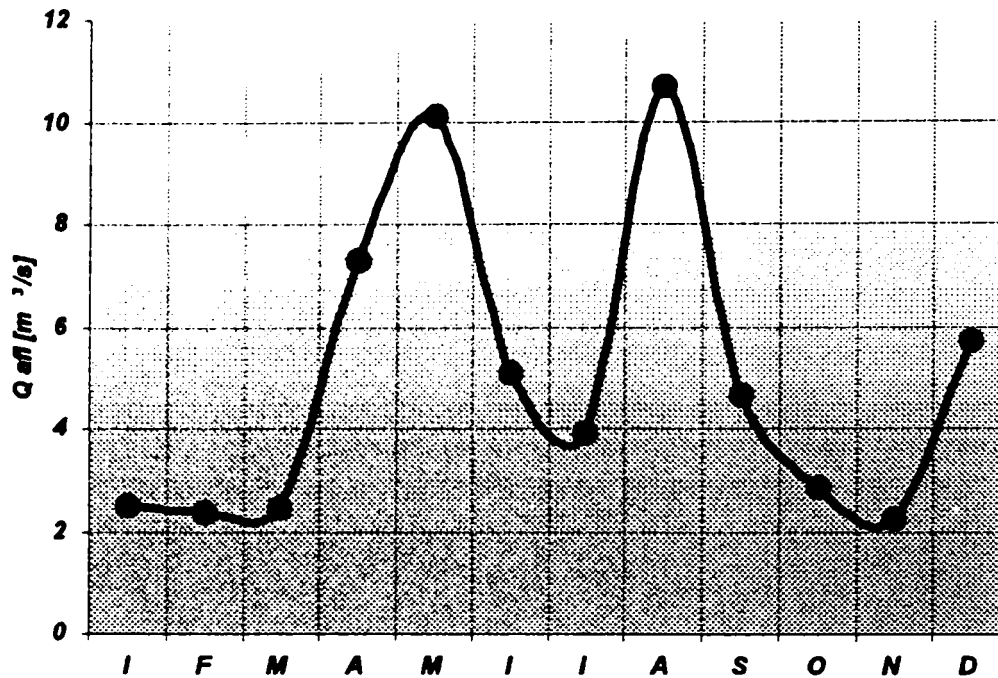


Fig.10.20. Hidrograful raului Doftana pentru anul 1997.

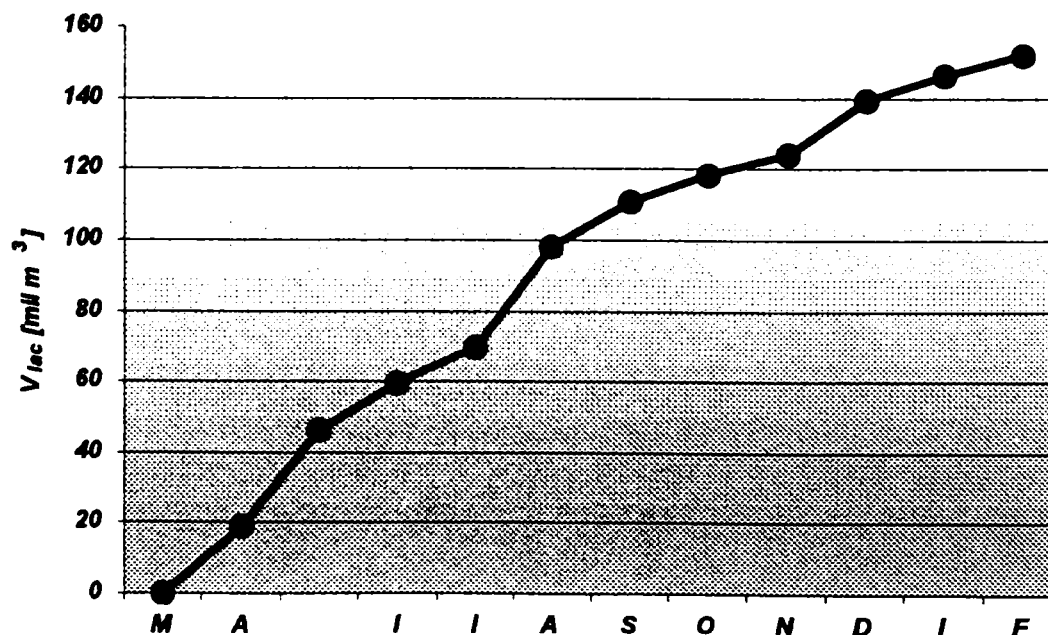


Fig. 10.21. Curba integrală de afluență.

Perioada de calcul nu poate fi anul calendaristic, nici cel hidrologic, deoarece umplerea lacului se produce în cursul viiturii. În studiul efectuat am ales anul compensator, la începutul căruia lacul de acumulare este gol și începe odată cu viitura, în luna aprilie.

În Fig. 10.21 este reprezentată curba integrală de afluență. Datorită alurii crescătoare a curbei integrale am reprezentat evoluția volumelor în lac în sistemul de coordonate oblice (Fig. 10.22). Translatarea ecstei curbe în lungul axei ordonatelor V cu cantitatea $V_{lac} = 53,66 \text{ mil } m^3$, permite obținerea domeniului în interiorul căruia trebuie să se desfășoare curba integrală de utilizare $V_u(t)$. Intersecțiile acestei curbe cu cele două curbe care delimitează domeniul menționat mai sus semnifică starea de lac plin (curba inferioară) și respectiv lac gol (curba superioară). Am rotit axa timpului astfel încât vechea axă a timpului se situează pe aceeași direcție cu debitul mediu la scară radială, care are valoarea cunoscută de $5 \text{ m}^3/\text{s}$.

În realitate, studiul de compensare ține seamă de o serie de condiții specifice, care definesc obținerea unei soluții economice raționale a programului de producere a energiei electrice.

În multe cazuri, ca și în cel analizat, volumul lacului destinat compensării are o valoare limitată de condițiile de amplasament. Deversări importante pot determina volume considerabile de apă pierdute în perioada viiturilor, cu consecințe asupra eficienței economice la fel de importante.

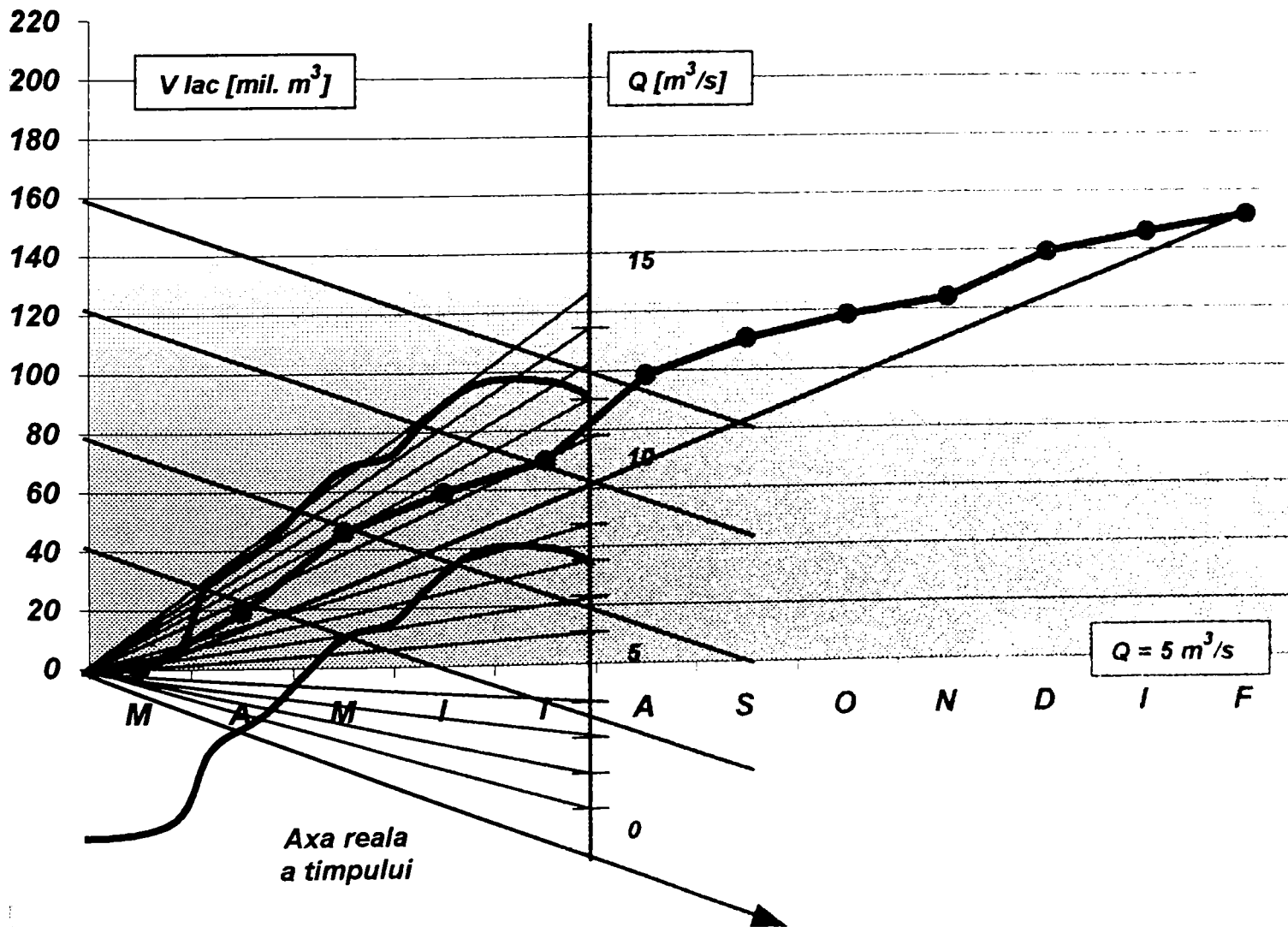


Fig. 10.22. Curba integrală în sistemul de coordonate oblice.

Tabelul 10.10.

| Luna | M | A | M | I | I | A | S | O | N | D | I | F | M |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 7,3 | 10,1 | 5,08 | 3,93 | 10,7 | 4,68 | 2,85 | 2,24 | 5,72 | 2,51 | 2,36 | 2,46 |
| V _{af} lac [mil m ³] | 0 | 18,92 | 45,97 | 59,14 | 69,67 | 98,33 | 110,46 | 118,09 | 123,90 | 139,22 | 145,94 | 151,65 | 158,24 |

Tabelul 10.10. conține datele lunare de calcul ale volumelor afluențe cumulate corespunzătoare celor curbe integrale obținute în aplicația CIQ.XLS.

Curbele de variație ale volumului utilizat se reprezintă în aceeași diagramă. Problema regularizării debitului are ca obiectiv posibilitatea compensării hidraulice pe seama puterii CHEA, la limita economică a volumului lacului de compensare.

Curbele integrale de afluență trebuie considerate, însă ca având un nivel de probabilitate în timp, ceea ce conferă studiului compensării un grad ridicat de dificultate.

Un exemplu de grafic dispecer pentru lacul de acumulare Paltinu, realizat pe baza datelor înregistrate în perioada 1941-1994 este prezentat în paragraful 10.6.5.

În cazul CHEA Paltinu este avantajos ca la începutul viiturii din luna aprilie să se funcționeze cu debite maxime în centrală.

Regimul de funcționare al CHEA primăvara justifică analiza realizării unor centrale hidroelectrice de mică putere care să valorifice debitele turbinate în aval de centrala de acumulare.

10.7. INVESTIGAREA PRIN CALCUL PROGRAMAT A SURSELOR HIDROENERGETICE DE MICĂ PUTERE

În acest paragraf este prezentată utilitatea aplicării distribuției teoretice Weibull, insistând asupra variantei triparametrice a acesteia. Algoritmul de adecvare a distribuției teoretice Weibull este constituit pe baza datelor empirice în două etape succesive:

- Aplicarea formei biparametrice de calcul numeric al parametrilor k și c ;
- Iterarea celui de al treilea parametru de localizare a în sensul obținerii supleței dorite a graficului.

Se observă că acest parametru de localizare a este pozitiv în cazul aplicațiilor în domeniul hidroenergeticii, deoarece debitul minim este o valoare pozitivă ($Q_{\min} > 0$; partea modulată se deplasează în sus la valori mai mari ale debitului);

Relațiile analitice pe care le oferă permit includerea ei în programele de investigare a potențialelor energetice respectiv a condițiilor tehnice și economice de valorificare ale acestora în diverse amplasamente considerate favorabile. Studiul se bazează pe date și calcule numerice ilustrative și aplicații.

Domaniul hidroenergeticii și aeroenergeticii permite investigarea datelor caracteristice ale acestor surse utilizând calculul programat [52], făcând apel la unele distribuții teoretice, ca urmare a facilităților pe care le oferă. Se admite ipoteza unei variații continue a probabilității evenimentelor hidrologice sau aerologice exprimate prin mărimi fizice aferente (debitul afluent respectiv viteza vântului), pe întregul câmp de variație al acestora.

Pentru exemplificare în domeniul hidrologiei, se poate scrie, cu $f(Q)$ o funcție de probabilitate, următoarea relație:

$$\int_0^{Q_{\max}} f(Q) dQ = 1 \quad (10.67.)$$

$$P_{\text{dep.}l} = \int_{Q_l}^{Q_{\max}} f(Q) dQ \quad (10.68.)$$

Ea poate fi asociată la două domenii complementare astfel: care exprimă suma probabilităților ca evenimentul hidrologic să fie reprezentat prin debitul afluent Q_p , evident ($Q_l < Q < Q_{\max}$), unde $p_{\text{dep.}l}$ definește o asigurare de depășire; exprimată în unități de timp sau numărul total de zile (ore) în care, pentru perioada considerată (de exemplu, un an de referință), ea arată că debitele afluate au fost cel puțin egale sau mai mari decât Q_l .

Conform relației (10.75.), care exprimă suma probabilităților ca evenimentul hidrologic să fie reprezentat (tot) prin Q_l , dar ($0 < Q < Q_l$), în care $p_{\text{nedep.}l}$ definește o asigurare de nedepășire:

$$P_{\text{nedep.}l} = \int_0^{Q_l} f(Q) dQ = 1 - P_{\text{dep.}l} \quad (10.69.)$$

În acest caz, ea arată, în unități de timp sau numărul de zile (ore), din aceeași perioadă considerată, că debitul afluent a fost mai mic sau cel mult egal cu Q_p .

Practic, în cazul unei stații hidrologice, șirul cronologic de N măsurători sistematice ale debitului afluent Q se reordonează pe m grupe cu valori apropiate, crescătoare ale acestora, aliniate la câte o medie reprezentativă Q_l asociată câte

unui număr n de măsurători. Astfel, fiecărei valori Q_i se asociază o asigurare (acoperire) p_i ,

În vederea efectuării unor calcule energetice ulterioare, folosind în acest scop calculul programat, devin utile și necesare, în sensul adecvării unor distribuții teoretice, determinarea unor relații analitice, aplicarea lor și confruntarea corespunzătoare a rezultatelor teoretice cu cele empirice. În acest scop, s-a considerat sugestivă utilizarea distribuției teoretice Weibull, în forma ei biparametrică în domeniul aeroenergeticii de către Justus și colaboratorii, Baynes, Wentick și alții în a doua jumătate a anilor '70 [51].

Astfel o distribuție Weibull, având funcția densității de probabilitate $f(Q)$, apoi ca parametri: un factor de scară "c" (în unități ale mărimii primare Q) și un factor de formă "k" (adimensional), este definită de însuși autorul ei prin:

$$f(Q) = \frac{k}{c} \left(\frac{Q}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{Q}{c}\right)^k\right] \quad (10.70.)$$

care, în vederea construirii unui algoritm de calcul, poate fi transformat succesiv:

$$f(Q) = k \left(\frac{1}{c}\right) \left[\left(\frac{1}{c}\right)^{(k-1)} Q^{(k-1)}\right] \exp\left[-\left(\frac{1}{c}\right)^k Q^k\right] \quad (10.71.)$$

$$f(Q) = k \left(\frac{1}{c}\right)^k Q^{(k-1)} \exp\left[-\left(\frac{1}{c}\right)^k Q^k\right] \quad (10.72.)$$

și în forma ei biparametrică concentrată, mai cunoscută [1], punând $(1/c)^k = \lambda$

$$f(Q) = k \lambda Q^{(k-1)} \exp[-\lambda Q^k] \quad (10.73.)$$

Probabilitatea cumulată echivalentă unei valori Q_i , numită și funcție de repartiție, ținând cont de relațiile (10.67), (10.68.) și (10.69.), se scrie sub forma integrată între limitele 0 și Q_i :

$$F(Q) = p_i = \frac{t_i}{T} = e^{-\lambda Q_i^k} \quad (10.74.)$$

sau

$$\frac{1}{p_i} = e^{\lambda Q_i^k} \quad (10.75.)$$

$$\ln\left[\ln\left(\frac{1}{p_i}\right)\right] = A_i = \ln \lambda + k \ln Q_i \quad (10.76.)$$

Apoi prin dublă logaritmare se obține forma liniară:

În ideea introducerii unei forme analitice pentru calculul asigurării (acoperirii) oricărei valori $0 < Q_i < Q_{max}$, respectiv a frecvenței de repetiție a acesteia, utilizând distribuția teoretică Weibull, cele două constante pot fi determinate din datele empirice înglobabile în A_i (vezi rel.(10.76.)) și aplicând metoda celor mai mici pătrate se obține:

Rezolvând în raport cu parametrii λ și k , respectiv anulând derivatele parțiale aferente, se obțin prin calcul valorile estimate ale acestora. Apoi, deoarece $\lambda = (1/c)^k$, cu $\ln \lambda = b$ rezultă $\lambda = e^b$ iar $c = 1/\lambda^{1/k}$.

$$S_{min} = \sum_1^m [A_i - (\ln \lambda + k \ln Q_i)] \quad (10.77.)$$

Din experiența practică rezultă că forma biparametrică a distribuției Weibull nu este suficient de satisfăcătoare în aplicațiile în care s-a încercat folosirea ei. Analizând comparativ și alte forme de distribuție se poate ajunge la concluzia că forma ei triparametrică, în sensul introducerii unui al treilea parametru complementar, denumit de localizare "a" (exprimat în unități de măsură ale mărimii primare) conduce la o variantă mult mai adecvată și satisfăcătoare. Astfel la construirea programului de calcul a fost introdusă iterarea corespunzătoare a valorii parametrului "a", în cadrul operației de minimizare a expresiei S din relația (10.72.). În fapt, parametrul de localizare "a", operând direct asupra valorilor Q, întâlnite în program, a determinat considerarea unui ciclu de iterare corespunzător; scriind $Q_i^* = Q_i - a$, rezultă relația (10.77.) în forma adaptată:

$$S_{\min.\min} = \sum_1^m [A_i - (b + k \ln Q_i^*)]^2 \quad (10.78.)$$

Efectuând calculele, rezultă:

$$b = \frac{\left(\sum_1^m A_i\right)\left(\sum_1^m \ln^2 Q_i^*\right) - \left(\sum_1^m \ln Q_i^*\right)\left(\sum_1^m A_i \ln Q_i^*\right)}{m\left(\sum_1^m \ln^2 Q_i^*\right) - \left(\sum_1^m \ln Q_i^*\right)^2} \quad (10.79.)$$

$$k = \frac{m\left(\sum_1^m A_i \ln Q_i^*\right) - \left(\sum_1^m A_i\right)\left(\sum_1^m \ln Q_i^*\right)}{m\left(\sum_1^m \ln^2 Q_i^*\right) - \left(\sum_1^m \ln Q_i^*\right)^2} \quad (10.80.)$$

parametrul "c" se determină din "b" ca mai sus, iar parametrul "a" ia valoarea estimată dobândită în ciclul de iterare pentru $S_{\min.\min}$ acceptat.

Cunoașterea celor trei parametri: a, k și c pentru distribuția Weibull adecvată, permite obținerea formelor analitice de calcul ale histogramelor respectiv ale curbelor de acoperire, precum și facilitățile determinării prin calcul ale unor importante caracteristici statistice asociate variabilei aleatoare studiate, (valoarea medie M^* sau $\langle Q^* \rangle$, valoarea modală Mo^* respectiv mediana Me^*):

$$P_{\text{nedep.1}} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{Q_i^*}{c}\right)^k\right] = 1 - \exp\left[-\left(\frac{Q_i - a}{c}\right)^k\right] \quad (10.81.)$$

În acest scop scriind, în sensul relației (10.69.) și utilizând funcția Γ (cu valori calculabile, sau extrase din tabele) se utilizează următoarele relații:

$$M^* = \langle Q^* \rangle = c \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (10.82.)$$

$$Mo^* = c \left(\frac{k-1}{k}\right)^{\frac{1}{k}} \quad (10.83.)$$

$$Me^* = c (\ln 2)^{\frac{1}{k}} \quad (10.84.)$$

Ilustrativ, pentru domeniul hidrologiei au fost considerate datele măsurătorilor de debit efectuate în perioada 1959-1997 în secțiunea Teșila a râului Doftana (județul Prahova).

Am considerat semnificativã prelucrarea datelor mãsurãtorilor de debit efectuate în perioada 1959-1997 în secțiunea Teșila pe râul Doftana, reprezentate prin 468 valori medii lunare ca în Tabelul 10.11.

Tabelul 10.11. Debitele medii lunare SH Teșila 1959 – 1997.

| Luna ANUL | I | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Q _{an med} | Q _{max} | Q _{min} |
|-----------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|---------------------|------------------|------------------|
| 1959 | 1,36 | 1,13 | 2,81 | 3,19 | 5,81 | 7,46 | 6,23 | 3,87 | 2,54 | 1,82 | 2,01 | 2,53 | 3,38 | 34,8 | 0,500 |
| 1960 | 3,31 | 3,91 | 4,31 | 4,71 | 6,36 | 7,97 | 3,52 | 2,97 | 1,93 | 1,52 | 2,16 | 5,96 | 4,35 | 89,4 | 1,000 |
| 1961 | 3,20 | 3,57 | 2,87 | 4,24 | 6,78 | 1,25 | 5,48 | 4,65 | 1,95 | 1,82 | 2,24 | 1,47 | 4,21 | 31,1 | 0,583 |
| 1962 | 2,06 | 1,55 | 1,87 | 5,07 | 1,83 | 5,49 | 3,36 | 2,69 | 2,04 | 1,63 | 2,83 | 1,19 | 4,04 | 21,5 | 0,200 |
| 1963 | 1,95 | 5,79 | 1,40 | 16,94 | 5,40 | 6,05 | 3,70 | 2,60 | 1,60 | 1,06 | 1,05 | 1,11 | 4,58 | 26,7 | 0,500 |
| 1964 | 0,59 | 0,90 | 3,13 | 4,79 | 4,32 | 2,87 | 3,98 | 2,82 | 3,12 | 5,77 | 8,50 | 9,98 | 4,23 | 27,9 | 0,432 |
| 1965 | 10,70 | 4,44 | 16,30 | 6,70 | 11,20 | 7,00 | 3,95 | 2,04 | 1,51 | 1,20 | 1,07 | 1,20 | 4,47 | 57,2 | 0,797 |
| 1966 | 1,86 | 6,85 | 7,33 | 13,70 | 6,93 | 1,40 | 4,53 | 5,70 | 2,46 | 1,77 | 8,17 | 6,59 | 5,36 | 25,9 | 0,600 |
| 1967 | 3,43 | 3,35 | 6,84 | 6,47 | 3,38 | 7,80 | 4,11 | 2,68 | 1,58 | 1,23 | 1,06 | 1,36 | 4,35 | 27,8 | 0,407 |
| 1968 | 1,38 | 2,35 | 3,29 | 5,67 | 3,28 | 2,00 | 7,86 | 1,89 | 2,15 | 2,58 | 3,92 | 2,63 | 2,74 | 26,0 | 0,192 |
| 1969 | 1,72 | 2,73 | 4,30 | 13,20 | 10,80 | 13,10 | 16,40 | 4,88 | 3,48 | 2,24 | 1,87 | 7,40 | 6,85 | 120,0 | 0,874 |
| 1970 | 6,53 | 4,65 | 16,20 | 16,70 | 16,00 | 7,14 | 3,87 | 7,39 | 3,86 | 2,69 | 2,71 | 2,64 | 7,37 | 131,0 | 1,060 |
| 1971 | 5,47 | 3,63 | 6,82 | 11,10 | 11,30 | 6,43 | 6,80 | 4,59 | 6,60 | 3,43 | 3,32 | 2,76 | 6,44 | 57,4 | 1,520 |
| 1972 | 2,12 | 3,51 | 5,52 | 6,36 | 6,60 | 4,77 | 4,27 | 4,71 | 8,22 | 15,60 | 5,95 | 4,07 | 5,96 | 60,4 | 1,210 |
| 1973 | 3,55 | 4,01 | 4,80 | 13,20 | 12,00 | 6,31 | 6,41 | 4,65 | 2,67 | 1,88 | 1,69 | 1,49 | 5,03 | 39,2 | 1,200 |
| 1974 | 1,60 | 1,84 | 2,65 | 3,10 | 7,70 | 6,57 | 6,80 | 3,44 | 2,66 | 3,63 | 5,46 | 4,66 | 4,47 | 36,4 | 1,380 |
| 1975 | 3,53 | 2,20 | 4,00 | 6,10 | 6,80 | 6,33 | 16,40 | 6,08 | 3,32 | 4,62 | 3,25 | 2,68 | 5,79 | 114,0 | 0,750 |
| 1976 | 2,07 | 2,14 | 3,51 | 13,20 | 7,10 | 6,16 | 2,82 | 3,38 | 2,35 | 1,72 | 4,69 | 4,50 | 4,36 | 37,7 | 1,160 |
| 1977 | 2,81 | 4,52 | 6,81 | 6,86 | 6,30 | 6,90 | 6,21 | 3,71 | 2,94 | 2,31 | 2,27 | 1,99 | 4,73 | 27,6 | 1,650 |
| 1978 | 1,34 | 3,44 | 4,80 | 5,10 | 6,03 | 4,30 | 6,80 | 3,27 | 4,29 | 2,78 | 3,03 | 3,52 | 4,51 | 40,8 | 0,811 |
| 1979 | 3,38 | 4,54 | 6,15 | 6,64 | 6,20 | 10,80 | 11,10 | 7,40 | 3,73 | 2,64 | 2,45 | 2,23 | 5,89 | 125,0 | 1,760 |
| 1980 | 2,01 | 2,39 | 4,30 | 10,30 | 10,40 | 6,84 | 6,20 | 5,88 | 2,69 | 4,10 | 5,86 | 5,63 | 6,16 | 76,5 | 1,040 |
| 1981 | 3,13 | 2,70 | 6,17 | 6,60 | 19,20 | 1,00 | 3,59 | 2,63 | 3,11 | 3,49 | 4,09 | 8,79 | 5,56 | 102,0 | 1,690 |
| 1982 | 5,43 | 2,99 | 3,98 | 5,21 | 7,17 | 4,70 | 4,67 | 4,89 | 3,93 | 2,42 | 2,17 | 3,34 | 4,41 | 61,2 | 1,070 |
| 1983 | 2,73 | 2,84 | 4,28 | 6,87 | 5,35 | 6,80 | 7,83 | 8,89 | 3,36 | 2,10 | 1,56 | 1,40 | 4,90 | 122,0 | 0,598 |
| 1984 | 1,53 | 1,61 | 3,50 | 12,10 | 14,80 | 10,40 | 6,50 | 3,48 | 2,47 | 2,00 | 2,29 | 1,54 | 5,20 | 102,0 | 0,870 |
| 1985 | 1,34 | 1,21 | 4,10 | 11,40 | 6,40 | 6,17 | 4,80 | 3,32 | 2,26 | 1,29 | 1,84 | 2,86 | 4,10 | 106,0 | 0,635 |
| 1986 | 1,68 | 1,67 | 4,04 | 6,67 | 3,69 | 4,15 | 4,00 | 3,03 | 2,14 | 1,87 | 2,41 | 1,22 | 3,06 | 13,7 | 0,300 |
| 1987 | 0,53 | 1,57 | 1,63 | 6,94 | 6,10 | 3,54 | 3,02 | 2,02 | 1,25 | 1,19 | 2,06 | 3,11 | 2,90 | 29,0 | 0,275 |
| 1988 | 1,70 | 1,88 | 4,38 | 11,40 | 7,83 | 7,72 | 2,85 | 2,54 | 2,33 | 1,48 | 1,31 | 1,40 | 4,90 | 58,2 | 0,200 |
| 1989 | 1,04 | 1,81 | 3,73 | 3,25 | 4,32 | 3,46 | 2,11 | 1,76 | 2,17 | 1,82 | 4,15 | 2,38 | 2,66 | 26,2 | 0,180 |
| 1990 | 1,53 | 2,41 | 2,86 | 2,85 | 4,22 | 3,96 | 2,85 | 1,46 | 1,34 | 1,07 | 1,13 | 3,81 | 2,47 | 62,3 | 0,150 |
| 1991 | 1,35 | 1,26 | 4,05 | 1,35 | 13,00 | 11,00 | 6,60 | 5,76 | 2,99 | 8,69 | 3,31 | 2,63 | 6,63 | 83,7 | 0,580 |
| 1992 | 1,57 | 1,34 | 2,60 | 6,27 | 3,01 | 6,12 | 2,60 | 1,75 | 1,34 | 1,29 | 1,43 | 1,00 | 2,90 | 46,4 | 0,280 |
| 1993 | 0,94 | 0,79 | 2,84 | 6,04 | 6,14 | 6,13 | 3,20 | 1,87 | 1,66 | 1,70 | 1,58 | 3,12 | 3,15 | 93,5 | 0,225 |
| 1994 | 2,54 | 1,32 | 1,74 | 2,86 | 2,90 | 3,90 | 4,37 | 2,56 | 1,44 | 2,11 | 1,41 | 1,44 | 2,30 | 34,6 | 0,330 |
| 1995 | 1,52 | 2,06 | 3,17 | 5,60 | 6,13 | 6,87 | 3,76 | 2,49 | 3,50 | 1,80 | 3,14 | 3,94 | 3,81 | 96,0 | 0,330 |
| 1996 | 4,24 | 2,53 | 2,40 | 12,40 | 7,74 | 3,42 | 2,60 | 2,00 | 3,02 | 2,05 | 2,33 | 5,63 | 4,16 | 52,9 | 0,620 |
| 1997 | 2,51 | 2,36 | 2,46 | 7,30 | 10,10 | 6,00 | 3,93 | 10,70 | 4,68 | 2,85 | 2,24 | 5,72 | 4,90 | 114,0 | 0,400 |

Din mediile anuale prezentate în tabelul de mai sus am determinat debitul mediu pe perioada de investigație $Q_{mo} = 4,4974 \text{ m}^3/\text{s}$. În același tabel sunt selectate valorile debitelor de viitură consecutive (3, 4 și 5 luni), în care debitul de viitură este mai mare decât debitul mediu pe perioada de investigație: $Q_v > Q_{mo}$.

Am analizat în continuare trei grupe de ani care scot în evidență potențialul scurgerii, justificând interesul pentru debitele de viitură în lunile de primăvară.

Aceste grupe de ani și debitele de viitură corespunzătoare sunt prezentate în Tabelul 10.12. pentru 30 ani din perioada investigată, după cum urmează:

- 3 luni consecutiv - 10 ani - grupa I;
- 4 luni consecutiv - 14 ani - grupa a II-a;
- 5 luni consecutiv - 6 ani - grupa a III-a.

Tabelul 10.12. Viituri de primăvară - SH Teșila.

| ANUL | Grupa I - Q_v [m^3/s] 3 luni consecutiv (10 ani) | | | | $Q_{med. v}$ [m^3/s] | Q_{ov} [m^3/s] | Q_v gen. [m^3/s] |
|------|--|-------|-------|-------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1959 | 5,81 | 7,46 | 6,22 | | 6,497 | 7,615 | |
| 1960 | 4,91 | 9,85 | 7,90 | | 7,553 | | |
| 1961 | 9,78 | 8,25 | 5,49 | | 7,840 | | |
| 1974 | 7,76 | 9,57 | 6,96 | | 8,097 | | |
| 1976 | 12,20 | 7,70 | 5,16 | | 8,353 | | |
| 1983 | 5,67 | 9,86 | 7,93 | | 7,820 | | |
| 1988 | 11,80 | 7,63 | 7,73 | | 9,053 | | |
| 1993 | 6,66 | 8,14 | 5,13 | | 6,643 | | |
| 1995 | 5,59 | 8,13 | 6,67 | | 6,797 | | |
| 1997 | 7,30 | 10,10 | 5,08 | | 7,493 | | |
| | Grupa a II-a - Q_v [m^3/s] 4 luni consecutiv (14 ani) | | | | | | 8,503 |
| 1962 | 7,27 | 9,57 | 8,83 | 5,40 | 7,768 | 9,295 | |
| 1963 | 8,40 | 15,90 | 5,60 | 6,20 | 9,025 | | |
| 1965 | 10,80 | 9,99 | 11,20 | 7,58 | 9,893 | | |
| 1966 | 7,33 | 13,70 | 8,93 | 8,45 | 9,803 | | |
| 1967 | 6,60 | 9,47 | 9,39 | 7,88 | 8,335 | | |
| 1969 | 13,20 | 10,80 | 13,10 | 16,40 | 13,375 | | |
| 1972 | 5,52 | 6,30 | 6,50 | 4,77 | 5,773 | | |
| 1975 | 15,19 | 8,86 | 9,39 | 16,40 | 12,460 | | |
| 1980 | 10,80 | 16,40 | 8,54 | 5,20 | 10,235 | | |
| 1981 | 9,77 | 8,50 | 11,20 | 5,69 | 8,790 | | |
| 1982 | 8,21 | 7,27 | 4,78 | 4,51 | 6,193 | | |
| 1984 | 12,10 | 14,80 | 10,40 | 6,55 | 10,963 | | |
| 1985 | 11,40 | 6,48 | 8,47 | 4,50 | 7,713 | | |
| 1991 | 6,35 | 13,00 | 11,00 | 9,68 | 10,008 | | |
| | Grupa a III-a - Q_v [m^3/s] 5 luni consecutiv (6 ani) | | | | | | 8,600 |
| 1970 | 10,20 | 15,70 | 15,00 | 7,14 | 9,87 | 11,582 | |
| 1971 | 6,92 | 11,10 | 11,80 | 8,83 | 8,80 | 8,49 | |
| 1973 | 4,50 | 12,20 | 12,00 | 5,31 | 6,41 | 8,084 | |
| 1977 | 6,81 | 8,95 | 6,30 | 8,99 | 5,21 | 7,252 | |
| 1978 | 4,90 | 6,18 | 9,03 | 8,35 | 5,60 | 6,812 | |
| 1979 | 5,29 | 8,64 | 6,28 | 10,60 | 11,10 | 8,382 | |

Detalierea mediilor lunare pe o perioadă lungă (39 ani) pentru care există date hidrologice oferă două aspecte importante în analiza efectuată:

- Evoluția viiturilor de primăvară;
- Împărțirea anilor sub raportul intensității acestora (topirea zăpezilor stocate în timpul iernii) caracterizabili și prin coeficienții moduli k_j (unde

$k_j = Q_{mj} / Q_{mo}$ și $Q_{mo} = 4,319 \text{ m}^3/\text{s}$ este debitul modul modul calculat cu Weibull).

Cele trei categorii de ani definite anterior din acest punct de vedere au fost analizate considerând semnificativi anii în care procesul topirii zăpezilor durează cel puțin trei luni, provocând viituri pentru care debitele medii lunare sunt mai mari decât debitul modul mediu calculat prin utilizarea distribuției Weibull ($Q_{mj} > Q_{mo}$).

Coefficienții moduli și categorisirea anilor din perioada de analiză ca în Tabelul 10.12. sunt redată în Tabelul 10.13.

Tabelul 10.13.

| Nr. crt. | ANUL | Debitul modul $Q_{mj}[\text{m}^3/\text{s}]$ | Coeficienții moduli k_j | Ani excluși | Ani selecționați pentru exploatare intensivă primăvara | | | Grupa |
|----------|------|---|---------------------------|-------------|--|--------|-------|-------|
| | | | | | Hidraulicitate topire zăpezi | | | |
| | | | | | Sărac | Normal | Bogat | |
| 1 | 1959 | 3,38 | 0,7826 | | * | | | I |
| 2 | 1960 | 4,35 | 1,0072 | | | * | | I |
| 3 | 1961 | 4,21 | 0,9748 | | | * | | I |
| 4 | 1962 | 4,04 | 0,9354 | | | | | II |
| 5 | 1963 | 4,58 | 1,0604 | | | | | II |
| 6 | 1964 | 4,23 | 0,9794 | | | * | | |
| 7 | 1965 | 5,47 | 1,2665 | | | | | II |
| 8 | 1966 | 6,36 | 1,4726 | | | | | II |
| 9 | 1967 | 4,35 | 1,0072 | | | * | | II |
| 10 | 1968 | 2,74 | 0,6344 | * | | | | |
| 11 | 1969 | 6,85 | 1,5860 | | | | | II |
| 12 | 1970 | 7,37 | 1,7064 | | | | * max | III |
| 13 | 1971 | 6,44 | 1,4911 | | | | | III |
| 14 | 1972 | 5,96 | 1,3799 | | | | | II |
| 15 | 1973 | 5,03 | 1,1646 | | | | | III |
| 16 | 1974 | 4,47 | 1,0350 | | | | | I |
| 17 | 1975 | 5,79 | 1,3406 | | | | | II |
| 18 | 1976 | 4,36 | 1,0095 | | | * | | I |
| 19 | 1977 | 4,73 | 1,0952 | | | | | III |
| 20 | 1978 | 4,64 | 1,0743 | | | | | III |
| 21 | 1979 | 5,69 | 1,3174 | | | | | III |
| 22 | 1980 | 6,16 | 1,4263 | | | | | II |
| 23 | 1981 | 5,56 | 1,2873 | | | | | II |
| 24 | 1982 | 4,44 | 1,0280 | | | | | II |
| 25 | 1983 | 4,5 | 1,0419 | | | | | I |
| 26 | 1984 | 5,2 | 1,2040 | | | | | II |
| 27 | 1985 | 4,1 | 0,9493 | | | | | II |
| 28 | 1986 | 3,06 | 0,7085 | * | | | | |
| 29 | 1987 | 2,58 | 0,5974 | * | | | | |
| 30 | 1988 | 4 | 0,9261 | | | | | I |
| 31 | 1989 | 2,66 | 0,6159 | * | | | | |
| 32 | 1990 | 2,47 | 0,5719 | * | | | | |
| 33 | 1991 | 5,83 | 1,3498 | | | | | II |
| 34 | 1992 | 2,36 | 0,5464 | *min | | | | |
| 35 | 1993 | 3,15 | 0,7293 | * | | | | I |
| 36 | 1994 | 2,39 | 0,5534 | * | | | | |
| 37 | 1995 | 3,81 | 0,8821 | | | | | I |
| 38 | 1996 | 4,16 | 0,9632 | | | * | | |
| 39 | 1997 | 4,99 | 1,1554 | | | | | I |

Analizând valorile coeficienților moduli k_j , date în Tabelul 10.13, se poate observa că din punct de vedere al hidraulicității determinate de topirea zăpezilor, cei 30 ani selecționați pentru exploatare intensivă primăvara sunt împărțiți în trei categorii, după valorile k_j : an sărac hidrologic, an normal hidrologic (pentru care k_j are valoare apropiată de 1) și an bogat hidrologic.

O altă observație este aceea că din perioada celor 39 de ani 77% sunt ani în care se poate pune problema exploatării intensive ca urmare a apariției debitelor de viitură pe intervale de cel puțin trei luni consecutiv (10 ani), patru luni consecutiv (14 ani), pâna la viituri de cinci luni consecutiv (6 ani).

Rezultă că este necesară efectuarea unui studiu separat al viiturilor de primăvară, care să pună în valoare importanța valorificării energetice a acestor viituri. Acest studiu este abordat în cele ce urmează utilizând metoda Weibull.

Valorile medii lunare ale debitelor în lunile martie – iulie, care îndeplinesc condiția acceptată de valoare de viitură ($Q_v > Q_{mo} = 4,4974 \text{ m}^3/\text{s}$) au fost ordonate în 18 grupe de n valori apropiate de media Q_{imed} din Tabelul 10.14. Frecvențele de apariție ale acestor debite sunt prezentate în coloana următoare a aceluiași tabel, alături de probabilitățile cumulate și respectiv asigurările de nedepășire ale valorilor Q_{imed} ordonate crescător.

Tabelul 10.14.

| Nr.crt. | Debit afluent $Q_{imed}[\text{m}^3/\text{s}]$ | Frecvențe Abolute n | Probabilități Cumulate $\sum_{i=1}^j n_i$ | Asigurări $p_i = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$ | P_w | f_w |
|---------|--|--------------------------|---|--|--------|--------|
| a | b | c | d | e | f | g |
| 1 | 4,8000 | 2 | 2 | 0,9821 | 0,9832 | 0,1044 |
| 2 | 5,1230 | 3 | 5 | 0,9553 | 0,9428 | 0,1412 |
| 3 | 5,2225 | 4 | 9 | 0,9196 | 0,9284 | 0,1482 |
| 4 | 5,4850 | 6 | 15 | 0,8661 | 0,8876 | 0,1614 |
| 5 | 5,9100 | 7 | 22 | 0,8036 | 0,8163 | 0,1719 |
| 6 | 6,3960 | 8 | 30 | 0,7321 | 0,7320 | 0,1736 |
| 7 | 6,8790 | 8 | 38 | 0,6607 | 0,6492 | 0,1684 |
| 8 | 7,5289 | 9 | 47 | 0,5804 | 0,5438 | 0,1551 |
| 9 | 8,1322 | 9 | 56 | 0,5000 | 0,4549 | 0,1393 |
| 10 | 8,6578 | 9 | 65 | 0,4196 | 0,3856 | 0,1244 |
| 11 | 9,1433 | 9 | 74 | 0,3393 | 0,3285 | 0,1106 |
| 12 | 9,7575 | 8 | 82 | 0,2678 | 0,2657 | 0,0939 |
| 13 | 10,5286 | 7 | 89 | 0,2053 | 0,2008 | 0,0748 |
| 14 | 11,1667 | 6 | 95 | 0,1518 | 0,1576 | 0,0610 |
| 15 | 12,0167 | 6 | 101 | 0,0982 | 0,1120 | 0,0456 |
| 16 | 13,2500 | 4 | 105 | 0,0625 | 0,0672 | 0,0289 |
| 17 | 15,3500 | 4 | 109 | 0,0268 | 0,0262 | 0,0122 |
| 18 | 16,4000 | 3 | 111 | 0,0089 | 0,0159 | 0,0070 |

Varianta de grupare a datelor și evoluția ordonată crescător a frecvențelor de repartiție, precum și elementele de calcul ale parametrilor distribuției Weibull sunt extrase din paginile de program de calcul în EXCEL [58] prezentate în Anexa 10.1. În urma iterației parametrului de localizare a , în sensul minimizării relației (10.78.), parametrii au următoarele valori:

$$a=4,58$$

$$c=4,222$$

$$k=1,3807$$

Frecvențele absolute de apariție a debitelor râului Doftana în secțiunea analizată, rezultate din datele înregistrate, precum și probabilitatea de acoperire a acestor debite sunt ilustrate grafic în Fig. 10.23.

Analizând debitele de viitură evidențiate în Tabelul 10.12., se poate observa că din cei 39 de ani de observație, în 30 de ani se înregistrează viituri de durată 3, 4 și respectiv 5 luni consecutiv. Aceasta denotă că un volum important de apă, considerat ca echivalentul unui stoc de zăpadă în perioada rece de iarnă, este disponibil primăvara valorificării energetice în amenajările hidrocentralelor de mică putere și ulterior CHEA din aval.

Valorile medii ale debitelor de viitură pentru cele trei grupe de ani, precum și valoarea mediei generale $Q_{v, gen} = 8,503 \text{ m}^3/\text{s}$, justifică principiul descris în paragraful 10.6., acela al valorificării acestui potențial în CHEMA având coeficientul de instalare de valori mai mari decât cele obișnuite. Aceste centrale sunt destinate funcționării cu prioritate în lunile de primăvară, când se înregistrează aceste debite de viitură rezultate din topirea zăpezilor.

Valorile debitului măsurat pe râul Doftana au fost reprezentate prin 456 valori medii lunare, dintre care, pentru lunile martie – iulie, din cele 190 de valori au fost selectate 111 care indeplinesc condiția acceptată de viitură [51]. Ele au fost ordonate în 18 grupe de n valori apropiate cu media particulară Q , dată în Tabelul 10.13 coloana b; s-a considerat că aceste medii au în mod firesc frecvențele de repetiție n înscrise în coloana c. Valorile Q , fiind și ele ordonate crescător, probabilitățile cumulate respectiv asigurările de nedepășire ale valorilor Q , sunt date conform relației (10.69.) în coloana d respectiv e. Componentele de însumare prescrise din relațiile (10.79.) și (10.78.) sunt calculate după modelul prezentat în Anexa 10.1. Apoi iterând succesiv diferite valori pentru parametrul de localizare "a", în sensul minimizării relației (10.78) se obțin valorile estimate ale celor trei parametri căutați $a = 4.58$; $k = 1.3807$ și $c = 4,222$ la condiția limită acceptată $S_{min, min}$.

Valorile acoperirilor respectiv frecvențelor de repetiție ale debitelor Q , obținute prin calcul prin utilizarea distribuției teoretice Weibull sunt reprezentate grafic în Fig. 10.23. În aceeași diagramă este reprezentată prin puncte probabilitatea de acoperire a debitelor rezultată din măsurători (repartiția empirică).

În practica hidrologică se constată că nu orice tip de curbă teoretică de distribuție se pretează pentru aproximarea unei repartiții empirice, iar prin utilizarea unei funcții teoretice care nu reprezintă fenomenul real este posibil să se obțină rezultate eronate.

Timp îndelungat principalul criteriu de alegere a unei legi de probabilitate a fost posibilitatea de folosire a acestei legi: existența tabelelor cu funcția de distribuție a probabilităților, facilități legate de efectuarea calculelor.

Au mai fost calculate cu ajutorul relațiilor (10.82.), (10.83.) și (10.84.) valorile $M^* = \langle Q^* \rangle = 3.8569$, $M_o^* = 1.66066$ și $M_o^* = 3.23779$ din care cu ajutorul parametrului de localizare "a" (conform relației (10.78.) unde $Q^* = Q - a$) au fost determinate valorile reale $M = \langle Q \rangle = 8.4369$, $M_o = 6.2407$ iar $M_o = 7.8178$ care au fost evidențiate în Fig. 10.23. Se remarcă aici faptul că abscisa lui M_o corespunde firesc maximului curbei $f(Q)$ respectiv că parametrul "a" corespunde debitului minim.

$$M^* = c \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) = 4,2222 \cdot \Gamma(1,7243) = 3,8569$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{1.3807} = 0,7243 \quad (10.85.)$$

$$M_o^* = c \cdot \left(\frac{k-1}{k} \right)^{1/k} = 4,2222 \cdot \left(\frac{0,3807}{1,3807} \right)^{0,7243} = 1,66066$$

$$M_o = c \cdot (\ln 2)^{1/k} = 4,2222 \cdot (0,69315)^{0,7243} = 3,23779$$

Media debitului de viitură va fi:

$$M = Q_{med.v} = M^* + a \quad (10.86.)$$

$$M = 3,8569 + 4,58 = 8,4369 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se observă că valoarea medie rezultată din datele empirice selectată pe seama viiturilor de primăvară este $Q_{v, gen} = 8,503 \text{ m}^3/\text{s}$, iar valoarea obținută prin calcul utilizând distribuția Weibull este foarte apropiată ($M = 8,4369 \text{ m}^3/\text{s}$).

Celelalte două mărimi, valoarea modală și mediana au respectiv valorile:

$$M_o = M_o^* + a = 1,6607 + 4,58 = 6,2407$$

$$M_a = M_o^* + a = 3,23779 + 4,58 = 7,8178 \quad (10.87.)$$

Analiza permite prin utilizarea relațiilor analitice obținute o serie de facilități; nu numai evaluarea potențialului hidroenergetic aferent unui sector anume dintr-o rețea hidrografică, ci și detalii de interes tehnic și economic [50]. În cazul CHE pe firul apei, care sunt cele mai răspândite și la care pentru o soluție constructivă a amenajării căderea brută H este o funcție determinabilă a debitului afluent, puterea disponibilă brută cea mai frecventă, de interes major la determinarea caracteristicilor de exploatare a viitoarei centrale, poate fi analizată mai atent pe diferite variante de dotare.

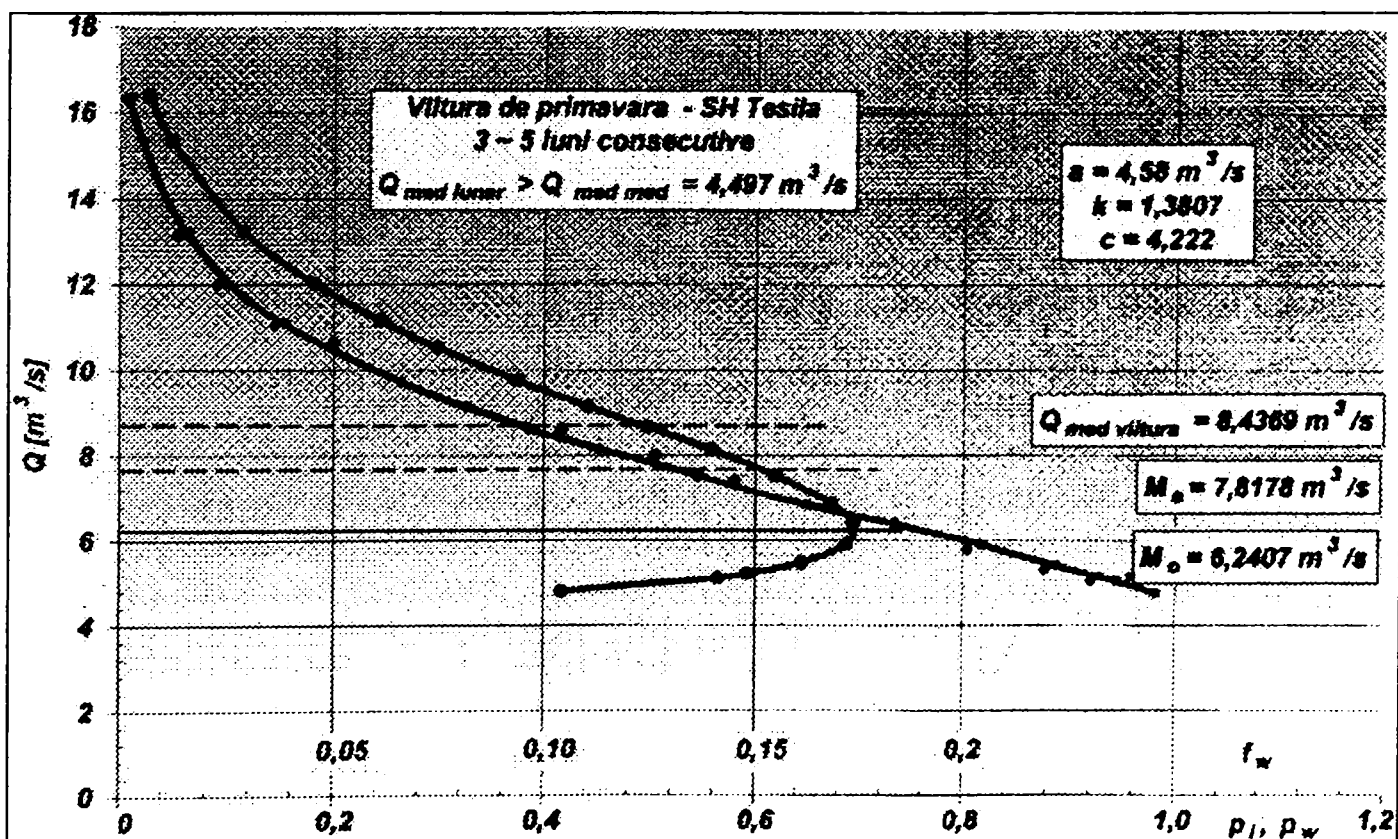


Fig. 10.23. Debite medii lunare calculate cu distribuția Weibull în comparație cu debitele empirice – asigurări și curba de frecvență calculată cu Weibull.
Viituri de primăvară - Râul Doftana, Secțiunea Teșila 1959 – 1997.

Diagrama precedentă este obținută prin reprezentarea celor două curbe de asigurare teoretică și empirică. În aceeași reprezentare este figurată și curba de frecvență, alegând corespunzător scala pentru axa absciselor f_w

Comparând cele două curbe de asigurare se poate observa că ele au o alură asemănătoare, curba teoretică aproximând foarte bine curba rezultată din reprezentarea valorilor empirice.

O altă analiză a fost efectuată pornind de la valorile medii anuale ale debitelor extrase din Tabelul 10.11. Am constituit astfel 13 grupe cu mediile aferente și frecvențele lor de repetiție, calculând asigurările empirice date în Tabelul 10.15.

Am aplicat procedeul Weibull, estimându-se valorile parametrilor $a = 1,6$; $k = 2,0461$ și $c = 3,0694$ definatorii pentru relațiile analitice $f(Q)$ și respectiv $F(Q)$ trasate în diagrama din Fig. 10.24.

Tabelul 10.15.

| Nr.crt. | Debit affluent $Q_{imed}[m^3/s]$ | Frecvențe Abolute n | Probabilități Cumulate $\frac{1}{\sum_{i=1}^m n_i}$ | Asigurări $p_i = 1 - \frac{\sum_{j=1}^m n_j}{\sum_{j=1}^m n_j}$ | $F(Q)_i$ | $f(Q)_i$ |
|---------|-------------------------------------|--------------------------|---|--|----------|----------|
| a | b | c | d | e | f | g |
| 1 | 2,375 | 2 | 2 | 0,9487 | 0,9419 | 0,1488 |
| 2 | 2,525 | 2 | 4 | 0,8974 | 0,9177 | 0,1744 |
| 3 | 2,700 | 2 | 6 | 0,8462 | 0,8847 | 0,2016 |
| 4 | 3,347 | 4 | 10 | 0,7436 | 0,7293 | 0,2696 |
| 5 | 4,046 | 3 | 13 | 0,6667 | 0,5334 | 0,2804 |
| 6 | 4,200 | 3 | 16 | 0,5897 | 0,4906 | 0,2750 |
| 7 | 4,353 | 3 | 19 | 0,5128 | 0,4491 | 0,2672 |
| 8 | 4,497 | 4 | 23 | 0,4103 | 0,4123 | 0,2580 |
| 9 | 4,847 | 4 | 27 | 0,3077 | 0,3256 | 0,2302 |
| 10 | 5,397 | 4 | 31 | 0,2051 | 0,2132 | 0,1776 |
| 11 | 5,817 | 4 | 35 | 0,1025 | 0,1473 | 0,1369 |
| 12 | 6,300 | 2 | 37 | 0,0513 | 0,0915 | 0,0953 |
| 13 | 7,110 | 2 | 39 | 0,0256 | 0,0365 | 0,0448 |

Cu ajutorul relațiilor (10.82.), (10.83.) și (10.84.) am calculat valorile M^* , M_o și M_o^* , din care cu ajutorul parametrului $a = 1,63$ am calculat valorile reale date în Tabelul 10.16.

Am determinat și mărimile M_o , M_e și Q_{mo} pe cale analitică. Aceasta din urmă are o abatere de 4 % față de valoarea determinată prin medierea directă a datelor.

Tabelul 10.16.

| | | | |
|------------|--------|----------|--------|
| M_o^* | 2,2113 | M_o | 3,7811 |
| M_e^* | 2,5660 | M_e | 4,1660 |
| Q_{mo}^* | 2,7193 | Q_{mo} | 4,3193 |

Ca și în cazul precedent, se poate concluziona că printre punctele care reprezintă valorile empirice ale asigurării debitelor se înscrie cu o aproximare acceptabilă curba de asigurare calculată cu procedeul Weibull (Fig. 10.24.).

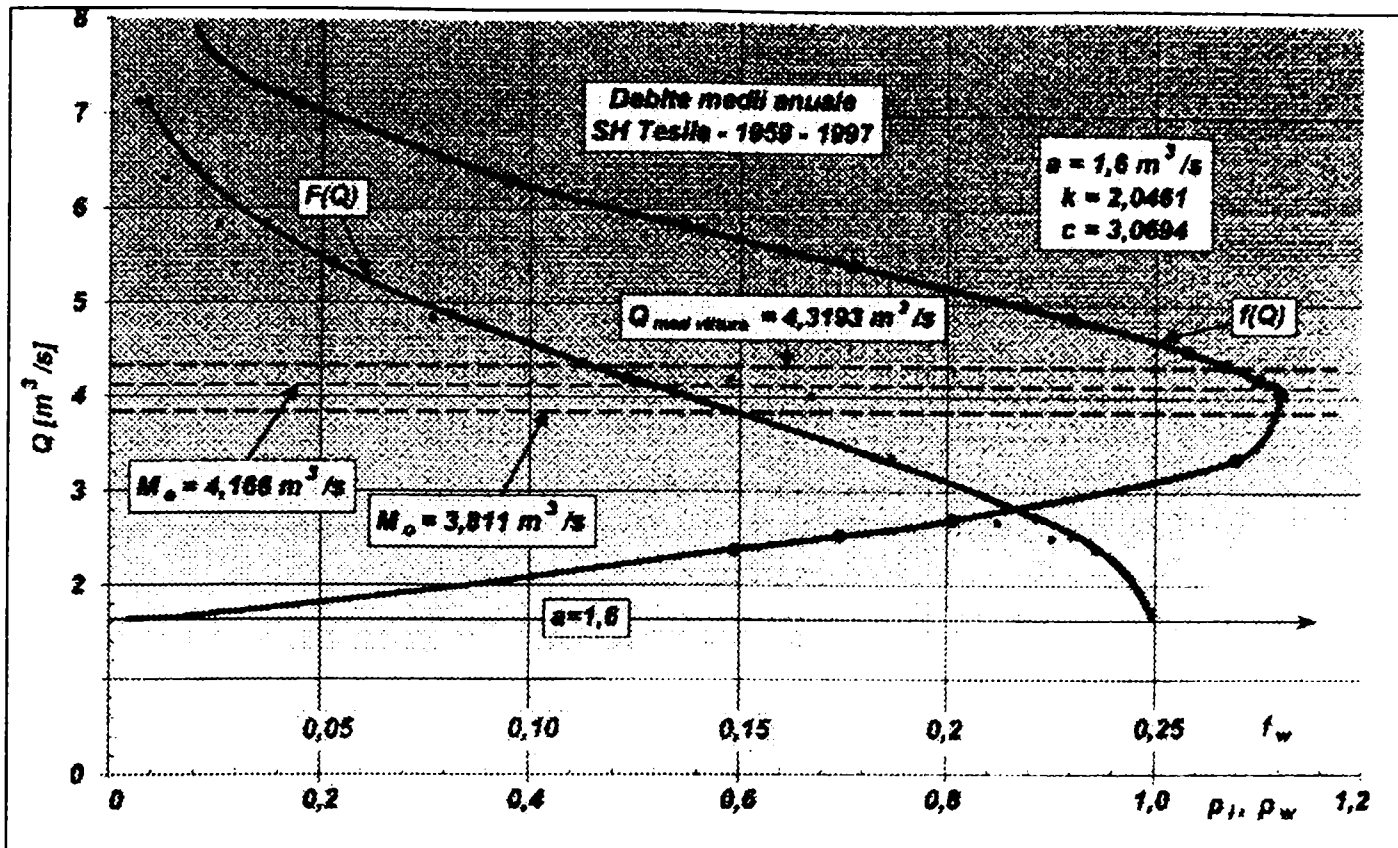


Fig. 10.24. Debite medii anuale calculate cu distribuția Weibull în comparație cu debitele empirice – asigurări și curba de frecvență calculată cu Weibull.
Râul Doftana, Secțiunea Teșila 1959 – 1997.

Se poate observa că în ambele cazuri analizate (Fig. 10.23. și Fig. 10.24.) punctul de intersecție al curbei de frecvență $f(Q)$ calculată cu Weibull cu dreapta M_0 reprezentând valoarea modală a debitului are abscisa maximă.

Procedeele Weibull descrise în acest paragraf este utilizat în evaluarea potențialului hidroenergetic pentru o CHEMA existentă, luându-se în considerare aportul determinat de instalarea unui grup suplimentar. Analiza este extinsă în Capitolul 12 pentru cazul unei CHEMA care ar putea fi realizată în vecinătatea celei existente și care ar valorifica potențialul scurgerii cu precădere în perioada viiturilor de primăvară.

Amplasarea acestei centrale simbolizată CHEMA KD1 este studiată în condițiile valorificării datelor hidrologice valabile pentru o centrală existentă. Caracteristicile amenajării vor fi însă diferite (căderea, aducțiunea) permițând astfel derularea calculului comparative pentru determinarea numărului de agregate instalate în centrală, precum și a poziționării optimului probabil în caracteristica de exploatare.

Pentru construirea modelului de evaluare energetică în cele patru variante corespunzătoare sistemelor considerate am acordat atenție performanțelor turbinei utilizate, considerând necesară efectuarea unor investigații la mai multe centrale existente ce valorifică potențialul hidroenergetic secundar în zona de formare a bazinelor hidrografice Prahova și Doftana, insistând asupra funcționării unei centrale cu formații de două și respectiv trei grupuri.

Dintre toate centralele la care am efectuat investigații sunt prezentate în Capitolul 11 rezultatele obținute în urma derulării programului de măsurători la CHEMP TEȘILA 2, o parte din rezultate fiind utilizate în analiza funcționării CHEMP KD1 pentru evidențierea viiturilor de primăvară. Această analiză a CHEMP KD1 utilizând aplicația Weibull este prezentată în detaliu în Capitolul 12. Aplicația Weibull este utilizată în acest caz pentru cele 112 luni selectate din cei 30 ani considerați bogați din punctul de vedere al hidraulicității determinate de topirea zăpezilor.

10.8. CONCLUZII

În varianta sistemului clasic de amenajare hidroenergetică descrisă în paragraful 10.4., CHEMP existente având coeficientul de instalare actual valorifică până la o limită debitele de primăvară rezultate din topirea zăpezilor.

Investigațiile efectuate asupra debitelor de viitură utilizând procedeul Weibull scoate în evidență că din cei 39 de ani de analiză, în 30 de ani se înregistrează viituri de durată 3, 4 și respectiv 5 luni consecutiv. Rezultă că un volum important de apă, considerat ca echivalentul unui stoc de zăpadă în perioada de iarnă, este disponibil primăvara valorificării energetice în amenajările hidrocentralelor de mică putere și ulterior CHEA din aval.

Valorile medii ale debitelor rezultate din datele empirice pe seama viiturilor de primăvară sunt foarte apropiate de valorile obținute prin calcul utilizând distribuția Weibull. Deasemenea, curba de asigurare calculată cu Weibull se înscrie cu o aproximare acceptabilă printre punctele care reprezintă valorile empirice ale asigurării debitelor.

Procedeul Weibull va fi utilizat într-o analiză de detaliu în evaluarea potențialului hidroenergetic pentru CHEMP existente sau proiectate, utilitatea acestuia fiind apreciată.

Ansamblul CHEMP existente a fost creat înainte de a se pune problema funcționării unui subsistem unitar. Deși sunt racordate la SEN, aceste CHEMP au avut un caracter local de exploatare. Din analiza Weibull se constată că CHEMP și MHC existente sub forma actuală nu au capacitatea necesară de a valorifica potențialul hidroenergetic existent.

Luarea în considerare a ansamblului format dintr-o serie de CHEMP și CHEA din aval, în condițiile descrise mai sus, face posibilă dezvoltarea sa ținând seamă de două aspecte importante: creșterea coeficientului de instalare până la o limită economică și obținerea unei producții maxime de energie în subsistem.

CAPITOLUL 11

MĂSURĂTORI LA TURBINELE HIDRAULICE DIN CHEMP PENTRU DETERMINAREA CARACTERISTICILOR ENERGETICE ȘI ESTIMĂRI ENERGETICE DE TATONARE

11.1. INTRODUCERE

Măsurătorile prezentate în acest capitol nu au acoperirea unor garanții. Ele oferă informații utile atât pentru exploatare cât și pentru alte metode ajutătoare de estimare energetică descrise în partea a doua a acestui capitol. Atât măsurătorile cât și metoda de estimare a producției de energie pe baza prognozei debitului au un caracter de tatonare.

Fiecare hidroagregat aflat în exploatare are o comportare diferită, dependentă strâns de o serie de parametri pe care îi realizează în funcționare, chiar dacă deficiențele apărute pe partea de echipamente sunt asemănătoare.

De aceea, am considerat că pentru o exploatare cât mai corectă, este bine să se cunoască această comportare a hidroagregatelor pe întreaga plajă a deschiderii aparatului director, cuprinsă între pozițiile:

- aparat director închis ($S_{ad} = 0$),
- aparat director deschis la maxim ($S_{ad} = S_{ad\ max}$), în condițiile menținerii unui nivel constant în bazinul compensator ($H = \text{const.}$).

11.2. SCOP

Scopul acestui capitol este determinarea caracteristicilor energetice, delimitarea unor regimuri nedorite de funcționare pentru care se pot emite rezerve în privința programului de exploatare și interpretarea rezultatelor în vederea optimizării exploatării amenajărilor hidroenergetice de mică putere [45]. Rezultatele măsurătorilor sunt aplicate în estimările energetice de tatonare.

Pentru exemplificarea metodei de măsurare și optimizare s-au efectuat măsurători la o serie de centrale hidroelectrice de mică putere care valorifică potențialul hidroenergetic secundar în zona de formare a bazinelor hidrografice Prahova și Doftana [39].

11.3. CARACTERISTICI, SIMBOLURI ȘI NOTAȚII

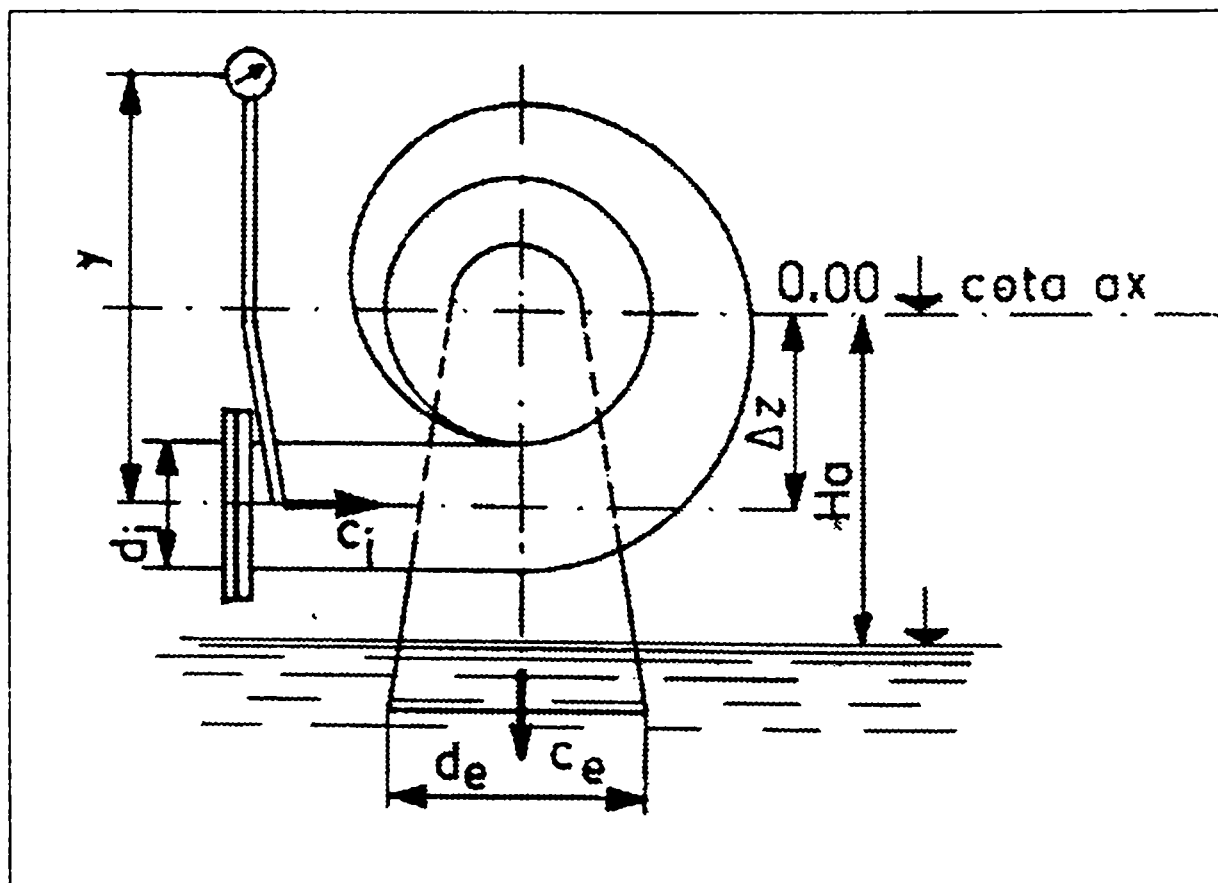
În continuare vor fi prezentate rezultatele investigațiilor realizate la CHEMP TEȘILA 2 echipată cu două grupuri având următoarele caracteristici tehnice:

| TURBINA | | GENERATORUL | |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Tip: | FO 230 / 720 | Tip: | GA 120 / 71-12 |
| Debit instalat: | $Q_{tb} = 3\text{m}^3/\text{s}$ | Tensiune nominală: | $U_n = 400\text{ V}$ |
| Cădere netă maximă: | $H_{n\ max} = 31\text{ m}$ | Curent nominal: | $I_n = 1330\text{ A}$ |
| Cădere netă minimă: | $H_{n\ min} = 28\text{ m}$ | Putere activă: | $P_a = 800\text{ kW}$ |
| Turație: | $n = 500\text{ rot/min}$ | Factor de putere: | $\cos \phi = 0.87$ |
| Randament: | $\eta = 90\%$ | Turație: | $n = 500\text{ rot/min}$ |
| Putere la cuplă: | $P_{ctb} = 876\text{ Kw}$ | Frecvență: | $f = 50\text{ Hz}$ |
| Înălțimea de aspirație: | $H_s = +2,85\text{ m}$ | Randament (4/4): | $\eta = 95.8\%$ |

Cotele necesare pentru calculul mărimilor energetice sunt prezentate în Fig.11.1 .

Semnificația simbolurilor și notațiilor folosite este următoarea:

- a_0 deschiderea paletelor aparatului director (diametrul maxim al cercului tangent la două palete alaturate);
- c_i viteza vinel de fluid la intrarea în camera spirală;
- c_e viteza apei la ieșire din conul aspirator;
- d_i diametrul conductei la intrarea în camera spirală a turbinei;
- d_e diametrul echivalent al secțiunii de ieșire a conului aspirator;
- h_k înălțimea apei măsurată pe tija suport a moriștii hidrometrice, în verticala de măsură k ($k = 1, 10$);
- h_{mira} înălțimea apei citită pe mira hidrometrică montată pe peretele canalului de fugă;
- H_n căderea netă a turbinei;
- H_s înălțimea de aspirație (diferența de nivel între ax și suprafața apei în canalul de fugă);
- p_i presiunea indicată de manometru;
- h_{elice} înălțimea de sondaj măsurată în axul elicei de la fundul canalului (radier);
- m constanta moriștii;
- y diferența de nivel între cota de instalare a manometrului și nivelul axei distribuitorului la intrarea în camera spirală;
- Δz diferența de nivel între cota axului turbinei și cota axei distribuitorului;
- S_{ad} cursa mecanismului de acționare a aparatului director măsurată pe manșonul sau;
- γ greutatea specifică a apei ($\gamma = 9810 \text{ Kg} / (\text{ms})$);
- j numărul de impulsuri contorizate de morișcă;
- t_l timpii intermediari după care se contorizează ($j \times l$) impulsuri, $l = 1, \dots, 5$;
- T durata totală a măsurării a ($5 \times j$) impulsuri;
- P_{ctb} puterea la cuplă a turbinei;
- P_g puterea activă debitată de generator, citită pe megawattmetrul DCD;
- P_c puterea activă calaulată după viteza de rotație a contorului de energie activă.



11.4. DESCRIEREA MĂSURĂTORILOR - RELAȚII DE CALCUL

În condițiile descrise mai sus, se poate considera că [3]:

$$H_n = \text{Niv. energetic amonte tb} - \text{Niv. energetic aval tb}$$

$$c_i = 4 Q_{tb} / (\pi d_i^2) \quad (11.1) \quad \text{și} \quad c_e = 4 Q_{tb} / (\pi d_e^2) \quad (11.2)$$

$$\text{Nivel energetic amonte tb raportat la cota ax} = \frac{P_i}{\gamma} + y - \Delta z + \frac{c_i^2}{2g}$$

$$\text{Nivel energetic aval tb raportat la cota ax} = \frac{c_e^2}{2g} - H_a$$

$$\text{Căderea netă a turbinei : } H_n = \frac{P_i}{\gamma} + y + H_a - \Delta z + \frac{c_i^2 - c_e^2}{2g} \quad (11.3)$$

$$\text{Randamentul turbinei va fi : } \eta = \frac{P_{ctb}}{9.81 Q_{tb} H_n} \quad (11.4)$$

Pentru determinarea debitului turbinat s-a utilizat metoda măsurării vitezelor punctuale cu morișca hidrometrică în 10 puncte situate la distanța $b = 0,50$ m, într-o secțiune a canalului de fugă de lățime $l = 5,0$ m, ca în Fig. 11.2.

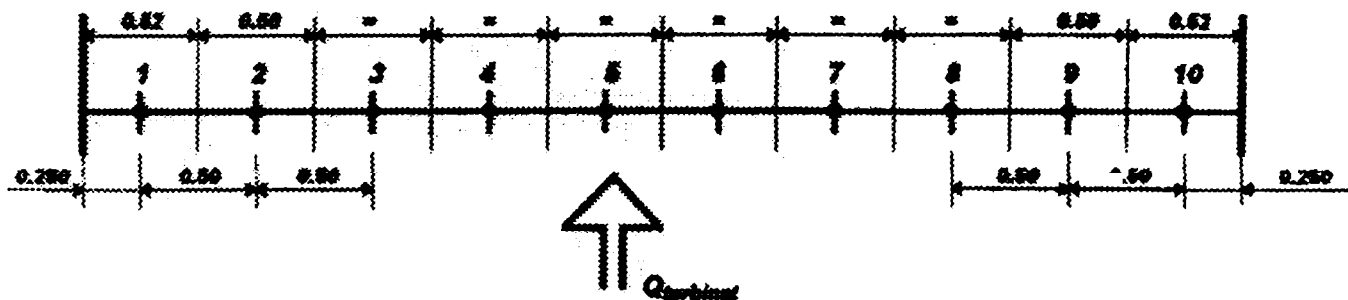


Fig. 11.2.

Înălțimea stratului de apă turbinată s-a citit pe mira hidrometrică montată în canalul de fugă la cota 658,30 mdM (cota coincide cu cota 0,00 m pe miră) - Fig.11.3.

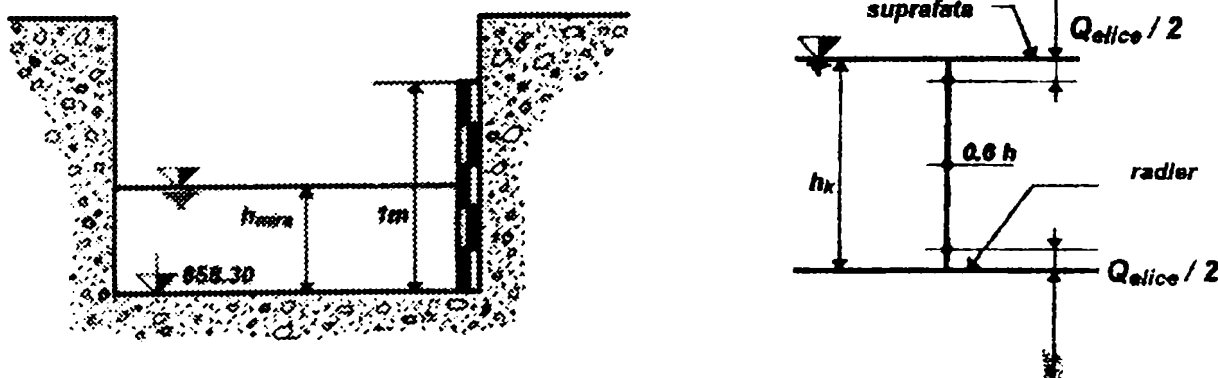


Fig. 11.3.

Debitul, sau volumul de apă ce trece într-o secundă prin secțiunea S a cursului de apă, se definește ca fiind produsul dintre aria secțiunii S și componenta vitezei medii V_m perpendiculară pe această secțiune.

$$Q [m^3/s] = v_m [m/s] \times S [m^2]$$

Se aproximează viteza medie în verticala de măsură ca fiind viteza apei măsurată la o adâncime de $0,6 \times h$ de la suprafață. Practic se constată că valorile vitezelor medii $v_{med} = (v_s + v_f) / 2$ sunt foarte apropiate de cele ale vitezelor măsurate la $0,6 h$.

S-au notat : v_s - viteza apei la suprafață;

v_f - viteza apei la fundul canalului;

Morișca hidrometrică este racordată prin cablu la un generator de impulsuri acustice sau luminiscente. Între fiecare două impulsuri elicea execută un număr constant de rotații – m [57].

Turația moriștii se calculează cu relația:

$$n = (m \times j \times i) / T \text{ [rot/s]} \quad (11.5)$$

În cazul de față $i = 5$ (nr. de intervale de măsură).

OBSERVAȚIE: Pentru înlăturarea erorilor propagate de variațiile instantanee ale vitezei, măsurătoarea se face pentru o perioadă de timp mai mare (T).

Viteza în fiecare punct de măsură este dată de relația:

$$v = a + (b * n) \quad (11.6)$$

unde a și b sunt coeficienții de etalonare specifici pentru fiecare morișcă.

Pentru morișca cu care s-au făcut sondajele acestea sunt:

pentru $n < 0,981$: $a = 0,028$ și $b = 0,1689$

$$v = 0,028 + (0,1689 * n) \quad (11.7)$$

pentru $n > 0,981$: $a = 0,017$ și $b = 0,1805$

$$v = 0,017 + (0,1805 * n) \quad (11.7')$$

Pentru fiecare caz, corespunzător deschiderii aparatului director, debitul turbinat este suma debitelor parțiale:

$$Q_t = \sum_k (v_k b_k h_k) \quad [m^3/s] \quad (11.8)$$

unde h_k și b_k sunt exprimate în m și v_k în m/s .

Modul de calcul al puterii instantanee după indicația contorului de energie activă (timpul în care execută 10 rotații complete - t_{10}) rezultă din următorul raționament :

$$W = P \times t \quad \text{cu } [W] = \text{kWh}, [P] = \text{kW}, [t] = \text{h}$$

Aceeași energie poate fi produsă de un grup funcționând:

- cu o putere medie mare P_1 într-un interval de timp scurt t_1 ;**
- cu o putere medie redusă P_2 într-un interval de timp mare t_2 ;**

- cu o putere medie de $P^* = 400 \text{ kW}$ într-un interval de timp fix de $t^* = 1 \text{ h}$.

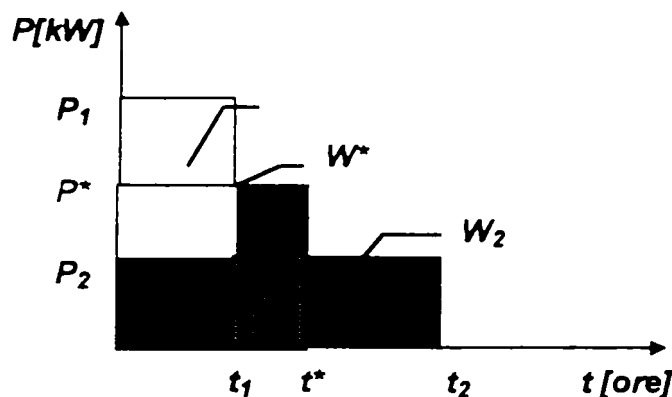


Fig. 11.4.

OBSERVAȚIE: Se cunoaște pentru fiecare grup constanta reductorilor de curent. În cazul CHEMA TEȘILA 2: $K_{rc} = (1600 / 4) = 400$.

Constanta contorului este $k = 960 \text{ rot} / \text{diviziune}$, astfel încât se poate spune că pentru înregistrarea unei diviziuni, discul contorului execută 960 rotații în decurs de $t^* = 1 \text{ h}$, grupul funcționând cu puterea medie $P^* = 400 \text{ kW}$.

1 div — 960 rot — $W^* = 400 \text{ kWh}$ — $P^* = 400 \text{ kW}$

Dacă t_{10}^* este timpul în care discul contorului execută 10 rotații în această situație (P^*, t^*), atunci :

$$t^* = 96 \times t_{10}^* = 3600 \text{ s} \quad \text{rezultă} \quad t_{10}^* = 37,5 \text{ s}$$

$$\text{Analog } t_1 = 96 \times t_{10}^{(1)} \quad \text{și} \quad t_2 = 96 \times t_{10}^{(2)}$$

Se pot scrie următoarele inegalități:

$$P_2 < P < P_1 \quad \text{și} \quad t_1 < t < t_2 \quad \Leftrightarrow \quad t_{10}^{(1)} < 37,5 \text{ s} < t_{10}^{(2)}$$

NOTĂ: Dacă timpul în care discul contorului execută 10 rotații t_{10} este mai mic (mare) decât $t_{10}^* = 37,5 \text{ s}$, atunci puterea produsă P este mai mare (mică) decât $P^* = 400 \text{ kW}$.

$$t_{10} < 37,5 \text{ s} \quad \Rightarrow \quad P > P^* = 400 \text{ kW}$$

$$t_{10} > 37,5 \text{ s} \quad \Rightarrow \quad P < P^* = 400 \text{ kW}$$

Din egalarea energiilor $W = W^*$ rezultă:

$$P \times t = P^* \times t^*$$

$$t = 96 \times t_{10} \quad \Rightarrow \quad P \times t = P^* \times t_{10}^*$$

$$t^* = 96 \times t_{10}^*$$

Rezultă din relația de mai sus :

$$P(t_{10}) = P^* \times t_{10}^* / t_{10} \quad (11.9)$$

Pentru CHEMA TESILA 2 : $P^* = 400 \text{ Kw}$, $t_{10}^* = 37,5 \text{ s}$

$$P(t_{10}) = 15000 / t_{10} \quad (11.10)$$

Relația de calcul (11.10) este valabilă pentru grupurile din CHEMA TEȘILA 2 pentru care constanta reductorilor de curent este $K_{rc} = 400$.

În general, pentru grupurile la care înregistrarea energiei active produse se face cu un contor a cărui constantă este $k = 960 \text{ rot/diviziune}$, relația de calcul a puterii active produse este :

$$P(t_{10}) = K_{rc} \times (37,5 / t_{10}) \text{ [kW]} \quad (11.11)$$

Valorile măsurate și calculate sunt prezentate în tabelele 11.4. și 11.5., pentru fiecare grup în parte și pentru cazul în care funcționează ambele grupuri.

Calculul mărimilor n [rot/s], v_k [m/s], P_c [kW], Q_{tb} [m³/s], c_i [m/s], c_o [m/s], H_n [m], η [%], efectuat cu ajutorul relațiilor (11.5), (11.7), (11.7'), (11.10), (11.8), (11.1), (11.2), (11.3) și respectiv (11.4) este prezentat tabelar. Pomind de la valorile din tabele s-au construit grafic caracteristicile energetice.

Cu ocazia reviziei tehnice s-au măsurat deschiderile aparatului director a_o [mm], funcție de cursa pe manșonul mecanismului său de acționare S_{ad} [mm].

Pentru fiecare valoare a acestei curse s-au măsurat deschiderile între fiecare două palete vecine, ca fiind diametrul maxim al cercului tangent la intradosul unei palete și respectiv extradosul paletei vecine. Valorile $a_{o, med}$ reprezintă media aritmetică a deschiderilor paletelor directoare a_o , corespunzătoare curselor S_{ad} .

Pentru TH-1, aceste date sunt prezentate în Tabelul 11.1.:

Tabelul 11.1.

| Paleta | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 1 |
|------------------|----------------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|---|
| S_{ad} [mm] | $a_{o, med}$ [mm] | a_o [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 103 | 71.1 | 71 | 72 | 72 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 69 | 72 | 72 | 70 | 72 | 73 | 72 | 73 | |
| 90 | 62.2 | 62 | 62 | 63 | 62 | 60 | 62 | 60 | 62 | 62 | 64 | 64 | 60 | 63 | 62 | 63 | 64 | |
| 80 | 52.6 | 54 | 53 | 53 | 52 | 52 | 51 | 52 | 52 | 53 | 54 | 53 | 50 | 54 | 53 | 52 | 53 | |
| 70 | 46.5 | 47 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 45 | 46 | 48 | 48 | 48 | 44 | 47 | 47 | 47 | 47 | |
| 60 | 37.5 | 37 | 37 | 36 | 36 | 36 | 35 | 36 | 38 | 39 | 41 | 39 | 37 | 38 | 38 | 38 | 39 | |
| 50 | 29.4 | 29 | 28 | 29 | 27 | 28 | 28 | 27 | 30 | 31 | 33 | 32 | 29 | 31 | 30 | 29 | 30 | |
| 40 | 22.8 | 23 | 22 | 22 | 21 | 23 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 24 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | |
| 30 | 15.1 | 15 | 15 | 15 | 13 | 15 | 13 | 14 | 15 | 17 | 17 | 17 | 15 | 15 | 16 | 15 | 15 | |
| 20 | 8.8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 10 | 9 | 9 | 10 | 9 | 9 | |
| 10 | 3.4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | |
| 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Pentru ambele turbine sunt date mai jos valorile medii ale deschiderilor dintre palete:

Tabelul 11.2.

NOTĂ: Pentru ca măsurătorile la revizia tehnică și cele efectuate cu prilejul măsurătorilor energetice nu s-au făcut la aceleași deschideri ale aparatului director al turbinelor. Pentru trasarea curbei $H_n = H_n(a_{o, med})$ în cazul TH - 2, s-a procedat astfel:

- s-a reprezentat grafic variația $a_{o, med} = a_{o, med}(S_{ad})$ cu datele obținute la revizie, apoi s-au citit pe curba obținută valorile $a_{o, med}$ corespunzătoare S_{ad} pentru care s-a calculat H_n :

Tabelul 11.3.

| TH - 1 | | |
|------------------|----------------------|--------------|
| S_{ad} [mm] | $a_{o, med}$ [mm] | H_n [m] |
| 103 | 71.1 | 32.01 |
| 90 | 62.2 | 32.23 |
| 80 | 52.6 | 32.61 |
| 70 | 46.5 | 32.96 |
| 60 | 37.5 | 33.12 |
| 50 | 29.4 | 33.19 |
| 40 | 22.8 | 33.29 |
| 30 | 15.1 | 33.43 |
| 20 | 8.8 | 33.51 |
| 0 | 0.1 | 33.72 |

| TH - 2 | | |
|------------------|----------------------|--------------|
| S_{ad} [mm] | $a_{o, med}$ [mm] | H_n [m] |
| 98 | 70,1 | 32.26 |
| 84 | 59 | 32.51 |
| 74 | 50 | 32.75 |
| 64 | 41 | 32.92 |
| 54 | 31 | 33.09 |
| 44 | 23 | 33.19 |
| 34 | 17 | 33.29 |
| 24 | 10 | 33.39 |
| 19 | 7 | 33.51 |
| 0 | 0 | 33.72 |

OBSERVAȚIE: Toate măsurătorile sunt efectuate în situația $H = \text{constant}$, deci nivel constant (și maxim $N = N_{dev} = 690,70 \text{ m}$) în bazinul compensator.

Pentru construcția caracteristicii reale de exploatare calculele se efectuează pentru cinci căderi ($H = 33,8 ; 33,0 ; 32,5 ; 32,0 ; 31,5$) corespunzătoare pentru cinci nivele ale apei în bazinul compensator.

unde: $H = N_{suprafata\ libera} - N_{radier\ canal\ fuga} \text{ [m]}$

Pentru fiecare H se fac calculele și măsurătorile precedente. Rezultă caracteristicile de funcționare $\eta = \eta(P)$ la $H = \text{const}$. Pentru construcția curbelor $\eta = \text{const.}$, pe caracteristica de exploatare se intersectează curbele $\eta = \eta(P)$ cu dreptele $\eta = \text{const.}$ din planul $\eta - P$ și punctele de intersecție se transportă în planul $P - H$ [35].

Aceste puncte se unesc prin curbe netede. Intersecțiile acestor curbe cu liniile corespunzătoare căderilor minimă și maximă se determină cu ajutorul unei curbe auxiliare a dependenței randamentului maxim de cădere $\eta_{max} = \eta_{max}(H)$.

Pe caracteristica de exploatare este recomandabil să se traseze și curbele $P(H)$ pentru $a_o = \text{const.}$ (izodeschideri ale aparatului director).

Punctele de intersecție ale acestor grafice cu orizontalele $a_o = \text{const.}$ se transportă în planul $P - H$.

11.5. CARACTERISTICI ENERGETICE

Cheia limnometrică aval de centrală arată variația înălțimii lamei de apă măsurată în canalul de fugă, în funcție de valoarea debitului turbinat. Această variație este prezentată în Fig. 11.5. pentru CHEMP TEȘILA 2 [38].

Punctele de măsură sunt marcate cu puncte în planul (h, Q) , iar curba trasată printre aceste puncte reprezintă aproximarea variației (înălțime lamă apă, debit turbinat), printr-un polinom cu gradul 6.

11.5.1. CHEIA LIMNIMETRICĂ AVAL CHEMP TEȘILA 2

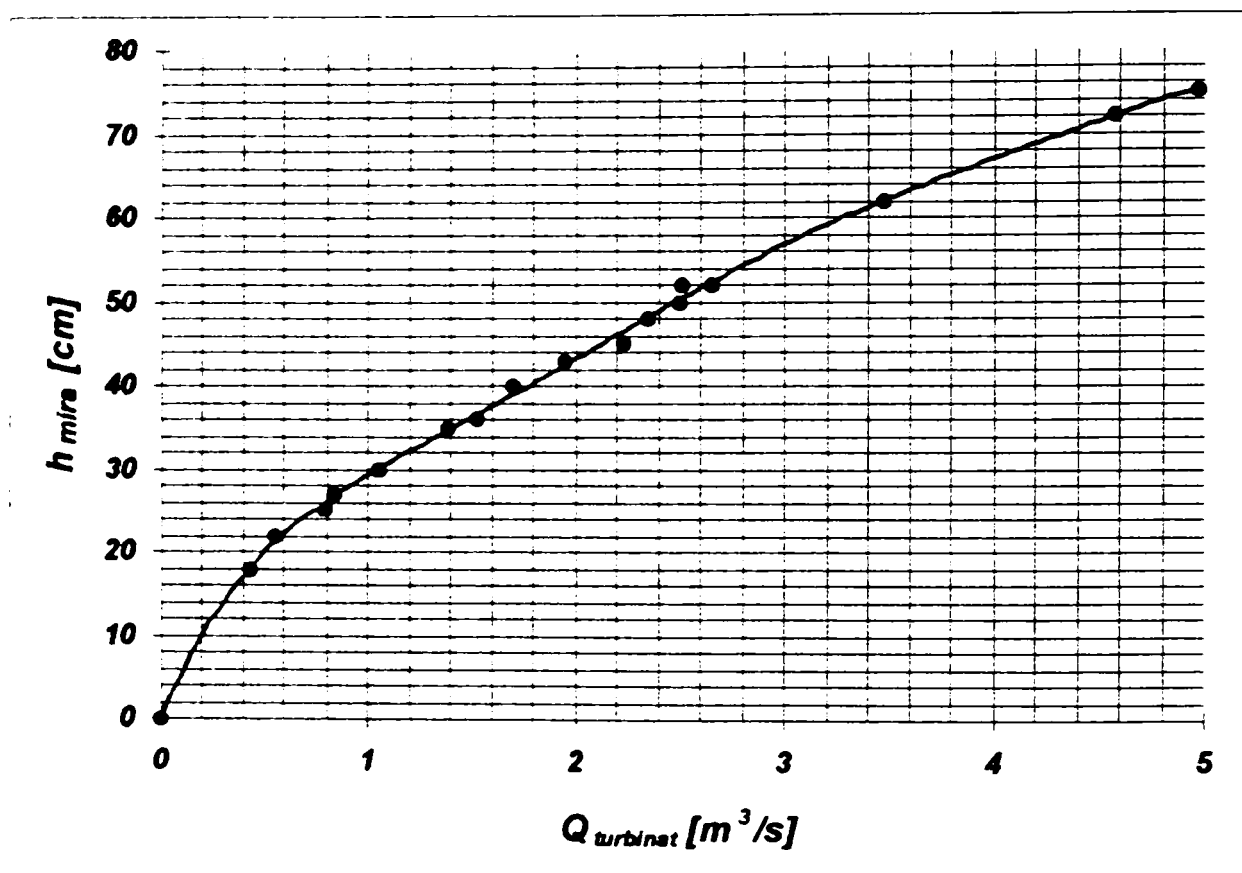


Fig. 11.5.

CĂDEREA NETĂ ȘI RANDAMENTUL HIDROAGREGATELOR Turbina 1 FO 230/720 - CHEMP TEȘILA 2

$$d_i = 1.00 \text{ m}$$

$$y = 3.21 \text{ m}$$

$$d_e = 1.70 \text{ m}$$

$$\Delta z = 1.20 \text{ m}$$

$$H_s = 3.05 \text{ m}$$

$$H_b = 33.80 \text{ m}$$

Tabelul 11.4.

| Nr. crt | P_i [kgf/cm ²] | S_{ad} [mm] | H_a [m] | h_{mtra} [cm] | P_g [kW] | P_c [kW] | Q_{tb} [m ³ /s] | c_i [m/s] | c_e [m/s] | H_n [m] | η [%] |
|---------|------------------------------|---------------|-----------|-----------------|------------|------------|------------------------------|-------------|-------------|-----------|------------|
| 1 | 2.69 | 103 | 2.58 | 52 | 710 | 647 | 2.649 | 3.375 | 1.168 | 32.01 | 77.78 |
| 2 | 2.72 | 90 | 2.61 | 48 | 620 | 570 | 2.352 | 2.996 | 1.038 | 32.23 | 76.91 |
| 3 | 2.76 | 80 | 2.63 | 45 | 560 | 505 | 2.230 | 2.841 | 0.983 | 32.61 | 70.79 |
| 4 | 2.80 | 70 | 2.69 | 40 | 470 | 417 | 1.856 | 2.364 | 0.818 | 32.96 | 69.49 |
| 5 | 2.82 | 60 | 2.73 | 36 | 370 | 325 | 1.531 | 1.950 | 0.675 | 33.12 | 65.34 |
| 6 | 2.83 | 50 | 2.79 | 30 | 260 | 195 | 1.049 | 1.336 | 0.462 | 33.19 | 57.09 |
| 7 | 2.84 | 40 | 2.82 | 27 | 180 | 145 | 0.831 | 1.059 | 0.336 | 33.29 | 53.42 |
| 8 | 2.85 | 30 | 2.89 | 22 | 135 | 100 | 0.556 | 0.708 | 0.245 | 33.43 | 50.84 |
| 9 | 2.86 | 20 | 2.88 | 18 | 70 | 42 | 0.432 | 0.550 | 0.190 | 33.51 | 29.57 |
| 10 | 2.865 | 0 | 3.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33.72 | - |

11.5.2. CURBA DE CONSUM TH 1 FO 230/720 - CHEMP TEȘILA 2

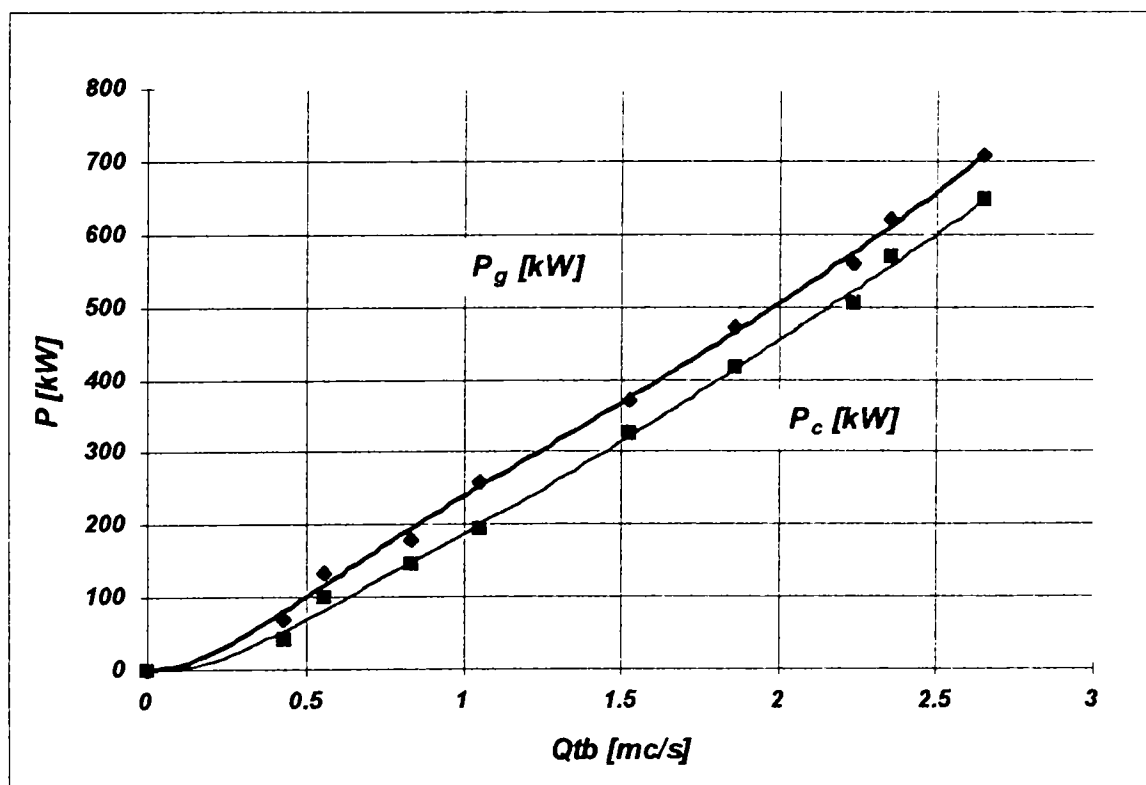


Fig. 11.6.

OBSERVAȚIE :

Cele două curbe din Fig. 11.6. reprezintă aproximarea cu polinoame de ordin superior (grad 6) a dependențelor $P_c = P_c(Q_{tb})$ și $P_g = P_g(Q_{tb})$ rezultate în urma măsurătorilor (curbele sunt trasate printre punctele de măsură).

CĂDEREA NETĂ ȘI RANDAMENTUL HIDROAGREGATELOR
Turbina 2 FO 230 / 720 - CHEMA TEȘILA 2

$$d_i = 1.00 \text{ m} \qquad y = 3.21 \text{ m}$$

$$d_o = 1.70 \text{ m} \qquad \Delta z = 1.20 \text{ m}$$

$$H_s = 3.05 \text{ m} \qquad H_b = 33.80 \text{ m}$$

Tabelul 11.5.

| Nr. crt | P_f [kg/cm ²] | S_{ad} [mm] | H_o [m] | h_{max} [cm] | P_s [kW] | P_c [kW] | Q_p [m ³ /s] | C_1 [m/s] | C_2 [m/s] | H_n [m] | η [%] |
|---------|-----------------------------|---------------|-----------|----------------|------------|------------|---------------------------|-------------|-------------|-----------|------------|
| 1 | 2.72 | 94 | 2.59 | 52 | 680 | 610 | 2.508 | 3.193 | 1.105 | 32.26 | 75.85 |
| 2 | 2.75 | 80 | 2.62 | 48 | 600 | 544 | 2.277 | 2.889 | 1.003 | 32.51 | 76.91 |
| 3 | 2.78 | 70 | 2.66 | 45 | 520 | 477 | 1.950 | 2.483 | 0.859 | 32.75 | 76.13 |
| 4 | 2.80 | 60 | 2.69 | 40 | 440 | 404 | 1.704 | 2.170 | 0.751 | 32.92 | 73.72 |
| 5 | 2.82 | 50 | 2.74 | 36 | 350 | 314 | 1.389 | 1.769 | 0.612 | 33.09 | 69.63 |
| 6 | 2.83 | 40 | 2.79 | 30 | 250 | 223 | 1.054 | 1.342 | 0.484 | 33.19 | 64.99 |
| 7 | 2.84 | 30 | 2.83 | 27 | 150 | 136 | 0.786 | 1.001 | 0.346 | 33.29 | 52.98 |
| 8 | 2.85 | 20 | 2.85 | 22 | 80 | 72 | 0.574 | 0.731 | 0.253 | 33.39 | 38.29 |
| 9 | 2.86 | 15 | 2.88 | 18 | 40 | 35 | 0.458 | 0.583 | 0.202 | 33.51 | 23.25 |
| 10 | 2.865 | -4 | 3.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33.72 | - |

OBSERVAȚII :

Deschiderile aparatului director (cursele S_{ad}) citite pe rigla gradată montată pe tija mecanismului de acționare și reglaj sunt valori relative la poziția 0 pe riglă, astfel încât valorile absolute (reale) ale cursei pe tija mecanismului de acționare vor fi obținute prin majorare cu $\Delta S = 4 \text{ mm}$.

Cursele maxime și minime vor fi, deci: $S_{ad \max} = 98 \text{ mm}$ și $S_{ad \min} = 0 \text{ mm}$.

11.5.3. CURBA DE CONSUM
TH 2 FO 230 / 720 CHEMA TEȘILA 2

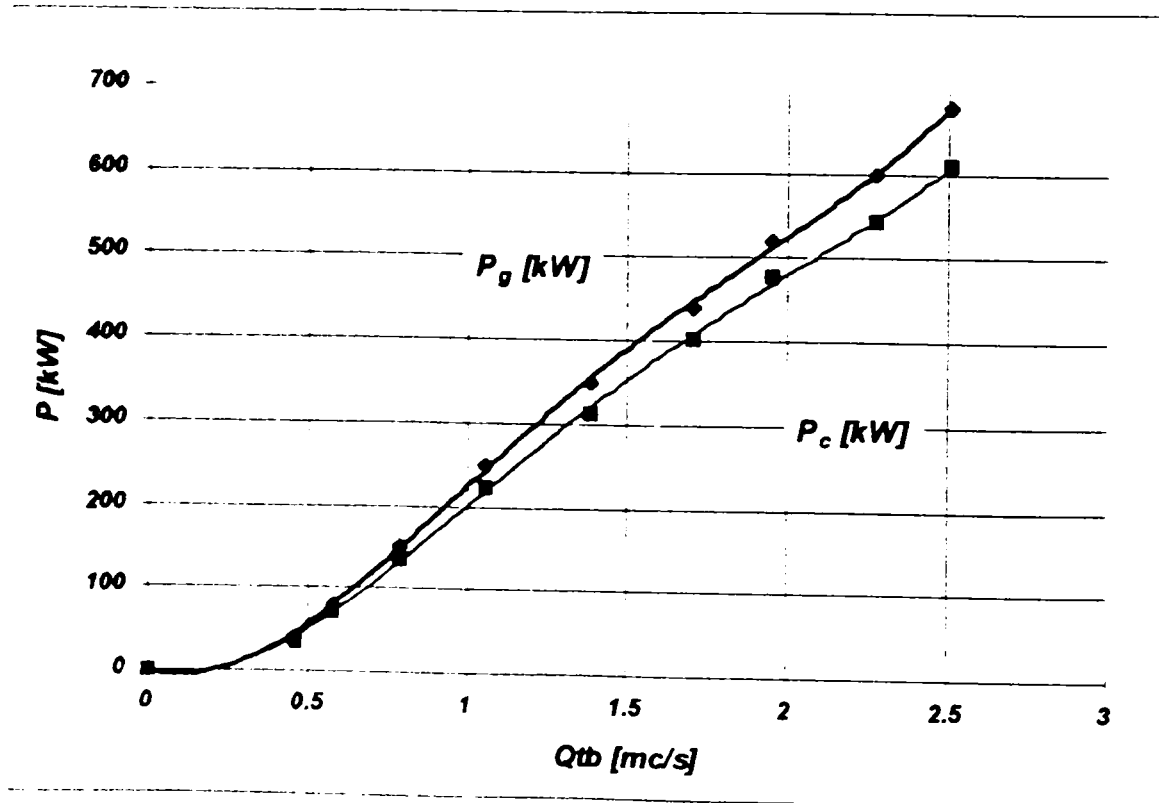


Fig. 11.7.

11.5.4. PARAMETRII DE CONSUM AI TH 1 SI TH 2 - CHEMP TEȘILA 2 DETERMINAȚI PRIN INTERPOLARE

Prin citirea valorilor P_{c1} și P_{c2} corespunzătoare debitelor între $0.0 \text{ m}^3/\text{s}$ și $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ cu pasul $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$, din Fig. 11.6. și Fig. 11.7., rezultă perechile de valori (Q_{tb}, P_{c1}) și (Q_{tb}, P_{c2}) din Tabelul 11.6, care permit reprezentarea celor două curbe pe același grafic (Fig. 11.8.). Astfel se poate observa că cele două curbe se intersectează în punctele de coordonate:

- $Q_1 = 0.95 \text{ m}^3/\text{s}$, $P_1 = 185 \text{ kW}$; $Q_2 = 2.52 \text{ m}^3/\text{s}$, $P_2 = 605 \text{ kW}$.

Analog, pentru valori ale puterii calculate P_c între 0 și 660 kW , cu pasul 20 kW rezultă debitele turbinate de fiecare grup pentru obținerea aceleiași puteri (Tabelul 11.7.).

| $Q_{tb} [\text{m}^3/\text{s}]$ | $P_{c1} [\text{kW}]$ | $P_{c2} [\text{kW}]$ |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0.1 | 0 | 0 |
| 0.2 | 10 | 10 |
| 0.3 | 28 | 25 |
| 0.4 | 47 | 40 |
| 0.5 | 70 | 60 |
| 0.6 | 92 | 85 |
| 0.7 | 115 | 108 |
| 0.8 | 140 | 132 |
| 0.9 | 165 | 160 |
| 1 | 188 | 190 |
| 1.1 | 210 | 220 |
| 1.2 | 235 | 250 |
| 1.3 | 260 | 280 |
| 1.4 | 285 | 310 |
| 1.5 | 314 | 342 |
| 1.6 | 340 | 375 |
| 1.7 | 370 | 410 |
| 1.8 | 395 | 438 |
| 1.9 | 425 | 468 |
| 2 | 455 | 492 |
| 2.1 | 485 | 520 |
| 2.2 | 510 | 545 |
| 2.3 | 540 | 568 |
| 2.4 | 570 | 588 |
| 2.5 | 600 | 605 |
| 2.6 | 630 | 620 |
| 2.7 | 660 | |

Tabelul 11.6.

| $P_c [\text{kW}]$ | $Q_{tb1} [\text{m}^3/\text{s}]$ | $Q_{tb2} [\text{m}^3/\text{s}]$ |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0.26 | 0.28 |
| 40 | 0.37 | 0.40 |
| 60 | 0.46 | 0.50 |
| 80 | 0.54 | 0.58 |
| 100 | 0.63 | 0.67 |
| 120 | 0.72 | 0.75 |
| 140 | 0.80 | 0.83 |
| 160 | 0.88 | 0.90 |
| 180 | 0.96 | 0.97 |
| 200 | 1.05 | 1.04 |
| 220 | 1.13 | 1.10 |
| 240 | 1.22 | 1.17 |
| 260 | 1.30 | 1.23 |
| 280 | 1.38 | 1.29 |
| 300 | 1.45 | 1.36 |
| 320 | 1.53 | 1.43 |
| 340 | 1.60 | 1.48 |
| 360 | 1.68 | 1.55 |
| 380 | 1.74 | 1.62 |
| 400 | 1.81 | 1.68 |
| 420 | 1.88 | 1.75 |
| 440 | 1.95 | 1.82 |
| 460 | 2.03 | 1.88 |
| 480 | 2.09 | 1.95 |
| 500 | 2.15 | 2.03 |
| 520 | 2.23 | 2.10 |
| 540 | 2.30 | 2.18 |
| 560 | 2.37 | 2.26 |
| 580 | 2.44 | 2.37 |
| 600 | 2.5 | 2.5 |
| 620 | 2.57 | 2.6 |
| 640 | 2.63 | |
| 660 | 2.68 | |

Tabelul 11.7.

CURBELE DE CONSUM PENTRU TH 1 ȘI TH 2 - CHEMP TEȘILA 2

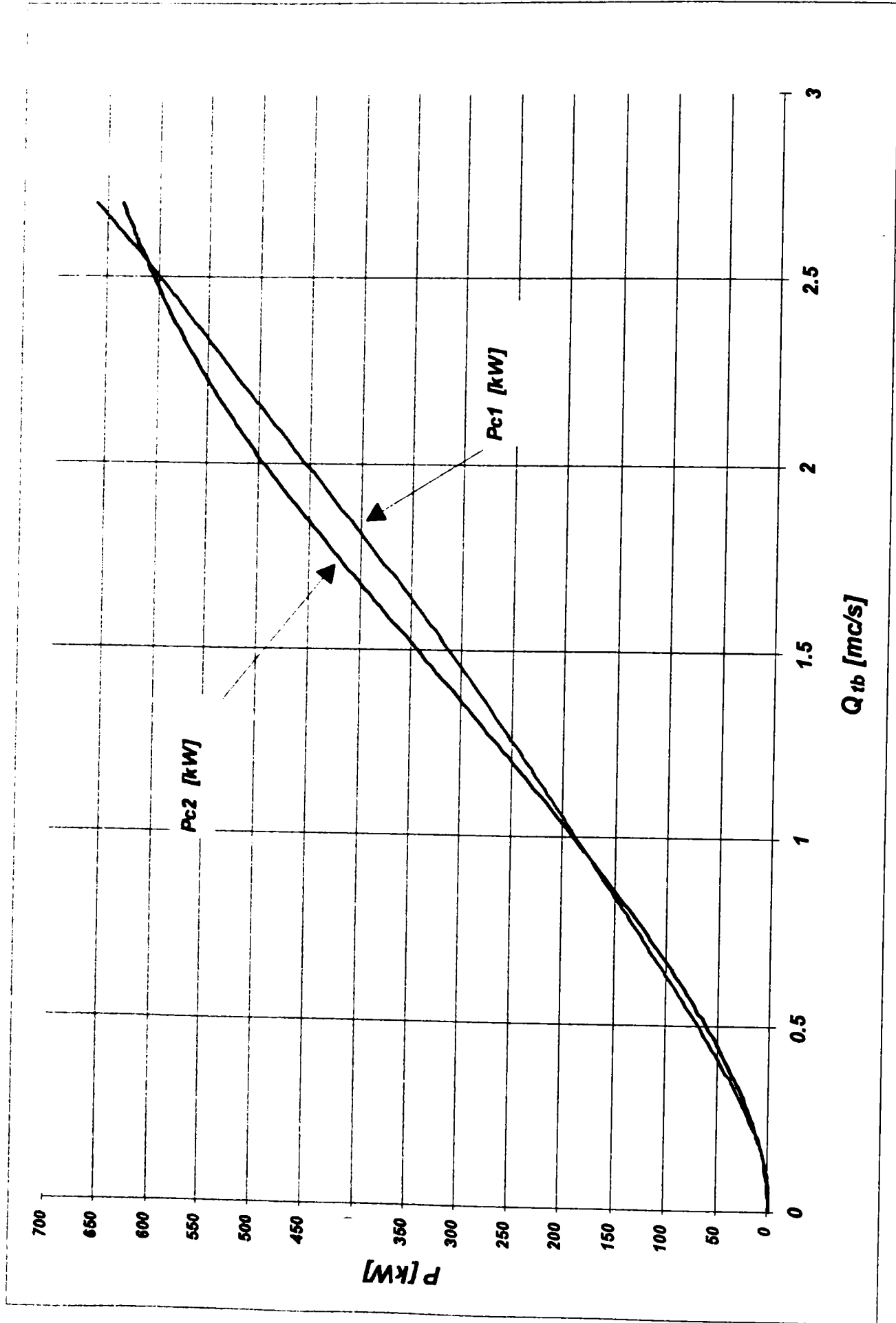


Fig. 11.8.

11.5.5. CURBELE DE DEBIT

CURBA DE DEBIT - TH 1 FO 230 / 720 - CHEMA TEȘILA 2

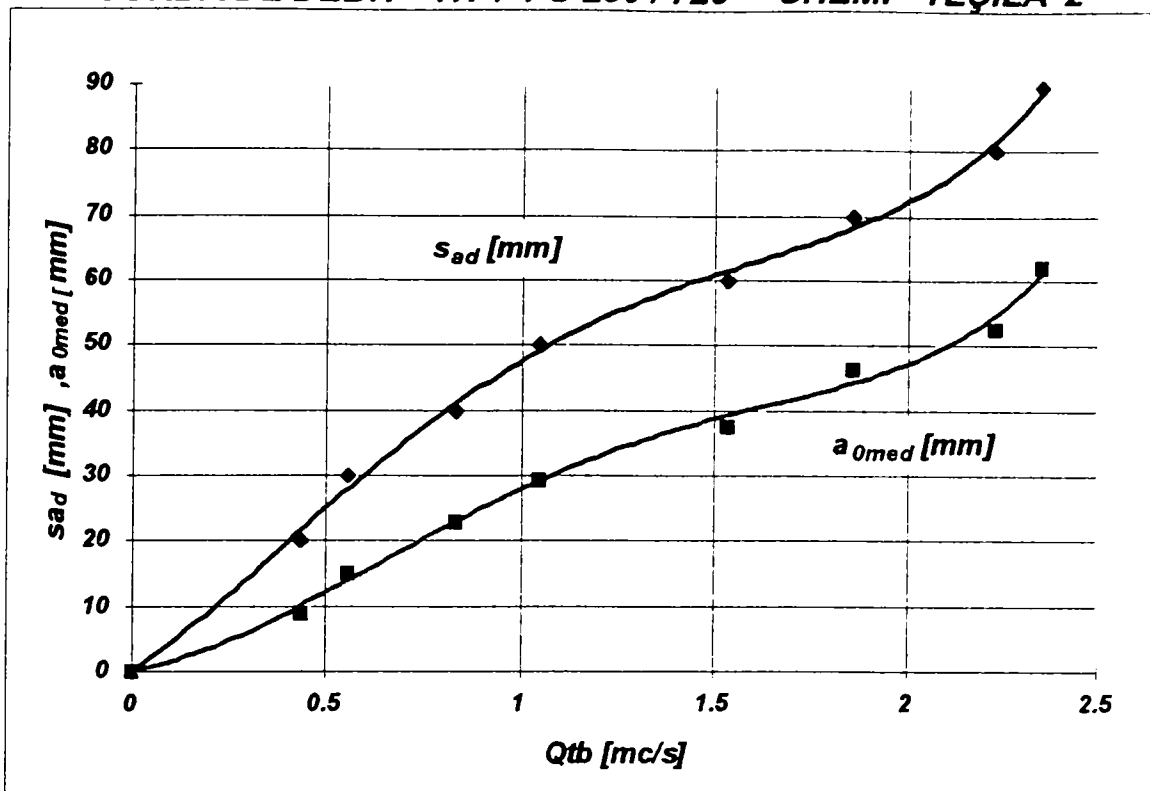


Fig. 11.9.

CURBA DE DEBIT- TH 2 FO 230 / 720 - CHEMA TEȘILA 2

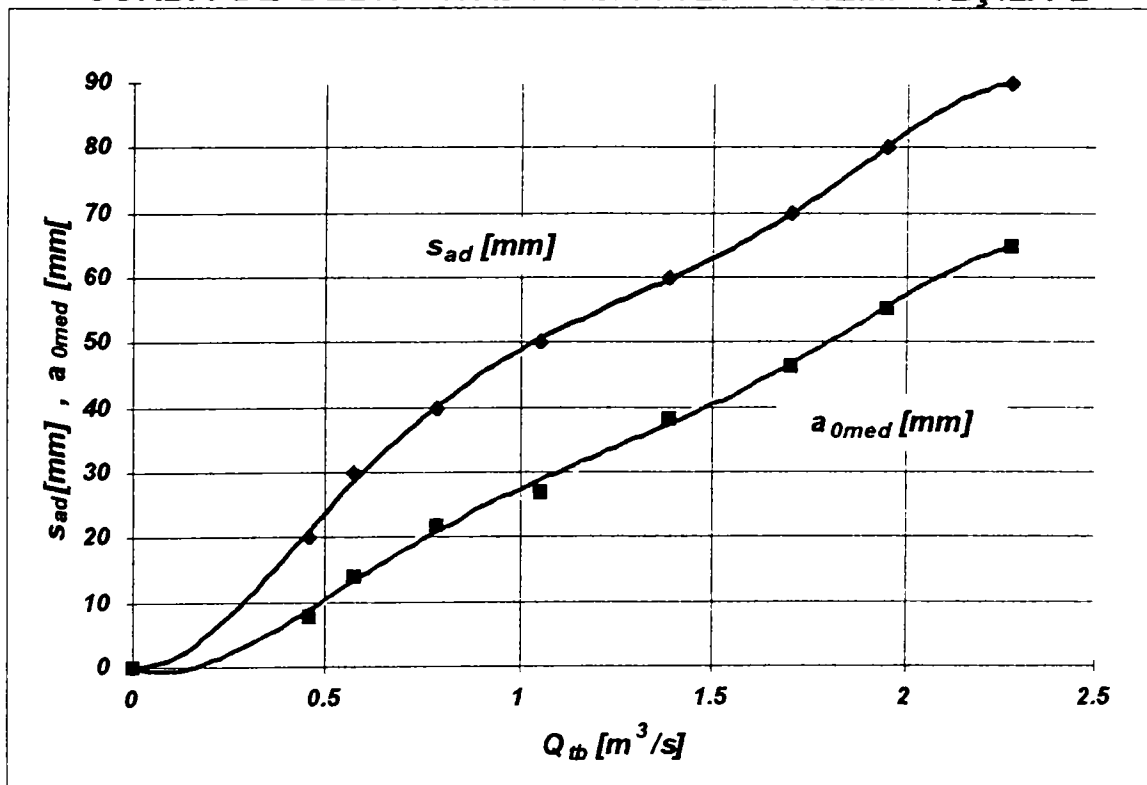


Fig. 11.10.

Curbele de debit au forme diferite pentru fiecare dintre cele două hidroagregate comparate. Debitul maxim realizat la deschiderea maximă a aparatului director este:

Pentru TH - 1 : $Q_{tb\max} = 2.649 \text{ m}^3/\text{s}$ la $S_{ad\max} = 103 \text{ mm}$.

Pentru TH - 2 : $Q_{tb\max} = 2.508 \text{ m}^3/\text{s}$ la $S_{ad\max} = 98 \text{ mm}$.

Cunoașterea perechilor de valori (S_{ad} , $Q_{tb\max}$) permite gestionarea eficientă a stocului de apă disponibil prin alegerea regimului de încărcare potrivit.

11.5.6. CURBELE DE PUTERE TH 1 FO 230 / 720 CHEMP TEȘILA 2

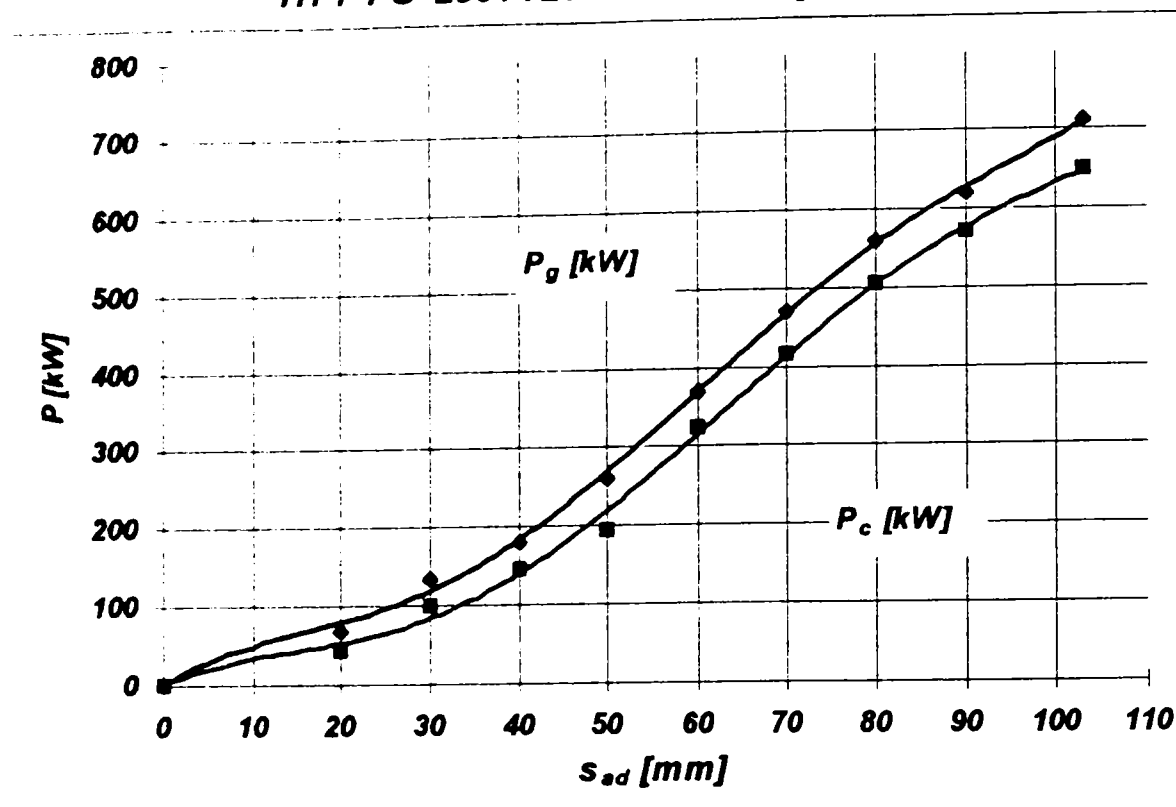


Fig. 11.11.

CURBELE DE PUTERE TH 2 FO 230 / 720 CHEMP TEȘILA 2

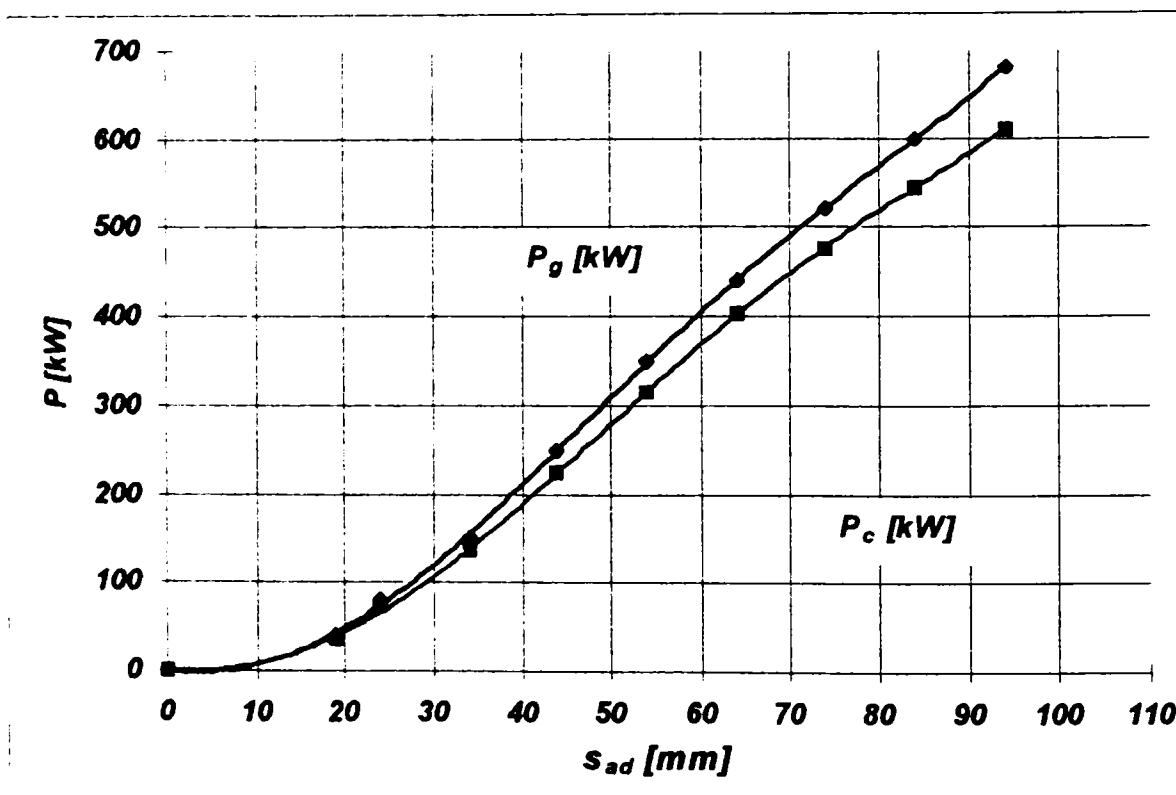


Fig. 11.12.

OBSERVAȚIE :

Curbele din Fig. 11.11. și Fig. 11.12, reprezentând variația puterilor în funcție de cursa de deschidere a aparatelor directoare ale grupurilor 1 și 2 din CHEMP TEȘILA 2, sunt aproximări ale punctelor de măsură cu polinoame de gradul 5.

11.5.7. CARACTERISTICILE DE CĂDERE TH 1 FO 230 / 720 CHEMA TEȘILA 2

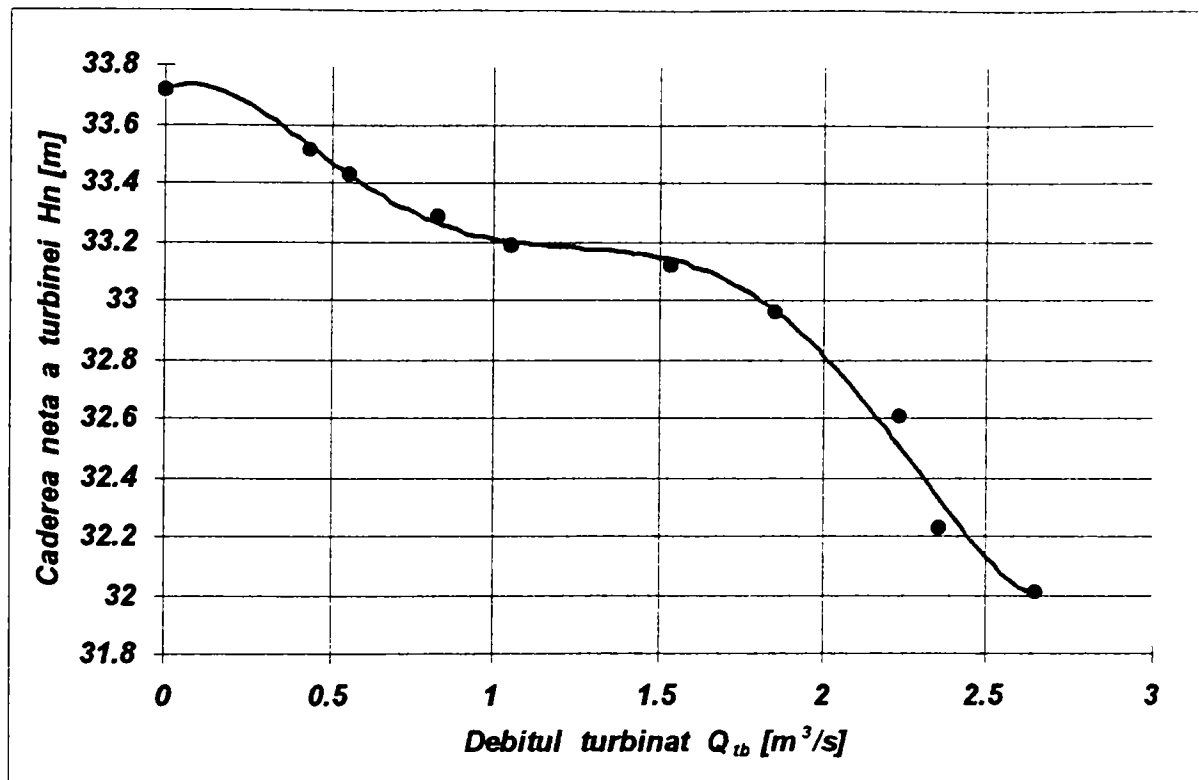


Fig. 11.13.

CARACTERISTICILE DE CĂDERE TH 2 FO 230 / 720 CHEMA TEȘILA 2

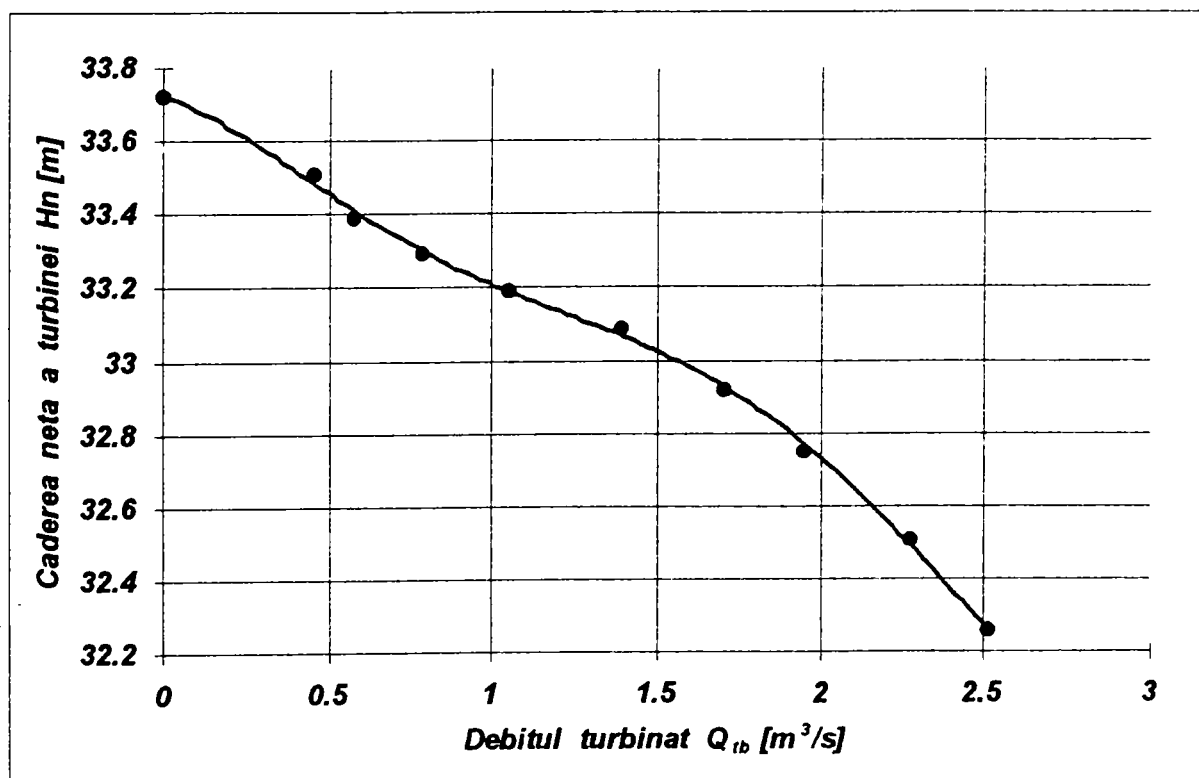


Fig. 11.14.

OBSERVAȚIE:

Caracteristicile de cădere ale turbinelor reprezintă curbele de variație ale căderii nete a turbinelor în funcție de debitul turbinat. Curbele obținute aproximează punctele rezultate din măsurători cu polinoame de gradul 5.

11.5.8. CARACTERISTICILE DE RANDAMENT TH 1 FO 230/720 - CHEMP TEȘILA 2

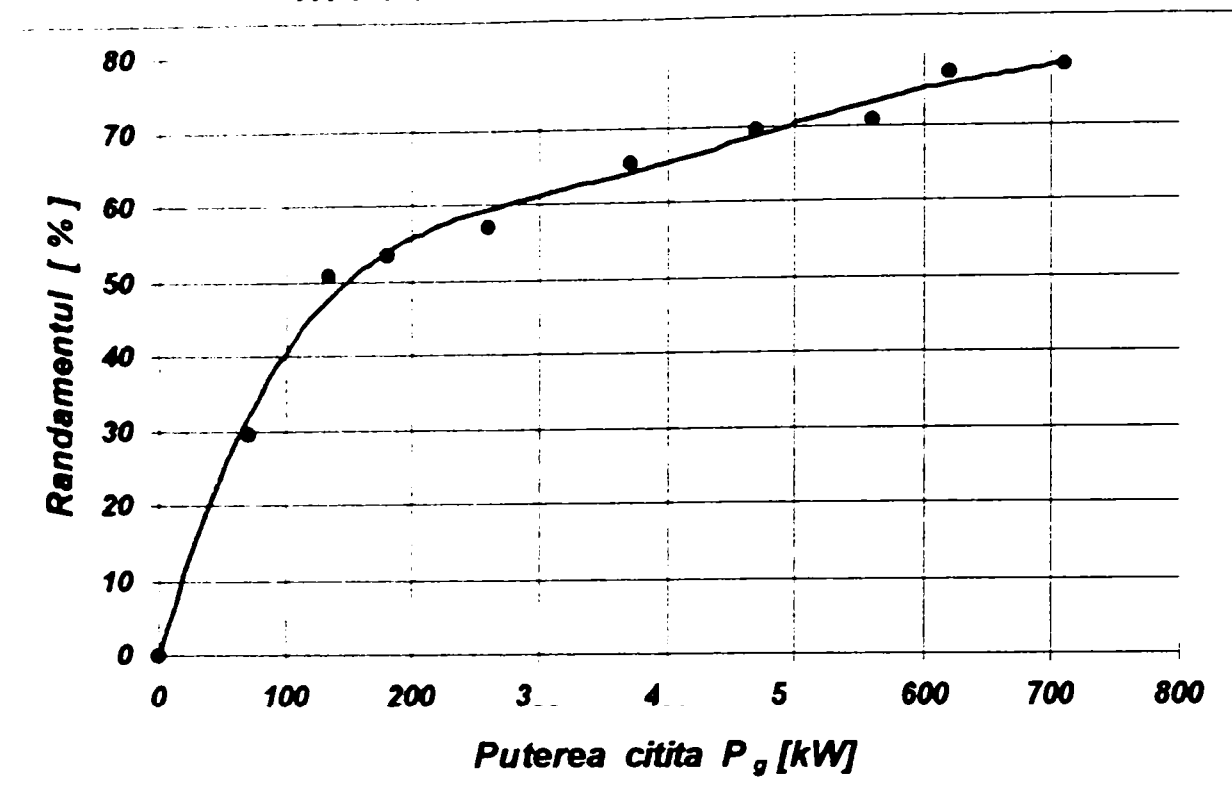


Fig. 11.15.

CARACTERISTICA DE RANDAMENT TH 2 FO 230/720 - CHEMP TEȘILA 2

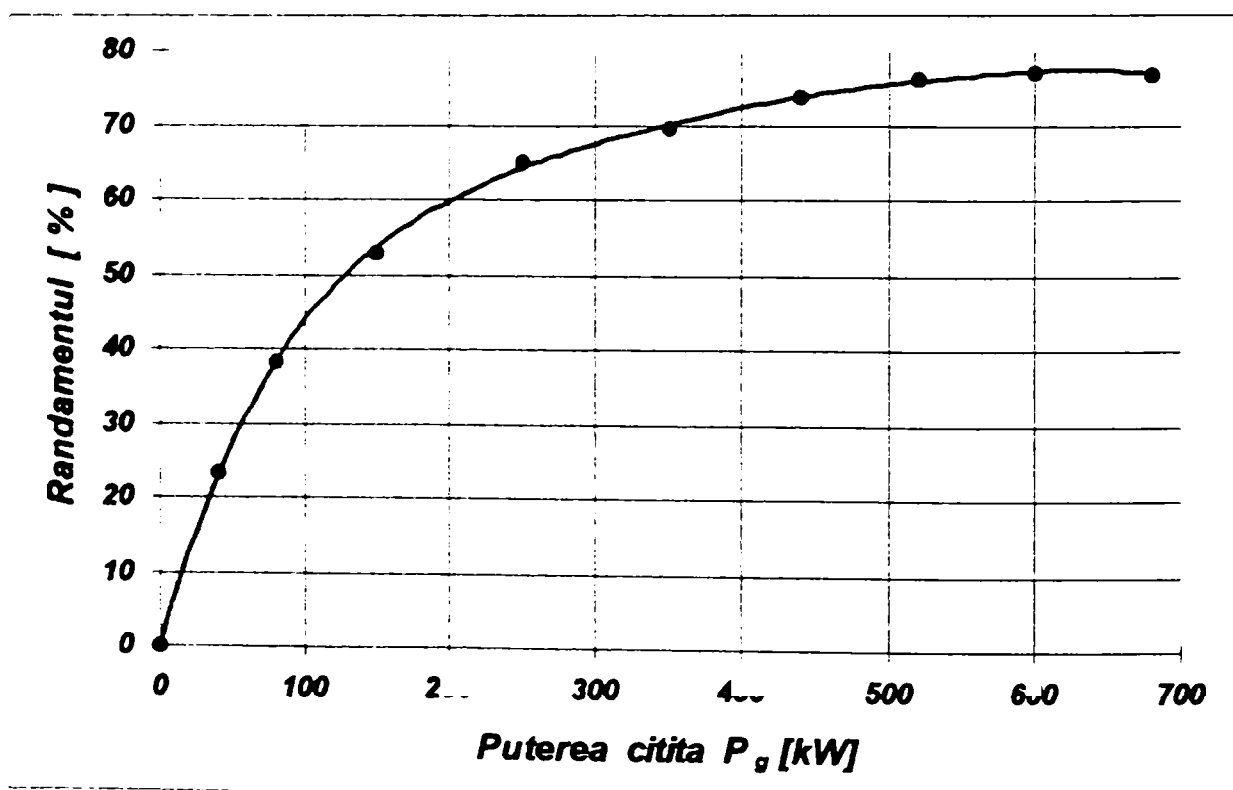


Fig. 11.16.

Se observă că randamentele celor două hidroagregate au valori acceptabile pentru funcționarea lor cu puteri ce depășesc 350 kW. În aceste condiții randamentele se situează în intervalul 60% - 80%.

Se remarcă o valoare mai mare a randamentului obținut prin funcționarea la deschiderea maximă a grupului 1, decât cea similară pentru cel de al doilea grup:

$$\eta_{\max 1} = 77.78 \% > \eta_{\max 2} = 76.85 \% .$$

Pentru a putea compara randamentele obținute în funcționarea celor două grupuri din CHEMA TEȘILA 2, s-au reprezentat în același grafic [38] cele două curbe de randament (Fig. 11.17.).

Puterea față de care s-au reprezentat randamentele grupurilor este puterea citită pe cele două kilowattmetre - P_g [kW] (Tabelul 11.8).

Se observă că randamentul grupului 2 este mai bun decât al grupului 1, pentru orice valori ale puterii produse cuprinse în intervalul 0 - 660 kW.

RANDAMENTELE GRUPURILOR ÎN FUNCȚIE DE PUTERE

| P_g [kW] | Randament G1[%] | Randament G2[%] |
|------------|-----------------|-----------------|
| 0 | 0.0 | 0.0 |
| 20 | 10.5 | 12.0 |
| 40 | 20.0 | 23.0 |
| 60 | 28.0 | 31.0 |
| 80 | 34.8 | 38.0 |
| 100 | 40.0 | 44.0 |
| 120 | 44.8 | 48.0 |
| 140 | 48.2 | 52.0 |
| 160 | 51.5 | 55.0 |
| 180 | 53.5 | 57.8 |
| 200 | 55.5 | 60.0 |
| 220 | 57.0 | 62.0 |
| 240 | 58.2 | 63.3 |
| 260 | 59.5 | 65.0 |
| 280 | 60.5 | 66.2 |
| 300 | 61.0 | 67.3 |
| 320 | 62.0 | 68.7 |
| 340 | 62.7 | 69.5 |
| 360 | 63.5 | 70.7 |
| 380 | 64.3 | 71.5 |
| 400 | 65.1 | 72.3 |
| 420 | 66.1 | 73.0 |
| 440 | 67.0 | 73.8 |
| 460 | 68.0 | 74.4 |
| 480 | 69.0 | 75.0 |
| 500 | 70.1 | 75.2 |
| 520 | 71.0 | 75.8 |
| 540 | 72.1 | 76.3 |
| 560 | 73.0 | 76.5 |
| 580 | 74.0 | 76.8 |
| 600 | 74.8 | 77.0 |
| 620 | 75.5 | 77.2 |
| 640 | 76.0 | 77.5 |
| 660 | 76.5 | 77.2 |
| 680 | 77.0 | 76.8 |
| 700 | 77.5 | 76.6 |
| 720 | 78.0 | |

Tabelul 11.8.

CURBELE DE RANDAMENT ALE GRUPURILOR DIN CHEMP TEȘILA 2

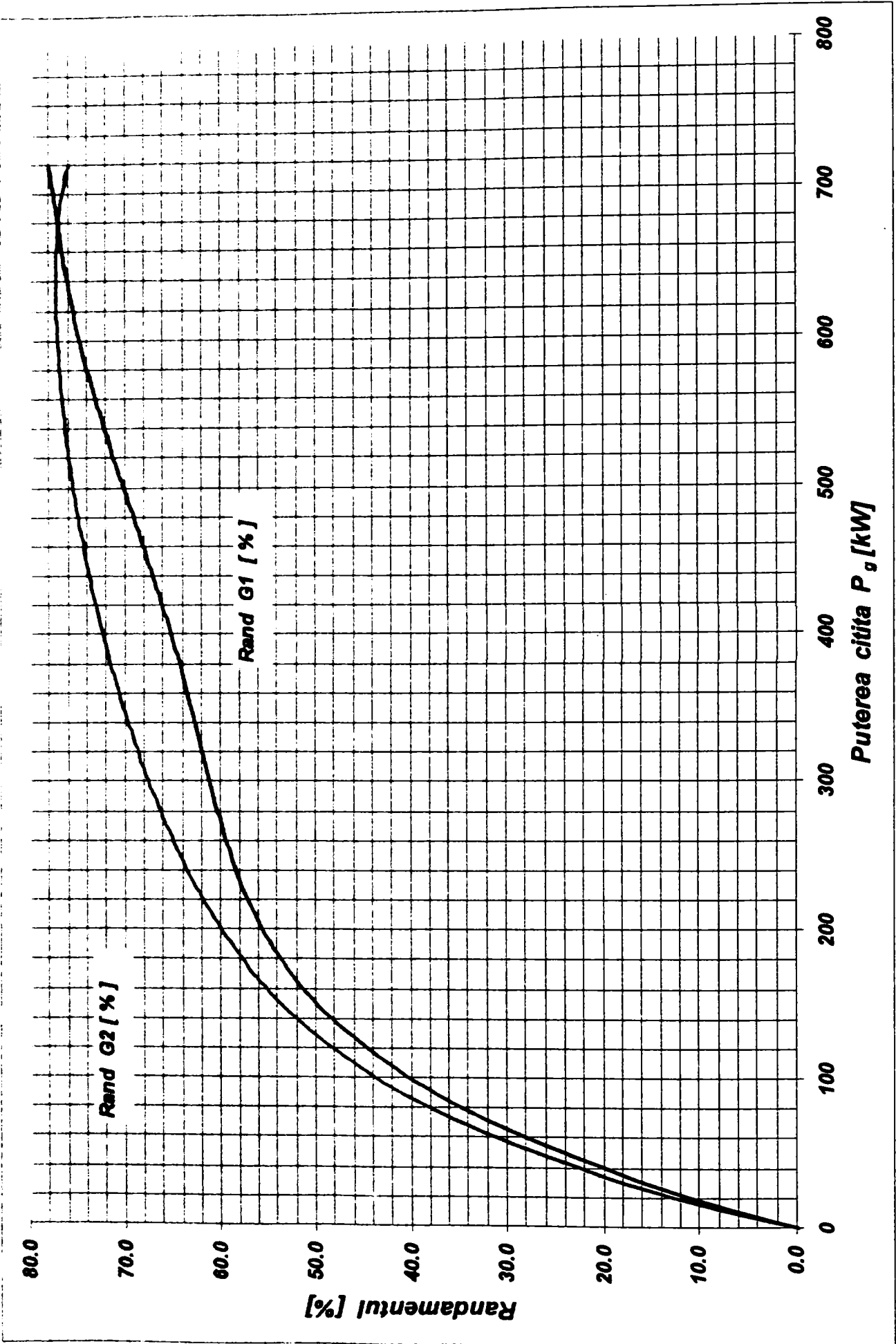


Fig. 11.17.

11.6. Determinarea caracteristicii de cădere a turbinei FO 230 / 720 - CHEMP TEȘILA 2

Conducta de aducțiune a CHEMP TEȘILA 2 are următoarele caracteristici:

- ✓ Lungime: 2200 m;
- ✓ Diametru: 1500 mm;
- ✓ Panta medie: 1,23 %;
- ✓ Realizare: 2 tuburi de beton centrifugat în paralel.

Am considerat că rezistențele locale pot fi neglijate ca urmare a lungimii mari a conductei. În această situație am determinat pierderea de sarcină distribuită utilizând formula Darcy – Weisbach:

$$h_d = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (11.12)$$

scrisă sub forma: $h_d = S Q^2$ în care S – rezistența totală a conductei

$$S = A \cdot l = \frac{8 \cdot \lambda \cdot l}{g \cdot \pi^2 \cdot d^5} \quad (11.13)$$

unde A - rezistența specifică a conductei.

Pentru determinarea coeficientului pierderilor de sarcină am utilizat formula A.D. Altschul:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_e}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (11.14)$$

în care k_e este valoarea rugozității absolute echivalente.

Pentru conducte de beton cu suprafață sclivisită: $k_e = 0,5$

Numărul Reynolds pentru conducte cu secțiune circulară este:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (11.15)$$

în care ν - vâscozitatea cinematică și μ - vâscozitatea cinematică;

Pentru apă la 10° C aceste mărimi au valorile de mai jos:

$$\mu = 0,0131 \text{ g / cm s}$$

$$\nu = 0,0131 \text{ cm}^2 / \text{s} = 0,00000131 \text{ m}^2 / \text{s}$$

Considerând viteza medie a apei în conductă pentru debitul $Q = 2,5 \text{ m}^3 / \text{s}$:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 2,5}{\pi \cdot 1,5^2} = 1,415 \text{ m/s}$$

Numărul Reynolds va fi:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{1,415 \cdot 1,5}{1,31 \cdot 10^{-6}} = 1,62 \cdot 10^6$$

Coeficientul pierderilor de sarcină va fi:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,5}{1500} + \frac{68}{1,62 \cdot 10^6} \right)^{0,25} = 0,0153$$

Rezistența totală a conductei este, în acest caz:

$$S = \frac{8 \cdot \lambda \cdot l}{g \cdot \pi^2 \cdot d^5} = \frac{8 \cdot 0,0153 \cdot 2200}{9,81 \cdot 3,14^2 \cdot 1,5^5} = 0,36687$$

Pierderea de sarcină distribuită într-o singură conductă va fi:

$$h_d = 0,36687 \cdot Q^2 \quad (11.16)$$

Ținând seama de pierderea de sarcină distribuită în cele două conducte instalate în paralel, căderea turbinei va fi:

$$H(Q) = H_b - S_{tot} \cdot Q^2 = 33,72 - 0,36687 \cdot Q^2 \quad (11.17)$$

Calculul mărimilor care intervin în expresia $H(Q)$ este realizat în aplicația HQREY.XLS, rezultatele fiind date în Tabelul 11.9., iar dependența celor două mărimi, cădere netă H_{net} și debit Q în Tabelul 11.10.

Tabelul 11.9.

| Mărimea | U.M. | Valoare |
|---|-------------------|-------------|
| Q | m ³ /s | 2,5 |
| v | m/s | 1,415 |
| Re | - | 1,62E+06 |
| k _e | mm | 0,5 |
| d | mm | 1500 |
| k _e /d | - | 0,000333333 |
| 68/Re | - | 4,19567E-05 |
| k _e /d + 68/Re | - | 0,00037529 |
| (k _e /d + 68/Re) ^{1,25} | - | 0,139184781 |
| λ | - | 0,015310326 |
| S – rezistența conductei | - | 0,366870259 |

Tabelul 11.10.

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q _i [m ³ /s] | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2 |
| H _{net} [m] | 33,35 | 33,28 | 33,19 | 33,10 | 33,00 | 32,89 | 32,78 | 32,66 | 32,53 | 32,40 | 32,25 |
| | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3 | |
| | 32,10 | 31,94 | 31,78 | 31,61 | 31,43 | 31,24 | 31,05 | 30,84 | 30,63 | 30,42 | |

Variația căderii turbinei în funcție de debitul turbinat este reprezentată în diagrama din Fig.12.1.

11.7. METODOLOGIA DE CALCUL A PRODUCȚIEI DE ENERGIE LUNARĂ ÎN CHEMP ÎN FUNCȚIE DE DEBITUL AFLUENT PROGNOZAT MEDIE LUNARĂ

11.7.1. GENERALITĂȚI

Estimarea producției de energie lunară în CHEMP este necesară pentru calculul rentabilității exploatării centralelor în perioada următoare lunii în curs.

Metoda se bazează pe datele hidrologice furnizate în INMH București privind debitele măsurate și prognozate în secțiuni aflate amonte de captările centralelor. Se utilizează de asemenea rezultatele măsurătorilor de tatonare prezentate în prima parte a capitolului, privind parametrii de funcționare ai grupurilor (curbele de consum, curbele de randament, ș.a.) [40].

Etapele de calcul sunt următoarele:

- se calculează volumul de apă disponibil lunar, în funcție de debitul captat (care este $Q_c = Q_{\text{afli}} - Q_{\text{servitute}}$);
- se aleg parametrii de funcționare (P, Q) din curba de consum;
- se calculează durata de funcționare a grupului (grupurilor) în luna respectivă t_f ;
- se calculează energia produsă în regimul presupus (P, Q, t_f).

CHEMP nu au acumulare în adevăratul sens al cuvântului. Bazinele lor au un volum redus care nu permite compensare. În funcție de valoarea debitului afluent, o CHEMP poate funcționa pe formații de grupuri, respectiv cu 1, 2, ... , n_a grupuri. Volumul util al bazinului este volumul de apă rezervat manevrelor de exploatare, volum turbinabil în diverse regimuri de exploatare, cu unul sau mai multe grupuri.

Pentru un interval de timp t , volumul de apă care intră în bazin, determinat de valoarea debitului captat Q_c , este turbinabil în funcție de mărimea sa cu cele n_a hidroagregate, fiecărui grup revenindu-i volumul V_p , astfel încât:

$$\sum_{i=1}^{n_a} Q_i \cdot t_i = \int Q_c(t) \cdot dt \quad (11.18.)$$

La sfârșitul lunii se pot introduce elementele de corecție care au determinat modificarea duratei de funcționare (timpul de retragere din exploatare, timpul de opriri preventive etc.). Se calculează valoarea corectată a energiei prognozate.

Pentru prezentarea metodei de evaluare a energiei produse lunar în funcție de prognoza hidrologică lunară în zona de captare, s-a ales cazul real al centralelor din bazinul râului Doftana, pentru care sunt analizate două cazuri, după cum debitul captat este mai mic sau mai mare decât debitul turbinabil maxim de un grup.

11.7.2. CHEMP TEȘILA 1

11.7.2.1. CAZUL 1

Din datele comunicate de INMH București se cunoaște valoarea medie lunară prognozată a debitului afluent pe râul Doftana în secțiunea aval confluența Negraș. Q_a [m^3/s].

Se determină valoarea debitului captat zilnic, scăzând debitul de servitute a cărei valoare este cunoscută Q_{serv} [m^3/s].

$$Q_c = Q_s - Q_{serv} \quad [m^3 / s] \quad (11.19.)$$

Lunar, în bazinul compensator intră un volum de apă V direct proporțional cu debitul captat:

$$V = Q_c t \quad [m^3 / s] \quad (11.20.)$$

unde t este timpul în secunde al lunii considerate ($t = 86400 N$) considerând că N este numărul de zile ale lunii.

Stocul de apă disponibil lunar V poate fi utilizat în diferite regimuri de funcționare (P, Q) pentru obținerea energiei lunare W [kWh].

Folosind curba de consum $Q = Q(P)$ pentru fiecare grup și ținând seama de valoarea debitului mediu captat zilnic Q_c se aleg parametrii de funcționare (P, Q), astfel:

În ipoteza că nu există pierderi de fluid (nu este depășită cota pragului deversor al prizei de apă CHEMP TEȘILA 1, 724.5 mdM, deci este turbinabil întreg stocul de apă disponibil lunar, se poate scrie bilanțul:

$$Q_c t = Q t, \quad (11.21.) \quad \text{deci:}$$

$$t_r = t \frac{Q_c}{Q} \quad (\text{ore}) \quad (11.22.)$$

unde Q este debitul turbinat corespunzător puterii medii lunare P [kW] determinată din curba de consum.

Rezultă valoarea estimată a energiei electrice lunare:

$$W_{est} = P t_r \quad [kWh] \quad (11.23.)$$

Alegerea debitului turbinabil Q și a puterii medii P corespunzătoare se face ținând seama de debitul affluent mediu lunar (valoarea prognozată) Q_s și implicit de numărul de cicluri de pomire - oprire lunar, care nu trebuie să fie exagerat de mare în condiții de fiabilitate ($N_c < 90$ cicluri / lună, adică în medie maxim 3 cicluri pe zi pentru un grup).

Durata unui ciclu este:

$$t_{ciclu} = t_u + t_g \quad (11.24.)$$

unde: t_u - timpul de umplere al bazinului compensator;

t_g - timpul de golire al bazinului compensator.

Timpul de golire al bazinului compensator este chiar timpul de funcționare al unui grup într-un ciclu. Ecuația de bilanț volumetric pentru un ciclu este:

$$V_u + Q_c t_g = Q t_g \quad (11.25.)$$

Rezultă timpul de golire al bazinului compensator:

$$t_g = \frac{V_u}{Q - Q_c} \quad (11.26.)$$

unde: V_u - volumul util al bazinului compensator;

V_u - 15000 m^3 pentru CHEMP TEȘILA 1.

Timpul de umplere al bazinului compensator rezultă din egalitatea:

$$V_u = Q_c t_u \quad (11.27.)$$

Rezultă timpul de umplere al bazinului compensator:

$$t_u = \frac{V_u}{Q_c} \quad (11.28.)$$

Deci durata unui ciclu va fi:

$$t_c = V_u \left(\frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q - Q_c} \right) \quad (11.29.)$$

Se folosesc următoarele unități de măsură: $[V_u] = m^3$
 $[Q] = m^3/s$

Rezultă $[t_c] = s$.

Numărul de cicluri pomire - oprire zilnice va fi n_c , iar durata unei zile $t_{zi} = 24 \cdot 3600 = 86400 s$.

$$n_c = \frac{t_{zi}}{t_c} \quad (11.30.)$$

$$n_c = \frac{86400 N}{V_u \left(\frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q - Q_c} \right)} \quad (11.31.)$$

Pentru CHEMP TEȘILA 1 la care $V_u = 15000 m^3$ numărul ciclurilor zilnice va fi:

$$n_c = \frac{5.76}{\frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q - Q_c}} \quad (11.32.)$$

Numărul de cicluri de pomire - oprire într-o lună care are N zile va fi:

$$N_c = n_c N \quad (11.33.)$$

În general, pentru un bazin compensator cu volumul util V_u :

$$n_c = \frac{86400 N}{V_u \left(\frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q - Q_c} \right)} \quad (11.34.)$$

11.7.2.2. CAZUL 2

Debitul maxim turbinabil de un grup la CHEMP TEȘILA 1 și 2 este $Q_{max \text{ tb } 1gr} = 2,650 m^3/s$, pentru utilizarea întregului potențial disponibil, se va funcționa cu 2 grupuri cu puteri P_1 și P_2 , corespunzătoare debitelor Q_1 și Q_2 determinate din curbele de consum.

Stocul de apă disponibil lunar va fi repartizat pe cele două grupuri astfel:

$$V = Q_1 t_{r1} + Q_2 t_{r2} \quad (11.35.)$$

unde t_{r1} și t_{r2} sunt timpii de funcționare ai grupurilor în secunde, pentru luna considerată.

Se compară următoarele variante:

A. În scopul reducerii numărului de cicluri pe centrală se va repartiza stocul de apă disponibil astfel încât un grup să funcționeze continuu, iar al doilea grup să preia (turbineze) intermitent diferența de volum de apă.

Atunci $t_{r1} = 24 N 3600 = 86400 N s$.

Bilantul voltmetric este:

$$Q_c t = Q_1 t_{r1} + Q_2 t_{r2} \quad (11.36.)$$

Dar: $t_{r1} = t = 86400 N s$, deci:

$$Q_2 t_{r2} = (Q_c - Q_1) t \quad (11.37.)$$

Notând diferența de debit $\Delta Q = Q_c - Q_1$, rezultă:

$$t_{r2} = \frac{\Delta Q}{Q_2} t \quad (11.38.)$$

Analog cu CAZUL 1 se obține:

$$n_{c2A} = \frac{86400}{V_u \left(\frac{1}{Q_c - Q_1} + \frac{1}{Q_1 + Q_2 - Q_c} \right)} \quad (11.39.)$$

Numărul de cicluri lunar pentru al doilea grup va fi:

$$N_{c2A} = \frac{86400 \cdot N}{V_u \left(\frac{1}{Q_c - Q_1} + \frac{1}{Q_1 + Q_2 - Q_c} \right)} \quad (11.40.)$$

Rezultă:

$$W = P_1 t_{r1} + P_2 t_{r2} \quad (11.41.)$$

$$W = P_1 t_{r1} + P_2 \frac{Q_c - Q_1}{Q_2} t \quad (11.42.)$$

Energia lunară va fi:

$$W = \left(P_1 + P_2 \frac{Q_c - Q_1}{Q_2} \right) t \quad (11.43.)$$

OBSERVAȚIE :

Curbele de consum au fost obținute în urma măsurătorilor pentru fiecare grup în parte. Se cunoaște din literatura de specialitate și s-a verificat și practic că puterile grupurilor se reduc dacă funcționează cu ambele grupuri simultan, ca urmare a creșterii debitului în conductă (deci a vitezei, a pierderilor de sarcină pe traseul hidraulic).

Se aproximează că reducerile de putere reprezintă cca. 10 % din puterea obținută pe grup la oricare sarcină. Deci și energia se diminuează în acest caz cu 10 % :

$$W = 0,9 \left(P_1 + P_2 \frac{Q_c - Q_1}{Q_2} \right) t \quad [\text{kWh}] \quad (11.44.)$$

B. Dacă diferența între debitul captat Q_c și debitul turbinabil maxim de un grup $Q_{\max \text{ la } 1 \text{ gr}}$ este prea mare pentru a permite funcționarea unui grup continuu și a celui de al doilea grup intermitent cu un număr de cicluri pomire - oprire mai mic decât cel stabilit ca limită din condiții de siguranță în exploatare (maxim 3 cicluri pomire - oprire pe zi), se va funcționa intermitent cu ambele grupuri, cu parametrii (P_1, Q_1) și respectiv (P_2, Q_2) durata de funcționare fiind aceeași (t_f).

Atunci :

$$Q_c t = (Q_1 + Q_2) t_f \quad (11.45.)$$

Rezultă durata de funcționare :

$$t_f = \frac{Q_c}{Q_1 + Q_2} t \quad [\text{ore}] \quad (11.46.)$$

Numărul de cicluri zilnic este:

$$n_{c2B} = \frac{86400}{V_u \left[\frac{1}{Q_c} + \frac{1}{(Q_1 + Q_2 - Q_c)} \right]} \quad (11.47.)$$

Numărul de cicluri lunar pentru fiecare grup va fi :

$$N_{c2B} = \frac{86400 N}{V_u \left[\frac{1}{Q_c} + \frac{1}{(Q_1 + Q_2 - Q_c)} \right]} \quad (11.48.)$$

Energia lunară va fi :

$$W_{est} = 0,9 (P_1 + P_2) \frac{Q_c}{Q_1 + Q_2} t \quad [kWh] \quad (11.49.)$$

Timpul se exprimă în relația de mai sus în ore.

OBSERVAȚIE :

În toate cazurile (1,2A,2B) se va ține seama și de reducerile de putere ca urmare a scăderii căderii nete, cu 5 % pentru CHEMP TEȘILA 1.

Pentru CHEMP TEȘILA 2 nu este valabilă această observație, deoarece în bazinul compensator se poate menține un nivel constant în funcționare.

CONCLUZIE :

Pentru CHEMP TEȘILA 1 valorile energiei estimate lunar vor fi pentru fiecare caz:

$$\text{CAZUL 1} \quad W_{est} = 0,95 P \frac{Q_c}{Q} t \quad [kWh] \quad (11.50.)$$

$$\text{CAZUL 2 A} \quad W_{est} = 0,85 (P_1 + P_2) \frac{Q_c - Q_1}{Q_2} t \quad [kWh] \quad (11.51.)$$

$$\text{CAZUL 2 B} \quad W_{est} = 0,85 (P_1 + P_2) \frac{Q_c}{Q_1 + Q_2} t \quad [kWh] \quad (11.52.)$$

Unitățile de măsură vor fi :

[t] = ore ;

[Q] = m³/s ;

[P] = kWh.

Relațiile de mai sus sunt valabile pentru cazurile când ambele grupuri sunt disponibile și nu sunt reduceri de putere dictate de trepte operative de conducere (șef tură centrală, dispecer etc.).

11.7.3. CHEMP TEȘILA 2

Pentru CHEMP TEȘILA 2 nu se iau în considerare reducerile de putere ca urmare a scăderii căderii nete, deoarece în bazinul compensator al acestei centrale se poate menține un nivel constant.

În ecuația de bilanț volumetric intervine tot volumul util al bazinului compensator TEȘILA 1, $V_u = 15000 \text{ m}^3$.

CAZUL 1
$$W_{est} = P \frac{Q_c}{Q_1} t \quad [\text{kWh}] \quad (11.53.)$$

$$N_c = \frac{5,76 N}{\frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q - Q_c}} \quad \text{cicluri pe luna} \quad (11.54.)$$

CAZUL 2 A
$$W_{est} = 0,9 \left(P_1 + P_2 \frac{Q_c - Q_1}{Q_2} \right) t \quad [\text{kWh}] \quad (11.55.)$$

$$N_c = \frac{86400 N}{V_u \left(\frac{1}{Q_c - Q_1} + \frac{1}{Q_1 + Q_2 - Q_c} \right)} \quad \text{cicluri/luna pt. gr.2} \quad (11.56.)$$

CAZUL 2 B
$$W_{est} = 0,9 \cdot (P_1 + P_2) \cdot \frac{Q_c}{Q_1 + Q_2} \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (11.57.)$$

$$N_c = \frac{86400 \cdot N}{V_u \cdot \left(\frac{1}{Q_c - Q_1} + \frac{1}{Q_1 + Q_2 - Q_c} \right)} \quad \text{cicluri/luna pt. fiec. grup} \quad (11.58.)$$

11.7.4. CHEMP PRISLOP

ESTIMAREA PRODUCȚIEI LUNARE DE ENERGIE

Pe cursul pârâului Prislop nu sunt amenajate posturi hidrometrice, pentru înregistrarea debitelor afluențe. Pentru controlul debitelor captat și turbinabil s-au montat:

➤ în câmpul de captare:

- deversor tratat dreptunghiular cu posibilitatea de măsură a debitelor cu valori între $80 \text{ m}^3/\text{s}$ și $650 \text{ m}^3/\text{s}$.

➤ în canalul de fugă al centralei:

- deversor tratat triunghiular - $Q = 0 - 240 \text{ l/s}$;
- deversor tratat dreptunghiular - $Q = 100 - 800 \text{ l/s}$.

Pentru luna în curs se poate ține evidența debitelor medii captate zilnic astfel:

- citirea zilnică sau la interval de 4 - 5 zile a înălțimii lamei deversate pe mira deversorului din câmpul de captare și calculul debitului în ziua respectivă;
- citirea zilnică a înălțimii lamei deversate pe mira deversorului din canalul de fugă al CHEMP PRISLOP și determinarea debitului turbinabil mediu zilnic $Q_{tb,med,zi}$

Rezultă volumul de apă turbinabil lunar prin însumarea volumelor uzinate zilnic:

$$V = Q_{tb,med,zi} t_k \quad (11.59.)$$

unde: t_k = durata zilnică de funcționare în ziua k ($k = 1 - N$);

N = numărul de zile ale lunii.

Presupunând că s-a utilizat întregul stoc de apă disponibil (nu s-au înregistrat deversări ale apei din bazinul compensator și priza de apă nu s-a colmatat sau înfundat în această perioadă) se calculează debitul mediu zilnic captat:

$$V = Q_c N t_{zi} \quad (11.60.)$$

Din relațiile (13.31) și (13.32) rezultă:

$$Q_c = \frac{Q_{tbk.med.zi} t_k}{86400 N} \quad [m^3 / s] \quad (11.61.)$$

Bazinul de recepție al râului Doftana are o suprafață de recepție relativ mică până la secțiunea aval confluentă Negraș ($SD = 175 \text{ km}^2$); comparând suprafețele celor două bazine de recepție, Prislop ($SP = 28 \text{ km}^2$) și Doftana, precum și valorile debitelor afluențe medii zilnice în secțiunile amonte priza Prislop și amonte priza Teșila 1, se poate stabili un coeficient k_1 , raport între debitul afluent amonte priza Prislop și debitul amonte priza Teșila:

$$Q_{a med.zi Prislop} = k_1 Q_{a med.zi Teșila} \quad (0 < k_1 < 1) \quad (11.62.)$$

Cunoscându-se valoarea prognozată a debitului mediu lunar în secțiunea aval confluența Negraș $Q_{a med.lunar Teșila}$ se determină prin calcul estimativ valoarea debitului mediu prognozat în secțiunea amonte captare Prislop:

$$Q_{a med.lunar Prislop} = k_1 Q_{a med.lunar Teșila} \quad (11.63.)$$

Scăzând debitul de servitute rezultă valoarea medie lunară a debitului captat în secțiunea amonte priza Prislop:

$$Q_{c med.lunar Prislop} = Q_{a med.lunar Prislop} - Q_s \quad (11.64.)$$

Relațiile de calcul pentru estimarea energiei electrice produse lunar sunt cele utilizate pentru CHEMA TEȘILA 1, 2, cu mențiunea că se neglijează reducerile de putere ca urmare a scăderii căderii nete (golirea bazinului compensator determină scăderea H_b cu $\Delta H = 3,2 \text{ m}$, adică 2,7 % din H_b).

11.7.5. CHEMA NEGRAȘ 1

Prin compararea suprafețelor de recepție $SN = 47 \text{ km}^2$ pentru Negraș și $SD = 175 \text{ km}^2$ pentru Doftana, precum și a valorilor debitelor afluențe medii zilnice în secțiunile amonte priza Negraș și amonte priza Teșila 1, se va stabili un coeficient k_2 între debitul afluent amonte priza Negraș și debitul afluent amonte priza Teșila 1.

$$Q_{a med.lunar Negras} = k_2 Q_{a med.lunar Teșila} \quad (11.65.)$$

Valoarea medie lunară a debitului captat rezultă prin scăderea debitului de servitute Q_s .

Calculul energiei electrice produse lunar se face analog cu cazul Teșila 1, 2, neglijând reducerile de putere ca urmare a scăderii nete și ținând seama de numărul grupurilor disponibile.

11.7.6. CHEMA NEGRAȘ 2

Debitul disponibil pentru CHEMA NEGRAȘ 2 este același cu cel turbinabil de CHEMA NEGRAȘ 1, exceptând situația în care disponibilitatea grupurilor din CHEMA Negras 1 nu permite turbinarea întregului debit captat și diferența este evacuată prin by-pass.

În acest ultim caz energia prognozată diferă pentru cele două centrale. Calculul se face după metoda prezentată mai sus.

11.7.7. CORECȚII LA SFÂRȘIT DE LUNĂ

Pe parcursul unei luni pot apare cauze care să determine modificarea valorii energiei, după cum urmează:

- **reducerea timpului de funcționare prin scăderea timpului de disponibilitate:**
 t_{RE} - timpul de funcționare în care centrala (grupul) este retrasă (retras) din exploatare pentru lucrările de revizii și reparații atât în amenajări, cât și în rețeaua de racordare la SEN, pentru lucrări de modernizare s.a.
 t_{OP} - timpul de oprire preventivă în caz de fenomene naturale (descărcări electrice, viituri etc.).

Timpul de disponibilitate se va reduce cu:

$$\Delta t = t_{RE} + t_{OP} \quad [\text{ore}] \quad (11.66.)$$

Considerând N = numărul de zile ale lunii, pentru o lună, timpul de disponibilitate va fi:

$$t_d = 24 N - \Delta t \quad [\text{ore}] \quad (11.67.)$$

Timpul de funcționare se va reduce proporțional, la valoarea t_f' , astfel:

$$24 N \text{-----} t_f$$

$$t_d \text{-----} t_f'$$

$$t_f' = \frac{t_d}{24 N} t_f = \frac{24 N - \Delta t}{24 N} t_f$$

$$t_f' = \left(1 - \frac{\Delta t}{24 N}\right) t_f$$

Se introduce coeficientul de corecție al timpului de funcționare:

$$K_{\sigma} = \frac{t_f'}{t_f} \quad K_{\sigma} = 1 - \frac{\Delta t}{24 N} \quad (11.68.)$$

Acest coeficient poate fi diferit pentru grupuri din aceeași centrală. Valoarea energiei electrice produse se corectează astfel:

$$W_{cor} = k_{\sigma} W_i \quad \text{pentru fiecare grup} \quad (11.69.)$$

$$W_{cor} = \sum_{i=1}^m k_{\sigma} P_i t_{fi} \quad \text{pentru centrala} \quad (11.70.)$$

unde m = numărul de grupuri în sarcină.

OBSERVAȚIE :

În lunile secetoase, când debitul afluent are valori reduse, este posibil ca valorile prognozate ale debitelor să difere de valorile măsurate cu o eroare relativă ε mai mare decât cea admisă ($\varepsilon > \varepsilon_a = 20\%$).

În aceste cazuri sunt absolut necesare corecții de debit, întrucât nerealizarea (sau depășirea) programului energetic estimat pe baza prognozelor lunare ale debitelor este consecința unui deficit (sau surplus) de debit.

Deci, valoarea prognozată a debitului afluent $Q_{a,pr}$ este diferită de media lunară a valorilor debitelor afluate măsurate $Q_{mas med}$, astfel încât:

$$\varepsilon = \frac{Q_{a \text{ mas med}} - Q_{a \text{ pr}}}{Q_{a \text{ mas med}}} > \varepsilon_a = 20\% \quad (11.71.)$$

atunci se recalculează valoarea energiei în luna respectivă pornind de la valoarea medie a debitului afluent măsurat $Q_{a \text{ mas med}}$ (inițial s-a luat în calcul valoarea prognozată a debitului afluent $Q_{a \text{ pr}}$):

$$Q_{a \text{ mas med}} = \frac{1}{N} Q_{a \text{ l mas}} \quad (11.72.)$$

unde: N = numărul de zile ale lunii.

Ulterior se vor aplica corecțiile datorate reducerii duratei de funcționare.

11.7.8. EXEMPLE DE CALCUL

1. CHEMP TEȘILA 2 - LUNA MARTIE 1993

INMH București a furnizat următoarele date privind valorile medii lunare ale debitelor prognozate în secțiunile Teșila 2 și aval confluența Negraș:

$Q_{a \text{ med}} T2 = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru secțiunea aval CHEMP TESILA 2

$Q_{a \text{ med}} N2 = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru secțiunea aval confl. NEGRAS

$N = 31$ zile

$Q_c = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Rezultă debitul captat: $Q_{c \text{ med}} = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Stocul de apă disponibil lunar este:

$$V = Q_{c \text{ med}} t = 1,5 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 31 = 4017600 \text{ m}^3$$

Se observă că $Q_{c \text{ med}} < Q_{tb \text{ max}} 1g = 2,65 \text{ m}^3/\text{s}$. Se consideră că se va funcționa cu grupul nr. 1 și se compară mai multe regimuri de funcționare:

a. $P = 500 \text{ kW}$;

$Q = 2,130 \text{ m}^3/\text{s}$;

$$n_c = \frac{5,67}{\frac{1}{1,5} + \frac{1}{2,13 - 1,50}} = 2,56 \text{ cicluri pe zi};$$

$N_c = 2,56 \cdot 31 = 79$ cicluri pe lună;

$t_f = 31 \cdot 24 \frac{1,5}{2,13} = 523,94$ ore ;

$W = 500 \cdot 523,94 = 261972 \text{ kWh}$.

b. $P = 550 \text{ kW}$;

$Q = 2,31 \text{ m}^3/\text{s}$;

$n_c = 3,02$ cicluri pe zi;

$N_c = 94$ cicluri pe lună;

$t_f = 483,11$ ore;

$W = 265714 \text{ kWh}$.

c. $P = 450 \text{ kW}$;

$Q = 1,96 \text{ m}^3/\text{s}$;

$n_c = 2,02$ cicluri pe zi;

$N_c = 63$ cicluri pe lună;

$t_f = 569,4$ ore;

$W = 256225 \text{ kWh}$.

d.

Se alege regimul "a" de funcționare:

$P = 500 \text{ kWh}$;

$Q = 2,13 \text{ m}^3/\text{s}$;

$t_f = 524$ ore.

Valoarea energiei prognozate pentru luna martie va fi:

$W = 262000 \text{ kWh}$

Corecții lunare:

Se presupune că în luna martie se vor executa lucrări de revizii și reparații în amenajare și în rețea, care vor determina retragerea din exploatare a centralei timp de $t_{RE} = 78$ ore și că din cauza unor viituri se va opri centrala timp de $t_{OP} = 23$ ore.

Atunci: $\Delta t = 101$ ore; $t_d = 24 * 31 - 101 = 643$ ore;

$$t_f = \left(1 - \frac{101}{744}\right) 524 = 453 \text{ ore};$$

$$K_{gr} = 1 - \frac{101}{744} = 0,864 \text{ ore};$$

$$W_{cor} = K_{gr} * W = 266433 \text{ kWh.}$$

În urma corecțiilor aplicate energia electrică se estimează la valoarea:
 $W_{cor} = 226000 \text{ kWh.}$

2. CHEMA TEȘILA 2 - LUNA APRILIE 1993

Se cunosc:

$$Q_{a,med} T2 = 5,0 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q_{a,med} N2 = 4,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$N = 30 \text{ zile}$$

$$Q_s = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Rezulta: $Q_{c,med} = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Se va funcționa cu grupul nr. 1. continuu cu următorii parametri:

$$P_1 = 500 \text{ kW}$$

$$Q_1 = 2,13 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$t_{r1} = 720 \text{ ore};$$

$$W_1 = 360000 \text{ kWh.}$$

$$\Delta Q = Q_c - Q_1 = 1,37 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$t_{12} = \frac{(Q_c - Q_1)}{Q_2} t$$

Se alege regimul (P_2, Q_2), comparând:

a. $P_2 = 500 \text{ kW};$

$$Q_2 = 2,08 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$n_{c2} = 2,69 \text{ cicluri pe zi};$$

$$N_{c2} = 67 \text{ cicluri pe lună};$$

$$t_{12} = \frac{1,37}{2,08} 720 = 474 \text{ ore};$$

$$W_2 = P_2 * t_{12} = 237115 \text{ kWh.}$$

b. $P_2 = 450 \text{ kW};$

$$Q_2 = 1,91 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$n_{c2} = 2,23 \text{ cicluri pe zi};$$

$$N_{c2} = 67 \text{ cicluri pe luna};$$

$$t_{12} = 516 \text{ ore};$$

$$W_2 = 232398 \text{ kWh.}$$

c.

Se alege pentru grupul nr. 2 următorul regim de funcționare:

$$P_2 = 450 \text{ kWh}; \quad Q_2 = 1,91 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$t_{12} = 516 \text{ ore}; \quad W_2 = 232400 \text{ kWh.}$$

Rezultă:

$$W = W_1 + W_2 = 592400 \text{ kWh};$$

sau:

$$W = \left(P_1 + P_2 \frac{Q_c - Q_1}{Q_2}\right) t = 500 + 450 \left(\frac{1,37}{1,91}\right) 720 = 592400 \text{ kWh}$$

Ținând seama de reducerile de putere datorate creșterii pierderilor de sarcină, rezultă:

$$W_{est} = 0,9 \left(P_1 + P_2 \frac{\Delta Q}{Q_2}\right) t = 533158 \text{ kWh}$$

Deci:

$$W_{est} = 533000 \text{ kWh.}$$

Corecții lunare:

| | |
|---------------------|---------------------|
| GRUPUL NR. 1 | GRUPUL NR. 2 |
| $t_{RE1} = 63$ ore; | $t_{RE2} = 41$ ore; |
| $t_{OP1} = 17$ ore; | $t_{OP2} = 17$ ore; |
| $K_{W1} = 0,89$; | $K_{W2} = 0,92$. |

Valoarea corectată a energiei va fi:

$$W = 0,9 \left(P_1 t_{f1} k_{W1} + P_2 \frac{Q_c - Q_1}{Q_2} t_{f1} K_{W2} \right)$$

$$W = 0,9 \left(500 \cdot 720 \cdot 0,89 + 450 \cdot \frac{1,37}{1,91} \cdot 720 \cdot 0,92 \right)$$

$$W = 0,9 \cdot 534206 = 480785 \text{ kWh}$$

În urma corecțiilor aplicate energia electrică se estimează la valoarea:
 $W_{cor} = 480000 \text{ kWh}$.

11.8. PROGRAME DE CALCUL

Determinarea parametrilor de funcționare pentru o centrală cu două grupuri, precum și calculul energiei estimate pe baza debitului prognozat (valoare medie lunară) sunt realizate pe calculator, utilizând Microsoft EXCEL (Fig. 11.18.).

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "PFWEST2.XLS". The spreadsheet is divided into several sections:

- Input Parameters (Rows 2-8):**
 - Row 2: Name centrala: CHEMP TESLA 2
 - Row 3: CAZUL 2A: 2.66mcl/s cBc 3.28 mcl/s
 - Row 4: Debit afluent -valoare medie lunara prognozata in sectiunea de captare [mcl/s]: 5
 - Row 5: Debit de servitate [mcl/s]: 0.5
 - Row 6: Valoarea redusului stil al bazinului compensator [mcl]: 15000
 - Row 7: Numarul de zile ale lunii: 30
 - Row 8: Debitul captat medie [mcl/s]: 4.5
- Regimul de functionare al GRUPUL (Rows 9-10):**
 - Row 9: Putere [kW]: 6
 - Row 10: Debit [mcl/s]: 2
- Parametrii de functionare si grupurilor si calculul energiei estimate pentru CAZUL 2A (Rows 11-20):**

| P [kW] | Qb1 [mcl/s] | Qb2 [mcl/s] | NCL1 | Tf [ore] | NCL2 | Tf2 [ore] | West2A [kWh] |
|--------|-------------|-------------|------|----------|------|-----------|--------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 720 | 1 | 720 | 518520 |
| 20 | 0.26 | 0.26 | 1 | 720 | 0.99 | 1 | 515516 |
| 40 | 0.37 | 0.4 | 1 | 720 | 0.98 | 1 | 512512 |
| 60 | 0.46 | 0.5 | 1 | 720 | 0.97 | 1 | 509508 |
| 80 | 0.54 | 0.56 | 1 | 720 | 0.96 | 1 | 506504 |
| 100 | 0.63 | 0.61 | 1 | 720 | 0.95 | 1 | 503500 |
| 120 | 0.72 | 0.75 | 1 | 720 | 0.94 | 1 | 500496 |
| 140 | 0.8 | 0.85 | 1 | 720 | 0.93 | 1 | 497492 |
| 160 | 0.88 | 0.9 | 1 | 720 | 0.92 | 1 | 494488 |

Fig. 11.18.

S-au realizat trei aplicații [1], care sunt utilizate în funcție de valoarea debitului captat:

- PFWEST1.XLS - pentru CAZUL 1: debit captat mai mic decât debitul maxim turbinat de un grup (funcționare cu un singur grup);
- PFWEST2A.XLS - pentru CAZUL 2A: debit captat mai mare decât debitul maxim turbinat de un grup (funcționare continuă cu un grup și intermitentă cu cel de al doilea grup);
- PFWEST2B.XLS - pentru CAZUL 2B: debit captat mai mare decât debitul maxim turbinat de un grup (funcționare intermitentă cu ambele grupuri).

DESCRIEREA APLICAȚIILOR

Toate cele trei aplicații din acest capitol utilizează următoarele date de intrare:

- Numele centralei;
- Valoarea debitului afluent - valoare medie lunară prognozată în secțiunea de captare [m^3/s];
- Valoarea debitului de servitute [m^3/s];
- Valoarea volumului bazinului compensator [m^3];
- Numărul de zile ale lunii;
- Parametrii de funcționare pentru fiecare grup: (P, Q).

În funcție de aceste date se calculează:

- Numărul de cicluri zilnice - N_{cz} ;
- Numărul de cicluri lunare - N_{CL} ;
- Duratele de funcționare - T , [ore];
- Valoarea energiei estimate pe centrală - $West$ [kWh].

Deasemenea aplicațiile realizează:

- Alegerea unui regim de funcționare, care urmărește o producție maximă de energie, cu satisfacerea simultană a condiției de fiabilitate impuse, constând în limitarea numărului de cicluri de pornire oprire [30];
- Afișarea parametrilor grupurilor în regimul de funcționare ales.

O pagină de calcul evidențiază:

- Datele de intrare;
- Tabelul (tabelele) de calcul;
- Datele de ieșire.

Sunt prezentate în anexe câte 3 exemple pentru fiecare din aplicațiile realizate, după cum urmează:

Tabelul 11.11.

| CAZUL | Aplicația | Anexe |
|-------|----------------|------------------------|
| 1 | • PFWEST1.XLS | 10.1.1, 10.1.2, 10.1.3 |
| 2A | • PFWEST2A.XLS | 10.2.1, 10.2.2, 10.2.3 |
| 2B | • PFWEST2B.XLS | 10.3.1, 10.3.2, 10.3.3 |

Rulând aplicațiile PFWEST2A.XLS și PFWEST2B.XLS pentru aceleași date de intrare, se poate observa în care variantă parametrii de ieșire sunt mai avantajoși.

11.9. CONCLUZII

Măsurătorile energetice efectuate în CHEMP pun la dispoziția personalului de exploatare o serie de informații și date utile în luarea deciziilor privind alegerea regimurilor de funcționare a microhidroagregatelor.

Cunoașterea debitului turbinat prin simpla citire a mirei hidrometrice permite gestionarea eficientă a stocului de apă disponibil, corelat cu curbele de consum pentru grupurile din centrală.

Caracteristicile de randament permit stabilirea unei plaje de valori pentru deschiderile aparatului director și implicit pentru puterile microhidroagregatelor, acceptate tehnic și chiar economic, pentru care operatorul din centrală poate opta, alegând regimul de funcționare corespunzător debitului afluent [40].

Parametrii de consum determinați prin interpolare pentru cele două turbine din CHEMP TEȘILA 2 sunt utilizați ca date de intrare pentru programele de calcul al energiei produse și ai parametrilor de funcționare, prezentate în finalul acestui capitol (PFWEST1.XLS, PFWEST2A.XLS, PFWEST2B.XLS).

Toate elementele, rezultate fie prin măsurători directe asupra unor mărimi hidraulice, electrice, mecanice, fie din calcule, contribuie la evaluarea performanțelor reale ale grupurilor și permit apoi îmbunătățirea acestora. Estimarea lunară, semestrială, anuală a producției de energie în CHEMP permite gestionarea eficientă a stocului de apă disponibil, dar mai ales oferă o imagine a modului în care cheltuielile pot fi dirijate, astfel încât activitatea de producere a energiei în amenajarea respectivă să fie profitabilă [40].

Cunoscând, cu o eroare acceptată, care este valoarea producției de energie în perioada prognozată, se pot lua decizii corecte privind efectuarea unor cheltuieli în amenajare. Se poate ști cât anume se poate cheltui, astfel încât la bilanțul anual să se înregistreze un profit.

Metodologia propusă, privind estimarea producției de energiei produse în centrale hidroelectrice de mică putere pornind de la prognoza debitului afluent, a fost aplicată cu succes pentru CHEMP din modelul ales - bazinul hidrografic al râului Doftana și pentru CHEMP din bazinul râului Prahova.

Utilizarea acestei metodologii oferă o cale de prevedere a posibilității de a determina, cu o abatere acceptată determinată de orice prognoză, cheltuielile și veniturile la nivel de centrală și în final la nivel de subunitate (Centru de producere a energiei în CHEMP și MHC) cu perspectiva de a deveni Centru de profit.

CAPITOLUL 12

METODA GRAFO-ANALITICĂ DE ESTIMARE ENERGETICĂ

În urma măsurătorilor și tatonărilor privind estimările energetice pe bază de prognoză a debitului affluent prezentate în capitolul precedent au rezultat o serie de date care scot în evidență necesitatea aprofundării investigațiilor în această direcție. Pentru aceasta am luat în considerare garanțiile din graficele turbinelor tip care au servit la construcția diagramelor complete de exploatare a turbinelor.

Am utilizat în continuarea studiului metoda grafo-analitică de estimare energetică descrisă în paragraful 10.2. Datele obținute prin aplicarea acestei metode de estimare a energiei ce poate fi produsă într-o amenajare CHEMP au fost valorificate pentru completarea cu datele numerice privind echivalentul energetic al celor patru sisteme de amenajare hidroenergetică descrise în paragraful 10.4.

12.1. Graficul de exploatare a turbinei FO 230 / 720 - CHEMP TEȘILA 2 Metoda grafo-analitică de estimare energetică

Pentru CHE și amenajări cu caracteristici date, utilizând diagrama S / 22112-05-001 CCSITEHR care conține caracteristicile de exploatare pentru turbina tipizată FO / 230 / 720, am reprezentat curbele care delimitează domeniul de funcționare al turbinei în Fig. 12. 1. în care:

- ✓ $P_{la} = 800$ kW; limita de putere a generatorului;
- ✓ $a_{o\ max} = 75$ mm; deschiderea limită a aparatului director;
- ✓ $H_{max} = 33,72$ m; căderea maximă;
- ✓ $Q_{la} = 3,12$ m³/s;
- ✓ $n_c = 2$ numărul conductelor de aducțiune în paralel ;
- ✓ $n_T = 1, 2$, extindere 3 – numărul de turbine în formație de exploatare;
- ✓ debitul pe turbină este cuprins în domeniul $0,8 < Q < 3,2$ m³/s;

În aceste condiții căderea de exploatare $H_{expl} = f(Q)$ este dată de relația:

$$H_{expl} = H_{max} - S \cdot \left(\frac{n_T \cdot Q}{n_c} \right)^2 = 33,72 - 0,36687 \left(\frac{n_T \cdot Q}{2} \right)^2 \quad (12.1.)$$

ale cărei valori sunt date în Tabelul 12.1. pentru fiecare din cele trei cazuri în funcție de numărul de turbine n_T .

Curbele aferente, marcate cu $n_T = 1$, $n_T = 2$, $n_T = 3$ sunt reprezentate în diagrama din Fig. 12.1., deasemenea limitele $P_{la} = 800$ kW și $a_{o\ max}$. Sunt marcate trecerile obligatorii de la o formație la alta: $n_T = 1$ la $n_T = 2$, apoi $n_T = 2$ la $n_T = 3$. De obicei, la proiectare se aranjează ca $H_{expl} = f(Q)n_T$ și limitele $(P_{la} - a_{o\ max})$ să permită ca trecerile de la o formație la alta să se facă la același debit $n_{Ta} Q_a = n_{Tb} Q_b$, respectiv la același randament.

Ar fi fost bine ca optimul probabil reprezentat în diagramă să cadă (în cazul original $P_l = 2P_{la}$) pe curba $n_T = 2$.

Pentru extindere (trecere de la $n_T = 2$ la $n_T = 3$) se înregistrează un salt de randament de la 89,8 % la 88,5 %, iar pentru trecerea de la $n_T = 1$ la $n_T = 2$ randamentul scade de la 91 % cu mai mult de 10 % și crează dificultăți.

Se poate observa, de altfel, că o parte deloc neglijabilă a domeniului $\eta > 90\%$ se află în afara curbelor $n_T = 1$ și P_{1a}

Tabelul 12.1.

| Q [m ³ /s] | n _T =1 | | n _T =2 | | n _T =3 | |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| | n _T Q | H _{expl} [m] | n _T Q | H _{expl} [m] | n _T Q | H _{expl} [m] |
| 0,8 | 0,8 | 33,661 | 1,6 | 33,485 | 2,4 | 33,192 |
| 0,9 | 0,9 | 33,646 | 1,8 | 33,423 | 2,7 | 33,051 |
| 1,0 | 1,0 | 33,628 | 2 | 33,353 | 3 | 32,895 |
| 1,1 | 1,1 | 33,609 | 2,2 | 33,276 | 3,3 | 32,721 |
| 1,2 | 1,2 | 33,588 | 2,4 | 33,192 | 3,6 | 32,531 |
| 1,3 | 1,3 | 33,565 | 2,6 | 33,100 | 3,9 | 32,325 |
| 1,4 | 1,4 | 33,540 | 2,8 | 33,001 | 4,2 | 32,102 |
| 1,5 | 1,5 | 33,514 | 3 | 32,895 | 4,5 | 31,863 |
| 1,6 | 1,6 | 33,485 | 3,2 | 32,781 | 4,8 | 31,607 |
| 1,7 | 1,7 | 33,455 | 3,4 | 32,660 | 5,1 | 31,334 |
| 1,8 | 1,8 | 33,423 | 3,6 | 32,531 | 5,4 | 31,046 |
| 1,9 | 1,9 | 33,389 | 3,8 | 32,396 | 5,7 | 30,740 |
| 2,0 | 2,0 | 33,353 | 4 | 32,253 | 6 | 30,418 |
| 2,1 | 2,1 | 33,316 | 4,2 | 32,102 | 6,3 | 30,080 |
| 2,2 | 2,2 | 33,276 | 4,4 | 31,944 | 6,6 | 29,725 |
| 2,3 | 2,3 | 33,235 | 4,6 | 31,779 | 6,9 | 29,353 |
| 2,4 | 2,4 | 33,192 | 4,8 | 31,607 | 7,2 | 28,965 |
| 2,5 | 2,5 | 33,147 | 5 | 31,427 | 7,5 | 28,561 |
| 2,6 | 2,6 | 33,100 | 5,2 | 31,240 | 7,8 | 28,140 |
| 2,7 | 2,7 | 33,051 | 5,4 | 31,046 | 8,1 | 27,702 |
| 2,8 | 2,8 | 33,001 | 5,6 | 30,844 | 8,4 | 27,248 |
| 2,9 | 2,9 | 32,949 | 5,8 | 30,635 | 8,7 | 26,778 |
| 3,0 | 3,0 | 32,895 | 6 | 30,418 | 9 | 26,291 |
| 3,1 | 3,1 | 32,839 | 6,2 | 30,194 | 9,3 | 25,787 |
| 3,2 | 3,2 | 32,781 | 6,4 | 29,963 | 9,6 | 25,267 |

Rezultatele măsurătorilor experimentale și diagramele rezultate în urma acestor investigații prezentate anterior în Capitolul 11 nu se aliniază cu exactitate diagramele puse la dispoziție de CCSITEHR. Condițiile particulare de amenajare a centralelor, precum și cele privind instalarea grupurilor în centrală pot fi o cauză a apariției acestor neconformități. De asemenea trebuie luate în considerare și erorile de măsurare ale aparatelor utilizate în investigații. Un lucru este cert, însă, aceste verificări de tatonare nu sunt în cadrul unor garanții, iar în final trebuie luate în considerare diagramele turbinelor tip.

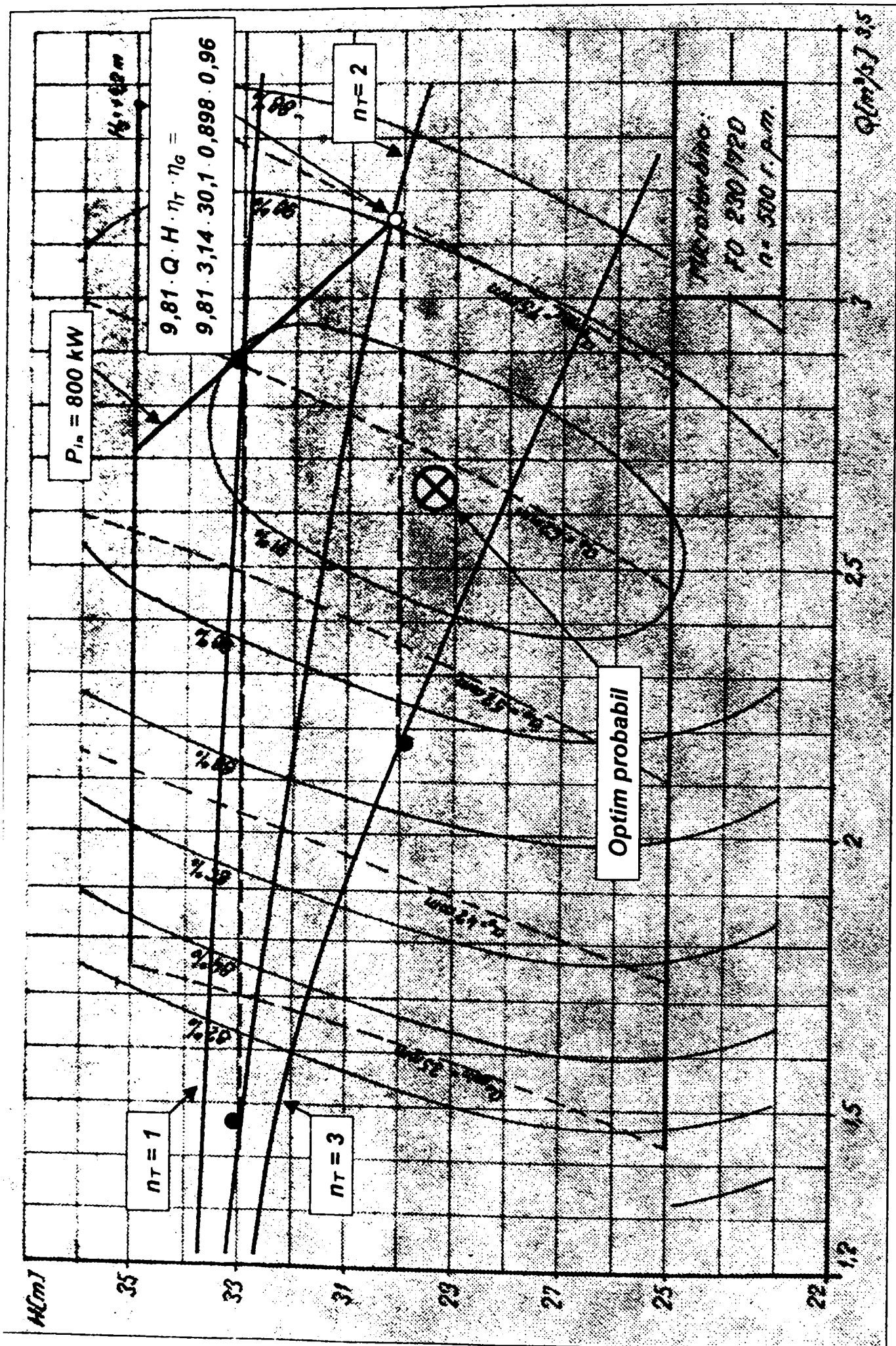


Fig. 12.1. Caracteristicile de exploatare - turbina FO 230 / 720.

Valorificând datele primare privind hidraulicitatea celor 39 de ani (1959 – 1997), prin aplicarea procedurii Weibull descris anterior, rezultă datele din tabelul 12.2.

Tabelul 12.2.

| Nr.crt. | Debit afluent $Q_{imed}[m^3/s]$ | $F(Q)_i$ p_w | $f(Q)_i$ f_w | Alte mărimi calculate |
|---------|------------------------------------|-------------------|-------------------|--|
| a | b | c | d | e |
| 1 | 1 | - | - | $m = 10$ |
| 2 | 2 | 0.9847 | 0.0778 | $a = 1,6 m^3/s$ |
| 3 | 3 | 0.8182 | 0.2400 | $k = 2,0461$ |
| 4 | 4 | 0.5464 | 0.2816 | $c = 3,0694$ |
| 5 | 5 | 0.2915 | 0.2162 | $M^* = 2,719$ |
| 6 | 6 | 0.1238 | 0.1203 | $Q_{mo} = M^* + a = 4,319 m^3/s$ |
| 7 | 7 | 0.0417 | 0.0500 | (96 % din Q_{mo} empiric) |
| 8 | 8 | 0.0111 | 0.0160 | Q_{mo} empiric = 4,4989 m^3/s |
| 9 | 9 | 0.0024 | 0.0040 | $M_o = 3,8115 m^3/s$ $M_e = 4,166 m^3/s$ |
| 10 | 10 | 0.0004 | 0.0007 | Perioada: 39 ani (468 luni) |

Regimurile de exploatare sunt condiționate de debitul afluent, prin umare au asigurări comune. Asigurările sunt calculate cu relația 10.81.:

$$P_{nedep. l. w} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{Q_i - a}{c} \right)^k \right]$$

Cu $a = 1,6$; $k = 2,046$; $c = 3,0694$ calculate.

Valorile calculate ale parametrilor H , P_b , η_T , P_u și p_w (rezultată din analiza globală pe 39 ani) sunt date în Tabelul 12.3. pentru CHEMP TEȘILA 2 în varianta de echipare actuală cu două grupuri și pentru cazul dezvoltării centralei în sensul instalării celui de al treilea grup.

Am studiat în cele ce urmează funcționarea CHEMP TEȘILA 2 și apoi CHEMP KD1 într-un an caracteristic (selecționat pentru viituri de primăvară mari). Pe curbele cheie $Q(p)$, $H(Q)$, $\eta(Q)$, $Q(p)$, $P(p)$ am reprezentat punctele de referință la regimurile specifice în cazul primei centrale. Datele înscrise în aceste curbe corespund diagramei de exploatare (Fig. 12.1).

Se poate observa funcționarea cu 2 și respectiv 3 grupuri. În diagrama $P(p)$ sunt evidențiate suprafețele rezultate din procedeele de integrare, valorile punctuale ale mărimilor fiind determinate prin calcul din funcții analitice adecvate. Se defalcă echivalențele energetice ale pierderilor prin deversare respectiv în procesul de producție. Cotele lor sunt factorul de disponibilitate ε' și randamentul mediu ponderat η_{mp} , iar produsul lor definește factorul de producție ε , oferind o imagine de sinteză a ceea ce poate să producă centrala analizată.

Funcționarea centralei cu anumite precauții în perioada deversărilor, fără a depăși limitele a_{omax} și $P_{inst. agr}$ poate determina reducerea acestor deversări.

Tabelul 12.3.

| Q [m ³ /s] | H [m] | P _b [kW] | η _T [%] | P _u kW | P _{nedep.} | P _w |
|---------------------------------|----------|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|----------------|
| Formația de două grupuri | | | | | | |
| 2,0 | 33,35 | 654,3 | 0,660 | 414,6 | 0,0153 | 0,9847 |
| 2,4 | 33,20 | 781,7 | 0,720 | 540,3 | 0,0619 | 0,9381 |
| 2,8 | 33,00 | 906,4 | 0,780 | 678,7 | 0,1362 | 0,8638 |
| 3,2 | 32,78 | 1029,0 | 0,820 | 810,1 | 0,2318 | 0,7682 |
| 3,6 | 32,53 | 1148,8 | 0,850 | 937,4 | 0,3405 | 0,6595 |
| 4,0 | 32,25 | 1265,5 | 0,875 | 1063,0 | 0,4537 | 0,5463 |
| 4,4 | 31,94 | 1378,7 | 0,895 | 1184,5 | 0,5634 | 0,4366 |
| 4,8 | 31,61 | 1488,5 | 0,915 | 1307,5 | 0,6634 | 0,3366 |
| 5,2 | 31,24 | 1593,6 | 0,920 | 1407,5 | 0,7499 | 0,2501 |
| 5,6 | 30,84 | 1694,2 | 0,920 | 1496,3 | 0,8208 | 0,1792 |
| 6,0 | 30,42 | 1790,4 | 0,915 | 1572,7 | 0,8762 | 0,1238 |
| 6,28 | 30,10 | 1854,4 | 0,895 | 1593,3 | 0,9066 | 0,0934 |
| Formația de trei grupuri | | | | | | |
| 6,6 | 29,725 | 1924,6 | 0,900 | 1662,8 | 0,9337 | 0,0663 |
| 7,2 | 28,965 | 2045,9 | 0,915 | 1797,1 | 0,9674 | 0,0326 |
| 7,8 | 28,14 | 2153,2 | 0,920 | 1901,7 | 0,9852 | 0,0148 |
| 8,4 | 27,25 | 2245,5 | 0,915 | 1972,5 | 0,9938 | 0,0062 |
| 8,85 | 26,60 | 2309,4 | 0,900 | 1995,3 | 0,9970 | 0,0030 |

Cu datele din tabel am construit în Fig. 12.2. graficul de asigurare a debitelor, curba de frecvență, curbele de randament pentru o formație de două și respectiv trei grupuri, pentru aceleași valori ale debitului reprezentat în ordonate, după procedeul descris la paragraful 10.2. (Fig. 10.7.).

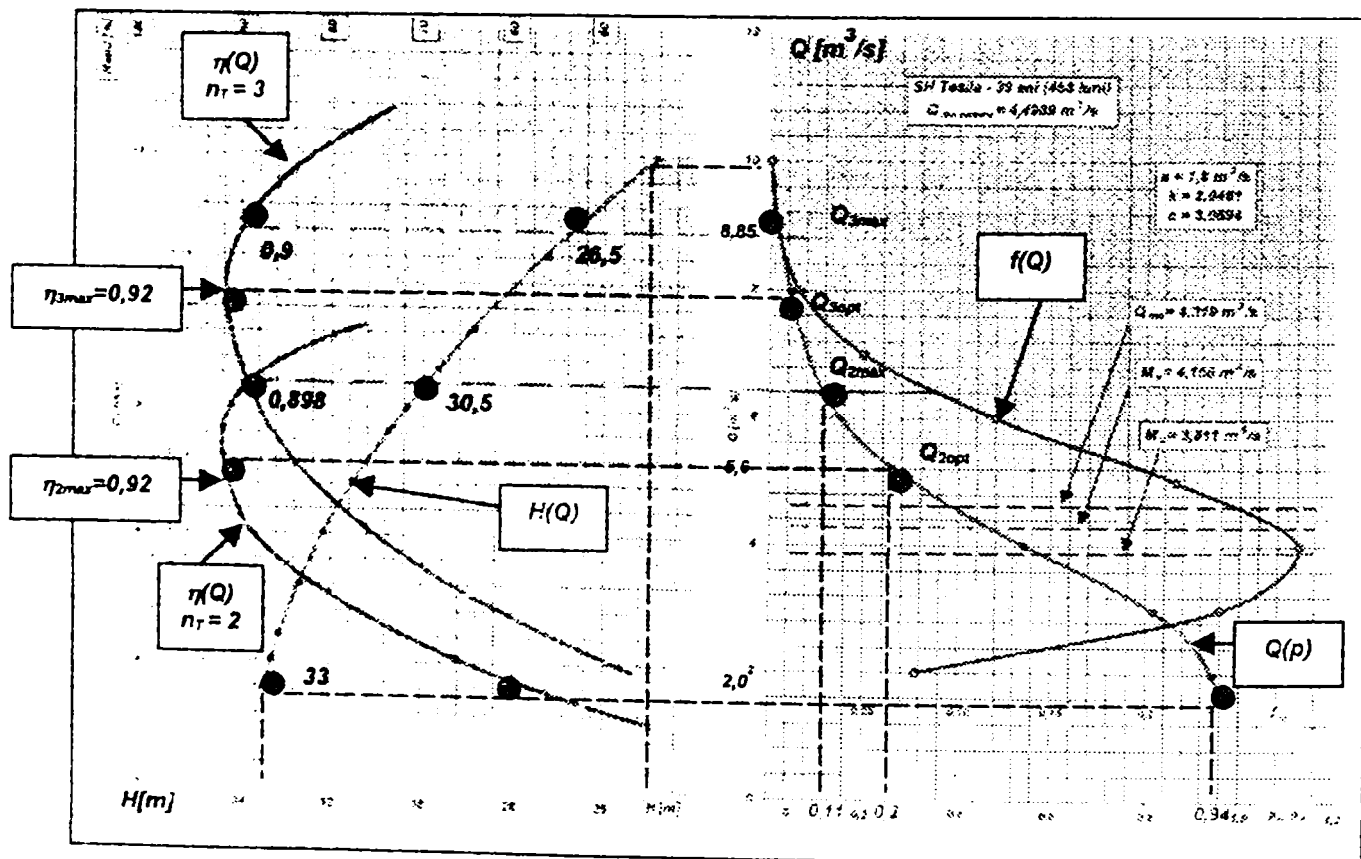


Fig. 12. 2. Diagrama de exploatare optimizată a CHEMP TEȘILA 2.

Într-o primă reprezentare grafo-analitică, utilizând procedeul descris în paragraful 10.2., am evidențiat în Fig. 12.3 producția de energie electrică în CHEMP TEȘILA 2 pentru varianta actuală de echipare cu două grupuri. Pentru relațiile dintre parametrii energetici sunt invocate formele analitice: cea de bază, curba de asigurare $Q(p)$ exprimată cu ajutorul metodei Weibull, apoi $H(Q)$, în cazul analizat – o parabolă, iar $\eta_{\pi}(Q)$ poate fi exprimat analitic. Asociind primele două curbe se obține pentru aceleași asigurări $P_{disp}(p)$ afectată prin funcționarea cu diferite formații (două grupuri, respectiv trei grupuri) de randamentul global η_{gl} . Este învederată funcționarea centralei la debite mai mari decât debitul instalat, permițând evaluarea volumului de apă pierdut prin deversări pe perioada de analiză, evaluabil și ca pierdere energetică din potențialul brut disponibil.

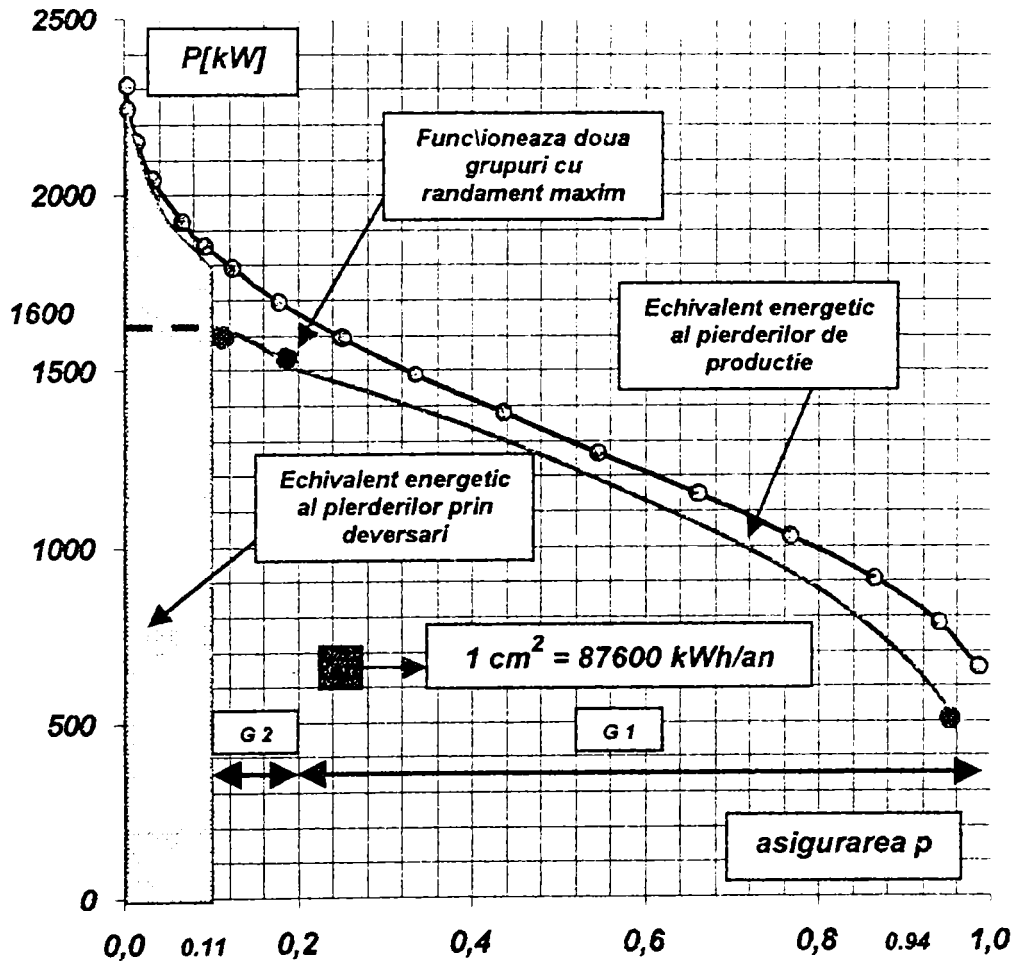


Fig. 12.3. Metoda grafo-analitică de evaluare energetică;
Funcționare cu 2 grupuri.

Eficiența producției de energie a unei CHEMP este determinată de factorul de producție care exprimă raportul între energia produsă și energia disponibilă. Numai o parte a energiei disponibile în amenajare poate fi prelucrată, restul fiind pierdut prin deversări (fâșia din stânga diagramei orientative din Fig. 12.3):

$$E_{d\ CHE} = \varepsilon' E_{d\ amenaj} \quad (12.2) \quad \text{unde } \varepsilon' \text{ este un factor de disponibilitate}$$

Din energia prelucrabilă $E_{d\ CHE}$, doar o parte poate fi transmisă sistemului energetic, astfel:

$$E_{prod} = \eta_{mp} E_{d\ CHE} \quad (12.3) \quad \text{deci } E_{prod} = \varepsilon' \eta_{mp} E_{d\ amenaj} \quad (12.4)$$

$E_{prod} = \varepsilon E_{d\ amenaj} \quad (12.5) \quad \text{unde } \varepsilon = \varepsilon' \eta_{mp} \quad (12.6) \text{ este factorul de producție, iar } \eta_{mp} \text{ este randamentul mediu ponderat (rel. 10.33).}$

Echipamentele lucrează cu valori diferite ale randamentului în funcție de încărcare. Prin planimetrarea curbei puterii $P_{disp}(p)$ și $P_u(p)$, considerând că $1 \text{ cm}^2 = 87600 \text{ kWh/an}$, rezultă:

| $E_{disp \text{ amenaj}}$ [GWh / an] | $E_{pierd \text{ dev}}$ [GWh / an] | $E_{pierd \text{ prod}}$ [GWh / an] | E_{prod} [GWh / an] | $E_{d \text{ CHE}}$ [GWh / an] | ε' | η_{mp} | ε |
|---|---------------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|----------------|-------------|---------------|
| 8,043 | 1,346 | 1,372 | 5,325 | 6,697 | 0,832 | 0,795 | 0,661 |

Diagrama din Fig. 12.4. reprezintă curba de asigurare a puterii disponibile P_d și curba de putere utilă P_u , rezultată ca urmare a pierderilor în procesul de producție și a pierderilor prin deversări a debitelor mai mari decât debitul instalat ($Q > Q_i = 8,85 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru varianta cu trei grupuri, $n_T = 3$ până la $P = 1783 \text{ kW}$). Suprafața delimitată de cele două curbe P_d și P_u reprezintă pierderile de producție.

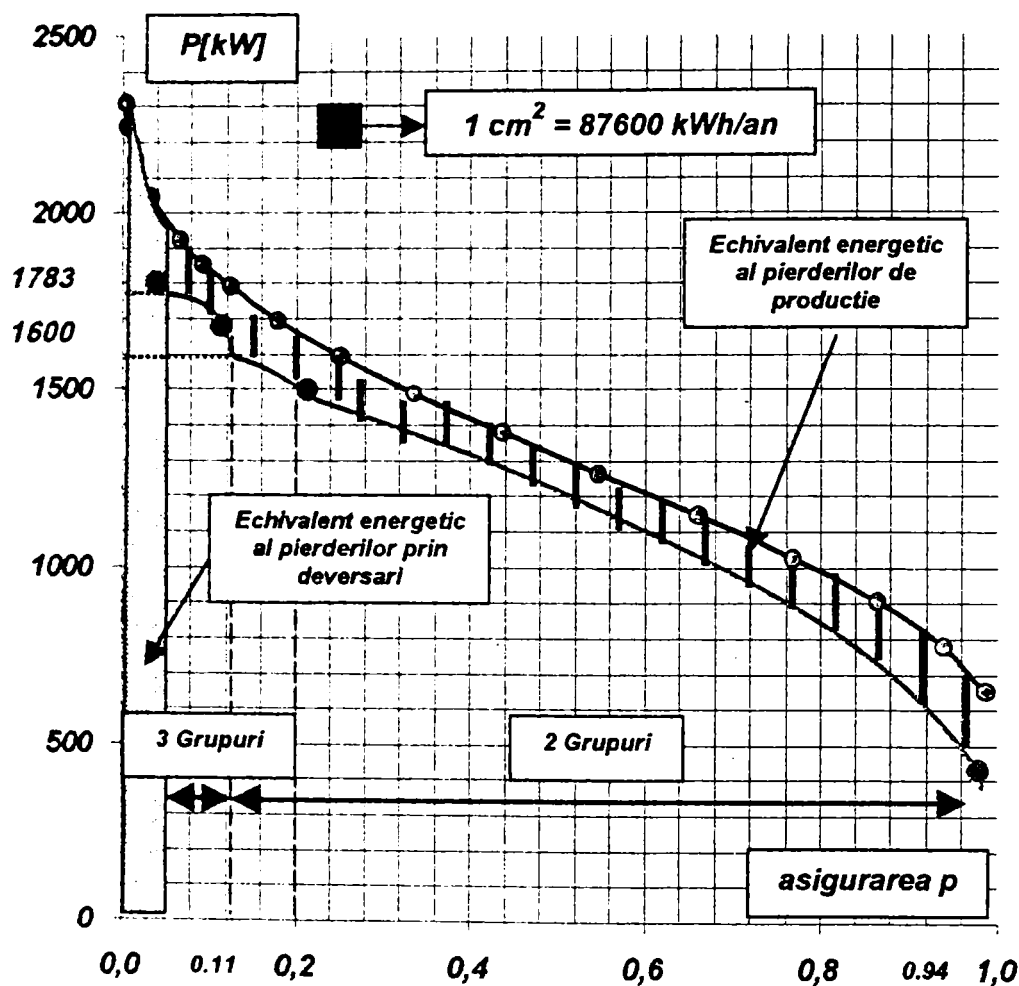


Fig. 12.4. Metoda grafo-analitică de evaluare energetică
Funcționare cu 3 grupuri.

Utilizând metoda grafo-analitică pentru calculul energiei disponibile am planimetrat suprafețele de sub cele două curbe amintite. În cazul funcționării centralei cu trei grupuri, rezultă următoarele valori:

| $E_{disp \text{ amenaj}}$ [GWh / an] | $E_{pierd \text{ dev}}$ [GWh / an] | $E_{pierd \text{ prod}}$ [GWh / an] | E_{prod} [GWh / an] | $E_{d \text{ CHE}}$ [GWh / an] | ε' | η_{mp} | ε |
|---|---------------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|----------------|-------------|---------------|
| 8,043 | 0,836 | 1,167 | 6,04 | 7,207 | 0,896 | 0,838 | 0,751 |

Randamentul mediu ponderat a crescut cu 5,4% față de cazul precedent, iar factorul de producție cu 13,6%, crescând eficiența valorificării potențialului hidroenergetic.

Am continuat investigația repetând procedeul anterior pentru evidențierea viiturilor de primăvară. Procedeul Weibull este utilizat pentru 112 luni selectate din tr-un număr de 30 de ani ploioși, valorile debitului fiind ordonate în 17 grupe de valori apropiate, ca în Tabelul 12.4. În acest caz, caracteristicile de bază ale exploatării rămân aceleași: $H(Q)$, $\eta_T(Q)$, graficul de exploatare, ca în Fig. 12.5.

Tabelul 12.4.

| Nr.crt. | Debit afluent $Q_{imed} [m^3/s]$ | $F(Q)_i$ pw | $f(Q)_i$ fw | Alte mărimi calculate |
|---------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------|--|
| a | b | c | d | e |
| 1 | 1 | Selectiv Viitura de primăvară | | $m = 17$ $a = 4,58 m^3/s$ $k = 1,3807$ $c = 4,2222$ $M^* = 2,719$ $Q_{mo} = M^* + a = 8,4369 m^3/s$ (96,2 % din Q_{mo} empiric) Q_{mo} empiric = $8,767 m^3/s$ $M_o = 6,2407 m^3/s$ $M_e = 7,8178 m^3/s$ Perioada: 30 ani (112 luni - selectiv) |
| 2 | 2 | | | |
| 3 | 3 | | | |
| 4 | 4 | | | |
| 5 | 5 | 0,9586 | 0,1300 | |
| 6 | 6 | 0,7989 | 0,1729 | |
| 7 | 7 | 0,6273 | 0,1664 | |
| 8 | 8 | 0,4728 | 0,1430 | |
| 9 | 9 | 0,3448 | 0,1147 | |
| 10 | 10 | 0,2446 | 0,0876 | |
| 11 | 11 | 0,1693 | 0,0644 | |
| 12 | 12 | 0,1146 | 0,0460 | |
| 13 | 13 | 0,0761 | 0,0318 | |
| 14 | 14 | 0,0496 | 0,0215 | |
| 15 | 15 | 0,0317 | 0,0142 | |
| 16 | 16 | 0,0200 | 0,0092 | |
| 17 | 17 | 0,0124 | 0,0058 | |

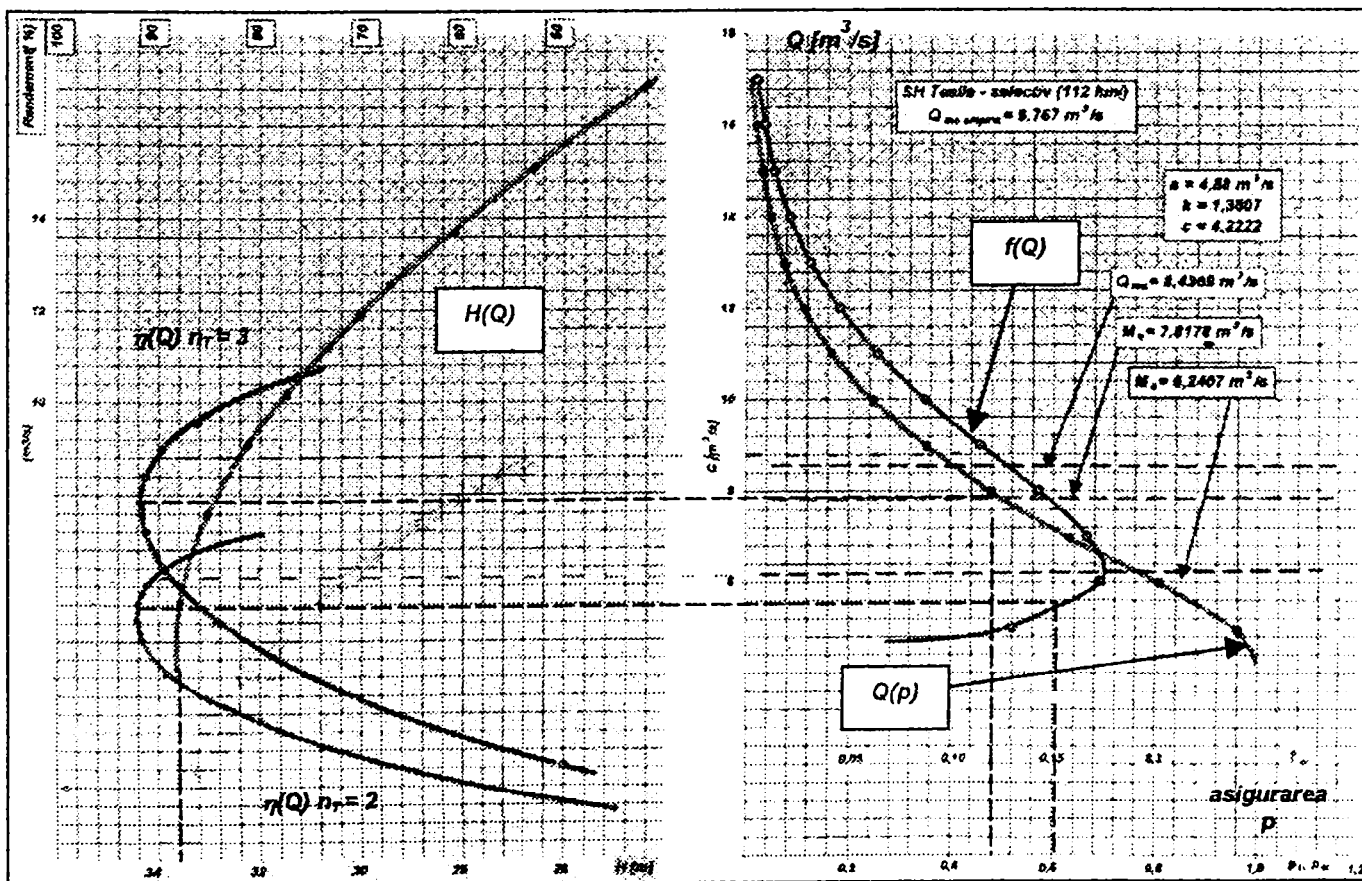


Fig. 12.5. Diagrama de exploatare optimizată a CHEMP TEȘILA 2. Selectiv – viitura de primăvară - 30 ani (112 luni).

Valorile calculate ale parametrilor H , P_b , η_T , P_u și p_w (rezultată din analiza selectivă pe cele 112 luni de primăvară) sunt date în Tabelul 12.5. pentru CHEMP TEȘILA 2 în varianta de echipare dezvoltată cu trei grupuri.

Tabelul 12.5.

| Q [m ³ /s] | H [m] | P_b [kW] | η_T [%] | P_u kW | $P_{nedep.}$ | p_w |
|--------------------------|----------|---------------|-----------------|-------------|--------------|--------|
| 4,8 | 33,06 | 1556,7 | 0,915 | 1367,4 | 0,0173 | 0,9827 |
| 5,2 | 32,76 | 1671,2 | 0,920 | 1476,0 | 0,0696 | 0,9304 |
| 5,6 | 32,43 | 1781,6 | 0,920 | 1573,5 | 0,1330 | 0,8670 |
| 6,0 | 32,08 | 1888,2 | 0,915 | 1658,6 | 0,2011 | 0,7989 |
| 6,28 | 31,78 | 1957,9 | 0,895 | 1682,2 | 0,2498 | 0,7502 |
| 6,6 | 31,51 | 2040,1 | 0,9 | 1762,7 | 0,3051 | 0,6949 |
| 7,2 | 30,89 | 2181,8 | 0,915 | 1916,5 | 0,4054 | 0,5946 |
| 7,8 | 30,21 | 2311,6 | 0,92 | 2041,6 | 0,4983 | 0,5017 |
| 8,4 | 29,47 | 2428,4 | 0,915 | 2133,1 | 0,5818 | 0,4182 |
| 8,85 | 28,84 | 2503,8 | 0,9 | 2163,3 | 0,6378 | 0,3622 |

Din curba de asigurare a puterii disponibile $P_d(p)$ reprezentată în Fig. 12.6. rezultă că puterea cu asigurarea cea mai mare este $P_{brut} = 1556,7$ kW , corespunzător puterii utile $P_u = 1367,4$ kW.

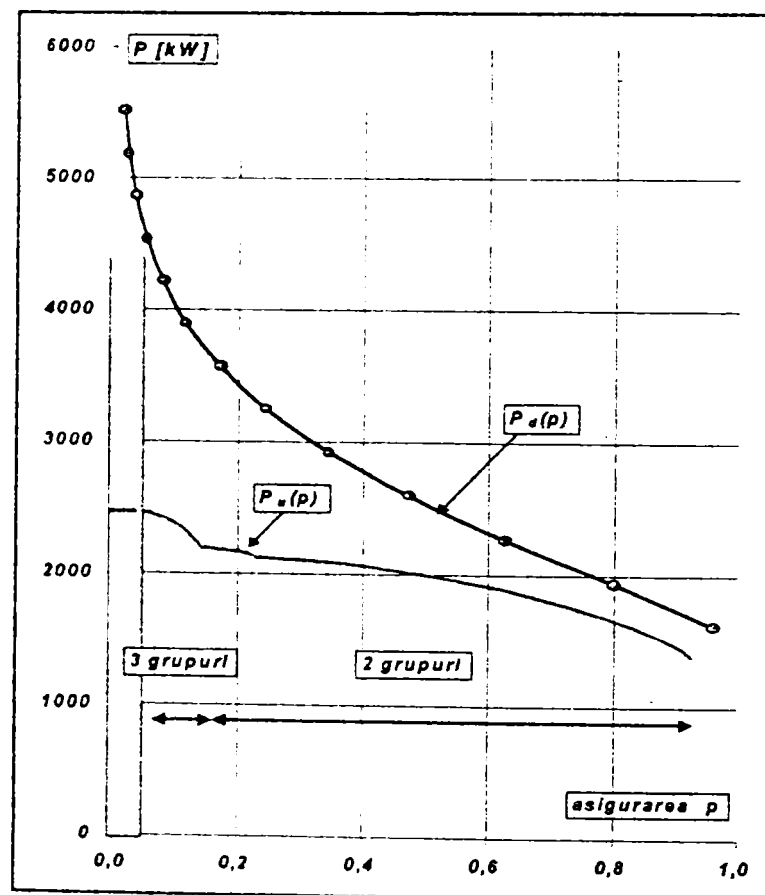


Fig. 12.6. Metoda grafo-analitică de evaluare energetică. Viituri de primăvară.

Utilizând metoda grafo-analitică de evaluare energetică ca în cazul anterior, rezultă creșterea eficienței valorificării potențialului hidroenergetic prin instalarea celui de al treilea grup corespunzătoare creșterii factorului de producție cu 15,7%. Procedul este ilustrat în diagrama orientativă din Fig. 12.6.

12.2. CARACTERISTICILE DE EXPLOATARE ALE TURBINEI FO 230 / 720 - CHEMA KD 1 Metoda grafo-analitică de estimare energetică - CHEMA KD 1

12.2.1. Determinarea caracteristicii de cădere a turbinei

Din raționamente economice, creșterea peste anumite valori a coeficientului de instalare într-o CHEMA existentă nu este justificată. De aceea am considerat necesară investigația amenajării altei centrale noi denumită simbolic KD 1, în vecinătatea CHEMA TEȘILA 2. Această centrală va fi destinată valorificării volumului important de apă rezultat din topirea zăpezilor și coeficientul său de instalare va avea o valoare mare, care să permită acest obiectiv.

Conducta de aducțiune a CHEMA KD 1 are următoarele caracteristici:

- Lungime: 2500 m;
- Diametru: 1600 mm;
- Panta medie: 1,28 %;
- Realizare: 2 tuburi de metal în paralel.

Reluând calculele pentru determinarea pierderilor de sarcină distribuită în conductă, după algoritmul descris în cazul centralei anterioare, rezultă în cazul centralei imaginate KD 1:

$$h_d = 0,30192 \cdot Q^2 \quad (12.7.)$$

Ținând seama de pierderea de sarcină distribuită în cele două conducte instalate în paralel, căderea turbinei va fi:

$$H(Q) = H_b - S_{tot} \cdot Q^2 = 34,8 - 0,30192 \cdot Q^2 \quad (12.8.)$$

Calculul mărimilor care intervin în expresia $H(Q)$ este realizat în aplicația HQREYKD1.XLS, iar dependența celor două mărimi, cădere netă H_{net} și debit Q în Tabelul 12.6.

Tabelul 12.6.

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q_i [m ³ /s] | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2 |
| H_{net} [m] | 34,50 | 34,43 | 34,37 | 34,29 | 34,21 | 34,12 | 34,03 | 33,93 | 33,82 | 33,71 | 33,59 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3 | 3,1 | 3,2 |
| 33,47 | 33,34 | 33,20 | 33,06 | 32,91 | 32,76 | 32,60 | 32,43 | 32,26 | 32,08 | 31,90 | 31,71 |

12.2.2. Graficul de exploatare a turbinei FO 230 / 720 CHEMA KD1

Utilizând aceeași diagramă S / 22112-05-001 CCSITEHR care conține caracteristicile de exploatare pentru turbina tipizată FO / 230 / 720, am reprezentat curbele care delimitează domeniul de funcționare al turbinei în Fig. 12.8. în care:

- ✓ $P_{ia} = 1000$ kW; limita de putere a generatorului;
- ✓ $a_{o \max} = 75$ mm; deschiderea limită a aparatului director;
- ✓ $H_{\max} = 34,8$ m; căderea maximă;
- ✓ $Q_{ia} = 3,12$ m³/s;
- ✓ $n_c = 2$ numărul conductelor de aducțiune în paralel ;
- ✓ $n_T = 1, 2$, extindere 3 – numărul de turbine în formație de exploatare;
- ✓ debitul pe turbină este cuprins în domeniul $0,8 < Q < 3,2$ m³/s;

În aceste condiții căderea de exploatare $H_{expl} = f(Q)$ este dată de relația:

$$H_{expl} = H_{max} - S \cdot \left(\frac{n_T \cdot Q}{n_c} \right)^2 = 34,8 - 0,30192 \left(\frac{n_T \cdot Q}{2} \right)^2 \quad (12.9.)$$

ale cărei valori sunt date în Tabelul 12.7. și reprezentate grafic în Fig. 12.7. pentru fiecare din cele trei cazuri în funcție de numărul de turbine n_T .

Tabelul 12.7.

| Q [m ³ /s] | $n_T=1$ | | $n_T=2$ | | $n_T=3$ | |
|--------------------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
| | $n_T Q$ | H_{expl} [m] | $n_T Q$ | H_{expl} [m] | $n_T Q$ | H_{expl} [m] |
| 1,0 | 1,0 | 34,72 | 2 | 34,50 | 3 | 34,12 |
| 1,1 | 1,1 | 34,71 | 2,2 | 34,43 | 3,3 | 33,98 |
| 1,2 | 1,2 | 34,69 | 2,4 | 34,37 | 3,6 | 33,82 |
| 1,3 | 1,3 | 34,67 | 2,6 | 34,29 | 3,9 | 33,65 |
| 1,4 | 1,4 | 34,65 | 2,8 | 34,21 | 4,2 | 33,47 |
| 1,5 | 1,5 | 34,63 | 3 | 34,12 | 4,5 | 33,27 |
| 1,6 | 1,6 | 34,61 | 3,2 | 34,03 | 4,8 | 33,06 |
| 1,7 | 1,7 | 34,58 | 3,4 | 33,93 | 5,1 | 32,84 |
| 1,8 | 1,8 | 34,56 | 3,6 | 33,82 | 5,4 | 32,60 |
| 1,9 | 1,9 | 34,53 | 3,8 | 33,71 | 5,7 | 32,35 |
| 2,0 | 2,0 | 34,50 | 4 | 33,59 | 6 | 32,08 |
| 2,1 | 2,1 | 34,47 | 4,2 | 33,47 | 6,3 | 31,80 |
| 2,2 | 2,2 | 34,43 | 4,4 | 33,34 | 6,6 | 31,51 |
| 2,3 | 2,3 | 34,40 | 4,6 | 33,20 | 6,9 | 31,21 |
| 2,4 | 2,4 | 34,37 | 4,8 | 33,06 | 7,2 | 30,89 |
| 2,5 | 2,5 | 34,33 | 5 | 32,91 | 7,5 | 30,55 |
| 2,6 | 2,6 | 34,29 | 5,2 | 32,76 | 7,8 | 30,21 |
| 2,7 | 2,7 | 34,25 | 5,4 | 32,60 | 8,1 | 29,85 |
| 2,8 | 2,8 | 34,21 | 5,6 | 32,43 | 8,4 | 29,47 |
| 2,9 | 2,9 | 34,17 | 5,8 | 32,26 | 8,7 | 29,09 |
| 3,0 | 3,0 | 34,12 | 6 | 32,08 | 9 | 28,69 |
| 3,1 | 3,1 | 34,07 | 6,2 | 31,90 | 9,3 | 28,27 |
| 3,2 | 3,2 | 34,03 | 6,4 | 31,71 | 9,6 | 27,84 |

Curbele aferente, marcate cu $n_T = 1$, $n_T = 2$, $n_T = 3$ sunt reprezentate și în diagrama din Fig. 12.8., deasemenea limita a_{omax} . Limita $P_{la} = 1000$ kW nu afectează graficul de exploatare în domeniul considerat pentru turbina aleasă. Totuși un generator de putere mai mare de 800 kW se impunea ca urmare a faptului că această putere este depășită de turbină în zona debitelor mari de orinul $Q_i > 3,1$ m³/s. Sunt marcate trecerile de la o formație la alta: $n_T = 1$ la $n_T = 2$, apoi $n_T = 2$ la $n_T = 3$. Curba $n_T = 3$ trece foarte aproape de punctul optim de funcționare (de coordonate $H = 29,5$ m și $Q = 2,65$ m³/s). Acest punct se situează puțin sub curba $n_T = 3$, care intersectează caracteristica a_{omax} la $Q = 3,1$ m³/s. Curba $n_T = 2$ intersectează a_{omax} la $Q = 3,2$ m³/s, deci puterile obținute sunt mai mari.

Pentru trecerea de la $n_T = 2$ la $n_T = 3$ se înregistrează un salt de randament de la 89,8 % la 88,3 %, iar pentru trecerea de la $n_T = 1$ la $n_T = 2$ randamentul scade de la 90 % la 82 %, determinând însemnate pierderi energetice.

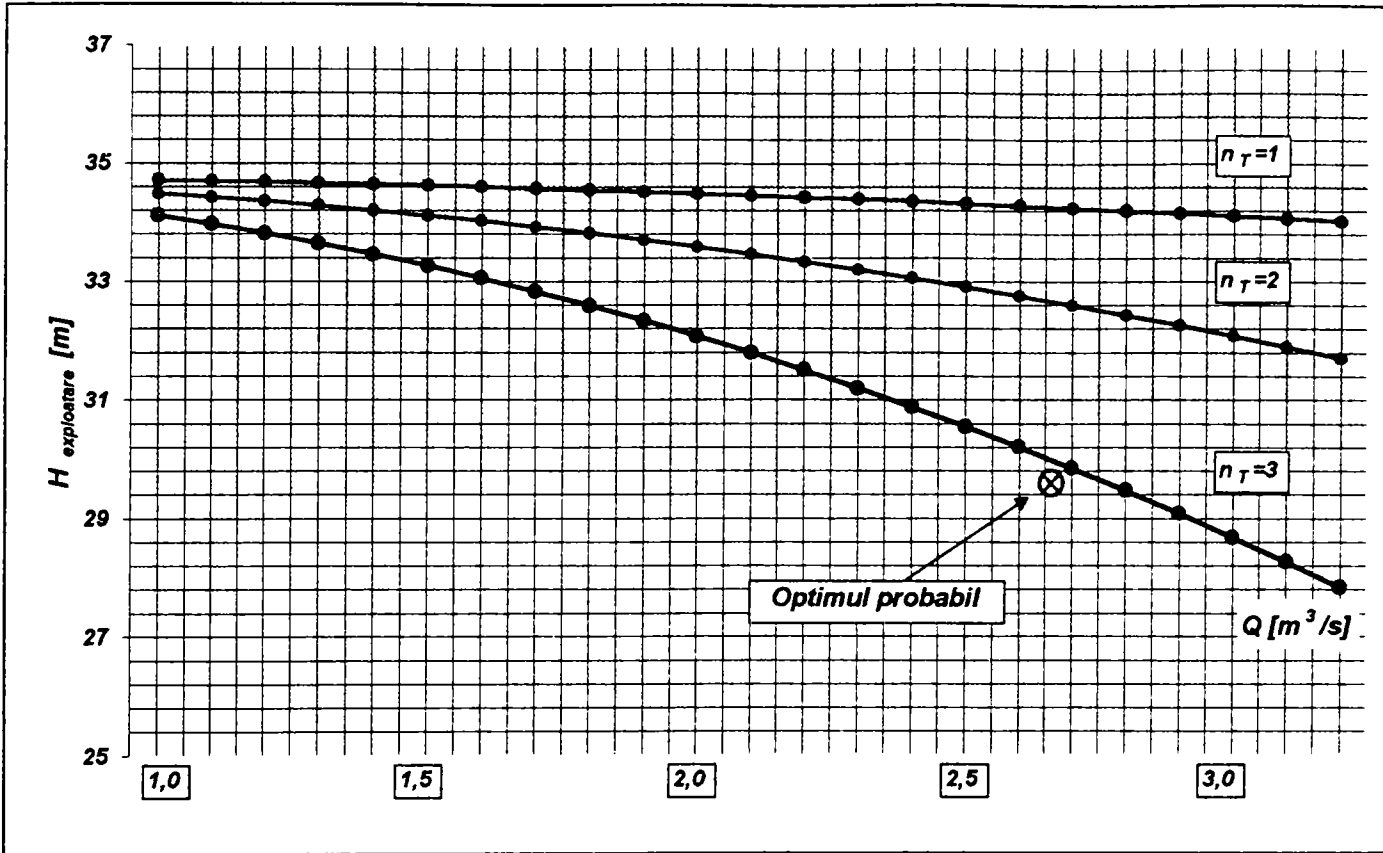


Fig. 12.7. Căderea de exploatare în funcție de numărul de turbine n_T aflate în funcțiune - $H_{exploatare}$ [m].

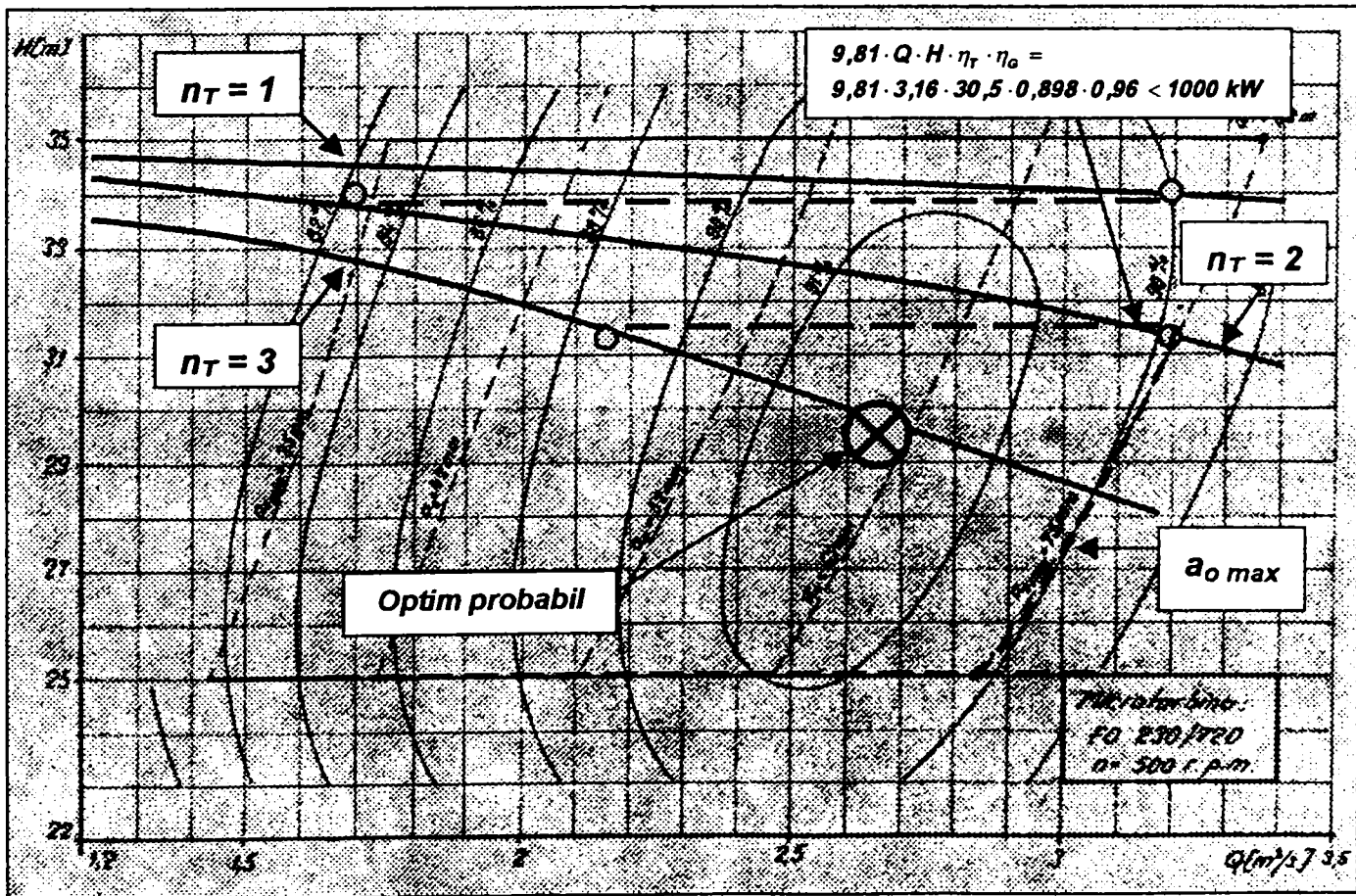


Fig. 12.8. Caracteristicile de exploatare - turbina FO 230 / 720 instalată în CHEMA KD 1.

12.2.3. Metoda grafo-analitică de estimare energetică - CHEMP KD1

Am reluat în continuare analiza datelor statistice pentru cei 39 ani pentru care sunt cunoscute debitele medii lunare (1959 – 1997), folosind rezultatele obținute prin aplicarea procedurii Weibull (WEI39.XLS) date în Tabelul 12.2. cu parametrii $a = 1,6$; $k = 2,046$ și $c = 3,0694$ calculați anterior.

Valorile parametrilor H , P_b , η_T , P_u și P_w (rezultată din analiza globală pe 39 ani) sunt date în Tabelul 12.8. pentru CHEMP KD 1 în varianta de echipare propusă cu trei grupuri.

Tabelul 12.8.

| Q [m ³ /s] | H [m] | P _b [kW] | η_T [%] | P _u kW | P _{nedeap.} | P _w |
|---------------------------------|----------|------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|
| Formația de două grupuri | | | | | | |
| 2,0 | 34,50 | 676,9 | 0,670 | 435,4 | 0,0153 | 0,9847 |
| 2,4 | 34,37 | 809,2 | 0,720 | 559,3 | 0,0619 | 0,9381 |
| 2,8 | 34,21 | 939,7 | 0,770 | 694,6 | 0,1362 | 0,8638 |
| 3,2 | 34,03 | 1068,3 | 0,815 | 835,8 | 0,2318 | 0,7682 |
| 3,6 | 33,82 | 1194,4 | 0,850 | 974,6 | 0,3405 | 0,6595 |
| 4,0 | 33,59 | 1318,1 | 0,870 | 1100,9 | 0,4537 | 0,5463 |
| 4,4 | 33,34 | 1439,1 | 0,895 | 1236,5 | 0,5634 | 0,4366 |
| 4,8 | 33,06 | 1556,7 | 0,910 | 1360,0 | 0,6634 | 0,3366 |
| 5,2 | 32,76 | 1671,2 | 0,920 | 1476,0 | 0,7499 | 0,2501 |
| 5,6 | 32,43 | 1781,6 | 0,915 | 1564,9 | 0,8208 | 0,1792 |
| 6,0 | 32,08 | 1888,2 | 0,900 | 1631,4 | 0,8762 | 0,1238 |
| 6,32 | 31,78 | 1970,3 | 0,875 | 1655,1 | 0,9104 | 0,0934 |
| Formația de trei grupuri | | | | | | |
| 6,6 | 31,51 | 2040,1 | 0,95 | 1860,6 | 0,9337 | 0,0663 |
| 7,2 | 30,89 | 2181,8 | 0,915 | 1916,5 | 0,9674 | 0,0326 |
| 7,8 | 30,21 | 2311,6 | 0,92 | 2041,6 | 0,9852 | 0,0148 |
| 8,4 | 29,47 | 2428,4 | 0,9 | 2098,2 | 0,9938 | 0,0062 |
| 8,85 | 28,84 | 2503,8 | 0,89 | 2139,3 | 0,9970 | 0,0030 |

Cu datele obținute mai sus am construit în Fig. 12.9. graficul de asigurare a debitelor, curba de frecvență, curbele de randament pentru o formație de două și respectiv trei grupuri identice instalate în CHEMP KD 1, pentru aceeași valori ale debitului reprezentat în ordonate.

Aplicând metoda grafo-analitică pentru calculul energiei disponibile am obținut valorile pentru centrala proiectată KD 1 sintetizate în Tabelul 12.9.:

Tabelul 12.9.

| Nr. grupuri | E _{disp amenaj} [GWh / an] | E _{plerd dev} [GWh / an] | E _{plerd prod} [GWh / an] | E _{produsa} [GWh / an] | E _{d CHE} [GWh / an] | ϵ' | η_{mp} | ϵ |
|-------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|------------|
| 2 | 8,167 | 1,462 | 1,325 | 5,38 | 6,705 | 0,821 | 0,802 | 0,658 |
| 3 | 8,167 | 0,882 | 1,225 | 6,06 | 7,285 | 0,892 | 0,832 | 0,742 |

Procedeeul a fost repetat pentru evidențierea viiturilor de primăvară, utilizând aplicația Weibull pentru cele 112 luni selectate din cei 30 de ani ploioși (WEIPRI.XLS). Caracteristicile de bază ale exploatării rămânând aceleași: $H(Q)$, $\eta_T(Q)$, graficul de exploatare.

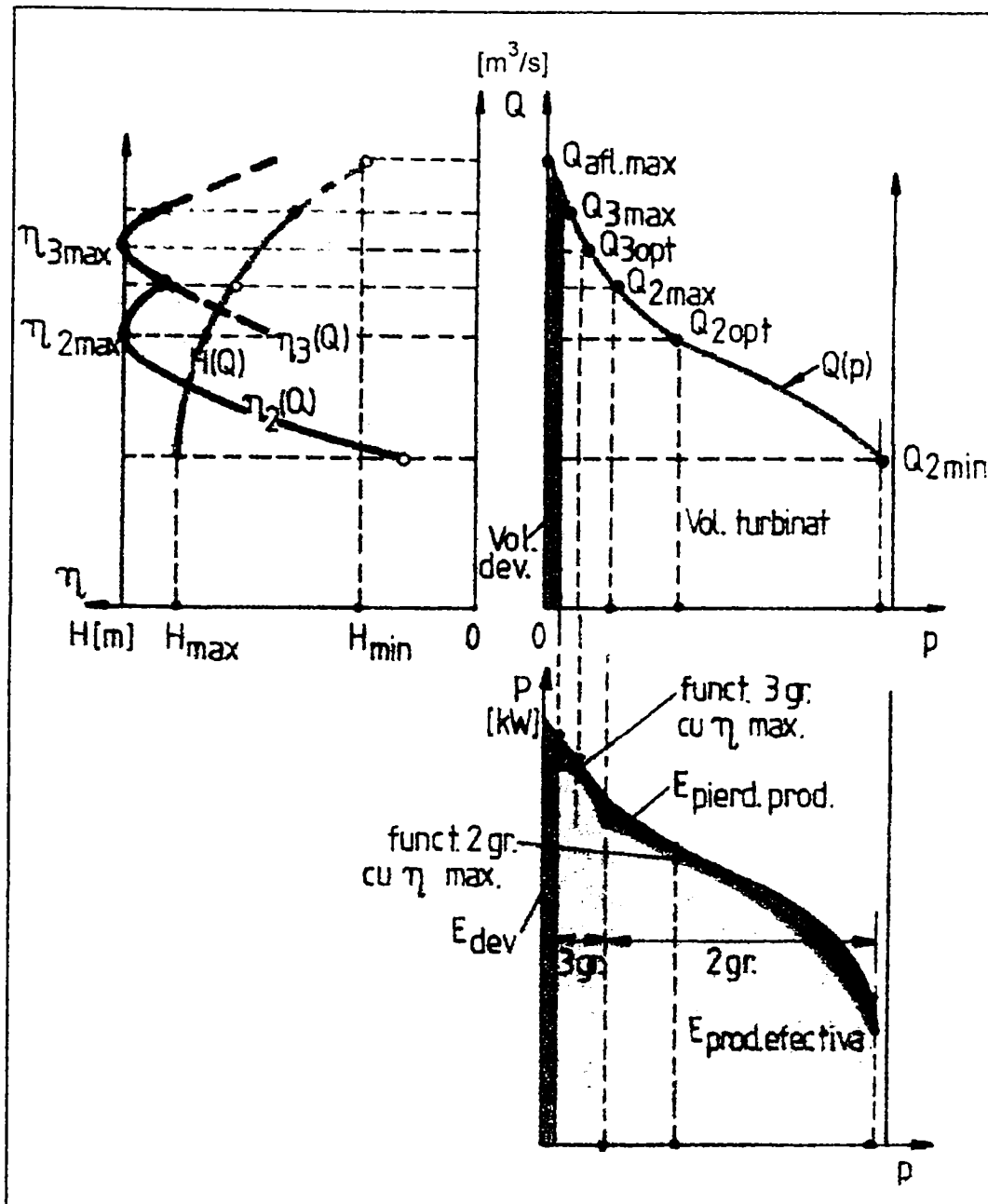


Fig. 12.9. Diagrama de exploatare optimizată a CHEMP KD 1.

În diagrama $P(p)$ din Fig. 12.9. sunt evidențiate suprafețele rezultate din procedeul de integrare și echivalentele energetice ale pierderilor înregistrate prin deversare, respectiv în procesul de producție. Prin scăderea acestora se obține energia produsă efectiv în CHEMP KD1, așa cum rezultă din Tabelul 12.9.

Rezultatele obținute (diagrame de exploatare, curbe de asigurare) în urma investigației pentru realizarea CHEMP KD 1 sunt foarte apropiate de cele obținute pentru cazul extinderii CHEMP TEȘILA 2 ca urmare a alegerii aceluiași tip de turbină impus de condițiile amenajărilor. Diferențele sensibile de randamente și puteri obținute în cele două cazuri provin din valorile diferite ale căderilor, precum și din particularități constructive ale conductei de aducțiune.

12.3. CONCLUZII

Investigarea datelor hidrologice rezultate din măsurătorile de debit efectuate în perioada 1959-1997 în secțiunea Teșila a râului Doftana, utilizând varianta triparametrică a distribuției Weibull dovedește utilitatea aplicării ei în evaluarea potențialului hidroenergetic.

Detalierea mediilor lunare pentru o perioadă lungă pentru care se cunosc datele hidrologice oferă aspecte privind evoluția viiturilor de primăvară și a intensității hidrologice a anilor caracterizați de coeficienții moduli.

Procedeul Weibull descris în Capitolul 10 și aplicat în acest capitol atât pentru centrala existentă cât și pentru centrala proiectată ia în considerare întâi datele hidrologice pentru întreaga perioadă de analiză (39 ani), apoi selectiv perioada viiturilor de primăvară. Cele două aplicații de calcul WEI39.XLS și WEIPRI.XLS realizează calculul parametrilor distribuției Weibull pentru cazul analizei pe cei 39 de ani și selectiv, respectiv pentru perioada viiturilor de primăvară. Ele permit compararea curbelor de asigurare teoretice cu cele empirice. Procedeul este utilizat cu bune rezultate în evaluarea potențialului hidroenergetic, evidențiindu-se aportul determinat de instalarea unui grup suplimentar.

Utilizând diagrama de exploatare oferită de firma constructoare CCSITEHR, este delimitat domeniul de funcționare al turbinei și poziționat optimul de funcționare probabil pentru centrala existentă și pentru cea proiectată. S-a ținut seamă de garanțiile oferite la utilizarea acestor diagrame. Este argumentată instalarea celui de al treilea grup prin aportul energetic evaluat.

Metoda grafo-analitică descrisă s-a dovedit a fi un instrument util, cu aplicabilitate practică în evaluarea potențialului hidroenergetic al CHEMP analizate în zona de formare a bazinului hidrografic al râului Doftana, cu posibilități de extindere și generalizare pe arii mai largi. Exemplele de calcul prezentate în acest capitol pentru cazul centralei existente CHEMP TEȘILA 1 și cel al centralei proiectate CHEMP KD1 demonstrează posibilitatea creșterii eficienței de valorificare a potențialului hidroenergetic prin mărirea coeficientului de instalare al CHEMP situate sau proiectate în zona de formare a bazinelor hidrografice. Este valorificată astfel scurgerea apelor rezultate din topirea zăpezilor.

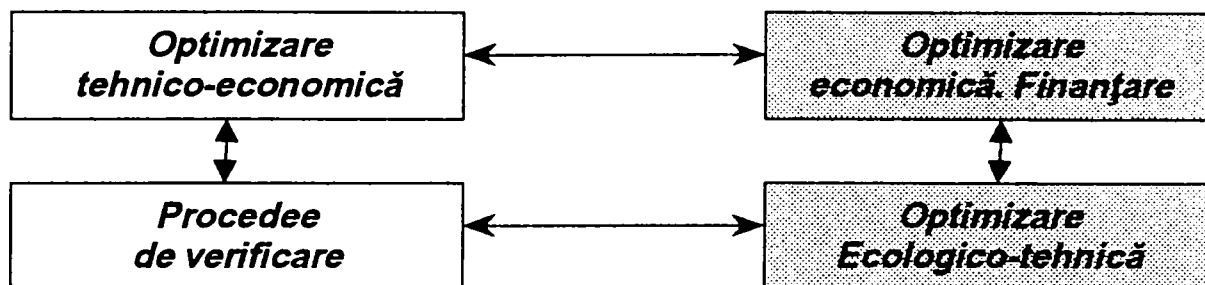
Analiza este extinsă pentru o serie de CHEMP care ar putea fi realizate în vecinătatea celor existente, pentru valorificarea scurgerii în perioada viiturilor de primăvară. Valorile rezultate din calculele efectuate sunt utilizate în analiza subsistemelor de amenajare hidroenergetică prezentată în Capitolul 10.

CAPITOLUL 13

ASPECTE ALE VALORIFICĂRII POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC SECUNDAR

Economicitatea unui proiect hidroenergetic este puternic influențată de mărimea debitului instalat. Proiectarea optimă a unei centrale se bazează pe o cercetare amănunțită privind debitele instalate.

Planificarea realizării unei centrale hidroelectrice este influențată de o serie de parametri care pot fi incluși într-un proces iterativ circular [3].



Proiectele sunt optimizate pe seama unor modele de prognoză care țin seamă de un flux complex de informații.

Specialiștii recunosc compromisul între calitatea tehnico-economică și calitatea ecologică a unei amenajări hidroenergetice.

13.1. DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE INSTALARE ÎN CHEMP PE BAZA ANALIZEI TEHNICO - ECONOMICE COMPARATIVE

În continuare sunt prezentate calculele pe baza cărora s-a determinat coeficientul de instalare k , într-o centrală care valorifică potențialul râului Doftana: CHEMP TRĂISTENI 1 [42].

Parametrii hidroenergetici ai acestei centrale, sunt prezentați în Tabelul 13.1., pentru trei variante de echipare.

Analiza comparativă se referă la 5 variante de echipare. Pentru fiecare dintre ele sunt prezentate:

- *Calculul producției de energie pe baza volumului de apă uzinat (Tabelele 13.2, 13.3, 13.4, 13.5, 13.6), conform curbelor de durată (Fig. 13.1, 13.2, 13.3, 13.4, 13.5).*
- *Cheltuielile de investiții în CHEMP [\$] (Tabelul 13.7, Fig. 13.6).*
- *Cheltuielile anuale în CHEMP [\$] (Tabelul 13.8, Fig. 13.7).*

Valorile rezultate din calculele energetice și economice efectuate pentru fiecare variantă sunt prezentate în Tabelul 13.9.

Din Fig. 13.9. rezultă că profitul anual are două maxime de valori apropiate, pentru variantele 2 FO 190 / 720 (actuală) și 2 FO 190 / 720 + FO 125 / 640.

Investiția specifică [\$/kW instalat] este însă mai mică în varianta 2 FO 190 / 720 + FO 125 / 640 și anume 1328.2 \$/kW instalat (Fig. 13.8.) [29].

Această variantă este remarcabilă și din punct de vedere tehnic și de exploatare din următoarele considerații:

a) utilizare rațională a stocului anual de apă disponibil printr-o mai bună urmărire a debitului natural afluent și reducerea numărului de cicluri de pomire, oprire;

b) timp de funcționare mai mare pentru un hidroagregat;

c) plaja de reglaj sezonier al debitelor turbinate este extinsă și se realizează cu randamente bune;

d) randament general al amenajării mai bun;

e) valorificarea debitelor mari în perioada viiturilor de primăvară ($Q_{max.tb} = 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$).

Prin urmare elasticitatea și durata regimului de funcționare asigurat de echipa centralei cu 2 FO 190/720 + FO 125/640 justifică alegerea acestei variante și deci a unui coeficient de instalare $k_i = 3.125$.

Situația actuală privind valorile debitelor medii, debitelor instalate actuale și, debitelor instalate propuse pentru CHEMP din modelul de studiu ales rezultă din Fig. 13.10. și Tabelul 13.10.

Valorile coeficientului de instalare actual, k_{ia} și ale coeficientului de instalare propus, k_{ip} , pentru aceste CHEMP sunt prezentate comparativ în Tabelul 13.11 și grafic în Fig. 13.11.

Se observă că valorile actuale ale coeficientului de instalare sunt între 1.27 (CHEMP TEȘILA 2) și 2.50 (CHEMP TRĂISTENI 1, 2).

În urma investigațiilor efectuate în cazul CHEMP TRĂISTENI 1, s-a ajuns la concluzia că se poate mări valoarea puterii instalate, corespunzător creșterii coeficientului de instalare de la valoarea $k_{ia} = 2.5$ la $k_{ip} = 3.125$.

Din raționamente asemănătoare, pentru celelalte CHEMP din modelul de studiu, coeficienții de instalare pot fi aduși la valorile propuse - k_{ip} - date în Tabelul 13.11. permițând astfel valorificarea superioară a debitelor de viitură.

Creșterea k_i la valori situate în plaja $2,5 < k_i < 3$ poate determina, în cazuri justificate atât economic cât și tehnic, creșterea eficienței valorificării debitelor afluate, în special în perioada apelor mari de primăvară, așa cum demonstrează exemplul analizat.

Pentru a realiza o imagine cât mai reală producerii de energie în CHEMP sunt prezentate în Tabelul 13.12. date privind producția anuală de energie [MWh] de la data punerii în funcție, pentru CHEMP TRĂISTENI 1 și pentru încă două centrale din bazinul Doftana ales ca model: CHEMP TEȘILA 1 și CHEMP TEȘILA 2.

Aceleași date sunt evidențiate grafic în Fig. 13.12 care permite comparația valorilor energiei produse în cele trei centrale cu puteri instalate apropiate. Evident că aceste valori ale energiei produse anual sunt influențate de gradul de disponibilitate al grupurilor sau al centralei, care a fost diferit, după cum rezultă din datele de exploatare.

Alte aspecte cu caracter economic sunt marcate în Tabelele 13.13, 13.14, 13.15 și grafic în Fig. 13.13, 13.14, 13.15, pentru CHEMP TRĂISTENI 1, CHEMP TEȘILA 1 și CHEMP TEȘILA 2 [5].

Pentru o comparație cât mai corectă s-a ales ca unitate monetară pentru cheltuieli și venituri dolarul american, care este o monedă cu stabilitate ridicată.

Prețurile de producere și de vânzare a energiei electrice în CHEMP s-au exprimat tot în funcție de \$, în \$/MWh [56].

Valorile prețurilor de producere a energiei electrice, exprimate în \$/MWh, pentru trei CHEMP din bazinul râului Doftana: TRĂISTENI 1, TEȘILA 1, TEȘILA 2 sunt redată în Tabelul 13.16. și comparate grafic în Fig. 13.15.

Se observă că în 1995 cheltuielile de exploatare și reparații au determinat creșterea prețurilor de producere a energiei la valori peste 25 \$/MWh, mai mari decât în oricare alt an de comparație.

Rezultă, însă, în mod evident, că prețul de producere P_p [\$/MWh] este sub valoarea prețului de vânzare al energiei P_v [\$/MWh], astfel:

$$P_p = (27 - 85) \% P_v \text{ pentru CHEMP TEȘILA 1;}$$

$$P_p = (24 - 74) \% P_v \text{ pentru CHEMP TEȘILA 2;}$$

$$P_p = (21 - 73) \% P_v \text{ pentru CHEMP TRĂISTENI 1;}$$

13.1.1. CALCULUL PARAMETRILOR HIDROENERGETICI AI CHEMP TRĂISTENI 1

| Nr. Crt. | Parametrii hidroenergetici | U.M. | Simbol și formula de calcul | 3 FO 125/640 | | | 4 FO 125/640 | | | | 2 FO 190/720 | |
|----------|---------------------------------------|--------------------------------|--|-----------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|
| | | | | 1 Grup | 2 Grupuri | 3 Grupuri | 1 Grup | 2 Grupuri | 3 Grupuri | 4 Grupuri | 1 Grup | 2 Grupuri |
| 1 | Debit mediu multianual | m ³ /s | Q_m | 1.86 | | | 1.86 | | | | 1.86 | |
| 2 | Debit de servitute | m ³ /s | Q_s | 0.10 | | | 0.10 | | | | 0.10 | |
| 3 | Debit mediu disponibil | m ³ /s | Q_{md} | 1.76 | | | 1.76 | | | | 1.76 | |
| 4 | Debit instalat | m ³ /s | Q_i | 1.1 | 2.2 | 3.3 | 1.1 | 2.2 | 3.3 | 4.4 | 2.2 | 4.4 |
| 5 | Coefficient de instalare | | $k = Q_i / Q_{md}$ | 0.625 | 1.25 | 1.875 | 0.625 | 1.25 | 1.875 | 2.5 | 1.25 | 2.5 |
| 6 | Diametru aducțiune | mm | D | 1500 - IPEREROM | | | 1600 - SENTAB | | | | 1600 - SENTAB | |
| 7 | Lungime aducțiune | m | L | 4165 | | | 4165 | | | | 4165 | |
| 8 | Cădere maximă statică | m | H_b | 66.0 | | | 66.0 | | | | 66.0 | |
| 9 | Pierderi de sarcină liniare și locale | m | $\Delta h = jL + \sum \xi \frac{v^2}{2g}$ | 1.0 | 3.9 | 8.5 | 0.9 | 2.9 | 6.3 | 11.1 | 2.9 | 11.1 |
| 10 | Cădere netă | m | $H_n = H_{bmed} - \Delta h$ | 64.0 | 61.1 | 56.5 | 64.1 | 62.1 | 58.7 | 54.0 | 62.1 | 54.0 |
| 11 | Stoc de apă disponibil | 10 ⁶ m ³ | $V_{an,d}$ | 55.5 | | | 55.5 | | | | 55.5 | |
| 12 | Coefficient de utilizare a stocului | | $\epsilon_n = V_{an,uz} / V_{an}$ | 0.86 | | | 0.91 | | | | 0.91 | |
| 13 | Voluim anual de apă uzinat | 10 ⁶ m ³ | $V_{an,uz}$ | 50.5 | | | 53.5 | | | | 53.5 | |
| 14 | Putere reală produsă | kW | $P = 8,81 \eta \eta_e Q_i H_n$ | 584 | 1115 | 1546 | 585 | 1133 | 1607 | 1970 | 1140 | 1982 |
| 15 | Putere instalată | kW | $P = n P_{max}$ | 1750 | | | 2340 | | | | 2280 | |
| 16 | Energie produsă anual | GWh | $E = \frac{V_{an,uz} H_n \epsilon_d}{500}$ | 3.28 | 4.77 | 5.50 | 3.29 | 4.97 | 5.52 | 5.80 | 4.71 | 5.68 |
| 17 | Timp de funcționare anual | zile | $T = V_{an,uz} / Q_i$ | 309 | 229 | 177 | 309 | 229 | 177 | 141 | 229 | 141 |
| 18 | Randament amenajare | η | $\eta = \eta_h \eta_e$ | 0.735 | | | 0.702 | | | | 0.706 | |

Tabelul 13.1.

OBSERVAȚIE: Debitul mediu multianual și debitul mediu disponibil sunt date furnizate de INMH.

$$H_{b,med} = 65.0 \text{ m}$$

$$V_{an,tot} = 58.7 \text{ m}$$

VARIANTA 3 FO 125/640
 $Q_i = 3.3 \text{ m}^3/\text{s}$

13.1.2. CURBA DE DURATĂ
 Răul Doftana – Captare CHEMP Trăisteni 1 (Cota 871.0 m)

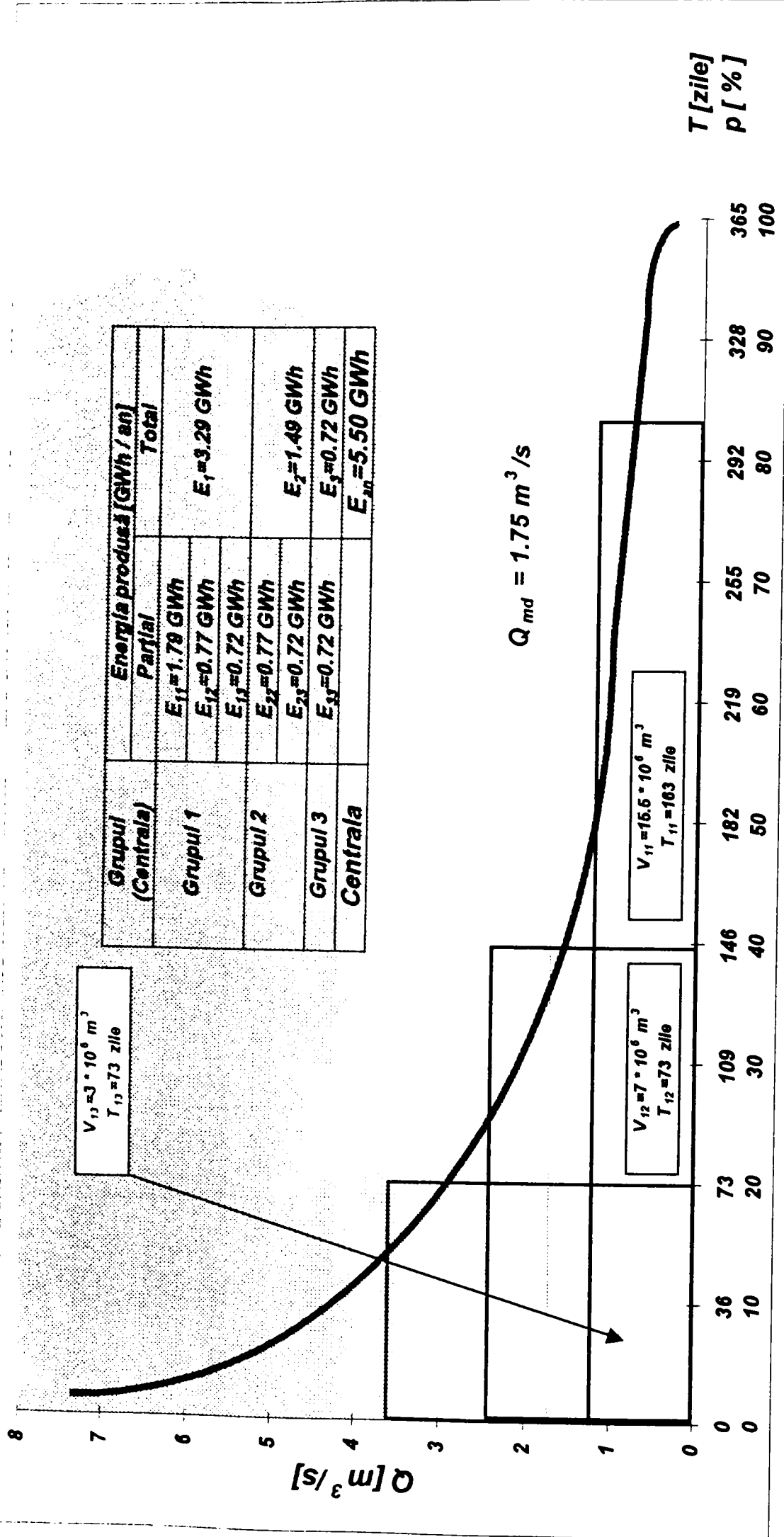


Fig. 13.1.

CALCULUL PRODUCȚIEI DE ENERGIE PE BAZA VOLUMULUI DE APĂ UZINAT
CONFORM CURBEI DE DURATĂ

VARIANTA 3 FO 125 / 640

| GRUPUL (CENTRALA) | Relația de calcul și valoarea energiei | Semnificația energiei calculate |
|-------------------|---|---|
| GRUPUL 1 | $E_{11} = \frac{V_{11} H_{n1} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{15.5 \cdot 10^6 \cdot 64}{500} \cdot 0.9 = 1.79 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează un singur grup. |
| | $E_{12} = \frac{V_{12} H_{n2} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{7 \cdot 10^6 \cdot 61.1}{500} \cdot 0.9 = 0.77 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează 2 grupuri. |
| | $E_{13} = \frac{V_{13} H_{n3} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{7 \cdot 10^6 \cdot 56.5}{500} \cdot 0.9 = 0.72 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează 3 grupuri. |
| TOTAL GRUP 1 | $E_1 = 3.29 \text{ GWh / an}$ | |
| GRUPUL 2 | $E_{22} = \frac{V_{22} H_{n2} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{7 \cdot 10^6 \cdot 61.1}{500} \cdot 0.9 = 0.77 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 2 grupuri. |
| | $E_{23} = \frac{V_{23} H_{n3} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{7 \cdot 10^6 \cdot 56.5}{500} \cdot 0.9 = 0.72 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 3 grupuri. |
| | $E_2 = 1.49 \text{ GWh / an}$ | |
| GRUPUL 3 | $E_{33} = \frac{V_{33} H_{n3} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{7 \cdot 10^6 \cdot 56.5}{500} \cdot 0.9 = 0.72 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 3 când în centrală funcționează 3 grupuri. |
| | $E_3 = 0.72 \text{ GWh / an}$ | |
| | $E_{10} = 5.50 \text{ GWh / an}$ | ➤ Energia produsă anual în centrală. |

Tabelul 13.2.

VARIANTA 2 FO 190 / 720
 $Q_f = 4.4 \text{ m}^3 / \text{s}$

13.1.3. CURBA DE DURATĂ
 Răul Doftana – Captare CHEMA Trăisteni 1 (Cota 871.0 m)

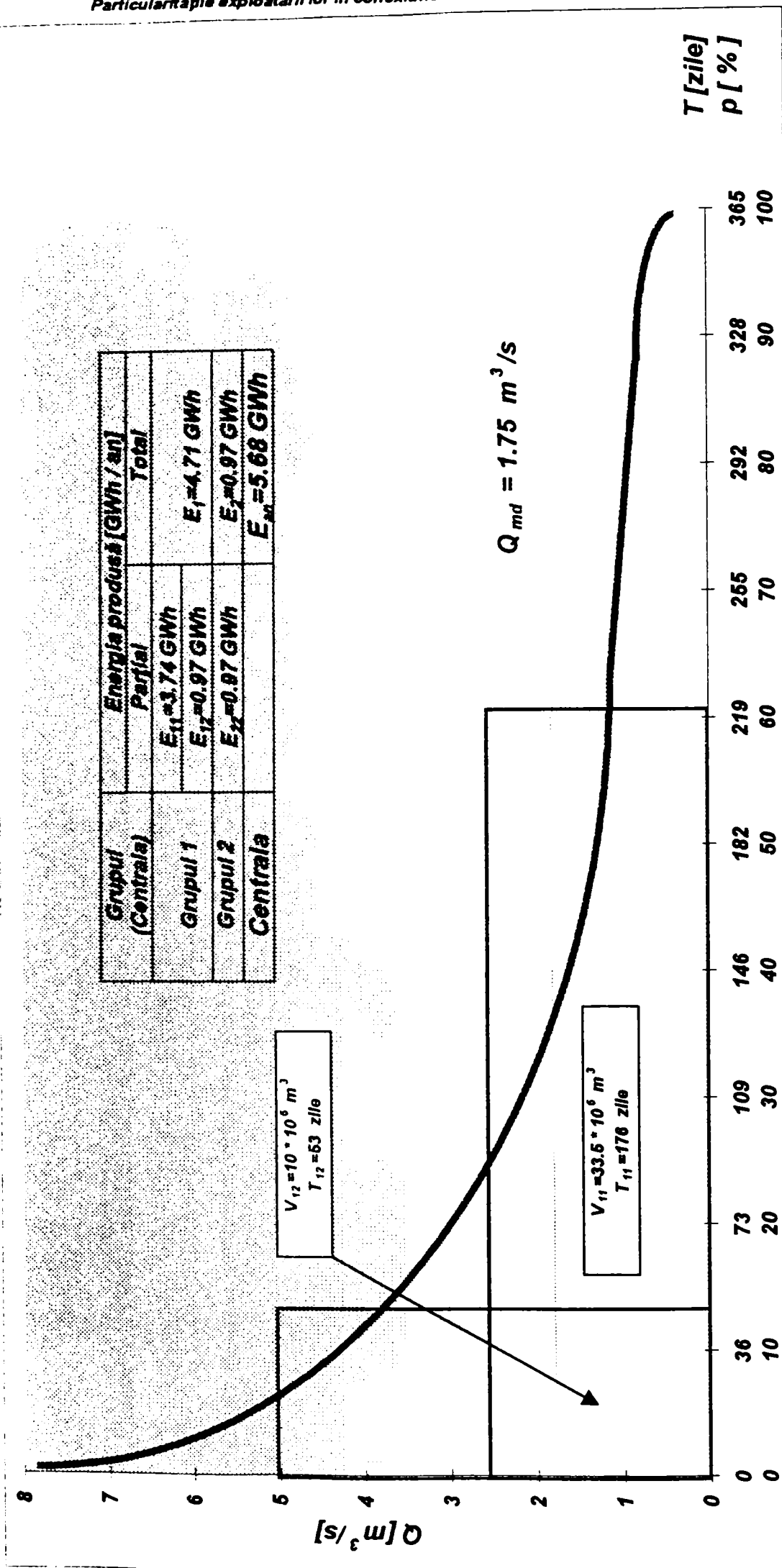


Fig. 13.2.

**CALCULUL PRODUCȚIEI DE ENERGIE PE BAZA VOLUMULUI DE APĂ UZINAT
 CONFORM CURBEI DE DURATĂ**

VARIANTA 2 FO 190 / 720

| GRUPUL (CENTRALA) | Relația de calcul și valoarea energiei | Semnificația energiei calculate |
|--------------------------|---|--|
| GRUPUL 1 | $E_{11} = \frac{V_{11} H_{n1}}{K_2} \cdot \epsilon_2 = \frac{33.5 \cdot 10^6 \cdot 62.1}{500} \cdot 0.9 = 3.74 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează un singur grup. |
| | $E_{12} = \frac{V_{12} H_{n2}}{K_2} \cdot \epsilon_2 = \frac{10 \cdot 10^6 \cdot 54}{500} \cdot 0.9 = 0.97 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează 2 grupuri. |
| TOTAL GRUP 1 | $E_1 = 4.71 \text{ GWh / an}$ | |
| GRUPUL 2 | $E_{22} = \frac{V_{22} H_{n2}}{K_2} \cdot \epsilon_2 = \frac{10 \cdot 10^6 \cdot 54}{500} \cdot 0.9 = 0.97 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 2 grupuri. |
| | $E_2 = 0.95 \text{ GWh / an}$ | |
| TOTAL ENERGIE | $E_n = 5.68 \text{ GWh / an}$ | ➤ Energia produsă anual în centrală. |

Tabelul 13.3.

VARIANTA 4 FO 125/640

$Q_i = 4.4 \text{ m}^3/\text{s}$

13.1.4. CURBA DE DURATĂ

Răul Doftana – Captare CHEMP Trăisteni 1 (Cota 871.0 m)

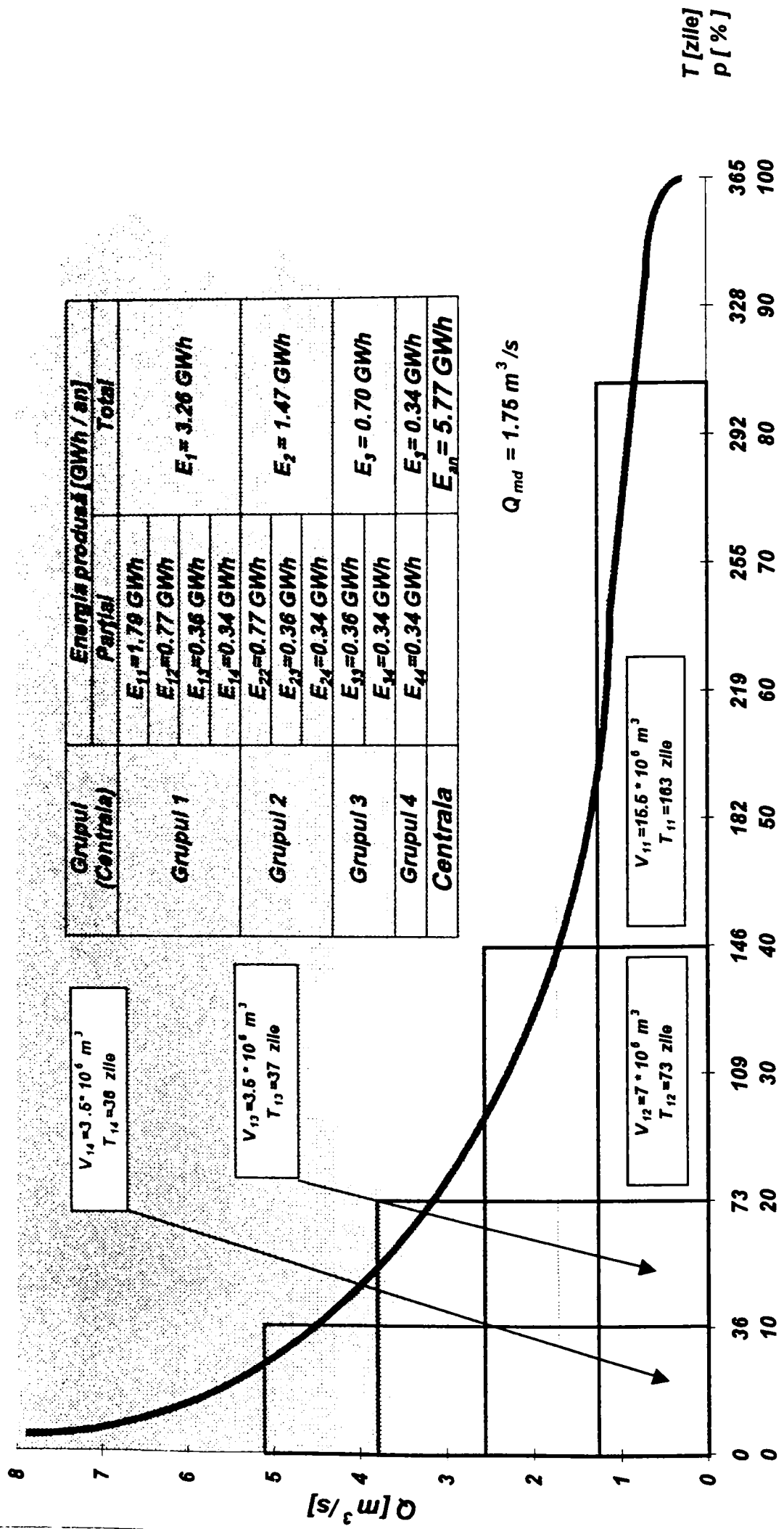


Fig. 13.3.

**CALCULUL PRODUCȚIEI DE ENERGIE PE BAZA VOLUMULUI DE APĂ UZINAT
CONFORM CURBEI DE DURATĂ**

VARIANTA 4 FO 125 / 640

| GRUPUL (CENTRALA) | Relația de calcul și valoarea energiei | Semnificația energiei calculate |
|---------------------|--|--|
| GRUPUL 1 | $E_{11} = \frac{V_{11} \cdot H_{n1} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{15.5 \cdot 10^6 \cdot 64}{500} \cdot 0.9 = 1.79 \text{ GWh}$ | ➤ <i>Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează un singur grup.</i> |
| | $E_{12} = \frac{V_{12} \cdot H_{n2} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{7 \cdot 10^6 \cdot 61.1}{500} \cdot 0.9 = 0.77 \text{ GWh}$ | ➤ <i>Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează 2 grupuri.</i> |
| | $E_{13} = \frac{V_{13} \cdot H_{n3} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{3.5 \cdot 10^6 \cdot 56.5}{500} \cdot 0.9 = 0.36 \text{ GWh}$ | ➤ <i>Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează 3 grupuri.</i> |
| | $E_{14} = \frac{V_{14} \cdot H_{n4} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{3.5 \cdot 10^6 \cdot 54.1}{500} \cdot 0.9 = 0.34 \text{ GWh}$ | ➤ <i>Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează 4 grupuri.</i> |
| TOTAL GRUP 1 | $E_1 = 3.26 \text{ GWh / an}$ | |
| GRUPUL 2 | $E_{22} = \frac{V_{22} \cdot H_{n2} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{7 \cdot 10^6 \cdot 61.1}{500} \cdot 0.9 = 0.77 \text{ GWh}$ | ➤ <i>Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 2 grupuri.</i> |
| | $E_{23} = \frac{V_{23} \cdot H_{n3} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{3.5 \cdot 10^6 \cdot 56.5}{500} \cdot 0.9 = 0.36 \text{ GWh}$ | ➤ <i>Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 3 grupuri.</i> |
| | $E_{24} = \frac{V_{24} \cdot H_{n4} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{3.5 \cdot 10^6 \cdot 56.5}{500} \cdot 0.9 = 0.34 \text{ GWh}$ | ➤ <i>Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 4 grupuri.</i> |
| | $E_2 = 1.49 \text{ GWh / an}$ | |
| GRUPUL 3 | $E_{33} = \frac{V_{33} \cdot H_{n3} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{3.5 \cdot 10^6 \cdot 56.5}{500} \cdot 0.9 = 0.36 \text{ GWh}$ | ➤ <i>Energia produsă de Grupul 3 când în centrală funcționează 3 grupuri.</i> |
| | $E_{34} = \frac{V_{34} \cdot H_{n4} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{3.5 \cdot 10^6 \cdot 54.1}{500} \cdot 0.9 = 0.34 \text{ GWh}$ | ➤ <i>Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 4 grupuri.</i> |
| | $E_3 = 0.70 \text{ GWh / an}$ | |
| | TOTAL GRUP 3 | |
| GRUPUL 4 | $E_{44} = \frac{V_{44} \cdot H_{n4} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{3.5 \cdot 10^6 \cdot 54.1}{500} \cdot 0.9 = 0.34 \text{ GWh}$ | ➤ <i>Energia produsă de Grupul 4 când în centrală funcționează 4 grupuri.</i> |
| | $E_4 = 0.34 \text{ GWh / an}$ | |
| | TOTAL GRUP 4 | |
| | TOTAL ENERGIE | $E_n = 5.77 \text{ GWh / an}$ |

Tabelul 13.4.

VARIANTA 2 FO 190 / 720 + 1 FO 125 / 640
 $Q_i = 5.5 \text{ m}^3 / \text{s}$

13.1.5. CURBA DE DURATĂ
 Râul Doftana – Captare CHEMP Trăisteni 1 (Cota 871.0 m)

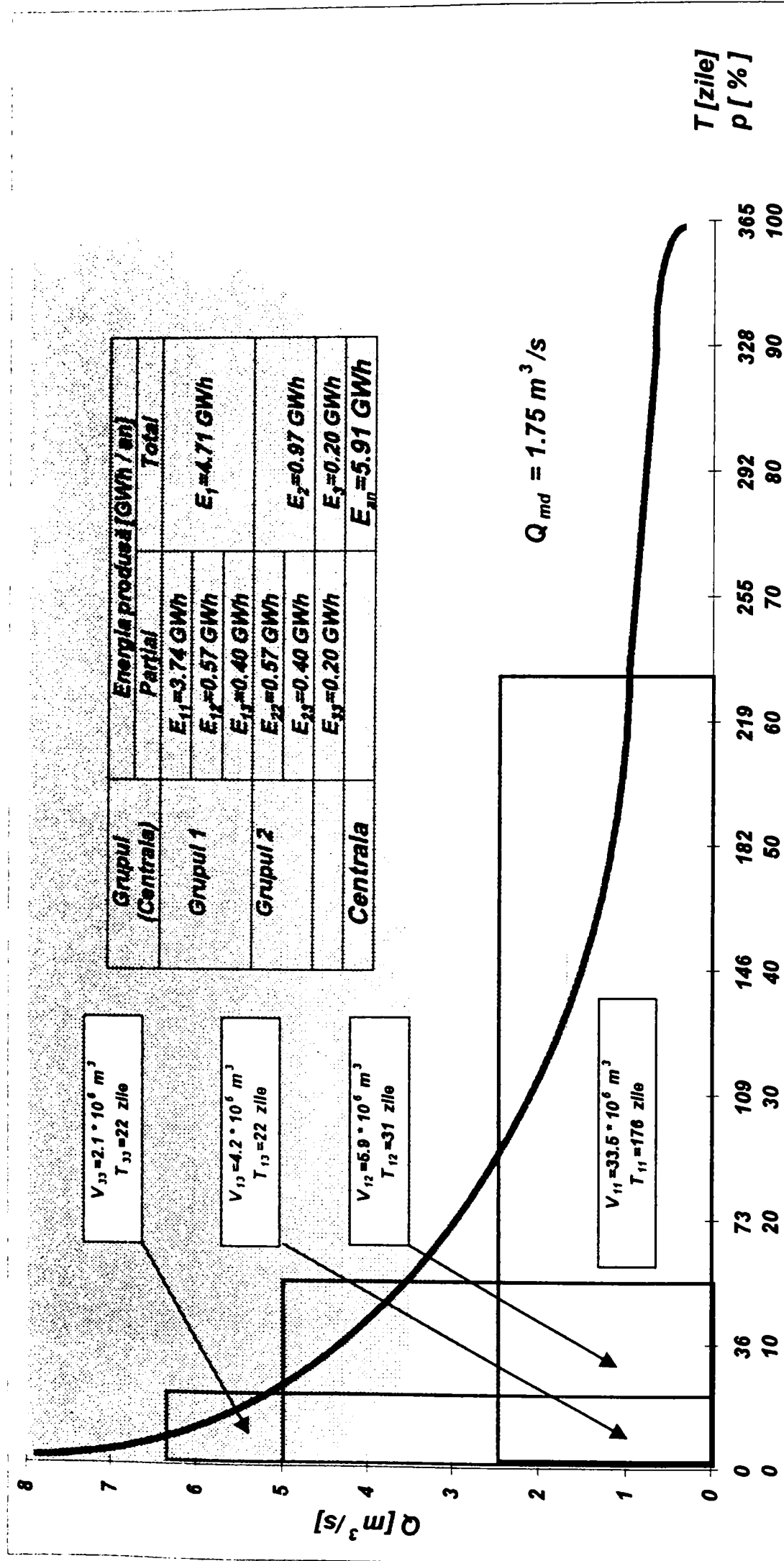


Fig. 13.4.

CALCULUL PRODUCȚIEI DE ENERGIE PE BAZA VOLUMULUI DE APĂ UZINAT
CONFORM CURBEI DE DURATĂ

VARIANTA 2 FO 190 / 720 + 1 FO 125 / 640

| GRUPUL (CENTRALA) | Relația de calcul și valoarea energiei | Semnificația energiei calculate |
|-------------------|---|---|
| GRUPUL 1 | $E_{11} = \frac{V_{11} H_{n1} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{33.5 \cdot 10^6 \cdot 62.1}{500} \cdot 0.9 = 3.74 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează un singur grup. |
| | $E_{12} = \frac{V_{12} H_{n2} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{5.9 \cdot 10^6 \cdot 54}{500} \cdot 0.9 = 0.57 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează 2 grupuri. |
| | $E_{13} = \frac{V_{13} H_{n3} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{4.2 \cdot 10^6 \cdot 54}{500} \cdot 0.9 = 0.40 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează 3 grupuri. |
| TOTAL GRUP 1 | $E_1 = 4.71 \text{ GWh / an}$ | |
| GRUPUL 2 | $E_{22} = \frac{V_{22} H_{n2} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{5.9 \cdot 10^6 \cdot 54}{500} \cdot 0.9 = 0.57 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 2 grupuri. |
| | $E_{23} = \frac{V_{23} H_{n2} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{4.2 \cdot 10^6 \cdot 52}{500} \cdot 0.9 = 0.40 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 3 grupuri. |
| | $E_2 = 0.97 \text{ GWh / an}$ | |
| GRUPUL 3 | $E_{33} = \frac{V_{33} H_{n3} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{2.1 \cdot 10^6 \cdot 52}{500} \cdot 0.9 = 0.20 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 3 când în centrală funcționează 3 grupuri. |
| | $E_3 = 0.20 \text{ GWh / an}$ | |
| | $E_n = 5.88 \text{ GWh / an}$ | ➤ Energia produsă anual în centrală. |

Tabelul 13.5.

VARIANTA 3 FO 190 / 720
 $Q_1 = 6.6 \text{ m}^3 / \text{s}$

13.1.6. CURBA DE DURATĂ
 Răul Doftana – Captare CHEMP Trăisteni 1 (Cota 871.0 m)

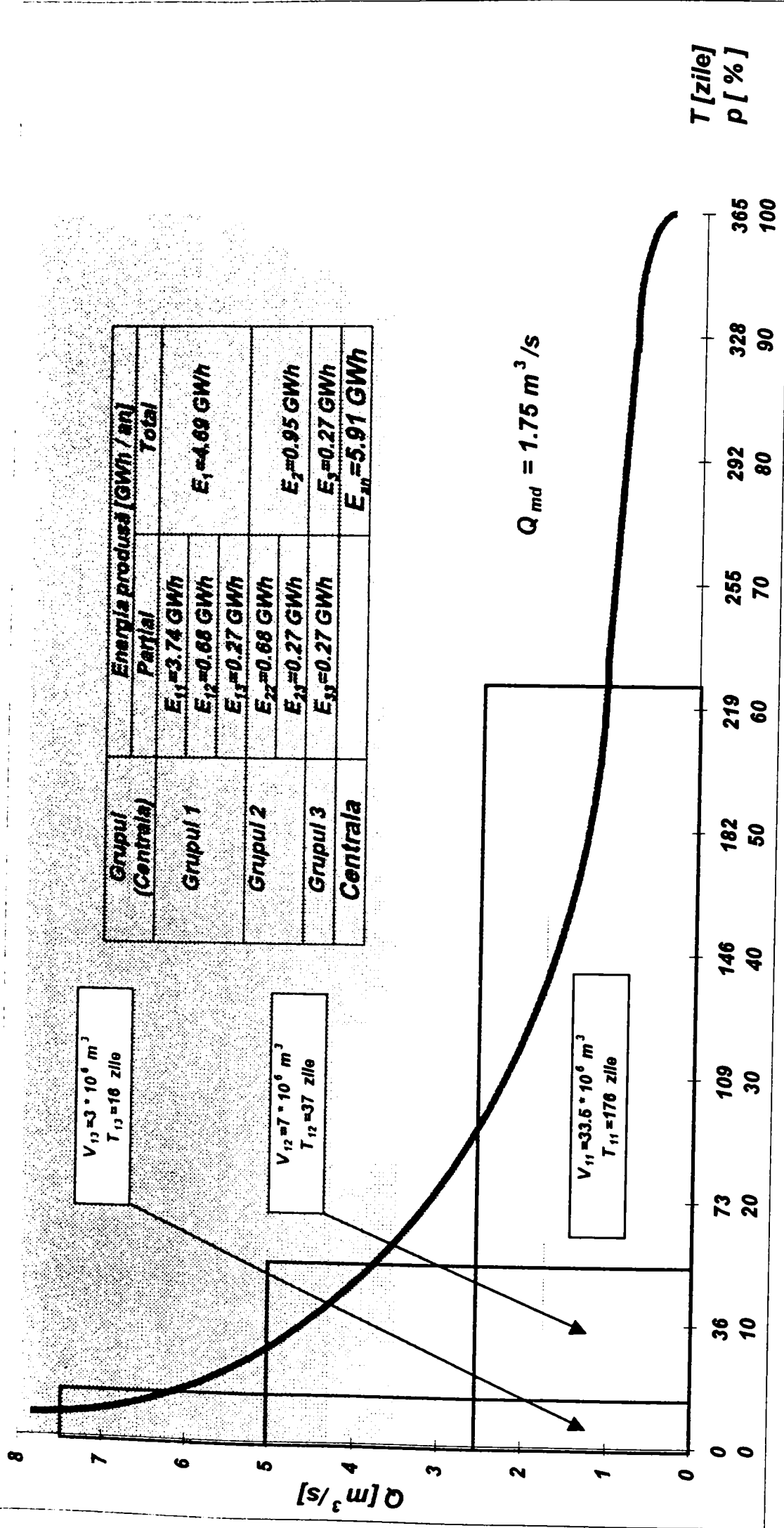


Fig. 13.5.

**CALCULUL PRODUCȚIEI DE ENERGIE PE BAZA VOLUMULUI DE APĂ UZINAT
CONFORM CURBEI DE DURATĂ**

VARIANTA 3 FO 190 / 720

| GRUPUL (CENTRALA) | Relația de calcul și valoarea energiei | Semnificația energiei calculate |
|--------------------------|---|--|
| GRUPUL 1 | $E_{11} = \frac{V_{11} H_{n1} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{33.5 \cdot 10^6 \cdot 62.1}{500} \cdot 0.9 = 3.74 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează un singur grup. |
| | $E_{12} = \frac{V_{12} H_{n2} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{7 \cdot 10^6 \cdot 54}{500} \cdot 0.9 = 0.68 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează 2 grupuri. |
| | $E_{13} = \frac{V_{13} H_{n3} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 49}{500} \cdot 0.9 = 0.27 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 1 când în centrală funcționează 3 grupuri. |
| TOTAL GRUP 1 | $E_1 = 4.69 \text{ GWh / an}$ | |
| GRUPUL 2 | $E_{22} = \frac{V_{22} H_{n2} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{7 \cdot 10^6 \cdot 54}{500} \cdot 0.9 = 0.68 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 2 grupuri. |
| | $E_{23} = \frac{V_{23} H_{n2} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 49}{500} \cdot 0.9 = 0.27 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 2 când în centrală funcționează 3 grupuri. |
| | $E_2 = 0.95 \text{ GWh / an}$ | |
| TOTAL GRUP 2 | | |
| GRUPUL 3 | $E_{33} = \frac{V_{33} H_{n3} \cdot \epsilon_2}{K_2} = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 49}{500} \cdot 0.9 = 0.27 \text{ GWh}$ | ➤ Energia produsă de Grupul 3 când în centrală funcționează 3 grupuri. |
| | $E_3 = 0.27 \text{ GWh / an}$ | |
| | $E_n = 5.91 \text{ GWh / an}$ | |
| TOTAL ENERGIE | | ➤ Energia produsă anual în centrală. |

Tabelul 13.6.

13.1.7. CHELTUIELILE DE INVESTIȚII [€] - CHEMP TRĂISTENI 1
ÎN 5 VARIANTE DE AMENAJARE

| Nr. Crt. | TOTAL OBIECT | VARIANTA | | | | |
|----------|--|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| | | 3 FO 125/640 | 2 FO 190/720 | 4 FO 125/640 | 2 FO 190/720 + 1 FO 125/640 | 3 FO 190/720 |
| 1 | Captare | 110810 | 119667 | 119667 | 137429 | 148571 |
| 2 | Bazin compensator | 269048 | 274952 | 274952 | 291619 | 306571 |
| 3 | Aducțiune | 1743524 | 1951190 | 1951190 | 2184381 | 2416286 |
| 4 | Centrală și canal de fugă | 610810 | 550667 | 779286 | 722333 | 767143 |
| 5 | Racordarea la sistem | 145048 | 145048 | 184524 | 177190 | 188952 |
| 6 | Proiectare, studii | 31429 | 31429 | 31429 | 31429 | 31429 |
| 7 | Amenajări, exproprieri etc. | 3952 | 3952 | 3952 | 3952 | 3952 |
| 8 | Cost en. Lumina, artif. | 11619 | 11524 | 11524 | 11524 | 11524 |
| 9 | Execuție pe timp frigos | 25143 | 27286 | 27952 | 28381 | 28905 |
| 10 | Sporuri de șantier | 32429 | 35143 | 35905 | 36286 | 37905 |
| 11 | Cheltuieli probe, încercări | 1857 | 1667 | 1852 | 2000 | 2095 |
| 12 | Comision B.I. | 15619 | 16524 | 17905 | 17571 | 18429 |
| 13 | TOTAL I | 3001286 | 3169048 | 3440238 | 3644095 | 3961762 |
| 14 | II. Cheltuieli pentru supraveghere tehn. | 9905 | 9905 | 9905 | 9905 | 9905 |
| 15 | III. cheltuieli pentru organizare | 126095 | 137143 | 140000 | 139524 | 150476 |
| 16 | Cheltuieli probe tehnologice | 4619 | 4190 | 5143 | 5048 | 5667 |
| 17 | TOTAL GENERAL | 3141905 | 3320286 | 3595286 | 3798571 | 4127810 |

Tabelul 13.7.

COMPARAȚIA CHELTUIELILOR DE INVESTIȚII ÎN FUNCȚIE DE VARIANTA DE ECHIPARE
 CHEMA TRĂISTENI 1

| Nr. crt. | VARIANTA | INVESTIȚII [\$] | CHELTUIELILE ANUALE [\$] | TOTAL [\$] |
|----------|---------------------------|-------------------|----------------------------|--------------|
| 1 | 3FO 125/640 | 3141905 | 61819 | 3203724 |
| 2 | 2FO 190/720 | 3320286 | 64076 | 3384362 |
| 3 | 4FO 125/640 | 3595286 | 72594 | 3667880 |
| 4 | 2FO 190/720 + 1FO 125/640 | 3798571 | 74304 | 3872875 |
| 5 | 3FO 190/720 | 4127810 | 88421 | 4216231 |

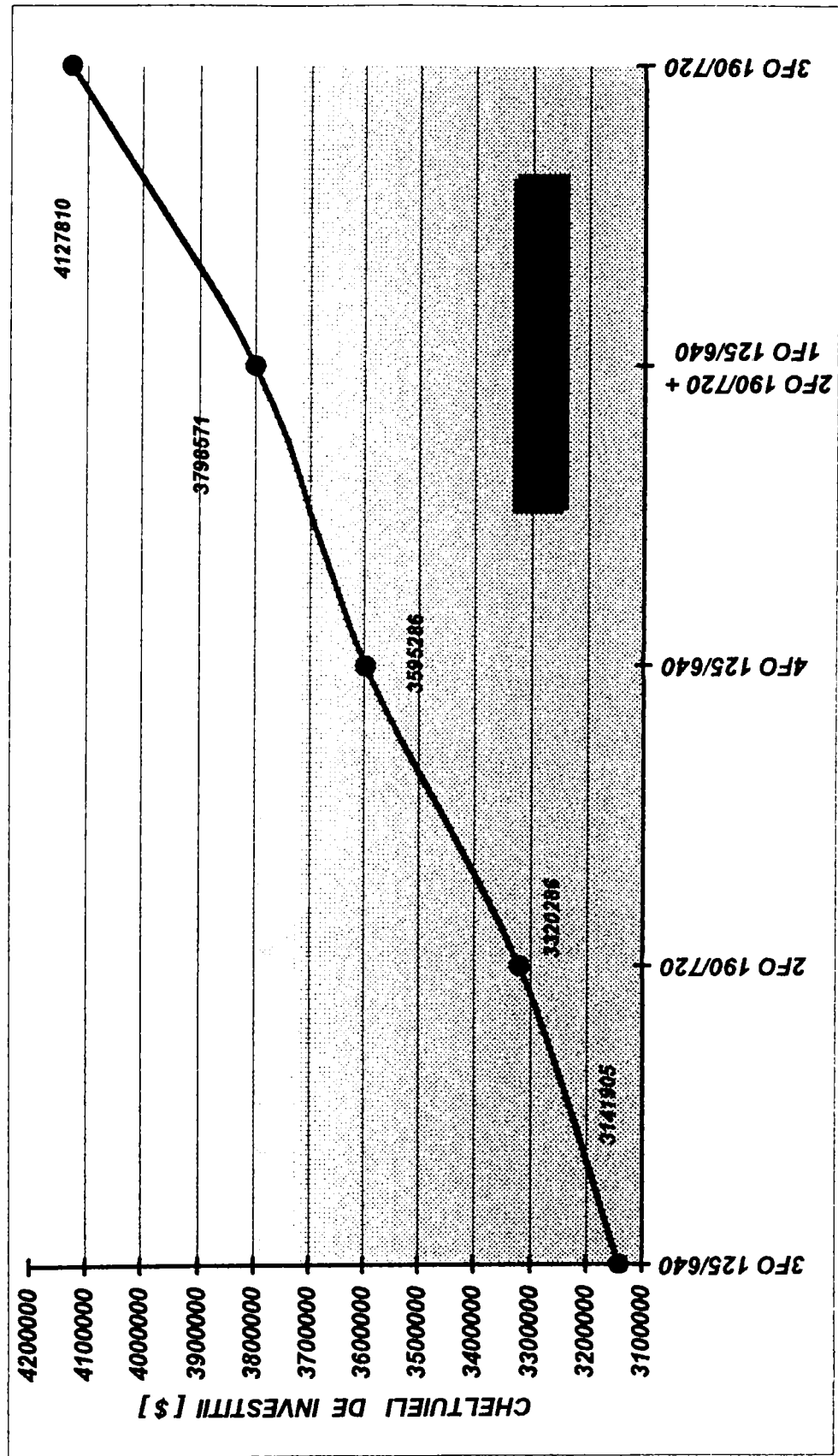


Fig. 13.6.

13.1.8. CHELTUIELILE ANUALE (\$) - CHEMA TRĂISTENI 1
ÎN 5 VARIANTE DE AMENAJARE

| Nr. Crt. | DENUMIREA CHELTUIELILOR | VARIANTA | | | | |
|---|---|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| | | 3 FO 125/640 | 2 FO 190/720 | 4 FO 125/640 | 2 FO 190/720 + 1 FO 125/640 | 3 FO 190/720 |
| A. CHELTUIELI CU AMORTISMENTE ȘI REPARAȚII CAPITALE (\$) | | | | | | |
| 1 | Captare inclusiv stavile și grătare | 1662 | 1800 | 1795 | 2061 | 2438 |
| 2 | Bazin compensator | 3071 | 3133 | 3134 | 3324 | 3448 |
| 3 | Aducțiune inclusiv stavile și grătare | 26152 | 30205 | 29268 | 31766 | 43676 |
| 4 | Centrală - construcții | 2214 | 2290 | 2458 | 2581 | 2838 |
| 5 | Centrală - turbine | 8962 | 7410 | 11948 | 10396.67 | 11114 |
| 6 | Mașini și aparate electrice | 7871 | 7014 | 10493 | 9636.19 | 10521 |
| 7 | TOTAL | 49933 | 51852 | 59097 | 59766 | 74036 |
| 8 | Rest cheltuieli | 3990 | 4238 | 4476 | 4367 | 4695 |
| 9 | TOTAL GENERAL | 53924 | 56090 | 63573 | 64133 | 78731 |
| B. CHELTUIELI DE ÎNTREȚINERE (\$) | | | | | | |
| 10 | Cheltuieli cu materiale pt. reparații și întrețineri crt. | 2129 | 2190 | 2324 | 2300 | 2610 |
| 11 | Retribuții, CAS personal, reparații și întrețineri crt. | 3681 | 3681 | 3681 | 3690 | 3681 |
| 12 | Cheltuieli generale | 2086 | 2714 | 2971 | 3181 | 3400 |
| 13 | TOTAL | 7895 | 8586 | 8976 | 9171 | 9690 |
| 14 | TOTAL GENERAL CHELTUIELI ANUALE | 61819 | 64676 | 72549 | 73304 | 88421 |

Tabelul 13.8.

COMPARAȚIA CHELTUIELILOR ANUALE ÎN FUNCȚIE DE VARIANTA DE ECHIPARE
 CHEMP TRĂISTENI 1

| Nr. crt. | VARIANTA | INVESTIȚII [€] | CHELTUIELI ANUALE [€] |
|----------|---------------------------|----------------|-----------------------|
| 1 | 3FO 125/640 | 3141906 | 61819 |
| 2 | 2FO 190/720 | 3320286 | 64076 |
| 3 | 4FO 125/640 | 3595286 | 72594 |
| 4 | 2FO 190/720 + 1FO 125/640 | 3798571 | 74304 |
| 5 | 3FO 190/720 | 4127810 | 88421 |

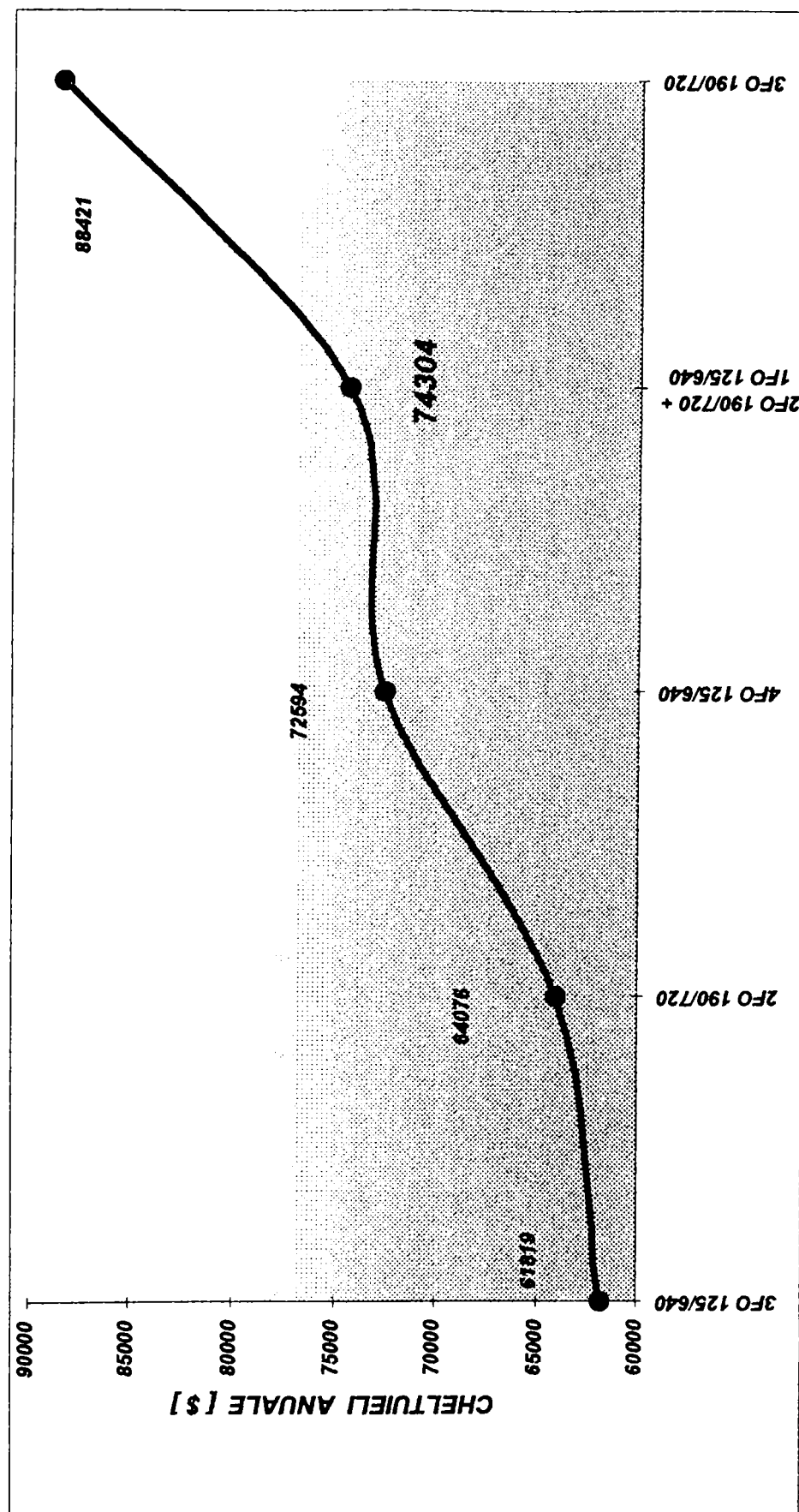


Fig. 13.7.

13.1.9. CALCULE ECONOMICE - CEMP TRĂISTENI 1

| Varianța | 3 FO 125/640 | 2 FO 190/720 | 4 FO 125/640 | 2 FO 190/720 + 1 FO 125/640 | 3 FO 190/720 |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Q_i [m ³ /s] | 3,3 | 4,4 | 4,4 | 5,6 | 6,6 |
| k_i | 1,875 | 2,5 | 2,5 | 3,125 | 3,75 |
| Eprod [MWh/an] | 5600 | 5680 | 5690 | 5880 | 5910 |
| Cheptuieii anuale [\$] | 61819 | 64676 | 72594 | 73304 | 88421 |
| Investiții [\$] | 3141905 | 3320286 | 3595286 | 3798571 | 4127810 |
| Pret prod. energie [\$/MWh] | 11,2 | 11,4 | 12,8 | 12,5 | 15,0 |
| Pret prod. energie [LEI/KWh] | 85 | 87 | 97 | 95 | 114 |
| VENIT anual [\$] | 238816 | 246632 | 247066 | 255316 | 256618 |
| PROFIT anual [\$] | 176997 | 181956 | 174472 | 182012 | 168197 |
| Investiția specifică [\$/kW] | 1795,4 | 1456,3 | 1536,4 | 1328,2 | 1207,0 |
| Investiția specifică [\$/MWh] | 571,3 | 584,6 | 631,9 | 646,0 | 698,4 |

Tabelul 13.10.

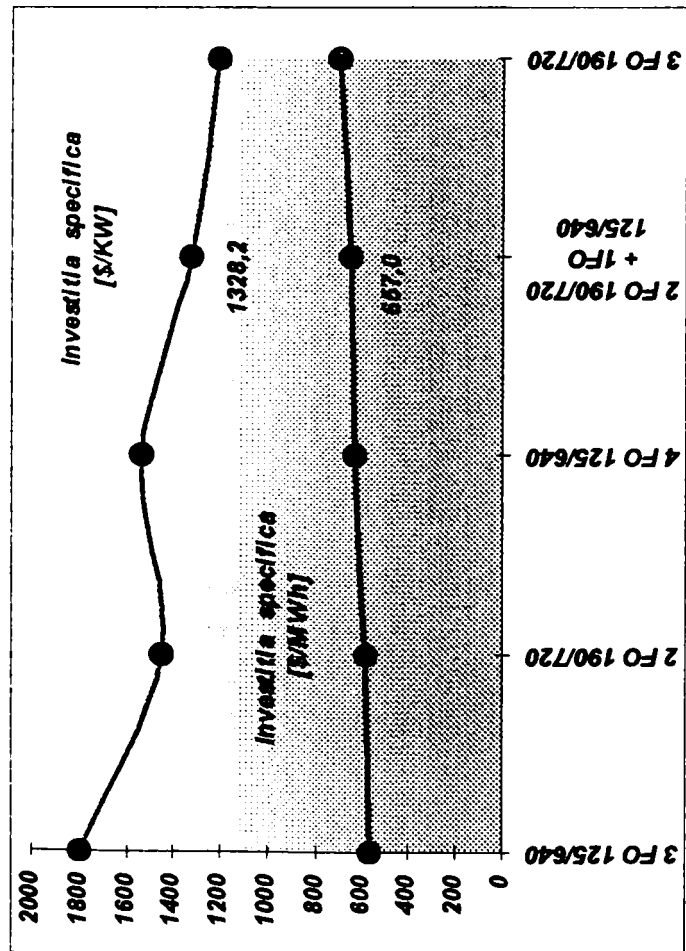


Fig. 13.8. Investiția specifică [\$/kW] și [\$/MWh].

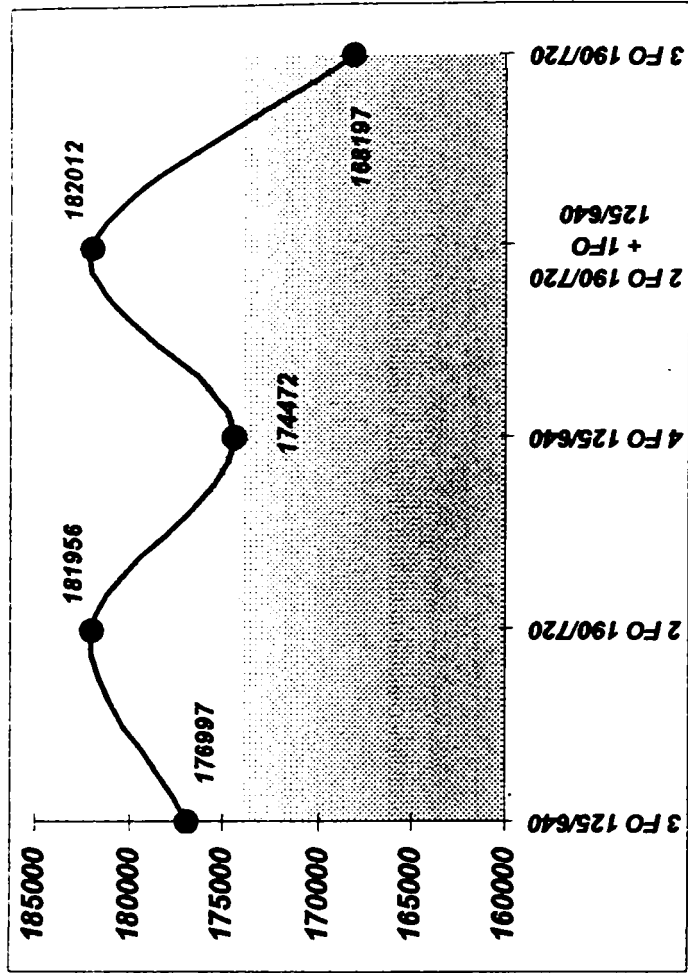


Fig. 13.9. Profitul anual [\$].

13.1.10. VALORILE DEBITULUI MEDIU, DEBITULUI INSTALAT INIȚIAL ȘI DEBITULUI INSTALAT PROPUȘ ÎN CHEMP DIN MODELUL DE STUDIU ALES BAZINUL HIDROGRAFIC AL RÂULUI DOFTANA

| CENTRALA | $Q_m [m^3/s]$ | $Q_{ia} [m^3/s]$ | $Q_{ip} [m^3/s]$ |
|-------------------|---------------|------------------|------------------|
| CHEMP TEȘILA 1 | 4,50 | 6,00 | 9,00 |
| CHEMP TEȘILA 2 | 4,70 | 6,00 | 9,00 |
| CHEMP NEGRAȘ 1 | 0,68 | 1,30 | 1,80 |
| CHEMP NEGRAȘ 2 | 0,68 | 1,30 | 1,80 |
| CHEMP PRISLOP | 0,42 | 0,65 | 1,20 |
| CHEMP TRĂISTENI 1 | 1,76 | 4,40 | 5,50 |
| CHEMP TRĂISTENI 2 | 1,76 | 4,40 | 5,50 |

Tabelul 13.10.

DEBITELE MEDII, DEBITELE INSTALATE ACTUALE ȘI DEBITELE INSTALATE PROPUSE PENTRU CHEMP DIN BAZINUL HIDROGRAFIC DOFTANA

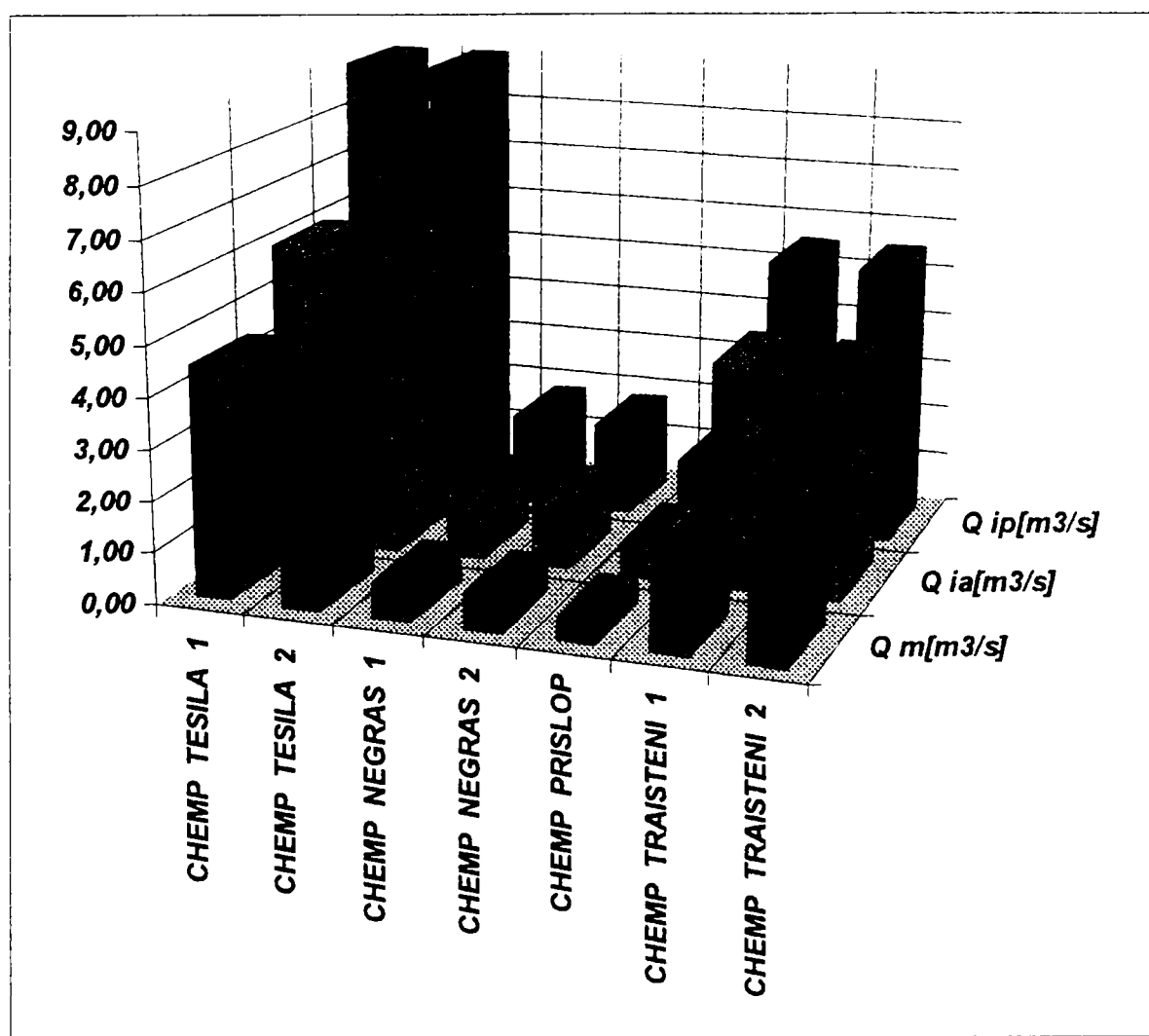


Fig. 13.10.

**13.1.11. VALORILE COEFICIENTULUI DE INSTALARE ÎNĂLĂTĂRI ȘI PROPUȘ ÎN CHEMP DIN MODELUL DE STUDIU ALES
BAZINUL HIDROGRAFIC AL RĂULUI DOFTANA**

| CENTRALA | k_{ia} | k_{ip} |
|-------------------|----------|----------|
| CHEMP TEȘILA 1 | 1,33 | 2,00 |
| CHEMP TEȘILA 2 | 1,27 | 1,90 |
| CHEMP NEGRAȘ 1 | 1,91 | 2,65 |
| CHEMP NEGRAȘ 2 | 1,91 | 2,65 |
| CHEMP PRISLOP | 1,57 | 2,40 |
| CHEMP TRĂISTENI 1 | 2,50 | 3,13 |
| CHEMP TRĂISTENI 2 | 2,50 | 3,13 |

Tabelul 13.11.

**COEFICIENTULUI DE INSTALARE ACTUAL ȘI PROPUȘ
PENTRU CHEMP DIN BAZINUL HIDROGRAFIC AL RĂULUI DOFTANA**

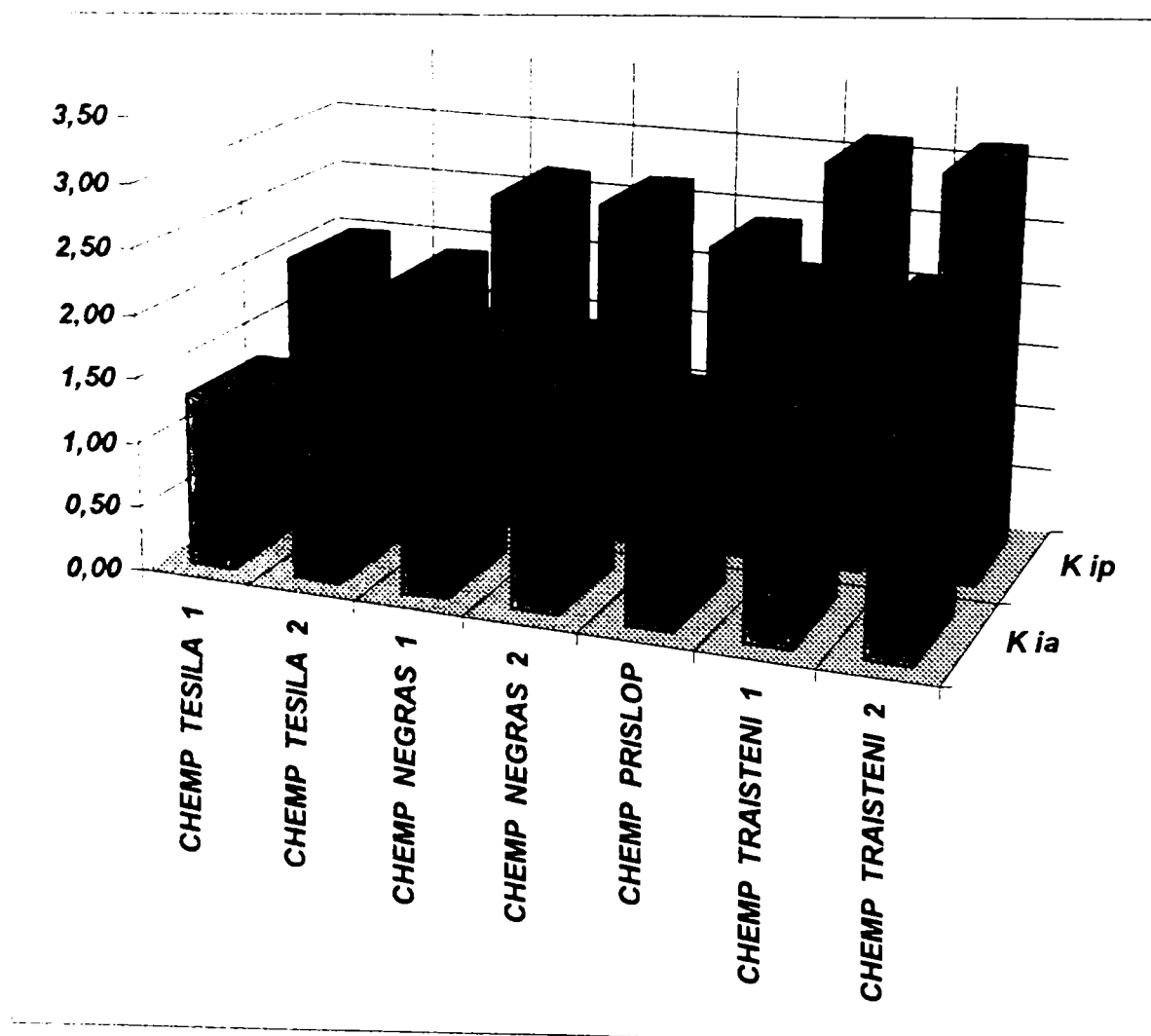


Fig. 13.11.

**13.1.12. PRODUCȚIA DE ENERGIE ELECTRICĂ
ÎN CHEMP TRĂISTENI 1, CHEMP TEȘILA 1 ȘI CHEMP TEȘILA 2
1986 - 1998**

| ANUL | CHEMP TRĂISTENI 1 | CHEMP TEȘILA 1 | CHEMP TEȘILA 2 |
|------|-------------------|----------------|----------------|
| 1986 | | 1404,4 | |
| 1987 | | 2301,6 | |
| 1988 | | 3620,2 | 190,8 |
| 1989 | | 1495,6 | 2844,7 |
| 1990 | | 2612,2 | 2628,6 |
| 1991 | | 3160,6 | 4040,2 |
| 1992 | 14 | 2530 | 2800 |
| 1993 | 2670 | 3281,1 | 3223,2 |
| 1994 | 2446 | 2855 | 3137 |
| 1995 | 2448 | 3258 | 4056 |
| 1996 | 3882 | 3492 | 3574 |
| 1997 | 3216 | 3237 | 3428 |
| 1998 | 4638 | 3017 | 3322 |

Tabelul 13.12.

**ENERGIA ELECTRICĂ PRODUSĂ
ÎN CHEMP TRĂISTENI 1, CHEMP TEȘILA 1 ȘI CHEMP TEȘILA 2**

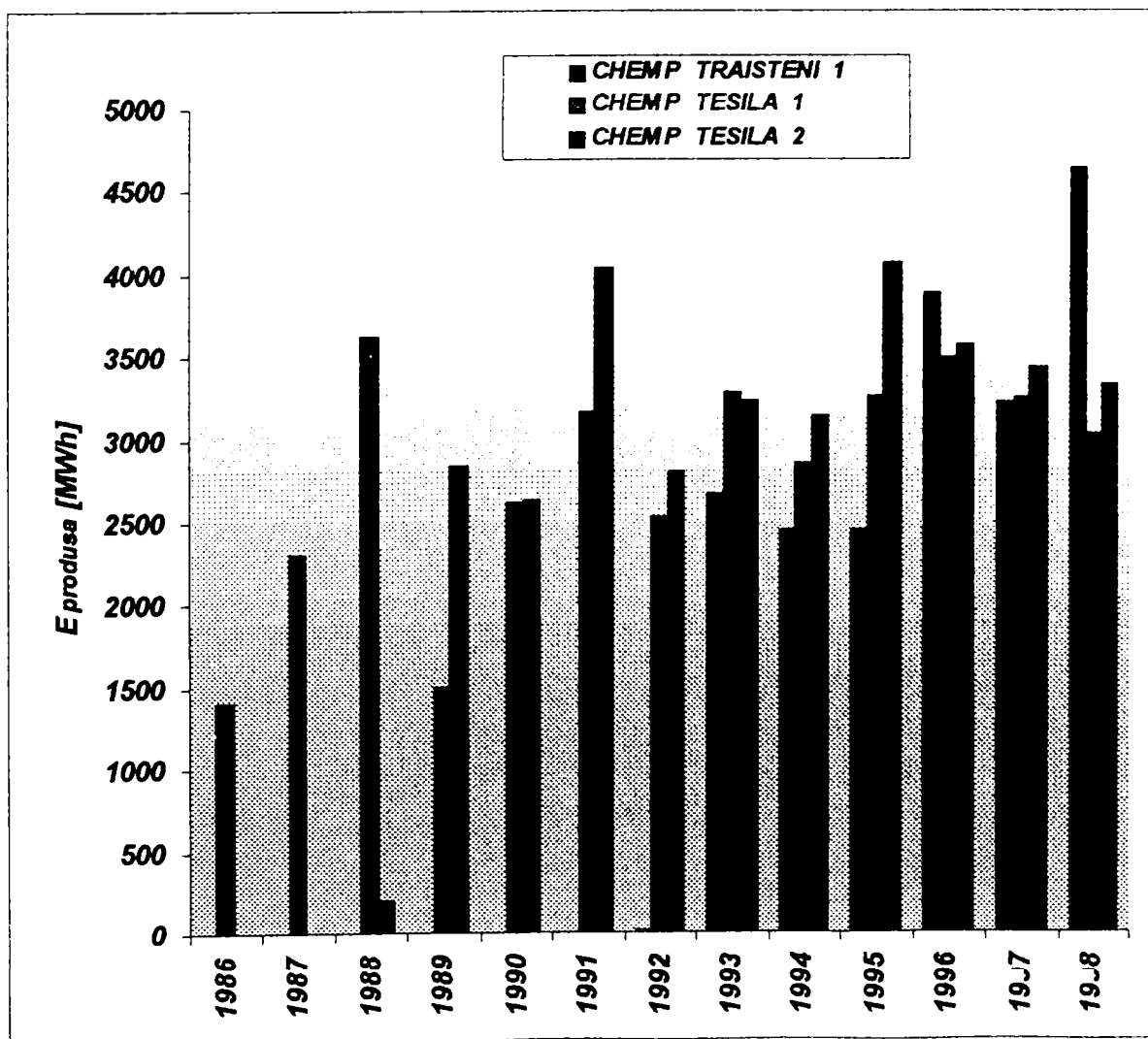


Fig. 13.12.

13.1.13. PRODUCȚIA DE ENERGIE ELECTRICĂ ÎN CHEMP TRĂISTENI 1, CHEMP TEȘILA 1 ȘI CHEMP TEȘILA 2 ASPECTE ECONOMICE

| ANUL | E produsă [MWh] | Cheptuilei [\$] | Pret prod [lei/MWh] | Pret prod [\$ /MWh] | Pret vânzare [lei/MWh] | Pret vânzare [\$ /MWh] | Venit [\$] | Curs valutar Lei/\$ |
|------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------------------|
| 1986 | | | | | 490.00 | 23.33 | | 21 |
| 1987 | | | | | 490.55 | 23.36 | | 21 |
| 1988 | | | | | 490.55 | 23.36 | | 21 |
| 1989 | | | | | 495.27 | 14.15 | | 35 |
| 1990 | | | | | 496.91 | 8.28 | | 60 |
| 1991 | | | | | 3125.19 | 17.36 | | 180 |
| 1992 | 14 | | | | 10895.98 | 23.69 | 332 | 460 |
| 1993 | 2670 | 17392 | 8299 | 6.51 | 39280.00 | 30.83 | 82322 | 1274 |
| 1994 | 2446 | 50848 | 36733 | 20.79 | 71916.00 | 40.70 | 99551 | 1767 |
| 1995 | 2448 | 62065 | 65361 | 25.35 | 888975.00 | 34.51 | 84488 | 2578 |
| 1996 | 3882 | 48258 | 50948 | 12.63 | 122241.00 | 30.30 | 115788 | 4035 |
| 1997 | 3216 | | | | 333041.00 | 44.41 | | 7500 |
| 1998 | 4638 | | | | | | | |

Tabelul 13.13.

EVOLUȚIA PREȚULUI DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE ÎN CHEMP TRĂISTENI 1 ÎN COMPARAȚIE CU PREȚUL DE VÂNZARE

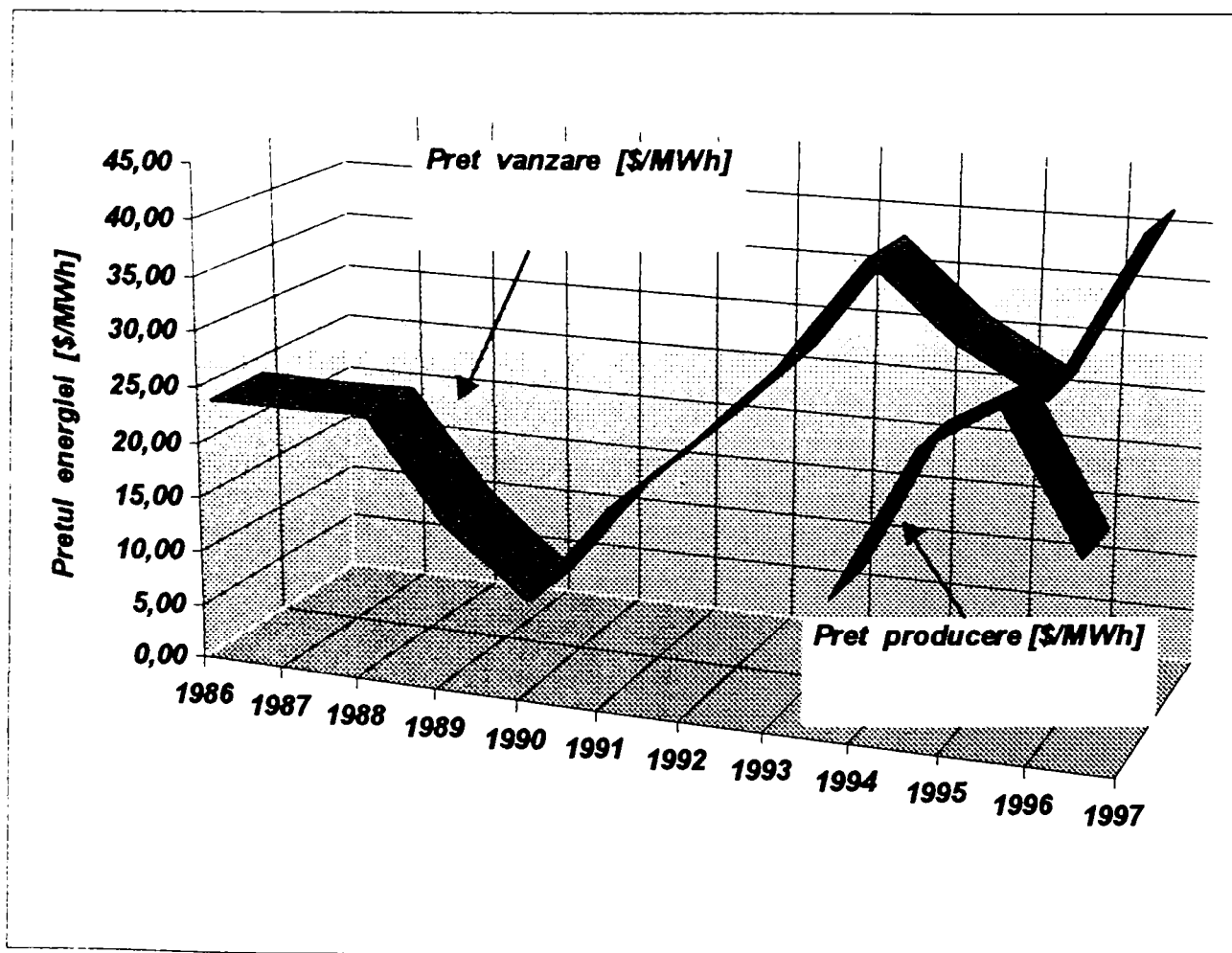


Fig. 13.13.

**PRODUCȚIA DE ENERGIE ELECTRICĂ
ÎN CHEMP TEȘILA 1 - ASPECTE ECONOMICE**

| ANUL | $E_{\text{produsă}}$ [MWh] | Cheltuieli [\$] | Preț prod [lei/MWh] | Preț prod [\$/MWh] | Preț vânzare [lei/MWh] | Preț vânzare [\$/MWh] | Venit [\$] | Curs valutar Lei/\$ |
|------|-------------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------|
| 1986 | 1404.04 | | | | 490.00 | 23.33 | 32769 | 21 |
| 1987 | 2301.60 | | | | 490.55 | 23.36 | 53764 | 21 |
| 1988 | 3620.20 | | | | 490.55 | 23.36 | 84566 | 21 |
| 1989 | 1495.60 | | | | 495.27 | 14.15 | 21164 | 35 |
| 1990 | 2612.20 | | | | 496.91 | 8.28 | 21634 | 60 |
| 1991 | 3160.60 | | | | 3125.19 | 17.36 | 54875 | 180 |
| 1992 | 2530.00 | 30676 | 5577.47 | 12.12 | 10895.98 | 23.69 | 59928 | 460 |
| 1993 | 3218.10 | 26874 | 10434.61 | 8.19 | 39280.00 | 30.83 | 101163 | 1274 |
| 1994 | 2855.00 | 50345 | 31159.37 | 17.63 | 71916.00 | 40.70 | 116197 | 1767 |
| 1995 | 3258.00 | 95267 | 75383.06 | 29.24 | 88975.00 | 34.51 | 112444 | 2578 |
| 1996 | 3492.00 | 69244 | 80011.60 | 19.83 | 122241.00 | 30.30 | 105791 | 4035 |
| 1997 | | | | | 333041.00 | 44.41 | | 7500 |
| 1998 | | | | | | | | |

Tabelul 13.14.

**EVOLUȚIA PREȚULUI DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE
ÎN CHEMP TEȘILA 1 ÎN COMPARAȚIE CU PREȚUL DE VÂNZARE**

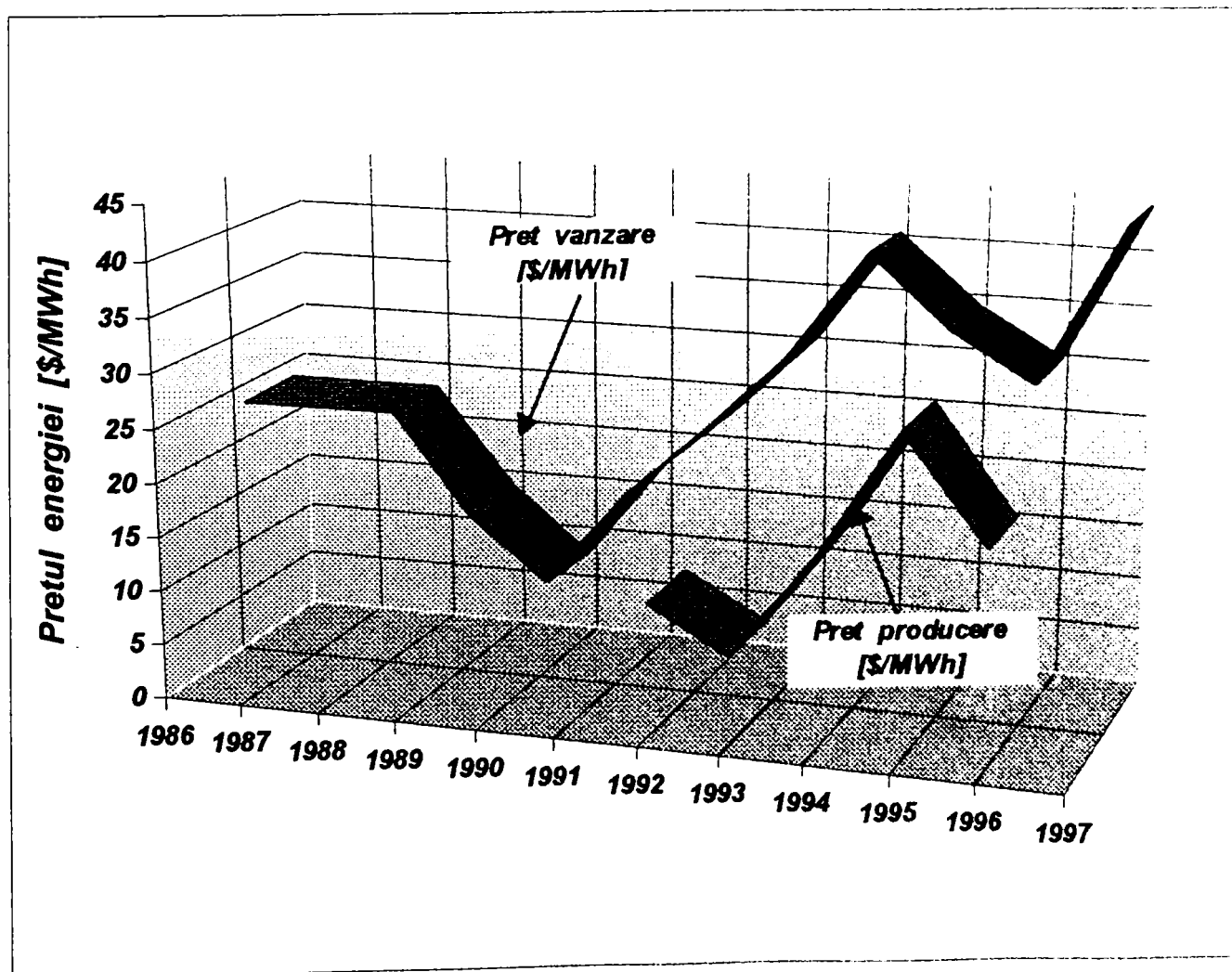


Fig. 13.14.

**PRODUCȚIA DE ENERGIE ELECTRICĂ
ÎN CHEMP CHEMP TEȘILA 2 - ASPECTE ECONOMICE**

| ANUL | $E_{produsă}$ [MWh] | Cheltuieli [\$] | Preț prod [lei/MWh] | Preț prod [\$/MWh] | Preț vânzare [lei/MWh] | Preț vânzare [\$/MWh] | Venit [\$] | Curs valutar Lei/\$ |
|------|------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------|
| 1986 | | | | | 490.00 | 23.33 | | 21 |
| 1987 | | | | | 490.55 | 23.36 | | 21 |
| 1988 | 190.8 | | | | 490.55 | 23.36 | 4457.0 | 21 |
| 1989 | 2844.7 | | | | 495.27 | 14.15 | 40254.1 | 35 |
| 1990 | 2628.6 | | | | 496.91 | 8.28 | 21769.6 | 60 |
| 1991 | 4040.2 | | | | 3125.19 | 17.36 | 70146.6 | 180 |
| 1992 | 2800.0 | 2800 | 4603.57 | 10.01 | 10895.98 | 23.69 | 66323.4 | 460 |
| 1993 | 3223.2 | 3223 | 9314.97 | 7.31 | 39280.00 | 30.83 | 99377.8 | 1274 |
| 1994 | 3137.0 | 3137 | 31175.33 | 17.64 | 71916.00 | 40.70 | 127674.3 | 1767 |
| 1995 | 4056.0 | 4056 | 66248.27 | 25.70 | 88975.00 | 34.51 | 139985.5 | 2578 |
| 1996 | 3574.0 | 3574 | 79131.90 | 19.61 | 122241.00 | 30.30 | 108274.9 | 4035 |
| 1997 | | | | | 333041.00 | 44.41 | | 7500 |
| 1998 | | | | | | | | |

Tabelul 13.15.

**EVOLUȚIA PREȚULUI DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE
ÎN CHEMP TEȘILA 2 ÎN COMPARAȚIE CU PREȚUL DE VÂNZARE**

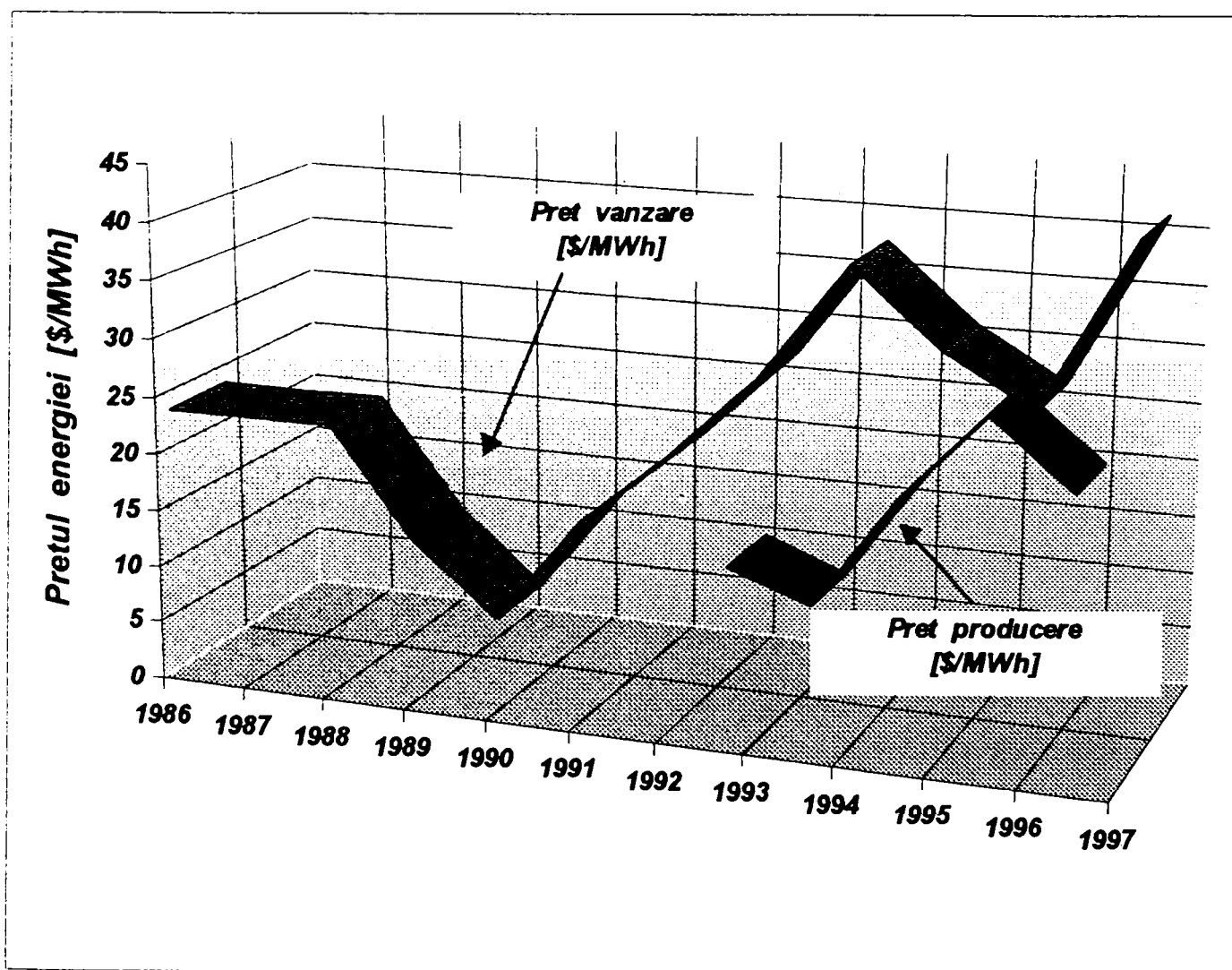


Fig. 13.15.

13.1.14. COMPARAȚIA PREȚURILOR DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE ÎN CHEMP CHEMP TRĂISTENI 1, CHEMP TEȘILA 1 ȘI CHEMP TEȘILA 2

| ANUL | Prețul de producere a energiei electrice [\$/MWh] | | |
|------|---|----------|----------|
| | TRĂISTENI 1 | TEȘILA 1 | TEȘILA 2 |
| 1992 | | 12,12 | 10,01 |
| 1993 | 6,51 | 8,19 | 7,31 |
| 1994 | 20,79 | 17,63 | 17,64 |
| 1995 | 25,35 | 29,24 | 25,70 |
| 1996 | 12,63 | 19,83 | 19,61 |

Tabelul 13.16.

EVOLUȚIA PREȚULUI DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE ÎN CHEMP TEȘILA 2 ÎN COMPARAȚIE CU PREȚUL DE VÂNZARE

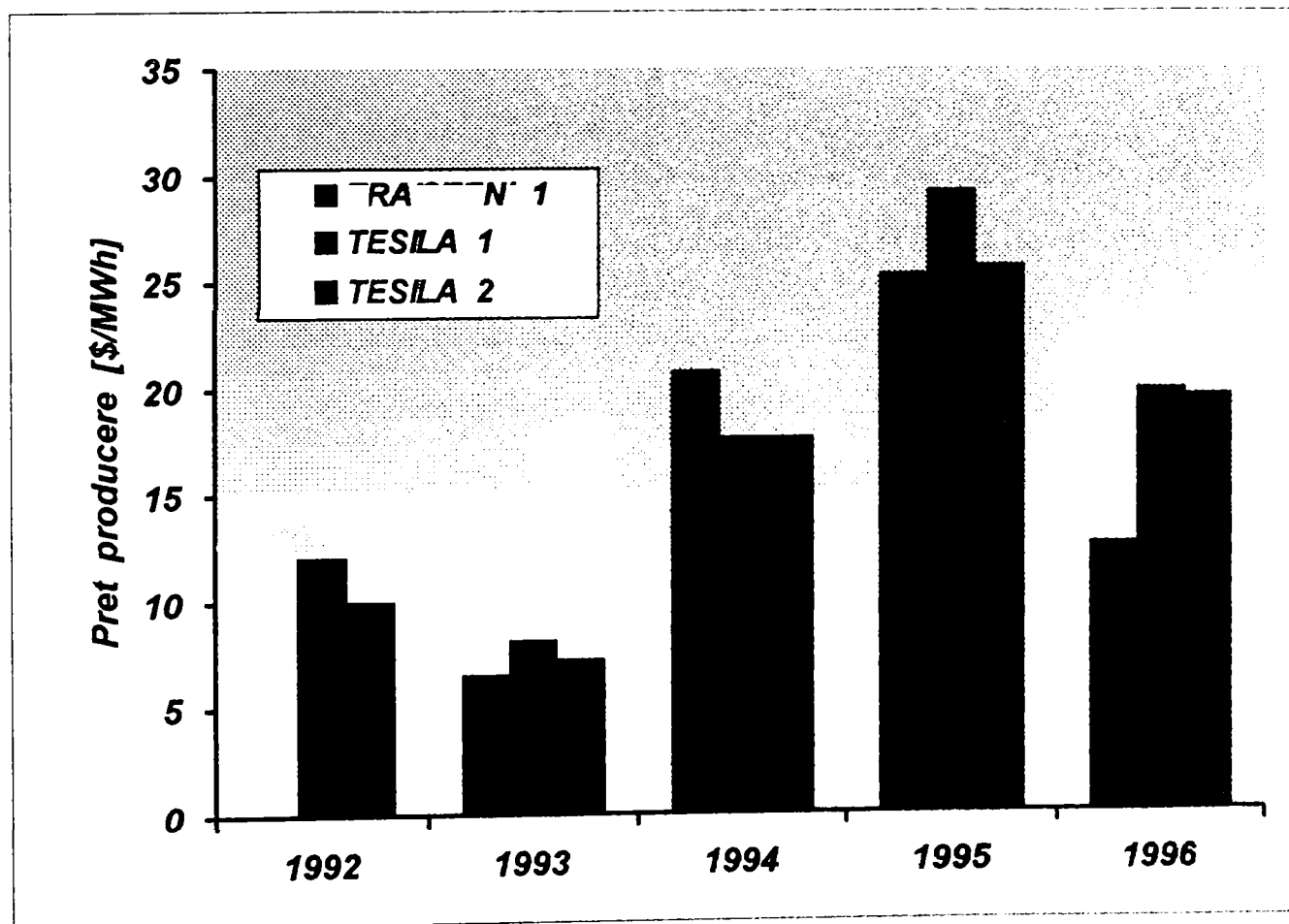


Fig. 13.16.

Datele economice prezentate în acest capitol privind cheltuielile de investiții pentru o serie de CHEMP proiectate să valorifice potențialul hidroenergetic al viiturilor de primăvară prin creșterea coeficientului de instalare au fost utilizate în analiza sistemelor de amenajare hidroenergetică din Capitolul 10.

Estimările energetice realizate în capitolul de față sunt orientative, ele reprezintă calculele preliminare de care s-a ținut seamă la momentul proiectării centralelor existente, înainte de a fi dezvoltat procedeul de estimare grafo-analitică a cărei utilitate este prezentată în detaliu în capitolul precedent.

13.2. IMPORTANȚA CENTRULUI DE PERFORMANȚĂ ÎN CONTEXTUL ACTUAL AL REFORMEI SECTORULUI ENERGETIC ÎN ROMANIA

Necesitatea unei reforme fundamentale în sectorul energiei electrice, ca parte integrantă a tranziției, a fost afirmată în timp de factori de decizie la nivel național. Au fost efectuate mai multe studii de către echipe de experți din țară și din străinătate, începând cu studiul BOSSARD EdF și până la studiul BECHTEL (faza I).

În luna mai 1995, guvernul precedent a adoptat "Strategia de restructurare și dezvoltare a sectorului energiei electrice și termice pentru perioada 1995 - 2000". Această strategie prevedea printre altele:

- *Introducerea competiției în sector;*
- *Necesitatea atragerii de capital străin;*
- *Pregătirea intrării României în Uniunea Europeană și în primul rând aderarea la UCPT;*
- *Îndeplinirea obligațiilor prevăzute în Tratatul Cartei Europene a Energiei etc.*

Reforma reală în sectorul energiei în țara noastră va trebui să conțină următorii pași importanți [1]:

- *Finalizarea externalizării din RENEL a activităților suport și dezvoltarea unei competiții reale în aceste domenii;*
- *Definitivarea legislației specifice și înființarea unei instituții de reglementare;*
- *Promovarea concurenței în producere, prin transformarea în societăți comerciale a unor centrale electrice (în primul rând a centralelor electrice de termoficare) și dezvoltarea producătorilor independenți;*
- *Restructurarea RENEL într-o companie holding cu centre de afaceri independente în toate domeniile de activitate;*
- *Transformarea acestor centre de afaceri în societăți comerciale supuse privatizării.*

Descentralizarea și concurența vor avea efecte favorabile asupra creșterii eficienței în instalațiile proprii și implicit asupra alimentării cu energie a consumatorilor.

Centrul de performanță reprezintă o unitate specifică în cadrul unei organizații economice în care se efectuează localizarea exactă a responsabilității și competențelor decizionale asupra resurselor alocate și a activităților desfășurate.

Se disting două categorii de centre de performanță:

- *Centre de profit, unde managementul este responsabil pentru costuri și venituri;*
- *Centre de cost, unde managementul răspunde pentru costurile pe care le are sub control.*

Sistemul de conducere prin bugete este sistemul de conducere adecvat centrului de performanță și constă, în esență, în fundamentarea costurilor aferente realizării unui obiectiv și urmărirea sistematică a încadrării cheltuielilor efective în nivelul programat al costurilor [1].

Bugetul, în accepțiunea acestui sistem de conducere, reprezintă un plan stabilit pentru o anumită perioadă, exprimat în termeni financiari, care precizează resursele alocate și responsabilitățile în legătură cu realizarea unui obiectiv în perioada respectivă.

Etapele aplicării sistemului de conducere prin bugete sunt:

- 1. Structurarea sistemului bugetar în raport cu structura organizatorică, respectiv cu nivelurile ierarhice de conducere și cu centrele de responsabilitate.*
- 2. Dimensionarea indicatorilor bugetari ai obiectivelor pornind de la ansamblul organizației și divizarea succesivă pe niveluri ierarhice descrescătoare.*
- 3. Controlul bugetar, care include:*
 - întocmirea bugetelor intermediare, pe baza prevederilor bugetului anual și a analizei realizărilor intermediare;*
 - analiza realizărilor intermediare concentrată asupra naturii, dimensiunii și localizării abaterilor reflectate de bugetele intermediare, în raport cu cele stabilite inițial;*
 - măsuri corective.*

În elaborarea modelului centrului de performanță s-au avut în vedere următoarele principii:

- Filiala de Transport și Distribuție este centrul de performanță, iar subunitatea este centrul de cost;*
- Modelul permite diferențierea cheltuielilor și veniturilor pe următoarele sectoare de bază definite la nivel de filială:
 Producere - P
 Transport - T
 *Distribuție - D.**
- Modelul trebuie să fie dinamic, să permită dezvoltarea prin prevederea posibilității de a determina cheltuielile și veniturile la nivel de centre și compartimente funcționale, iar subunitățile să devină centre de profit;*
- Este un proces de optimizare iterativă;*
- Indicatorii tehnici luați în considerare în stabilirea criteriului de performanță în această etapă, vor fi cuantificați în indicatori economici;*
- Urmărirea cheltuielilor se efectuează până la un nivel ierarhic considerat optim din punct de vedere al relevanței;*
- Se are în vedere informatizarea acestei aplicații;*
- Pentru fiecare etapă de implementare a modelului se vor stabili indicatorii tehnico-economici specifici ce se vor urmări la nivelul subunităților;*
- Urmărirea indicatorilor se va face lunar și cumulativ;*
- În elaborarea modelului centrului de performanță se vor folosi pe cât posibil codificările actuale pentru subunități, activități și instalații.*

Principiul potrivit căruia modelul centrului de performanță descris anterior trebuie să fie dinamic, să permită dezvoltarea prin prevederea posibilității de a determina cheltuielile și veniturile la nivel de centre și compartimente funcționale, iar subunitățile să devină centre de profit, este regăsit în obiectivul metodei grafo-analitice de evaluare a producției de energie electrică în CHEMP.

Această metodă, permite estimarea nivelului energetic al unei CHEMP și apoi al unei zone a bazinului hidrografic, în cazul de față a zonei de formare a acestuia. Nivelul energetic determinat este transformat în echivalent financiar, dacă se ia în considerare prețul de vânzare al energiei produse.

CAPITOLUL 14

CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

14.1. CONCLUZII FINALE

Teza de doctorat a abordat problema valorificării potențialului hidroenergetic secundar în zona de formare a rețelelor hidrografice, analizând în particular posibilitatea funcționării corelate a unor centrale hidroelectrice de mică putere situate în bazinul hidrografic al râului Doftana, amonte de acumularea CHE Paltinu.

Studiile și cercetările tehnice efectuate de către autor s-au materializat într-un important volum de informații și date cu valoare științifică și aplicabilitate practică directă, a căror sinteză este prezentată în continuare.

1. Studiul bibliografic privind tendințele actuale în evoluția centralelor hidroelectrice de mică putere racordate la sistemul energetic național a scos în evidență următoarele aspecte:

1.1. Criza energetică și creșterea neîncetată a prețului petrolului au determinat creșterea interesului pentru toate resursele energetice disponibile la nivel mondial. În toate țările care dispun de resurse hidraulice utilizabile există preocupări pentru dezvoltarea amenajărilor hidroenergetice mari și de mică putere. Țările industriale recurg din nou la instalarea a astfel de centrale, după reconsiderarea concepțiilor de reabilitare, care au limitat valorificarea energiei hidraulice în favoarea centralelor pe hidrocarburi în ultimele decenii.

MCH sunt considerate în momentul de față, pentru țările dispunând de resurse hidraulice dispersate, ca un mod de producere a energiei foarte competitiv. Cifrele reprezentând comparația între costul kWh produs în MCH și alte tipuri de centrale argumentează această idee.

1.2. În România, interesul pentru valorificarea potențialului hidroenergetic secundar a crescut începând cu anii 1980 când au început să fie proiectate și realizate CHEMP și MHC. Multe dintre acestea, realizate după normativul cadru republican PE 306, se găsesc în exploatarea sucursalelor Electrica SA, așa cum este prezentat în tabelul statistic (Cap. 5.1.). Puterea instalată în CHEMP și MHC reprezintă peste 1% din totalul puterii instalate în SEN.

O serie de programe și proiecte prezentate în Cap. 5 constituie o tendință certă și preocupările în evoluția centralelor hidroelectrice de mică putere în România. Realizarea lor este condiționată de posibilitățile de finanțare și depinde de activitatea managerială a unor specialiști, care să promoveze aceste obiective în locuri și amplasamente adecvate, cu respectarea condițiilor ecologice și reducerea impactului cu mediul înconjurător.

Diversificarea tipurilor de turbine hidraulice cu caracteristici energetice și cavitaționale superioare este o condiție pentru valorificarea eficientă a potențialului microhidroenergetic în țara noastră.

Va fi de mare ajutor sprijinul financiar acordat de guvern, în special în următorii ani, pentru construcția de MCH pilot, care să reflecte calitățile acestora, făcându-le astfel cât mai atractive pentru publicul larg, precum și pentru posibili agenți economici investitori.

2. Prin studiul potențialului hidroenergetic al cursurilor de apă s-a urmărit evaluarea cantitativă a resurselor energetice, repartizarea geografică a acestora, posibilitățile tehnice și economice de realizare a amenajărilor hidroenergetice.

2.1. În problematica evaluării potențialului hidroenergetic al cursurilor de apă, abordată în partea a doua a lucrării, se remarcă identificarea mai multor sectoare prin evaluarea potențialului de scurgere. În fiecare din aceste sectoare este valabilă o anumită variație a precipitațiilor și a coeficienților de scurgere cu altitudinea medie.

Este definit un prim criteriu de sectorizare a bazinelor hidrografice pornind de la variația potențialului hidroenergetic.

Din punct de vedere al metodologiei de regionare, se constată că prin reducerea suprafeței bazinului sporește omogenitatea componentelor sale definitorii, ceea ce sugerează utilizarea pentru regionare a bazinelor hidrografice mici.

Valorificarea potențialului energetic al României este departe de a fi finalizată. Amenajarea energetică a râurilor țării a urmărit permanent valorificarea complexă a apelor, asigurând, pe lângă producția de energie electrică și cerințele altor folosințe ca alimentările cu apă potabilă și industrială, irigațiile, atenuarea viiturilor.

2.2. Un al doilea criteriu de sectorizare a bazinelor hidrografice evidențiază rolul coeficientului de instalare al CHE și CHEMP - MHC în această clasificare. Este semnalată existența în România a unui potențial hidroenergetic nevalorificat, demn de luat în considerare, situat în amonte de lacuri de acumulare cu volum important. Aceasta sugerează sectorizarea unui bazin hidrografic în două zone:

- prima asociată unei centrale hidroelectrice de acumulare (CHEA), eventual prelungită în aval cu o cascadă de CHE mai mici, beneficiind de un debit compensat;**
- a doua – în amonte de lacurile de acumulare, în zona de formare a rețelei.**

Exploatarea energetică a acestor două zone ia în considerare nu numai CHE mici sau micro, de interes local ci mai ales un ansamblu de CHE care să funcționeze coordonat, intensiv în perioada apelor mari de primăvară.

Coeficienții de instalare aferenți acestor CHE a căror funcționare va fi coordonată, vor fi mai mari decât ai celor de interes local și factorul de producție ε al ansamblului menționat va trebui rezonabil sporit, atât în privința factorului de disponibilitate ε' , cât și randamentul ansamblului.

Economicitatea soluțiilor se stabilește în urma unor calcule economice, așa cum rezultă din exemplul ales pentru o CHEMP care s-ar putea amenaja în vederea funcționării prin preluarea și compensarea debitului natural al râului Prahova în sectorul Posada – Breaza.

2.3. Ca argument al ideii prin care se acceptă valori mai mari decât cele utilizate în mod obișnuit pentru coeficientul de instalare k_i al CHEMP și MHC, sunt prezentate valorile debitelor medii zilnice ale râurilor Prahova și Doftana în lunile de primăvară, când debitele afluate sunt mai mari.

Deși intervalul de măsură este restrâns, se poate accepta că adoptarea unor coeficienți de instalare $k_i > 2$ este posibilă și prezintă interes în investigații pentru valorificarea eficientă a potențialului hidroenergetic secundar.

Variațiile de debit ale cursurilor de apă Prahova și Doftana pentru fiecare lună cu debite afluate importante provenite din topirea zăpezii și din ploi sunt evidențiate în hidrografurile pentru întreaga perioadă de analiză (februarie - iunie).

Se poate observa că valorile medii ale debitelor în secțiunile Trăisteni și Sinaia depășesc valorile debitelor instalate în centralele situate în vecinătate, ceea ce justifică luarea în considerare a aportului energetic determinat de creșterea coeficientului de instalare.

Datele hidrologice pentru cursurile de apă din bazinele hidrografice ale râurilor Prahova și Doftana pentru amenajări de microhidrocentrale argumentează posibilitatea creșterii coeficientului de instalare ai centralelor hidroelectrice cu funcționare coordonată local, favorizând astfel producția de energie electrică în sezonul în care în aval se aplică strategia umplerii lacurilor de acumulare.

Procedeele de sectorizare (regionare) a bazinelor hidrografice reprezintă încă o temă de cercetare, uneori un scop didactic și poate constitui elementul de pornire a altor investigații în domeniu.

3. Unul dintre obiectivele majore pe care îl rezolvă teza de doctorat îl constituie elaborarea unui model de evaluare energetică, pornind de la principalii parametri ai puterii și capacității de producție: debitul, căderea, factorii de producție, caracteristicile de exploatare ale agregatelor.

3.1. Modelul ia în considerare subsistemul format dintr-o centrală hidroelectrică cu acumulare și n centrale hidroelectrice de mică putere situate în amonte de acumulare, pe cursul principal al râului și pe afluenții acestuia.

Analiza comparativă a celor patru sisteme de amenajare descrise în paragraful 10.4 argumentează interesul pentru valorificarea superioară a potențialului hidroenergetic în zona de formare a rețelei hidrografice prin creșterea coeficientului de instalare al CHEMP realizate în această zonă și obținerea unui echivalent energetic total ce justifică în anumite situații cheltuielile de investiții suplimentare. Analiza este realizată pe baza modelului matematic definit în capitolul 10 justifică raționalitatea sistemului clasic la care se adaugă contribuția CHEMP existente având mărită puterea instalată P_i la limită economic. Aceste centrale sunt prevăzute să funcționeze la debitele mari de primăvară. Decizia de alegere a variantei optime este un proces de decizie multicriterial.

Programul rezultat din studiul subansamblului constituit din amenajarea Paltinu și centralele din amonte constituie un program util în dispecerizarea energiei hidraulice, care se poate aplica în cazul oricărei CHEA care are în amonte o rețea hidrografică în formare.

3.2. Domeniul hidroenergetic este indicat pentru investigarea datelor caracteristice utilizând calculul programat, apelând unele distribuții teoretice, ca urmare a facilităților pe care le oferă.

Este prezentată utilitatea aplicării distribuției teoretice Weibull, insistând asupra variantei triparametrice a acesteia. Relațiile analitice pe care le oferă permit includerea ei în programele de investigare a potențialelor energetice respectiv a condițiilor tehnice și economice de valorificare ale acestora. Studiul efectuat, este bazat pe date lustrative rezultate din măsurătorile de debit efectuate în perioada 1959-1997 în secțiunea Teșila pe râul Doftana, valorificate prin utilizarea variantei triparametrice a distribuției Weibull, care își dovedește utilitatea aplicării în evaluarea potențialului hidroenergetic.

3.3. Detalierea mediilor lunare pentru o perioadă lungă pentru care se cunosc datele hidrologice oferă aspecte privind evoluția viiturilor de primăvară și a intensității hidrologice a anilor caracterizați de coeficienții moduli.

Valorile medii ale debitelor rezultate din datele empirice pe seama viiturilor de primăvară sunt foarte apropiate de valorile obținute prin calcul utilizând distribuția Weibull. Deasemenea, curba de asigurare calculată cu Weibull se înscrie cu o aproximare acceptabilă printre punctele care reprezintă valorile empirice ale asigurării debitelor.

Procedeul Weibull aplicat atât pentru centrala existentă cât și pentru centrala proiectată ia în considerare întâi datele hidrologice pentru întreaga perioadă de analiza a celor 39 ani (aplicația WEI39.XLS), apoi selectiv perioada viiturilor de primăvară (aplicația WEIPRI.XLS). Procedeul este utilizat cu bune rezultate în evaluarea potențialului hidroenergetic, evidențiindu-se aportul determinat de instalarea unui grup suplimentar.

3.4. Metoda de calcul tabelar a parametrilor funcției de distribuție, evidențiată în aplicația PARW1.XLS, permite prin utilizarea relațiilor analitice evaluarea potențialului hidroenergetic de care dispune un sector al unei rețele hidrografice. Alte detalii de interes tehnic și economic pot fi ulterior obținute.

Analiza permite, prin utilizarea relațiilor analitice, nu numai evaluarea potențialului hidroenergetic aferent unui sector anume dintr-o rețea hidrografică, ci și detalii de interes tehnic și economic. În cazul CHE pe firul apei, care sunt cele mai răspândite și la care pentru o soluție constructivă a amenajării căderea brută H este o funcție determinabilă a debitului afluent, puterea disponibilă brută cea mai frecventă, de interes major la determinarea caracteristicilor de exploatare a viitoarei centrale, poate fi analizată în detaliu în diferite variante de echipare.

3.5. Aspectele economice au o mare importanță în realizarea unei amenajări hidroenergetice. Turbina hidraulică influențează luarea deciziilor tehnico-economice corespunzătoare. Progresele științifice și tehnice înregistrate în domeniul mecanicii fluidelor și mașinilor hidraulice contribuie în mod cert la progresul economic. Cercetarea științifică, invenția și inovația în domeniul tehnic [3] au un rol hotărâtor în această interferență tehnico-economică.

Studiul efectuat în Capitolul 12 asupra caracteristicilor turbinei tipizate FO 230/720 permite stabilirea optimului probabil în diagramele de exploatare atât pentru o centrală existentă, CHEMA TEȘILA 2, cât și pentru centrala nou proiectată CHEMA KD1, situată în vecinătate.

Utilizând diagrama de exploatare oferită de firma constructoare a hidroagregatelor, CCSITEHR, este delimitat domeniul de funcționare al turbinei și poziționat optimul de funcționare probabil pentru centrala existentă și pentru cea proiectată (aplicațiile EXPLCHT2.XLS și EXPLCHKD1.XLS). Este justificată instalarea celui de al treilea grup prin aportul energetic evaluat.

Graficele de asigurare, curbele de frecvență și curbele de randament pentru o formație de două și respectiv trei grupuri identice instalate în fiecare din aceste centrale permit aplicarea metodei grafo-analitice pentru calculul energiei disponibile în amenajare. Procedeul a fost aplicat atât pentru întreaga perioadă de analiză, cât și pentru evidențierea viiturilor de primăvară.

Extinderea CHEMA TEȘILA 2 devine semnificativă ca aport energetic rezultat în urma creșterii coeficientului de instalare, constituind un argument pentru oportunitatea operării de extinderi ale capacității centralelor existente. Este relevantă construcția de noi capacități de producție în baza modelului prezentat în paragraful 10.2 reprezentând sistemul clasic de amenajare la care se adaugă MCHE I (actuale) precum și alte MCHE – CII propuse cu Q , de valoare mare dintre care este analizat aparte cazul CHEMA KD 1.

Analiza este extinsă pentru o serie de CHEMA care ar putea fi realizate în vecinătatea celor existente, pentru valorificarea scurgerii în perioada viiturilor de primăvară.

3.6. Măsurătorile energetice efectuate în CHEMA pun la dispoziția personalului de exploatare o serie de informații și date utile în luarea deciziilor privind alegerea regimurilor de funcționare a microhidroagregatelor.

Cunoașterea debitului turbinat prin simpla citire a mirei hidrometrice permite gestionarea eficientă a stocului de apă disponibil, corelat cu curbele de consum pentru grupurile din centrală.

Caracteristicile de randament permit stabilirea unei plaje de valori pentru deschiderile aparatului director și implicit pentru puterile microhidroagregatelor, acceptate tehnic și chiar economic, pentru care operatorul din centrală poate opta, alegând regimul de funcționare corespunzător debitului afluent.

Parametrii de consum determinați prin interpolare pentru cele două turbine din CHEMP TEȘILA 2 sunt utilizați ca date de intrare pentru programele de calcul al energiei produse și ai parametrilor de funcționare, prezentate în finalul Capitolului 11 (PFWEST1.XLS, PFWEST2A.XLS, PFWEST2B.XLS).

3.7. Studiile teoretice efectuate de către autor au condus la stabilirea metodologiei de estimare a producției de energie lunară în CHEMP, considerată necesară pentru calculul rentabilității exploatării centralelor în perioada următoare lunii în curs.

Metoda se bazează pe datele hidrologice furnizate în INMH București privind debitele măsurate și prognozate în secțiuni aflate amonte de captările centralelor. Se utilizează deasemenea rezultatele măsurătorilor prezentate în Capitolul 11, privind parametrii de funcționare ai grupurilor (curbele de consum, curbele de randament, ș.a.)

Etapele de calcul sunt următoarele:

- se calculează volumul de apă disponibil lunar, în funcție de debitul captat (care este $Q_c = Q_{af} - Q_{servitute}$);**
- se aleg parametrii de funcționare (P,Q) din curba de consum;**
- se calculează durata de funcționare a grupului (grupurilor) în luna respectivă t_r ;**
- se calculează energia produsă în regimul presupus (P,Q, t_r).**

La sfârșitul lunii se pot introduce elementele de corecție care au determinat modificarea duratei de funcționare (timpul de retragere din exploatare, timpul de oprire preventive etc.).

Se calculează valoarea corectată a energiei prognozate.

Pentru prezentarea metodei de evaluare a energiei produse lunar în funcție de prognoza hidrologică lunară în zona de captare, s-a ales cazul real al centralelor din bazinul râului Doftana, pentru care sunt analizate două situații, după cum debitul captat este mai mic sau mai mare decât debitul turbinat maxim de un grup.

3.8. Cercetările experimentale efectuate pentru estimarea lunară, semestrială, anuală a producției de energie în CHEMP permit gestionarea eficientă a stocului de apă disponibil, dar mai ales oferă o imagine a modului în care cheltuielile pot fi dirijate, astfel încât activitatea de producere a energiei în amenajarea respectivă să fie profitabilă.

Cunoscând, cu o eroare acceptată, care este valoarea producției de energie în perioada prognozată, se pot lua decizii corecte privind efectuarea unor cheltuieli în amenajare. Se poate ști cât anume se poate cheltui, astfel încât la bilanțul anual să se înregistreze un profit.

3.9. Metodologia propusă, privind estimarea producției de energiei produse în centrale hidroelectrice de mică putere pomind de la prognoza debitului afluent, a fost aplicată cu succes pentru CHEMP din modelul ales - bazinul hidrografic al râului Doftana și pentru CHEMP din bazinul râului Prahova. Ea a avut, totuși un caracter de tatonare, ca și măsurătorile efectuate, nesituate sub acoperirea unor

garanții. De aceea s-a impus necesitatea utilizării diagramelor turbinelor tip, care au stat la baza elaborării metodei grafo-analitice de evaluare a potențialului energetic. Exemplele de calcul care însoțesc prezentarea acestei metode susțin ideea de valorificare superioară a potențialului hidroenergetic prin mărirea coeficientului de instalare în CHEMP situate în zona de formare a bazinelor hidrografice, în special în perioada viiturilor de primăvară.

3.10. Toate elementele, rezultate din cercetările experimentale efectuate de către autor, fie prin măsurători directe asupra unor mărimi hidraulice, electrice, mecanice, fie din calcule, contribuie la evaluarea performanțelor reale ale grupurilor și permit apoi îmbunătățirea acestora.

3.11. Într-o analiză comparativă care ia în considerare 5 variante de echipare sunt prezentate calculele pe baza cărora s-a determinat coeficientul de instalare k_i într-o centrală care valorifică potențialul râului Doftana: CHEMP TRĂISTENI 1. Pentru fiecare variantă sunt prezentate: calculul producției de energie pe baza volumului de apă uzinat conform curbelor de durată, cheltuielile de investiții în CHEMP [€] și cheltuielile anuale în CHEMP [€]. Din calculele energetice și economice efectuate pentru fiecare variantă rezultă că profitul anual are două maxime de valori apropiate, pentru variantele 2 FO 190 / 720 (actuală) și 2 FO 190 / 720 + FO 125 / 640.

Investiția specifică [€/kW instalat] este însă mai mică în varianta 2 FO 190 / 720 + FO 125 / 640. Această variantă este remarcabilă și din punct de vedere tehnic și de exploatare din următoarele considerații:

- a) utilizare rațională a stocului anual de apă disponibil printr-o mai bună urmărire a debitului natural affluent și reducerea numărului de cicluri de pornire, oprire;
- b) timp de funcționare mai mare pentru un hidroagregat;
- c) plaja de reglaj sezonier al debitelor turbinate este extinsă și se realizează cu randamente bune;
- d) randament general al amenajării mai bun;
- e) valorificarea debitelor mari în perioada viiturilor de primăvară ($Q_{max.tb} = 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$).

Prin urmare elasticitatea și durata regimului de funcționare asigurat de echipa centralei cu 2 FO 190 / 720 + FO 125 / 640 justifică alegerea acestei variante și deci a unui coeficient de instalare $k_i = 3.125$.

În urma investigațiilor efectuate în cazul CHEMP TRĂISTENI 1, s-a ajuns la concluzia că se poate mări valoarea puterii instalate, corespunzător creșterii coeficientului de instalare de la valoarea $k_{i,s} = 2.5$ la valoarea $k_{i,p} = 3.125$.

3.12. Aplicarea metodei grafo-analitice de estimare energetică arată că și pentru celelalte CHEMP din modelul de studiu, coeficienții de instalare pot fi aduși la valorile propuse $k_{i,p}$, prezentate în Cap. 13.1.11, permițând astfel valorificarea superioară a debitelor de viitură.

Creșterea k_i la valori situate în plaja $2,5 < k_i < 3$ poate determina, în cazuri justificate atât economic cât și tehnic, creșterea eficienței valorificării debitelor afluențe, în special în perioada apelor mari de primăvară, așa cum demonstrează studiul de caz prezentat în lucrare.

13.2. CONTRIBUȚII PERSONALE

În cuprinsul tezei sunt prezentate și contribuțiile personale cu caracter teoretic și practic. În cele ce urmează sunt evidențiate cele mai semnificative:

- ✓ *Studiul bibliografic privind hidroelectricitatea de mică putere, microcentralele hidroelectrice în lume și în România, principiile de funcționare, schemele de amenajare;*
- ✓ *Analiza situației actuale și de viitor a amenajărilor de mică putere în România, incluzând programe și proiecte privind dezvoltarea centralelor hidroelectrice de mică putere la noi în țară;*
- ✓ *Studiul privind hidraulicitatea râurilor Prahova și Doftana în perioada apelor mari de primăvară;*
- ✓ *Definirea modelului de evaluare energetică completat cu studiul de caz: Aplicație în bazinul Valea Doftanei;*
- ✓ *Definirea modelului matematic al subsistemului hidroenergetic completat cu criteriile de eficiență tehnico-economică.*
- ✓ *Aplicarea metodelor de decizii multicriteriale pentru alegerea variantei optime a sistemului de amenajare hidroenergetică.*
- ✓ *Investigarea prin calcul programat a surselor hidroenergetice de mică putere cu aplicație în bazinul hidrografic Valea Doftanei. Utilizarea distribuției teoretice Weibull în calculele energetice de evaluare a potențialului hidroenergetic al unui sector aparținând rețelei hidrografice a râului Doftana;*
- ✓ *Cercetări privind caracteristicile turbinei tipizate FO 230/720 și stabilirea optimului probabil în diagramele de exploatare atât pentru o centrală existentă, cât și pentru o centrală nou proiectată;*
- ✓ *Program de măsurători la turbinele hidraulice din CHEMA TEȘILA 2 pentru determinarea caracteristicilor energetice;*
- ✓ *Măsurători de debit la CHEMA TEȘILA 2 și alte CHEMA din bazinul Valea Doftanei;*
- ✓ *Măsurători ale parametrilor electrici curent, putere activă în dulapurile de automatizare ale CHEMA TEȘILA 2;*
- ✓ *Analiza randamentelor microhidroegregatelor din CHEMA TEȘILA 2;*
- ✓ *Stabilirea unei metode de calcul a coeficientului de instalare în CHEMA pe baza analizei tehnico-economice comparative;*
- ✓ *Analiza prețurilor de producere a energiei electrice în CHEMA din bazinul hidrografic al râului Doftana;*
- ✓ *Metodologia de calcul al producției de energie lunară în CHEMA în funcție de debitul afluent prognozat – valoare medie lunară.*

Alte contribuții personale ale autorului în strânsă legătură cu tema lucrării sunt:

- ✓ *Prezentarea la HydroVision '98 Conference – Reno, Nevada, USA a lucrărilor cu titlurile:*

1. The Role of the Installation Coefficient for the Economical Operation of Small Hydropower Plants

2. Environmental Impact of Small Hydropower Plants in Romania

- ✓ **Desfășurarea programului de cercetare cu tema "Load Management & Customer Load Profiles" la Kingston University, London, United Kingdom, în perioada septembrie 1998 – decembrie 2000.**

13.3. PROGRAME ȘI APLICAȚII DE CALCUL

În cuprinsul tezei am apelat la următoarele programe și aplicații proprii de calcul utilizând EXCEL:

- 1. PARW1.XLS – program de calcul al parametrilor distribuției Weibull;**
- 2. PFWEST1.XLS – program de calcul al parametrilor de funcționare pentru o centrală cu două grupuri și de calcul al energiei estimate pe baza debitului prognozat (valoare medie lunară), pentru cazul în care debitul captat este mai mic decât debitul maxim turbinat de un grup;**
- 3. PFWEST2A.XLS – program de calcul al parametrilor de funcționare pentru o centrală cu două grupuri și de calcul al energiei estimate pe baza debitului prognozat (valoare medie lunară), pentru cazul în care debitul captat este mai mare decât debitul maxim turbinat de un grup (funcționare continuă cu un grup și intermitentă cu cel de al doilea grup);**
- 4. PFWEST2B.XLS – program de calcul al parametrilor de funcționare pentru o centrală cu două grupuri și de calcul al energiei estimate pe baza debitului prognozat (valoare medie lunară), pentru cazul în care debitul captat este mai mare decât debitul maxim turbinat de un grup (funcționare intermitentă cu ambele grupuri);**
- 5. QFAPCA.XLS - program de calcul și selecție a valorilor particulare ale debitelor medii lunare, de calcul a frecvențelor absolute, probabilităților cumulate și asigurărilor;**
- 6. CLIM.XLS – aplicație de determinare a cheii limnimetrice aval CHEMP prin aproximare polinomială;**
- 7. CCONS.XLS – aplicație de calcul și reprezentare grafică a curbelor de consum ale grupurilor în CHEMP;**
- 8. CQ.XLS - aplicație de calcul și reprezentare grafică a curbelor de debit ale grupurilor în CHEMP;**
- 9. CPW.XLS - aplicație de calcul și reprezentare grafică a curbelor de putere ale grupurilor pentru o CHEMP cu două grupuri;**
- 10. CAD.XLS - aplicație de calcul și reprezentare grafică a caracteristicilor de cădere ale grupurilor în CHEMP;**
- 11. RAND.XLS - aplicație de calcul și reprezentare grafică a randamentelor grupurilor în funcție de putere în CHEMP;**
- 12. CIQ.XLS - aplicație de calcul și reprezentare grafică a curbei integrale de afluență în acumularea Paltinu pentru anul 1997;**

13. **HQREY.XLS și HQREYKD1 - Calculul variației căderii turbinei funcție de debit;**
14. **WEI39.XLS - aplicație de calcul și reprezentare grafică a asigurării, a curbei de frecvență utilizând procedeul Weibull pentru întreaga perioadă de analiză a celor 39 ani; Metoda grafo-analitică de evaluare energetică pentru o centrală funcționând cu 2 și 3 grupuri;**
15. **WEIPRI.XLS - aplicație de calcul și reprezentare grafică a asigurării, a curbei de frecvență utilizând procedeul Weibull selectiv pentru perioada viiturilor de primăvară; Metoda grafo-analitică de evaluare energetică pentru o centrală funcționând cu 2 și 3 grupuri;**
16. **EXPLCHT2.XLS - aplicație de calcul și reprezentare grafică a caracteristicilor de exploatare pentru CHEMP TEȘILA 2 în funcționare cu 2 și 3 grupuri;**
17. **EXPLCHKD1.XLS- aplicație de calcul și reprezentare grafică a caracteristicilor de exploatare pentru CHEMP KD 1 în funcționare cu 2 și 3 grupuri;**
18. **CHELTINV.XLS - program de calcul economic al cheltuielilor de investiții în diverse variante de echipare pentru o CHEMP.**
19. **CHELTAN.XLS - program de calcul economic al cheltuielilor anuale în diverse variante de echipare pentru o CHEMP.**

13.4. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

Cercetările efectuate, concretizate în obținerea unor importante concluzii teoretice și practice, prezentate succint mai sus, evidențiază domenii interesante de cercetare în viitor, cercetări care pot contribui și conduce la soluții noi privind valorificarea potențialului hidroenergetic secundar. Cele mai semnificative sunt:

- ✓ **Generalizarea programelor de calcul al parametrilor de funcționare și a energiei estimate pentru o centrală cu n grupuri identice (și/sau diferite).**
- ✓ **Cercetări în sfera hidroenergeticii, privind extinderea aplicațiilor de calcul în sensul adecvării unor distribuții teoretice, determinarea unor relații analitice, aplicarea și confruntarea rezultatelor teoretice cu cele empirice.**
- ✓ **Cercetări pentru stabilirea zonei optime de instalare a unor CHEMP cu coeficient de instalare mare, destinate valorificării scurgerii în perioada debitelor rezultate din ploi și topirea zăpezilor.**
- ✓ **Cercetări privind aportul energetic al valorificării apelor de primăvară pe o arie mai extinsă, eventual în toată țara;**
- ✓ **Cercetări privind managementul sarcinii hidraulice și în final al sarcinii electrice, prin considerarea unor amenajări microhidroenergetice echipate cu hidroagregate reversibile, care să permită, în condițiile proiectării unor tarife adecvate ale energiei electrice, contribuția la aplatizarea curbei de sarcină.**
- ✓ **Studiu comparativ al managementului sarcinii electrice și al sarcinii hidraulice ca debit afluent și respectiv volum de apă stocat în acumulare.**
- ✓ **Cercetări pentru determinarea funcționării pe criterii de optimizare a unui ansamblu de centrale hidroelectrice de mică putere și o CHE, eventual CHEAP.**

ANEXE

Calculul parametrilor distribuției Weibull - raul Doftana

| Nr. crt. | Frecv. abs. | Prob. Cumul. | Asig. pi | 1/pi | ln(1/pi) | ln ² (1/pi) | Intruduceti a | Suma ln ² in(1/pi) | Suma ln ln(1/pi) |
|----------|-------------|--------------|------------|----------|-----------|------------------------|---------------|-------------------------------|------------------|
| 1 | 6 | 0,9872 | 1,012987 | 0,012903 | -4,350264 | 18,924797 | 0,791000 | 18,924797 | -4,350264 |
| 2 | 41 | 0,8996 | 1,111639 | 0,105835 | -2,245870 | 5,043930 | | 23,968728 | -6,596134 |
| 3 | 48 | 0,7970 | 1,254692 | 0,226890 | -1,483291 | 2,200151 | | 26,168879 | -8,079424 |
| 4 | 144 | 0,6923 | 1,444444 | 0,367725 | -1,000421 | 1,000841 | | 27,169720 | -9,079845 |
| 5 | 193 | 0,5876 | 1,701818 | 0,531697 | -0,631681 | 0,399021 | | 27,568741 | -9,711526 |
| 6 | 237 | 0,4936 | 2,025974 | 0,706051 | -0,348068 | 0,121152 | | 27,689892 | -10,059594 |
| 7 | 33 | 0,4231 | 2,363636 | 0,860201 | -0,150589 | 0,022677 | | 27,712569 | -10,210183 |
| 8 | 26 | 0,3675 | 2,720930 | 1,000974 | 0,000973 | 0,000001 | | 27,712570 | -10,209210 |
| 9 | 23 | 0,3184 | 3,140940 | 1,144522 | 0,134987 | 0,018222 | | 27,730792 | -10,074223 |
| 10 | 16 | 0,2842 | 3,518797 | 1,258119 | 0,229618 | 0,052724 | | 27,783516 | -9,844605 |
| 11 | 20 | 0,2415 | 4,141593 | 1,421080 | 0,351417 | 0,123494 | | 27,907010 | -9,493187 |
| 12 | 10 | 0,2201 | 4,543689 | 1,513739 | 0,414583 | 0,171879 | | 28,078889 | -9,078604 |
| 13 | 13 | 0,1923 | 5,200000 | 1,648659 | 0,499962 | 0,249962 | | 28,328851 | -8,578642 |
| 14 | 9 | 0,1731 | 5,777778 | 1,754019 | 0,561910 | 0,315743 | | 28,644594 | -8,016733 |
| 15 | 9 | 0,1538 | 6,500000 | 1,871802 | 0,626902 | 0,393006 | | 29,037600 | -7,389831 |
| 16 | 12 | 0,1282 | 7,800000 | 2,054124 | 0,719849 | 0,518183 | | 29,555783 | -6,669982 |
| 17 | 12 | 0,1026 | 9,750000 | 2,277267 | 0,822976 | 0,677290 | | 30,233073 | -5,847005 |
| 18 | 4 | 0,0940 | 10,636364 | 2,364279 | 0,860473 | 0,740414 | | 30,973486 | -4,986532 |
| 19 | 10 | 0,0726 | 13,764706 | 2,622108 | 0,963978 | 0,929255 | | 31,902741 | -4,022554 |
| 20 | 3 | 0,0662 | 15,096774 | 2,714481 | 0,998601 | 0,997204 | | 32,899945 | -3,023953 |
| 21 | 7 | 0,0513 | 19,500000 | 2,970414 | 1,088701 | 1,185271 | | 34,085215 | -1,935252 |
| 22 | 5 | 0,0406 | 24,631579 | 3,204029 | 1,164409 | 1,355849 | | 35,441064 | -0,770842 |
| 23 | 4 | 0,0321 | 31,200000 | 3,440418 | 1,235593 | 1,526690 | | 36,967754 | 0,464751 |
| 24 | 3 | 0,0256 | 39,000000 | 3,663562 | 1,298436 | 1,685936 | | 38,653690 | 1,763186 |
| 25 | 3 | 0,0192 | 52,000000 | 3,951244 | 1,374030 | 1,887960 | | 40,541649 | 3,137217 |
| 26 | 2 | 0,0150 | 66,857143 | 4,202558 | 1,435693 | 2,061216 | | 42,602865 | 4,572910 |
| 27 | 2 | 0,0107 | 93,600000 | 4,539030 | 1,512713 | 2,288302 | | 44,891167 | 6,085624 |
| 28 | 2 | 0,0064 | 156,000000 | 5,049856 | 1,619360 | 2,622326 | | 47,513493 | #DIV/0! |
| 29 | 3 | 0,0000 | #DIV/0! | #DIV/0! | #DIV/0! | #DIV/0! | | #DIV/0! | #DIV/0! |

7,704983
#DIV/0!

| | | |
|-----------|-----------|--------|
| b | k | c |
| -0,658639 | -2,508959 | 0,7691 |

Rezultate

Anexa 10.1. (continuare)

| $ln(Q_i-a)$ | $Sum[ln(Q_i-a)]$ | $ln^2(Q_i-a)$ | $Sum[ln^2(Q_i-a)]$ | $ln[1/(p_i) \cdot ln(Q_i-a)]$ | $Sum[ln[1/(p_i) \cdot ln(Q_i-a)]]$ | b | k |
|-------------|------------------|---------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------|
| -6,907755 | -6,907755 | 47,717083 | 47,717083 | 30,050560 | 30,050560 | #DIV/0! | #DIV/0! |
| -0,716890 | -7,624646 | 0,513932 | 48,231015 | 1,610042 | 31,660602 | -2,002185 | -0,972300 |
| -0,076566 | -7,701212 | 0,005862 | 48,236877 | 0,113570 | 31,774171 | -1,698164 | -1,069549 |
| 0,361819 | -7,333393 | 0,130913 | 48,367790 | -0,361971 | 31,412200 | -1,494404 | -1,009376 |
| 0,666478 | -6,671914 | 0,444193 | 48,811983 | -0,421002 | 30,991199 | -1,339319 | -0,847307 |
| 0,907947 | -5,764967 | 0,824368 | 49,636351 | -0,316028 | 30,675171 | -1,218823 | -0,619496 |
| 1,080026 | -4,684941 | 1,166457 | 50,802808 | -0,162640 | 30,512531 | -1,126129 | -0,363385 |
| 1,227659 | -3,457282 | 1,507147 | 52,309955 | 0,001195 | 30,513726 | -1,054171 | -0,094112 |
| 1,355689 | -2,101592 | 1,837894 | 54,147849 | 0,183001 | 30,696726 | -0,996007 | 0,177513 |
| 1,500376 | -0,601216 | 2,251128 | 56,398978 | 0,344513 | 31,041240 | -0,951980 | 0,445728 |
| 1,598579 | 0,997363 | 2,555455 | 58,954433 | 0,561769 | 31,603008 | -0,913022 | 0,697730 |
| 1,702746 | 2,701109 | 2,899344 | 61,853777 | 0,705930 | 32,308938 | -0,882753 | 0,927766 |
| 1,776607 | 4,476716 | 3,156332 | 65,010109 | 0,888236 | 33,197174 | -0,856043 | 1,128140 |
| 1,877614 | 6,354330 | 3,525436 | 68,535545 | 1,055050 | 34,252224 | -0,834582 | 1,297659 |
| 1,941631 | 8,295961 | 3,769932 | 72,305476 | 1,217212 | 35,469435 | -0,815723 | 1,429106 |
| 2,018209 | 10,314170 | 4,073166 | 76,378642 | 1,452806 | 36,922242 | -0,797961 | 1,516104 |
| 2,082022 | 12,396192 | 4,334814 | 80,713456 | 1,713454 | 38,635696 | -0,780383 | 1,550295 |
| 2,143472 | 14,539864 | 4,594473 | 85,307929 | 1,844400 | 40,480096 | -0,765748 | 1,535854 |
| 2,196224 | 16,735888 | 4,823400 | 90,131329 | 2,117113 | 42,597208 | -0,750807 | 1,457999 |
| 2,245203 | 18,981091 | 5,040937 | 95,172266 | 2,242062 | 44,839270 | -0,738026 | 1,325034 |
| 2,300626 | 21,281717 | 5,292880 | 100,465146 | 2,504695 | 47,343965 | -0,725462 | 1,122076 |
| 2,342671 | 23,64388 | 5,486107 | 105,953253 | 2,727827 | 50,071792 | -0,713304 | 0,847340 |
| 2,407756 | 26,02147 | 5,797287 | 111,750540 | 2,975006 | 53,046798 | -0,702205 | 0,497631 |
| 2,431477 | 28,43620 | 5,912078 | 117,662618 | 3,157116 | 56,203915 | -0,691408 | 0,071715 |
| 2,510331 | 30,93951 | 6,301760 | 123,964378 | 3,449271 | 59,653185 | -0,681766 | -0,438360 |
| 2,599648 | 33,53599 | 6,758170 | 130,722548 | 3,732298 | 63,385483 | -0,673665 | -1,031754 |
| 2,674769 | 36,248368 | 7,154390 | 137,876938 | 4,046159 | 67,431642 | -0,666417 | -1,716828 |
| 2,708650 | 38,957018 | 7,336785 | 145,213723 | 4,386279 | 71,817921 | -0,658839 | -2,508959 |
| 2,747848 | 41,704865 | 7,550667 | 152,764390 | #DIV/0! | #DIV/0! | #DIV/0! | #DIV/0! |

Anexa 10.1. (continuare)

| a | S _{min} |
|---------|------------------|
| 0,1 | 22801,47 |
| 0,2 | 17173,18 |
| 0,3 | 12690,38 |
| 0,4 | 9127,70 |
| 0,5 | 6296,75 |
| 0,6 | 4029,78 |
| 0,7 | 2146,55 |
| 0,75 | 1241,96 |
| 0,78 | 597,89 |
| 0,79 | 252,85 |
| 0,791 | 190,08 |
| 0,7915 | 146,51 |
| 0,7919 | 87,91 |
| 0,79198 | 59,64 |

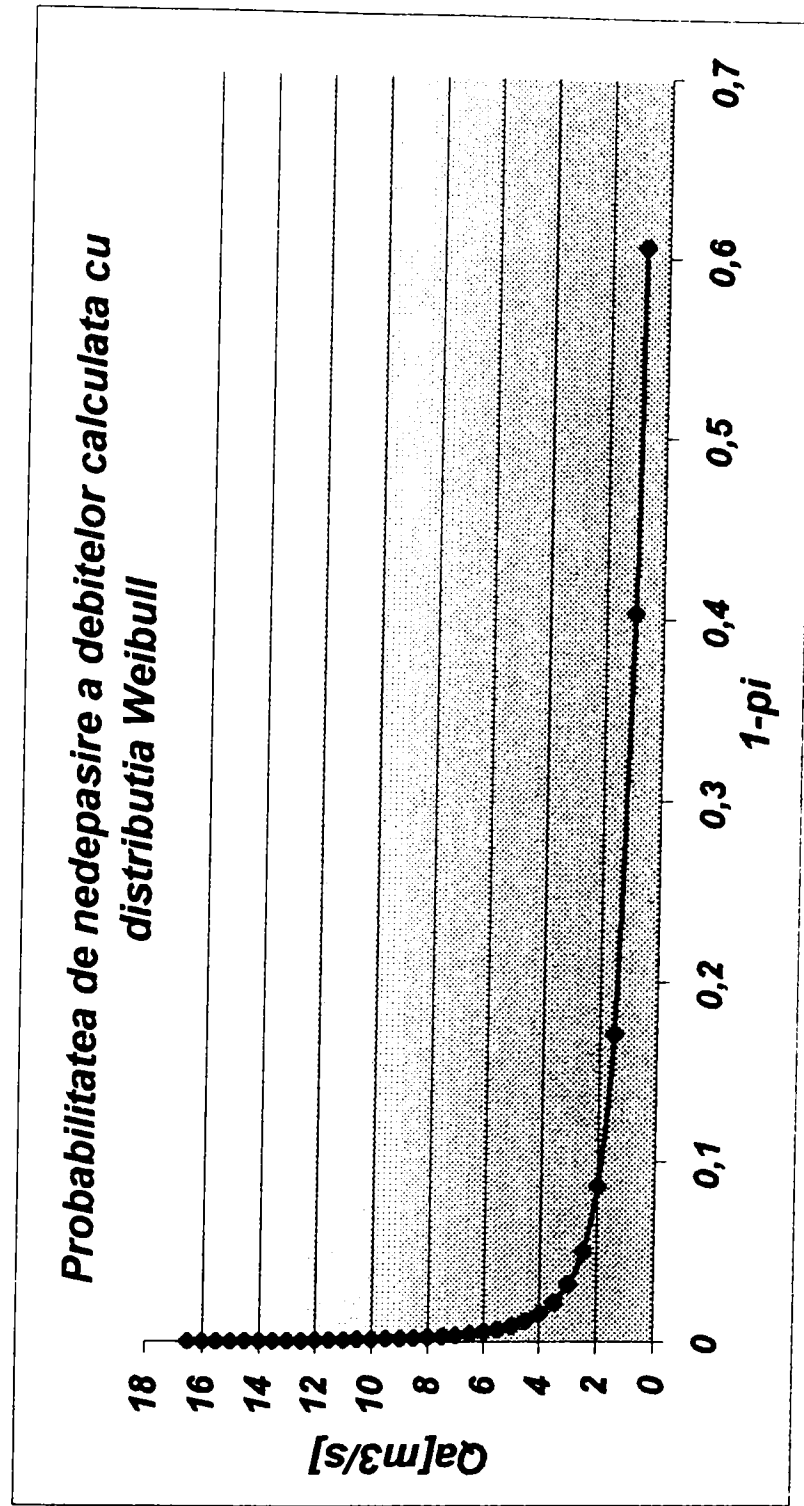
| $A_i - [b + k \ln(Q_i - a)]$ | $[A_i - (b + k \ln(Q_i - a))]^2$ | $S_{min} = \text{Sum}[A_i - (b + k \ln(Q_i - a))]^2$ |
|------------------------------|----------------------------------|--|
| #DIV/0! | #DIV/0! | |
| -0,940717 | 0,884949 | 0,884949 |
| 0,132983 | 0,017684 | 0,902633 |
| 0,859195 | 0,738216 | 1,640849575 |
| 1,272350 | 1,618874 | 3,259723375 |
| 1,433225 | 2,054133 | 5,313856064 |
| 1,368005 | 1,871439 | 7,185295093 |
| 1,170682 | 1,370496 | 8,555791084 |
| 0,890342 | 0,792708 | 9,348499208 |
| 0,512838 | 0,263003 | 9,611502427 |
| 0,149063 | 0,022220 | 9,633722178 |
| -0,282414 | 0,079757 | 9,713479606 |
| -0,648255 | 0,420235 | 10,13371476 |
| -1,040012 | 1,081624 | 11,21533905 |
| -1,332172 | 1,774683 | 12,99002237 |
| -1,542003 | 2,377775 | 15,36779701 |
| -1,624388 | 2,638637 | 18,00643385 |
| -1,665839 | 2,775020 | 20,78145396 |
| -1,487308 | 2,212085 | 22,99353847 |
| -1,238343 | 1,533495 | 24,52703308 |
| -0,767313 | 0,588769 | 25,11580218 |
| -0,107324 | 0,011518 | 25,12732067 |
| 0,739623 | 0,547043 | 25,67436335 |
| 1,815471 | 3,295935 | 28,97029801 |
| 3,156226 | 9,961765 | 38,93206333 |
| 4,791556 | 22,959009 | 61,89107269 |
| 6,771250 | 45,849823 | 107,7408962 |
| 9,074090 | 82,339102 | 190,0799986 |
| #DIV/0! | #DIV/0! | #DIV/0! |

Anexa 10.1. (continuare)

Probabilitatea cumulată de apariție a debitelor calculată cu distribuția Weibull - Raul Doftana

| Qi | lnQi | lnQi | exp(lnQi) | Lam*exp(Q) | exp(Lam*..) | pi(Q) | 1-pi |
|------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|-----------|
| 0,8 | -0,234457 | 0,5882437 | 1,80082284 | 0,9318388 | 2,53917404 | 0,393828853 | 0,6061711 |
| 1,0 | 0 | 0 | 1 | 0,5174517 | 1,6777468 | 0,596037494 | 0,4039625 |
| 1,5 | 0,4054651 | -1,017295 | 0,36157161 | 0,1870958 | 1,20574284 | 0,829364243 | 0,1706358 |
| 2,0 | 0,6931472 | -1,739078 | 0,17568238 | 0,0909071 | 1,09516731 | 0,913102493 | 0,0868975 |
| 2,5 | 0,9162907 | -2,298936 | 0,1036562 | 0,0519344 | 1,0533066 | 0,94939118 | 0,0506088 |
| 3,0 | 1,0986123 | -2,756373 | 0,06352176 | 0,0328694 | 1,03341561 | 0,967664887 | 0,0323351 |
| 3,5 | 1,252763 | -3,14313 | 0,04314752 | 0,0223268 | 1,02257786 | 0,977920642 | 0,0220794 |
| 4,0 | 1,3862944 | -3,478155 | 0,0308643 | 0,0159708 | 1,016099 | 0,984156073 | 0,0158439 |
| 4,5 | 1,5040774 | -3,773668 | 0,02296766 | 0,0118847 | 1,01195556 | 0,98818568 | 0,0118143 |
| 5,0 | 1,6094379 | -4,038013 | 0,01763247 | 0,009124 | 1,0091657 | 0,99091754 | 0,0090825 |
| 5,5 | 1,7047481 | -4,277142 | 0,0138822 | 0,0071834 | 1,00720927 | 0,99284233 | 0,0071577 |
| 6,0 | 1,7917595 | -4,49545 | 0,0111596 | 0,0057746 | 1,0057129 | 0,99424205 | 0,0057579 |
| 6,5 | 1,8718022 | -4,696274 | 0,0091292 | 0,0047239 | 1,0047511 | 0,99528720 | 0,0047128 |
| 7,0 | 1,9459101 | -4,882208 | 0,00758026 | 0,0039224 | 1,0039012 | 0,99608526 | 0,0039147 |
| 7,5 | 2,014903 | -5,055308 | 0,0063754 | 0,003299 | 1,003441 | 0,99670647 | 0,0032935 |
| 8,0 | 2,0794415 | -5,217233 | 0,00542231 | 0,0028058 | 1,0028973 | 0,997198147 | 0,0028019 |
| 8,5 | 2,1400662 | -5,369337 | 0,00465722 | 0,0024099 | 1,00241279 | 0,997593017 | 0,002407 |
| 9,0 | 2,1972246 | -5,512746 | 0,00403501 | 0,0020879 | 1,002011 | 0,99791425 | 0,0020857 |
| 9,5 | 2,2512918 | -5,648398 | 0,00352316 | 0,0018231 | 1,00182473 | 0,998178597 | 0,0018214 |
| 10,0 | 2,3025851 | -5,777091 | 0,00309771 | 0,0016029 | 1,0016042 | 0,998398366 | 0,0016016 |
| 10,5 | 2,3513753 | -5,899503 | 0,00274081 | 0,0014182 | 1,00141924 | 0,99858277 | 0,0014172 |
| 11,0 | 2,3978953 | -6,01622 | 0,00243887 | 0,001262 | 1,00126279 | 0,998738798 | 0,0012612 |
| 11,5 | 2,442347 | -6,127748 | 0,00218149 | 0,0011288 | 1,00112945 | 0,998871822 | 0,0011282 |
| 12,0 | 2,4849066 | -6,234528 | 0,00196055 | 0,0010145 | 1,00101501 | 0,998986022 | 0,001014 |
| 12,5 | 2,5257286 | -6,336949 | 0,00176969 | 0,0009157 | 1,00091615 | 0,999084688 | 0,0009153 |
| 13,0 | 2,5649494 | -6,435352 | 0,00160384 | 0,0008299 | 1,00083026 | 0,999170432 | 0,0008296 |
| 13,5 | 2,6026897 | -6,530041 | 0,00145895 | 0,0007549 | 1,00075522 | 0,999245351 | 0,0007546 |
| 14,0 | 2,6390573 | -6,621286 | 0,00133172 | 0,0006891 | 1,00068934 | 0,999311138 | 0,0006889 |
| 14,5 | 2,6741486 | -6,709328 | 0,00121948 | 0,000631 | 1,00063122 | 0,999369171 | 0,0006308 |
| 15,0 | 2,7080502 | -6,794386 | 0,00112005 | 0,0005796 | 1,00057974 | 0,999420598 | 0,0005794 |
| 15,5 | 2,74084 | -6,876654 | 0,00103159 | 0,0005338 | 1,00053394 | 0,999466345 | 0,0005337 |
| 16,0 | 2,7725887 | -6,95631 | 0,0009526 | 0,0004929 | 1,00049305 | 0,999507194 | 0,0004928 |
| 16,5 | 2,8033604 | -7,033515 | 0,00086183 | 0,0004563 | 1,00045641 | 0,999543801 | 0,0004562 |

Anexa 10.1. (continuare)



| $1-p_i$ | Q_i |
|-----------|-------|
| 0,6061711 | 0,791 |
| 0,4039625 | 1 |
| 0,1706358 | 1,5 |
| 0,0868975 | 2 |
| 0,0506088 | 2,5 |
| 0,0323351 | 3 |
| 0,0220794 | 3,5 |
| 0,0158439 | 4 |
| 0,0118143 | 4,5 |
| 0,0090825 | 5 |
| 0,0071577 | 5,5 |
| 0,0057579 | 6 |
| 0,0047128 | 6,5 |
| 0,0039147 | 7 |
| 0,0032935 | 7,5 |
| 0,0028019 | 8 |
| 0,002407 | 8,5 |
| 0,0020857 | 9 |
| 0,0018214 | 9,5 |
| 0,0016016 | 10 |
| 0,0014172 | 10,5 |
| 0,0012612 | 11 |
| 0,0011282 | 11,5 |
| 0,001014 | 12 |
| 0,0009153 | 12,5 |
| 0,0008296 | 13 |
| 0,0007546 | 13,5 |
| 0,0006889 | 14 |
| 0,0006308 | 14,5 |
| 0,0005794 | 15 |
| 0,0005337 | 15,5 |
| 0,0004928 | 16 |
| 0,0004562 | 16,5 |

Anexa 10.1.1.

| | |
|--|----------|
| NUME CENTRALA: CHEMP TESILA 2 | |
| CAZUL 1 : Qc<2.68 mc/s | 3 |
| Debit afluent - valoare medie lunara prognozata in sectiunea de captare [mc/s] | |
| 0,5 | |
| Debit de servitute [mc/s] | |
| 15000 | |
| Valoarea volumului util al bazinului compensator [mc] | |
| 30 | |
| Numarul de zile ale lunii | |
| 1,5 | |
| Debitul captat mediu [mc/s] | |

| | |
|-------------------------------------|----------|
| Regimul de functionare ales: | |
| GRUPUL | 2 |
| Putere [kW] | 560 |
| Debit [mc/s] | 2,26 |
| Numarul de cicluri zilnice | 2,91 |
| Numarul de cicluri lunare | 87 |
| Durata de functionare [ore] | 478 |
| Energie estimata [kWh] | 267611 |

Parametrii de functionare ai grupurilor si calculul energiei estimate pentru Cazul 1 - Qc<Qmaxtb1gr

Grup 1

| P [kW] | Qtb1 [mc/s] | Ncz1 | NCL1 | Tf1[ore] | West1[kWh] |
|--------|-------------|------|------|----------|------------|
| 0 | 0 | | | | |
| 20 | 0,28 | 0,00 | 1 | 720 | 14400 |
| 40 | 0,37 | 0,00 | 1 | 720 | 28800 |
| 60 | 0,46 | 0,00 | 1 | 720 | 43200 |
| 80 | 0,54 | 0,00 | 1 | 720 | 57600 |
| 100 | 0,63 | 0,00 | 1 | 720 | 72000 |
| 120 | 0,72 | 0,00 | 1 | 720 | 86400 |
| 140 | 0,8 | 0,00 | 1 | 720 | 100800 |
| 160 | 0,88 | 0,00 | 1 | 720 | 115200 |
| 180 | 0,96 | 0,00 | 1 | 720 | 129600 |
| 200 | 1,05 | 0,00 | 1 | 720 | 144000 |
| 220 | 1,13 | 0,00 | 1 | 720 | 158400 |
| 240 | 1,22 | 0,00 | 1 | 720 | 172800 |
| 260 | 1,3 | 0,00 | 1 | 720 | 187200 |
| 280 | 1,38 | 0,00 | 1 | 720 | 201600 |
| 300 | 1,45 | 0,00 | 1 | 720 | 216000 |
| 320 | 1,53 | 0,17 | 5 | 706 | 225882 |
| 340 | 1,6 | 0,54 | 10 | 676 | 229500 |
| 360 | 1,68 | 0,93 | 28 | 643 | 231429 |
| 380 | 1,74 | 1,19 | 36 | 621 | 235862 |
| 400 | 1,81 | 1,48 | 44 | 597 | 238674 |
| 420 | 1,88 | 1,75 | 52 | 574 | 241277 |
| 440 | 1,95 | 1,99 | 60 | 554 | 243692 |
| 460 | 2,03 | 2,26 | 68 | 532 | 244729 |
| 480 | 2,09 | 2,44 | 73 | 517 | 248038 |
| 500 | 2,15 | 2,61 | 78 | 502 | 251163 |
| 520 | 2,23 | 2,83 | 85 | 484 | 251839 |
| 540 | 2,3 | 3,01 | 90 | 470 | 253565 |
| 560 | 2,37 | 3,17 | 95 | 466 | 255190 |
| 580 | 2,44 | 3,33 | 100 | 443 | 256721 |
| 600 | 2,5 | 3,46 | 104 | 432 | 259200 |
| 620 | 2,57 | 3,60 | 108 | 420 | 260546 |
| 640 | 2,63 | 3,71 | 111 | 411 | 262814 |
| 660 | 2,68 | 3,80 | 114 | 403 | 265970 |

Grup 2

| P [kW] | Qtb2 [mc/s] | Ncz2 | NCL2 | Tf2[ore] | West2[kWh] |
|--------|-------------|------|------|----------|------------|
| 0 | 0 | | | | |
| 20 | 0,28 | 0,00 | 1 | 720 | 14400 |
| 40 | 0,4 | 0,00 | 1 | 720 | 28800 |
| 60 | 0,5 | 0,00 | 1 | 720 | 43200 |
| 80 | 0,58 | 0,00 | 1 | 720 | 57600 |
| 100 | 0,67 | 0,00 | 1 | 720 | 72000 |
| 120 | 0,75 | 0,00 | 1 | 720 | 86400 |
| 140 | 0,83 | 0,00 | 1 | 720 | 100800 |
| 160 | 0,9 | 0,00 | 1 | 720 | 115200 |
| 180 | 0,97 | 0,00 | 1 | 720 | 129600 |
| 200 | 1,04 | 0,00 | 1 | 720 | 144000 |
| 220 | 1,1 | 0,00 | 1 | 720 | 158400 |
| 240 | 1,17 | 0,00 | 1 | 720 | 172800 |
| 260 | 1,23 | 0,00 | 1 | 720 | 187200 |
| 280 | 1,29 | 0,00 | 1 | 720 | 201600 |
| 300 | 1,36 | 0,00 | 1 | 720 | 216000 |
| 320 | 1,43 | 0,00 | 1 | 720 | 230400 |
| 340 | 1,48 | 0,00 | 1 | 720 | 244800 |
| 360 | 1,55 | 0,28 | 8 | 697 | 250839 |
| 380 | 1,62 | 0,64 | 19 | 667 | 253333 |
| 400 | 1,68 | 0,93 | 28 | 643 | 257143 |
| 420 | 1,75 | 1,23 | 37 | 617 | 259200 |
| 440 | 1,82 | 1,52 | 46 | 593 | 261099 |
| 460 | 1,88 | 1,76 | 52 | 574 | 264265 |
| 480 | 1,95 | 1,99 | 60 | 554 | 266846 |
| 500 | 2,03 | 2,26 | 68 | 532 | 266010 |
| 520 | 2,1 | 2,47 | 74 | 514 | 267429 |
| 540 | 2,18 | 2,70 | 81 | 495 | 267523 |
| 560 | 2,26 | 2,91 | 87 | 478 | 267611 |
| 580 | 2,37 | 3,17 | 95 | 456 | 264304 |
| 600 | 2,5 | 3,46 | 104 | 432 | 269200 |
| 620 | 2,6 | 3,66 | 110 | 416 | 267638 |
| 640 | | | | | |
| 660 | | | | | |

Anexa 10.1.2.

| Nume centrala: CHEMP TESILA 2 | |
|--|-------|
| CAZUL 1 : Qc<2.68 mc/s | 3 |
| Debit afluent - valoare medie lunara prognozata in sectiunea de captare [mc/s] | 0,5 |
| Debit de servitute [mc/s] | 15000 |
| Valoarea volumului util al bazinului compensator [mc] | 30 |
| Numarul de zile ale lunii | 2,5 |
| Debitul captat mediu [mc/s] | |

| Regimul de functionare ales: | |
|------------------------------|--------|
| GRUPUL | 2 |
| Putere [kW] | 620 |
| Debit [mc/s] | 2,60 |
| Numarul de cicluri zilnice | 0,55 |
| Numarul de cicluri lunare | 17 |
| Durata de functionare [ore] | 692 |
| Energie estimata [kWh] | 429231 |

Parametrii de functionare ai grupurilor si calculul energiei estimate pentru Cazul 1 - Qc<Qmaxtb1gr

Grup 1

| P [kW] | Qtb1 [mc/s] | Ncz1 | NCL1 | Tf1[ore] | West1[kWh] |
|--------|-------------|------|------|----------|------------|
| 0 | 0 | | | | |
| 20 | 0,28 | 0,00 | 1 | 720 | 14400 |
| 40 | 0,37 | 0,00 | 1 | 720 | 28800 |
| 60 | 0,46 | 0,00 | 1 | 720 | 43200 |
| 80 | 0,54 | 0,00 | 1 | 720 | 57600 |
| 100 | 0,63 | 0,00 | 1 | 720 | 72000 |
| 120 | 0,72 | 0,00 | 1 | 720 | 86400 |
| 140 | 0,8 | 0,00 | 1 | 720 | 100800 |
| 160 | 0,88 | 0,00 | 1 | 720 | 115200 |
| 180 | 0,96 | 0,00 | 1 | 720 | 129600 |
| 200 | 1,05 | 0,00 | 1 | 720 | 144000 |
| 220 | 1,13 | 0,00 | 1 | 720 | 158400 |
| 240 | 1,22 | 0,00 | 1 | 720 | 172800 |
| 260 | 1,3 | 0,00 | 1 | 720 | 187200 |
| 280 | 1,38 | 0,00 | 1 | 720 | 201600 |
| 300 | 1,45 | 0,00 | 1 | 720 | 216000 |
| 320 | 1,53 | 0,00 | 1 | 720 | 230400 |
| 340 | 1,6 | 0,00 | 1 | 720 | 244800 |
| 360 | 1,68 | 0,00 | 1 | 720 | 259200 |
| 380 | 1,74 | 0,00 | 1 | 720 | 273600 |
| 400 | 1,81 | 0,00 | 1 | 720 | 288000 |
| 420 | 1,88 | 0,00 | 1 | 720 | 302400 |
| 440 | 1,95 | 0,00 | 1 | 720 | 316800 |
| 460 | 2,03 | 0,00 | 1 | 720 | 331200 |
| 480 | 2,09 | 0,00 | 1 | 720 | 345600 |
| 500 | 2,16 | 0,00 | 1 | 720 | 360000 |
| 520 | 2,23 | 0,00 | 1 | 720 | 374400 |
| 540 | 2,3 | 0,00 | 1 | 720 | 388800 |
| 560 | 2,37 | 0,00 | 1 | 720 | 403200 |
| 580 | 2,44 | 0,00 | 1 | 720 | 417600 |
| 600 | 2,5 | 0,00 | 1 | 720 | 432000 |
| 620 | 2,57 | 0,39 | 12 | 700 | 434241 |
| 640 | 2,63 | 0,71 | 21 | 684 | 436023 |
| 660 | 2,68 | 0,97 | 29 | 672 | 437884 |

Grup 2

| P [kW] | Qtb2 [mc/s] | Ncz2 | NCL2 | Tf2[ore] | West2[kWh] |
|--------|-------------|---------|------|----------|------------|
| 0 | 0 | | | | |
| 20 | 0,28 | 0,00 | 1 | 720 | 14400 |
| 40 | 0,4 | 0,00 | 1 | 720 | 28800 |
| 60 | 0,5 | 0,00 | 1 | 720 | 43200 |
| 80 | 0,58 | 0,00 | 1 | 720 | 57600 |
| 100 | 0,67 | 0,00 | 1 | 720 | 72000 |
| 120 | 0,76 | 0,00 | 1 | 720 | 86400 |
| 140 | 0,83 | 0,00 | 1 | 720 | 100800 |
| 160 | 0,9 | 0,00 | 1 | 720 | 115200 |
| 180 | 0,97 | 0,00 | 1 | 720 | 129600 |
| 200 | 1,04 | 0,00 | 1 | 720 | 144000 |
| 220 | 1,1 | 0,00 | 1 | 720 | 158400 |
| 240 | 1,17 | 0,00 | 1 | 720 | 172800 |
| 260 | 1,23 | 0,00 | 1 | 720 | 187200 |
| 280 | 1,29 | 0,00 | 1 | 720 | 201600 |
| 300 | 1,36 | 0,00 | 1 | 720 | 216000 |
| 320 | 1,43 | 0,00 | 1 | 720 | 230400 |
| 340 | 1,48 | 0,00 | 1 | 720 | 244800 |
| 360 | 1,55 | 0,00 | 1 | 720 | 259200 |
| 380 | 1,62 | 0,00 | 1 | 720 | 273600 |
| 400 | 1,68 | 0,00 | 1 | 720 | 288000 |
| 420 | 1,76 | 0,00 | 1 | 720 | 302400 |
| 440 | 1,82 | 0,00 | 1 | 720 | 316800 |
| 460 | 1,88 | 0,00 | 1 | 720 | 331200 |
| 480 | 1,95 | 0,00 | 1 | 720 | 345600 |
| 500 | 2,03 | 0,00 | 1 | 720 | 360000 |
| 520 | 2,1 | 0,00 | 1 | 720 | 374400 |
| 540 | 2,18 | 0,00 | 1 | 720 | 388800 |
| 560 | 2,26 | 0,00 | 1 | 720 | 403200 |
| 580 | 2,37 | 0,00 | 1 | 720 | 417600 |
| 600 | 2,5 | #DIV/0! | 1 | 720 | 432000 |
| 620 | 2,6 | 0,55 | 17 | 692 | 429231 |
| 640 | | | | | |
| 660 | | | | | |

Anexa 10.1.3.

| Nume centrala: CHEMP TESILA 2 | |
|--|--------------|
| CAZUL 1 : Qc<2.68 mc/s | 3 |
| Debit afluent - valoare medie lunara prognozata in sectiunea de captare [mc/s] | 0,5 |
| Debit de servitute [mc/s] | 15000 |
| Valoarea volumului util al bazinului compensator [mc] | 30 |
| Numarul de zile ale lunii | 2,68 |
| Debitul captat mediu [mc/s] | |

| Regimul de functionare ales: | |
|------------------------------|----------|
| GRUPUL | 2 |
| Putere [kW] | 620 |
| Debit [mc/s] | 0,28 |
| Numarul de cicluri zilnice | 0,00 |
| Numarul de cicluri lunare | 1 |
| Durata de functionare [ore] | 720 |
| Energie estimata [kWh] | 446400 |

Parametrii de functionare ai grupurilor si calculul energiei estimate pentru Cazul 1 - Qc<Qmax**tb1gr**

| Grup 1 | | | | | | | | | | Grup 2 | | | | | | | | | |
|--------|-------------|---------|------|----------|------------|--------|-------------|------|------|-----------|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| P [kW] | Qtb1 [mc/s] | Ncz1 | NCL1 | Tff[ore] | West1[kWh] | P [kW] | Qtb2 [mc/s] | Ncz2 | NCL2 | Tff2[ore] | West2[kWh] | | | | | | | | |
| 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 0,26 | 0,00 | 1 | 720 | 14400 | 20 | 0,28 | 0,00 | 1 | 720 | 14400 | | | | | | | | |
| 40 | 0,37 | 0,00 | 1 | 720 | 28800 | 40 | 0,4 | 0,00 | 1 | 720 | 28800 | | | | | | | | |
| 60 | 0,46 | 0,00 | 1 | 720 | 43200 | 60 | 0,5 | 0,00 | 1 | 720 | 43200 | | | | | | | | |
| 80 | 0,54 | 0,00 | 1 | 720 | 57600 | 80 | 0,58 | 0,00 | 1 | 720 | 57600 | | | | | | | | |
| 100 | 0,63 | 0,00 | 1 | 720 | 72000 | 100 | 0,67 | 0,00 | 1 | 720 | 72000 | | | | | | | | |
| 120 | 0,72 | 0,00 | 1 | 720 | 86400 | 120 | 0,75 | 0,00 | 1 | 720 | 86400 | | | | | | | | |
| 140 | 0,8 | 0,00 | 1 | 720 | 100800 | 140 | 0,83 | 0,00 | 1 | 720 | 100800 | | | | | | | | |
| 160 | 0,88 | 0,00 | 1 | 720 | 115200 | 160 | 0,9 | 0,00 | 1 | 720 | 115200 | | | | | | | | |
| 180 | 0,96 | 0,00 | 1 | 720 | 129600 | 180 | 0,97 | 0,00 | 1 | 720 | 129600 | | | | | | | | |
| 200 | 1,06 | 0,00 | 1 | 720 | 144000 | 200 | 1,04 | 0,00 | 1 | 720 | 144000 | | | | | | | | |
| 220 | 1,13 | 0,00 | 1 | 720 | 158400 | 220 | 1,1 | 0,00 | 1 | 720 | 158400 | | | | | | | | |
| 240 | 1,22 | 0,00 | 1 | 720 | 172800 | 240 | 1,17 | 0,00 | 1 | 720 | 172800 | | | | | | | | |
| 260 | 1,3 | 0,00 | 1 | 720 | 187200 | 260 | 1,23 | 0,00 | 1 | 720 | 187200 | | | | | | | | |
| 280 | 1,38 | 0,00 | 1 | 720 | 201600 | 280 | 1,29 | 0,00 | 1 | 720 | 201600 | | | | | | | | |
| 300 | 1,45 | 0,00 | 1 | 720 | 216000 | 300 | 1,36 | 0,00 | 1 | 720 | 216000 | | | | | | | | |
| 320 | 1,53 | 0,00 | 1 | 720 | 230400 | 320 | 1,43 | 0,00 | 1 | 720 | 230400 | | | | | | | | |
| 340 | 1,6 | 0,00 | 1 | 720 | 244800 | 340 | 1,48 | 0,00 | 1 | 720 | 244800 | | | | | | | | |
| 360 | 1,68 | 0,00 | 1 | 720 | 259200 | 360 | 1,55 | 0,00 | 1 | 720 | 259200 | | | | | | | | |
| 380 | 1,74 | 0,00 | 1 | 720 | 273600 | 380 | 1,62 | 0,00 | 1 | 720 | 273600 | | | | | | | | |
| 400 | 1,81 | 0,00 | 1 | 720 | 288000 | 400 | 1,68 | 0,00 | 1 | 720 | 288000 | | | | | | | | |
| 420 | 1,88 | 0,00 | 1 | 720 | 302400 | 420 | 1,75 | 0,00 | 1 | 720 | 302400 | | | | | | | | |
| 440 | 1,95 | 0,00 | 1 | 720 | 316800 | 440 | 1,82 | 0,00 | 1 | 720 | 316800 | | | | | | | | |
| 460 | 2,03 | 0,00 | 1 | 720 | 331200 | 460 | 1,88 | 0,00 | 1 | 720 | 331200 | | | | | | | | |
| 480 | 2,09 | 0,00 | 1 | 720 | 345600 | 480 | 1,95 | 0,00 | 1 | 720 | 345600 | | | | | | | | |
| 500 | 2,15 | 0,00 | 1 | 720 | 360000 | 500 | 2,03 | 0,00 | 1 | 720 | 360000 | | | | | | | | |
| 520 | 2,23 | 0,00 | 1 | 720 | 374400 | 520 | 2,1 | 0,00 | 1 | 720 | 374400 | | | | | | | | |
| 540 | 2,3 | 0,00 | 1 | 720 | 388800 | 540 | 2,18 | 0,00 | 1 | 720 | 388800 | | | | | | | | |
| 560 | 2,37 | 0,00 | 1 | 720 | 403200 | 560 | 2,26 | 0,00 | 1 | 720 | 403200 | | | | | | | | |
| 580 | 2,44 | 0,00 | 1 | 720 | 417600 | 580 | 2,37 | 0,00 | 1 | 720 | 417600 | | | | | | | | |
| 600 | 2,5 | 0,00 | 1 | 720 | 432000 | 600 | 2,5 | 0,00 | 1 | 720 | 432000 | | | | | | | | |
| 620 | 2,57 | 0,00 | 1 | 720 | 446400 | 620 | 2,6 | 0,00 | 1 | 720 | 446400 | | | | | | | | |
| 640 | 2,63 | 0,00 | 1 | 720 | 460800 | 640 | 2,6 | 0,00 | 1 | 720 | 460800 | | | | | | | | |
| 660 | 2,68 | #DNV'01 | 1 | 720 | 475200 | 660 | 2,6 | 0,00 | 1 | 720 | 475200 | | | | | | | | |

| Regimul de funcționare ales: | |
|------------------------------|------|
| GRUPUL | 1 |
| Putere [kW] | 660 |
| Debit [mc/s] | 2,68 |
| Numarul de cicluri zilnice | 0 |
| Numarul de cicluri lunare | 1 |
| Durata de funcționare [ore] | 720 |

Energie estimata pe centrata [kWh]

569344

| Nume centrala: | |
|--|-------|
| CHEMP TESILA 2 | |
| CAZUL 2A : Estimeaza Qc la 28 mc/s | 6 |
| Debit aluient-vaioare medie lunara prognozata in sectiunea de captare [mc/s] | 0,5 |
| Debit de compensare [mc/s] | 15000 |
| Viteza de curgere medie in bazinul compensator [mc] | 30 |
| Numarul de zile ale lunii | 3,5 |
| Debitul captat mediu [mc/s] | |

Parametrii de funcționare ai grupurilor si calculul energiei estimate pentru Cazul 2A - Qc>Qmaxtb1gr

| P [kW] | Qtb1 [mc/s] | Qtb2 [mc/s] | NCL1 | Tf1[ore] | Nc22 | NCL2 | Tf2[ore] | West2A[kWh] |
|--------|-------------|-------------|------|----------|------|------|----------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 720 | | | | |
| 20 | 0,26 | 0,28 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 465634 |
| 40 | 0,37 | 0,4 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 480816 |
| 60 | 0,46 | 0,5 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 491443 |
| 80 | 0,54 | 0,58 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 500971 |
| 100 | 0,63 | 0,67 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 506987 |
| 120 | 0,72 | 0,75 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 512698 |
| 140 | 0,8 | 0,83 | 1 | 720 | 0,06 | 2 | 711 | 517307 |
| 160 | 0,88 | 0,9 | 1 | 720 | 0,42 | 13 | 656 | 522144 |
| 180 | 0,96 | 0,97 | 1 | 720 | 0,73 | 22 | 609 | 526283 |
| 200 | 1,05 | 1,04 | 1 | 720 | 1,00 | 30 | 568 | 529866 |
| 220 | 1,13 | 1,1 | 1 | 720 | 1,20 | 36 | 537 | 533952 |
| 240 | 1,22 | 1,17 | 1 | 720 | 1,41 | 42 | 505 | 536677 |
| 260 | 1,3 | 1,23 | 1 | 720 | 1,57 | 47 | 480 | 540000 |
| 280 | 1,38 | 1,29 | 1 | 720 | 1,72 | 52 | 458 | 543014 |
| 300 | 1,45 | 1,36 | 1 | 720 | 1,88 | 56 | 434 | 544892 |
| 320 | 1,53 | 1,43 | 1 | 720 | 2,01 | 60 | 413 | 546586 |
| 340 | 1,6 | 1,48 | 1 | 720 | 2,11 | 63 | 399 | 549749 |
| 360 | 1,68 | 1,55 | 1 | 720 | 2,22 | 67 | 381 | 551093 |
| 380 | 1,74 | 1,62 | 1 | 720 | 2,33 | 70 | 364 | 552320 |
| 400 | 1,81 | 1,68 | 1 | 720 | 2,42 | 73 | 351 | 554194 |
| 420 | 1,88 | 1,75 | 1 | 720 | 2,51 | 76 | 337 | 555206 |
| 440 | 1,95 | 1,82 | 1 | 720 | 2,60 | 78 | 324 | 556141 |
| 460 | 2,03 | 1,88 | 1 | 720 | 2,66 | 80 | 314 | 557694 |
| 480 | 2,09 | 1,95 | 1 | 720 | 2,74 | 82 | 303 | 558476 |
| 500 | 2,16 | 2,03 | 1 | 720 | 2,82 | 84 | 291 | 558557 |
| 520 | 2,23 | 2,1 | 1 | 720 | 2,88 | 86 | 281 | 559256 |
| 540 | 2,3 | 2,18 | 1 | 720 | 2,95 | 88 | 271 | 559301 |
| 560 | 2,37 | 2,26 | 1 | 720 | 3,01 | 90 | 261 | 559344 |
| 580 | 2,44 | 2,37 | 1 | 720 | 3,09 | 93 | 249 | 557717 |
| 600 | 2,5 | 2,5 | 1 | 720 | 3,17 | 95 | 236 | 555206 |
| 620 | 2,57 | 2,6 | 1 | 720 | 3,23 | 97 | 227 | 554389 |
| 640 | 2,63 | | | | | | | |
| 660 | 2,68 | | | | | | | |

| Regimul de funcționare ales: | |
|------------------------------|------|
| GRUPUL | 1 |
| Putere [kW] | 660 |
| Debit [mc/s] | 2,68 |
| Numarul de cicluri zilnice | 0 |
| Numarul de cicluri lunare | 1 |
| Durata de funcționare [ore] | 720 |

Energie estimata pe centrala [kWh] 639568

| Nume centrala: CHEMP TESILA 2 | |
|--|-------|
| CAZUL 2A : Estimeaza Qc < 6.25 mc/s | |
| Debit afluent-valoare medie lunara prognozata in sectiunea de captare [mc/s] | 5 |
| Debit de servitute [mc/s] | 15000 |
| Valoarea volumului util al bazinului compensator [mc] | 30 |
| Numarul de zile ale lunii | 4 |
| Debitul captat mediu [mc/s] | |

Parametrii de funcționare ai grupurilor și calculul energiei estimate pentru Cazul 2A - Qc > Qmax tb1gr

| P [kW] | Qtb1 [mc/s] | Qtb2 [mc/s] | NCL1 | Tf1 [ore] | Nc2 | NCL2 | Tf2 [ore] | West2A [kWh] |
|--------|-------------|-------------|------|-----------|------|------|-----------|--------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 720 | | | | |
| 20 | 0,26 | 0,28 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 488777 |
| 40 | 0,37 | 0,4 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 513216 |
| 60 | 0,46 | 0,5 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 530323 |
| 80 | 0,54 | 0,58 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 545661 |
| 100 | 0,63 | 0,67 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 555346 |
| 120 | 0,72 | 0,75 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 564538 |
| 140 | 0,8 | 0,83 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 571958 |
| 160 | 0,88 | 0,9 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 579744 |
| 180 | 0,96 | 0,97 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 586407 |
| 200 | 1,05 | 1,04 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 592172 |
| 220 | 1,13 | 1,1 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 598752 |
| 240 | 1,22 | 1,17 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 603738 |
| 260 | 1,3 | 1,23 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 608488 |
| 280 | 1,38 | 1,29 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 613340 |
| 300 | 1,45 | 1,36 | 1 | 720 | 0,22 | 7 | 699 | 616362 |
| 320 | 1,53 | 1,43 | 1 | 720 | 0,58 | 18 | 665 | 619059 |
| 340 | 1,6 | 1,48 | 1 | 720 | 0,82 | 26 | 642 | 624182 |
| 360 | 1,68 | 1,55 | 1 | 720 | 1,13 | 34 | 613 | 626344 |
| 380 | 1,74 | 1,62 | 1 | 720 | 1,41 | 42 | 587 | 628320 |
| 400 | 1,81 | 1,68 | 1 | 720 | 1,63 | 49 | 566 | 631337 |
| 420 | 1,88 | 1,75 | 1 | 720 | 1,87 | 56 | 543 | 632866 |
| 440 | 1,95 | 1,82 | 1 | 720 | 2,09 | 63 | 522 | 634470 |
| 460 | 2,03 | 1,88 | 1 | 720 | 2,26 | 68 | 506 | 636970 |
| 480 | 2,09 | 1,95 | 1 | 720 | 2,46 | 74 | 487 | 638230 |
| 500 | 2,16 | 2,03 | 1 | 720 | 2,66 | 80 | 468 | 638360 |
| 520 | 2,23 | 2,1 | 1 | 720 | 2,82 | 85 | 453 | 639483 |
| 540 | 2,3 | 2,18 | 1 | 720 | 3,00 | 90 | 436 | 639558 |
| 560 | 2,37 | 2,26 | 1 | 720 | 3,16 | 95 | 421 | 639628 |
| 580 | 2,44 | 2,37 | 1 | 720 | 3,37 | 101 | 401 | 637009 |
| 600 | 2,5 | 2,6 | 1 | 720 | 3,58 | 108 | 380 | 632966 |
| 620 | 2,57 | 2,6 | 1 | 720 | 3,74 | 112 | 366 | 631650 |
| 640 | 2,63 | | | | | | | |
| 660 | 2,68 | | | | | | | |

| Regimul de funcționare ales: | |
|------------------------------|------|
| GRUPUL | 2 |
| Putere [kW] | 660 |
| Debit [mc/s] | 2,68 |
| Numarul de cicluri zilnice | 0 |
| Numarul de cicluri lunare | 1 |
| Durata de funcționare [ore] | 720 |

Energie estimata pe centrala [kWh] 708912

| Nume centrala: CHEMP TESILA 2 | |
|--|-------|
| CAZUL 2A : $2,81mc/s \times 0,6 \times 24 \text{ mp/s}$ | 6 |
| Debit afluent-valoare medie lunara prognozata în secțiunea de captare [mc/s] | 0,5 |
| Debit de servitute [mc/s] | 15000 |
| Valoarea volumului util al bazinului compensator [mc] | 30 |
| Numarul de zile ale lunii | 4,5 |
| Debitul captat mediu [mc/s] | |

Parametri de funcționare al grupurilor și calculul energiei estimate pentru Cazul 2A - Qc>Qmaxtb1gr

| P [kW] | Qtb1 [mc/s] | Qtb2 [mc/s] | NCL1 | Tf1[ore] | Nc2 | NCL2 | Tf2[ore] | West2A[kWh] |
|--------|-------------|-------------|------|----------|---------|------|----------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 720 | | | | |
| 20 | 0,26 | 0,28 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 511920 |
| 40 | 0,37 | 0,4 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 545616 |
| 60 | 0,46 | 0,5 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 569203 |
| 80 | 0,54 | 0,58 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 590350 |
| 100 | 0,63 | 0,67 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 603704 |
| 120 | 0,72 | 0,75 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 616378 |
| 140 | 0,8 | 0,83 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 628608 |
| 160 | 0,88 | 0,9 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 637344 |
| 180 | 0,96 | 0,97 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 646530 |
| 200 | 1,05 | 1,04 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 654480 |
| 220 | 1,13 | 1,1 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 663652 |
| 240 | 1,22 | 1,17 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 669600 |
| 260 | 1,3 | 1,23 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 676976 |
| 280 | 1,38 | 1,28 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 683865 |
| 300 | 1,45 | 1,36 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 687833 |
| 320 | 1,53 | 1,43 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 691593 |
| 340 | 1,6 | 1,48 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 698614 |
| 360 | 1,68 | 1,55 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 701596 |
| 380 | 1,74 | 1,62 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 704320 |
| 400 | 1,81 | 1,68 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 708480 |
| 420 | 1,88 | 1,75 | 1 | 720 | 0,00 | 1 | 720 | 710726 |
| 440 | 1,95 | 1,82 | 1 | 720 | #DIV/0! | 1 | 720 | 712800 |
| 460 | 2,03 | 1,88 | 1 | 720 | 0,33 | 10 | 697 | 716247 |
| 480 | 2,09 | 1,95 | 1 | 720 | 0,70 | 21 | 672 | 717984 |
| 500 | 2,15 | 2,03 | 1 | 720 | 1,08 | 33 | 646 | 718163 |
| 520 | 2,23 | 2,1 | 1 | 720 | 1,40 | 42 | 624 | 719712 |
| 540 | 2,3 | 2,18 | 1 | 720 | 1,73 | 52 | 601 | 719815 |
| 560 | 2,37 | 2,26 | 1 | 720 | 2,04 | 61 | 580 | 719911 |
| 580 | 2,44 | 2,37 | 1 | 720 | 2,43 | 73 | 553 | 716300 |
| 600 | 2,5 | 2,5 | 1 | 720 | 2,85 | 86 | 524 | 710726 |
| 620 | 2,57 | 2,6 | 1 | 720 | 3,14 | 94 | 504 | 708912 |
| 640 | 2,63 | | | | | | | |
| 660 | 2,68 | | | | | | | |

| CHEMP TESILA 2 | |
|--|-------|
| Nume centrala: | 4 |
| Debit afluent-valoare medie lunara prognozata in sectiunea de captare [mc/s] | 0,5 |
| Debit de servitute [mc/s] | 15000 |
| Valoarea volumului util al bazinului compensator [mc] | 30 |
| Numarul de zile ale lunii | 3,5 |
| Debitul captat mediu [mc/s] | |

| Regimul de functionare ales: | | |
|------------------------------------|------|------|
| GRUPUL | 1 | 2 |
| Putere [kW] | 660 | 320 |
| Debit [mc/s] | 2,68 | 1,43 |
| Numarul de cicluri zilnice | 2,99 | 2,99 |
| Numarul de cicluri lunare | 90 | 90 |
| Durata de functionare [ore] | 613 | 613 |
| Energie estimata pe centrala [kWh] | | |
| 640788 | | |

Parametrii de functionare ai grupurilor si calculul energiei estimate pentru Cazul 2B - Qc>Qmaxtb1gr

| P [kW] | Qtb1 [mc/s] | Qtb2 [mc/s] | Ncz | NCL | T [jore] | West2B[kWh] |
|--------|-------------|-------------|------|-----|----------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | | | | |
| 20 | 0,26 | 0,28 | 0,00 | 1 | 720 | 521027 |
| 40 | 0,37 | 0,4 | 0,00 | 1 | 720 | 515455 |
| 60 | 0,46 | 0,5 | 0,00 | 1 | 720 | 513509 |
| 80 | 0,54 | 0,58 | 0,00 | 1 | 720 | 514822 |
| 100 | 0,63 | 0,67 | 0,00 | 1 | 720 | 514531 |
| 120 | 0,72 | 0,75 | 0,00 | 1 | 720 | 515755 |
| 140 | 0,8 | 0,83 | 0,06 | 2 | 718 | 516923 |
| 160 | 0,88 | 0,9 | 0,45 | 14 | 704 | 519486 |
| 180 | 0,96 | 0,97 | 0,83 | 25 | 690 | 521951 |
| 200 | 1,05 | 1,04 | 1,19 | 36 | 677 | 524323 |
| 220 | 1,13 | 1,1 | 1,49 | 45 | 667 | 528000 |
| 240 | 1,22 | 1,17 | 1,83 | 55 | 655 | 530182 |
| 260 | 1,3 | 1,23 | 2,11 | 63 | 645 | 533647 |
| 280 | 1,38 | 1,29 | 2,39 | 72 | 636 | 537008 |
| 300 | 1,45 | 1,36 | 2,69 | 81 | 624 | 538931 |
| 320 | 1,53 | 1,43 | 2,99 | 90 | 613 | 540788 |
| 340 | 1,6 | 1,48 | 3,20 | 96 | 606 | 545192 |
| 360 | 1,68 | 1,55 | 3,48 | 104 | 596 | 546894 |
| 380 | 1,74 | 1,62 | 3,75 | 113 | 586 | 548540 |
| 400 | 1,81 | 1,68 | 3,98 | 119 | 578 | 551394 |
| 420 | 1,88 | 1,75 | 4,23 | 127 | 569 | 552921 |
| 440 | 1,95 | 1,82 | 4,48 | 134 | 560 | 554400 |
| 460 | 2,03 | 1,88 | 4,69 | 141 | 553 | 557053 |
| 480 | 2,09 | 1,95 | 4,92 | 148 | 544 | 558428 |
| 500 | 2,16 | 2,03 | 5,18 | 155 | 536 | 558573 |
| 520 | 2,23 | 2,1 | 5,40 | 162 | 527 | 559883 |
| 540 | 2,3 | 2,18 | 5,64 | 169 | 519 | 560000 |
| 560 | 2,37 | 2,26 | 5,88 | 176 | 510 | 560113 |
| 580 | 2,44 | 2,37 | 6,19 | 186 | 499 | 556895 |
| 600 | 2,5 | 2,5 | 6,54 | 196 | 486 | 551676 |
| 620 | 2,57 | 2,6 | 6,80 | 204 | 477 | 548818 |
| 640 | 2,63 | | | | | |
| 660 | 2,68 | | | | | |

| Nume centrală: | | CHEMP TESILA 2 | |
|--|--|----------------|-------|
| Debit afluent-valoare medie lunara prognozata in sectiunea de captare [mc/s] | | | 4 |
| Debit de servitute [mc/s] | | | 0,5 |
| Valoarea volumului util al bazinului compensator [mc] | | | 15000 |
| Numarul de zile ale lunii | | | 30 |
| Debitul captat mediu [mc/s] | | | 4 |

| Regimul de functionare ales: | | 1 | 2 |
|------------------------------|--|------|------|
| GRUPUL | | 660 | 480 |
| Putere [kW] | | 2,68 | 1,95 |
| Debit [mc/s] | | 3,14 | 3,14 |
| Numarul de cicluri zilnice | | 94 | 94 |
| Numarul de cicluri lunare | | 622 | 622 |

Energie estimata pe centrala [kWh]

Cazul 2B - Qc>Qmaxbt1gr

| Parametrii de functionare al grupurilor si calculul energiei estimate pentru Cazul 2B - Qc>Qmaxbt1gr | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|------|-----|---------|-------------|--|--|--|--|
| P [kW] | Qtb1 [mc/s] | Qtb2 [mc/s] | Ncz | NCL | T[fore] | West2B[kWh] | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 20 | 0,26 | 0,28 | 0,00 | 1 | 720 | 595459 | | | | |
| 40 | 0,37 | 0,4 | 0,00 | 1 | 720 | 589091 | | | | |
| 60 | 0,46 | 0,5 | 0,00 | 1 | 720 | 580868 | | | | |
| 80 | 0,54 | 0,58 | 0,00 | 1 | 720 | 588368 | | | | |
| 100 | 0,63 | 0,67 | 0,00 | 1 | 720 | 588036 | | | | |
| 120 | 0,72 | 0,76 | 0,00 | 1 | 720 | 589434 | | | | |
| 140 | 0,8 | 0,83 | 0,00 | 1 | 720 | 590769 | | | | |
| 160 | 0,88 | 0,9 | 0,00 | 1 | 720 | 593698 | | | | |
| 180 | 0,96 | 0,97 | 0,00 | 1 | 720 | 596516 | | | | |
| 200 | 1,05 | 1,04 | 0,00 | 1 | 720 | 599226 | | | | |
| 220 | 1,13 | 1,1 | 0,00 | 1 | 720 | 603429 | | | | |
| 240 | 1,22 | 1,17 | 0,00 | 1 | 720 | 605922 | | | | |
| 260 | 1,3 | 1,23 | 0,00 | 1 | 720 | 609882 | | | | |
| 280 | 1,38 | 1,28 | 0,00 | 1 | 720 | 613723 | | | | |
| 300 | 1,45 | 1,36 | 0,23 | 7 | 713 | 615921 | | | | |
| 320 | 1,53 | 1,43 | 0,62 | 18 | 701 | 618044 | | | | |
| 340 | 1,6 | 1,48 | 0,89 | 27 | 692 | 623077 | | | | |
| 360 | 1,68 | 1,5 | 1,25 | 38 | 681 | 625021 | | | | |
| 380 | 1,74 | 1,62 | 1,61 | 48 | 670 | 628902 | | | | |
| 400 | 1,81 | 1,7 | 1,90 | 57 | 661 | 630166 | | | | |
| 420 | 1,88 | 1,76 | 2,24 | 67 | 650 | 631910 | | | | |
| 440 | 1,95 | 1,8 | 2,56 | 77 | 640 | 633600 | | | | |
| 460 | 2,03 | 1,9 | 2,83 | 85 | 632 | 636632 | | | | |
| 480 | 2,09 | 1,95 | 3,14 | 94 | 622 | 638203 | | | | |
| 500 | 2,15 | 2,1 | 3,47 | 104 | 611 | 638369 | | | | |
| 520 | 2,23 | 2,1 | 3,76 | 113 | 603 | 638866 | | | | |
| 540 | 2,3 | 2,18 | 4,08 | 122 | 593 | 640000 | | | | |
| 560 | 2,37 | 2,1 | 4,38 | 132 | 583 | 640130 | | | | |
| 580 | 2,44 | 2,37 | 4,79 | 144 | 570 | 636451 | | | | |
| 600 | 2,5 | 2,5 | 5,25 | 157 | 556 | 630486 | | | | |
| 620 | 2,57 | 2,6 | 5,59 | 168 | 545 | 628364 | | | | |
| 640 | 2,63 | | | | | | | | | |
| 660 | 2,68 | | | | | | | | | |

| Regimul de funcționare ales: | |
|------------------------------|------|
| GRUPUL | 2 |
| Putere [kW] | 660 |
| Debit [mc/s] | 2,68 |
| Numarul de cicluri zilnice | 2,82 |
| Numarul de cicluri lunare | 85 |
| Durata de funcționare [ore] | 642 |

Energie estimata pe centrala [kWh] 716008

Cazul 2B - Qc>Qmaxtb1gr

| CHEMP TESILA 2 | |
|--|-------|
| Debit afluent-valoare medie lunara prognozata in sectiunea de captare [mc/s] | 4 |
| Debit de servitute [mc/s] | 0,5 |
| Valoarea volumului util al bazinului compensator [mc] | 15000 |
| Numarul de zile ale lunii | 30 |
| Debitul captat mediu [mc/s] | 4,5 |

Parametrii de funcționare ai grupurilor și calculul energiei estimate pentru

| P [kW] | Qtb1 [mc/s] | Qtb2 [mc/s] | Ncz | NCL | Tf [ore] | West2B [kWh] |
|--------|-------------|-------------|---------|-----|----------|--------------|
| 0 | 0 | 0 | | | | |
| 20 | 0,26 | 0,28 | 0,00 | 1 | 720 | 669892 |
| 40 | 0,37 | 0,4 | 0,00 | 1 | 720 | 662727 |
| 60 | 0,46 | 0,5 | 0,00 | 1 | 720 | 660226 |
| 80 | 0,54 | 0,58 | 0,00 | 1 | 720 | 661914 |
| 100 | 0,63 | 0,67 | 0,00 | 1 | 720 | 661540 |
| 120 | 0,72 | 0,75 | 0,00 | 1 | 720 | 663114 |
| 140 | 0,8 | 0,83 | 0,00 | 1 | 720 | 664615 |
| 160 | 0,88 | 0,9 | 0,00 | 1 | 720 | 667911 |
| 180 | 0,96 | 0,97 | 0,00 | 1 | 720 | 671079 |
| 200 | 1,05 | 1,04 | 0,00 | 1 | 720 | 674129 |
| 220 | 1,13 | 1,1 | 0,00 | 1 | 720 | 678867 |
| 240 | 1,22 | 1,17 | 0,00 | 1 | 720 | 681662 |
| 260 | 1,3 | 1,23 | 0,00 | 1 | 720 | 686118 |
| 280 | 1,38 | 1,28 | 0,00 | 1 | 720 | 690438 |
| 300 | 1,45 | 1,36 | 0,00 | 1 | 720 | 692911 |
| 320 | 1,53 | 1,43 | 0,00 | 1 | 720 | 695299 |
| 340 | 1,6 | 1,48 | 0,00 | 1 | 720 | 700962 |
| 360 | 1,68 | 1,55 | 0,00 | 1 | 720 | 703149 |
| 380 | 1,74 | 1,62 | 0,00 | 1 | 720 | 705265 |
| 400 | 1,81 | 1,68 | 0,00 | 1 | 720 | 708936 |
| 420 | 1,88 | 1,75 | 0,00 | 1 | 720 | 710898 |
| 440 | 1,95 | 1,82 | #DIV/0! | 1 | 720 | 712600 |
| 460 | 2,03 | 1,88 | 0,34 | 10 | 711 | 716211 |
| 480 | 2,09 | 1,95 | 0,73 | 22 | 700 | 717978 |
| 500 | 2,15 | 2,03 | 1,16 | 35 | 688 | 718166 |
| 520 | 2,23 | 2,1 | 1,52 | 46 | 678 | 719849 |
| 540 | 2,3 | 2,18 | 1,92 | 58 | 667 | 720000 |
| 560 | 2,37 | 2,26 | 2,31 | 69 | 656 | 720146 |
| 580 | 2,44 | 2,37 | 2,82 | 85 | 642 | 716008 |
| 600 | 2,5 | 2,5 | 3,40 | 102 | 625 | 708297 |
| 620 | 2,57 | 2,6 | 3,83 | 115 | 614 | 706909 |
| 640 | 2,63 | | | | | |
| 660 | 2,68 | | | | | |

BIBLIOGRAFIE

- [1*] Academia Română, Secția de științe tehnice – Comisia de Energetică, *Lucrările Simpozionului "Politica energiei electrice în România"*, București, 2-3 Aprilie 1997.
- [1] Anton, I., *Turbine hidraulice*, Editura Facla, Timișoara, 1979.
- [2] Anton, V., Popoviciu, M., Fitero, I., *Hidraulică și mașini hidraulice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979.
- [2*] Andrașiu, M., ș.a., *Metode de decizii multicriteriale*, Editura Tehnică, București, 1986.
- [3*] Bărglăzan, A., *Turbine hidraulice*, I.P. Timișoara, 1951.
- [3] Bărglăzan, M., *Mașini hidraulice și transmisii hidromecanice*, Ed. Politehnica, Timișoara, 1999.
- [4] Blidaru, S., Stanciu P., Dragoi E., *Model matematic pentru simularea scurgerii în bazine mici*, *Studii hidrologice*.
- [5] Cogălniceanu, A., *Bazele tehnice și economice ale hidroenergeticii*, Editura Tehnică, București, 1986.
- [6] Cogălniceanu, A., Iorgulescu, F., *Orientări actuale în hidroenergetică*, Editura Tehnică, București, 1967.
- [7] *Conference Proceedings, Symposium - Ecological Small Hydro Power Social and Economic Impact*, oct. 5–7, Timișoara, 1993.
- [8] Dumitrescu, D., Pop, R., *Manualul inginerului hidrotehnician*, Editura Tehnică, București, 1969.
- [9] Florea, J., Panaitescu, V., *Mecanica fluidelor*, Editura didactică și pedagogică, București, 1980.
- [10] Francou, J., *Les petites installations hydroelectriques dans les pays en voie de developpement*, *La Houille Blanche* nr. 4–5, 1981.
- [11] Frisch, R. *Maxima et minima*, Paris, Editura Dunod, 1960.
- [12] Goubet, A., *Les petites installations hydroelectriques dans les pays industrialises*, *La Houille Blanche* nr. 4–5, 1981.
- [13] Haidu, I., *Evaluarea potențialului hidroenergetic natural al râurilor mici*, Editura Gloria în colaborare cu RENEL, Cluj, 1993.
- [14] *Hydro Review Worldwide*, Volume 2, number 3, fall 1994.
- [15] *Hydro Review Worldwide*, Volume 5, Number 4, Kansas City, September, 1997.
- [16] *Hydromechanical Workshop, HydroVision '98 Conference*, Reno, Nevada, USA, August, 1998.
- [17] *Hydropower & Dams*, Volume three, Issue Four, Issue Five, Issue Six, Friary Press Ltd, Dorchester, U.K., 1996.
- [18] I.N.M.H., *Elaborarea metodicii unitare de calcul a scurgerii maxime în bazine foarte mici*, București, 1977.
- [19] I.N.M.H., *Studii pentru amenajări de microhidrocentrale în bazinele râurilor Prahova și Doftana*, București, 1984.
- [20] I.S.P.H., *Studiu model de inventariere a micropotențialului hidroenergetic pentru un bazin*, *Lucrarea nr. 3/23*, 1981.
- [21] *Institutul de Meteorologie și Hidrologie, Râurile României, Monografie hidrologică*.
- [22] Ionescu, D., Isbășoiu, E. C., Ionță, I., *Mecanica fluidelor și mașini hidraulice*, Ed. Didactică și pedagogică, București, 1980.
- [23] Isaic – Maniu, Al., *Metoda Weibull*, Ed. Acad. București, 1983.
- [24] Isbășoiu, E., Georgescu, S., *Mecanica fluidelor*, Editura Tehnică, București, 1995.
- [25] *La Houille Blanche*, Nr. 8 – *Cruces et inondations*, Paris, 1994.
- [26] Manoliu, M., Ghergu, M., *Hidrologie – Lucrări practice*, I.P. București, 1981.
- [27] Masse, P. *Le choix des investissements*, Paris, Editura Dunod, 1968.
- [28] Mateescu, C., *Amenajarea cursurilor de apă*, *Bul. Soc. Politehnice București*.
- [29] Michaud, L., *La monetisation des externalites de la filiere hydroelectrique au Quebec*, *Service Milieu humain, Vice-presidence Environnement, Hydro-Quebec*, 1995.
- [30] Miculescu, T., Bazacliu, G., *Optimizări în sistemele energetice*, Editura didactică și pedagogică București, 1977.
- [31] Miclosi, C., *Electrificarea Banatului*, Ed. Uzina Electrică Comunală Timișoara, 1930.
- [32] Monition, L., s.a., *Les petites centrales hydroelectriques*, Masson, Paris, 1980.
- [33] Monition, L., *Les microcentrales hydroelectriques*, Masson, Paris, 1981.
- [34] Nations Unies, *Le potentiel hydro – electrique des ressources hydraulique de l'Europe*, New York, 1965.
- [35] Nistoreanu, V., Ghergu, M., *Centrale hidroelectrice și stații de pompare*, I.P. București, 1986.
- [36] Nourescu, A., Cogălniceanu, A., *Amenajements hydroelectriques sur les rivieres interieures de la Roumanie*, *Travaux*, mai, 1971.

- [37] Păun, M., *Criterii de sectorizare energetică a bazinelor hidrografice, Referat 2, Universitatea Tehnică Timișoara, Mai, 1996.*
- [38] Păun, M., *Măsurători energetice și probleme de optimizare a exploatarii amenajărilor hidroenergetice de mică putere, Biblioteca Tehnică FRE Ploiești, Septembrie, 1992.*
- [39] Păun, M., *Măsurători la turbinele hidraulice din CHEMA pentru determinarea caracteristicilor energetice, Revista SinPHenerg 1, Ploiești, Iunie 1997.*
- [40] Păun, M., *Metode de estimare a producției de energie în centrale hidroelectrice de mică putere pe criterii de optimizare, Referat 3, Universitatea Tehnică Timișoara, Noiembrie, 1997.*
- [41] Păun, M., *Tendențe actuale în evoluția centralelor hidroelectrice de mică putere racordate la sistemul energetic național, Referat 1, Universitatea Tehnică Timișoara, Decembrie 1994.*
- [42] Păun, M., *Rolul coeficientului de instalare în valorificarea potențialului hidroenergetic al zonelor de formare a bazinelor hidrografice, Revista ElectaPH 2, Ploiești, Ianuarie, 1998.*
- [43] Pavel, D., *Hidroenergetica generală, Editura Tehnică, București, 1952.*
- [44] *Petite hydroelectricite, nr. 1337, AFME, Paris, mai 1991.*
- [45] Petreski, Z., *Methodology and generalized model for long term planning and real time operation of complex hydropower systems, Skopje, January, 1998.*
- [46] Podani, M., *Criterii de clasificare a cursurilor de apă de pe teritoriul RPR, Meteorologie, hidrologie și gospodărirea apelor, 1., 1960.*
- [47] Preda, I., *Centrale hidroelectrice și stații de pompare, I.P. Timișoara, 1990.*
- [48] Preda, I., *Implicațiile hidroenergeticii în mediul rural - Mediul rural și problema energiei, Editura Dacia, Cluj, 1986.*
- [49] Preda, I., Sisak, E., Budisan, N., *Studiul privind realizarea unor microhidrocentrale autonome automate, Conf. MH Timișoara, sept., 1964.*
- [50] Preda, I., *Energetic opportunities for some hydrotechnical services, Symposium ecological small hydro power, social and economic impact, Timișoara, 1993.*
- [51] Preda, I., *Investigarea prin calcul programat a surselor energetice renovabile, ElectaPH 3, Ploiești, Februarie 1999.*
- [52] Preda, I., Gyulai, F., *Vorteilhafte Baustellen zur Verwertung der Windenergie in der Banater Gebirge aus Rumänien, European Wind Energy Conference, Lubeck – Travemunde, Germany, 1993.*
- [53] Priscu, R., *Construcții Hidrotehnice, Editura didactică și pedagogică, București, 1973.*
- [54] *Proceedings of Waterpower '97, August, 1997.*
- [55] *RENEL – FRE Ploiești, Studii pentru amenajări hidroenergetice de mică putere, Ploiești, 1986.*
- [56] Robitaille, A., Robert, S., and Welt, F., *Making money by improving plant Efficiency, Hydro Review magazine, Vol. XV, No. 5, 1996.*
- [57] Roman, P., Podani, M., Manoliu, M., *Hidrologie și protecția calității apelor, I.P. București, 1984.*
- [58] Salvadori, M.G., *Numerical Methods in Engineering, N.Y., 1952.*
- [59] *Systemes solaires, nr. 55/56, Lyon, 1990.*
- [60] *Technical Papers, HydroVision '98 Conference, July 28 – 31, Reno, Nevada, HCl Publications, USA, 1998.*
- [61] Ujvari, I., *Râurile mici din țara noastră ca surse hidroenergetice, Natura, 5, Cluj, 1962.*
- [62] *Volume of Conference Proceedings, National Energy Conference, 13 – 16 June, Neptun – Olimp, 1994.*
- [63] Vraciu, G., Popa, A., *Metode numerice cu aplicații în tehnica de calcul, Scrisul românesc, Craiova, 1982.*
- [64] Zavoianu, I., *Morfometria bazinelor hidrografice, Editura Academiei, București.*
- [65] **** Integral water Ressource Management, the Sulzer – Escher Wyss System Concept, Zurich, Switzerland; (prospecte).*
- [66] **** La cooperation de L'Ademe (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) avec la Roumanie.*
- [67] **** PE 306/90, Normativ cadru pentru proiectare MHC și CHEMA, RENEL, 1990.*
- [68] **** Studii de dezvoltare, re tehnologizare, cercetare, pentru anul 1994, RENEL – ISPH.*
- [69] **** Manualul inginerului hidrotehnician, Vol. 1, Editura tehnică, București, 1969.*
- [70] **** Rehabilitation et modernisation des aménagements hydro – électriques, Electricite de France ; (prospecte).*
- [71] **** Small hydro plants with compact S-turbines, Bell-Escher Wyss, Switzerland, Prospects.*
- [72] **** Francis turbines in standard configuration for small hydro plants, Sulzer-Escher Wyss Hydraulics, Switzerland, Prospects.*
- [73] **** Annual Report 1997 – RENEL.*
- [74] **** PE 011 / 82, Normativ privind calculele comparative tehnico-economice la instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice și termice, ICEMENERG, București, 1982.*

