

**PROBLEMATICA CONTROLULUI ÎN SISTEM AUTOMATIZAT AL APEI
ÎN CANALE DESCHISE CU FUNCȚIONARE MIXTĂ.
STUDIUL DOCUMENTAR ASUPRA PROBLEMELOR DE
AUTOMATIZARE ÎN CONTROLUL ȘI GESTIONAREA RESURSELOR DE
APĂ DIN BAZINE HIDROGRAFICE CU IMPLICAȚII ASUPRA
SISTEMELOR DE IRIGAȚII, DESECARI-DRENAJE ȘI ALTE FOLOSINȚE
(ADUCȚIUNI-EVACUĂRI) CU FUNCȚIONARE MIXTĂ.
EXEMPLE DIN ȚARĂ ȘI TEHNICA MONDIALĂ**

Dr. ing. Irina State Drd. ing. Neagu Ioan Prof. univ. Blidaru Valeriu

1.1 Stadiul actual al problemei automatizării canalelor deschise cu funcționare mixtă în țară

1.1.1 Schema de automatizare a rețelei de canale din sistemul hidrotehnic pentru irigații "OLT-CĂLMĂȚUI"

Sistemul hidrotehnic de irigații deservește o suprafață de circa 47.000 ha, cu un debit total de circa 36 m³/s. Aducțiunea și distribuția apei se realizează prin 4 canale de aducțiune (C1-4) și 9 canale de distribuție (D1-9), având lungimea totală de 124 km și dimensiuni diferite în funcție de debitul transportat.

Pentru automatizare, în acest sistem hidrotehnic s-a adoptat o soluție modernă, constând în automatizarea mixtă, locală și centralizată, cu centru dispecer și calculator electronic de proces funcționând în relația "on line" (fig. 1).

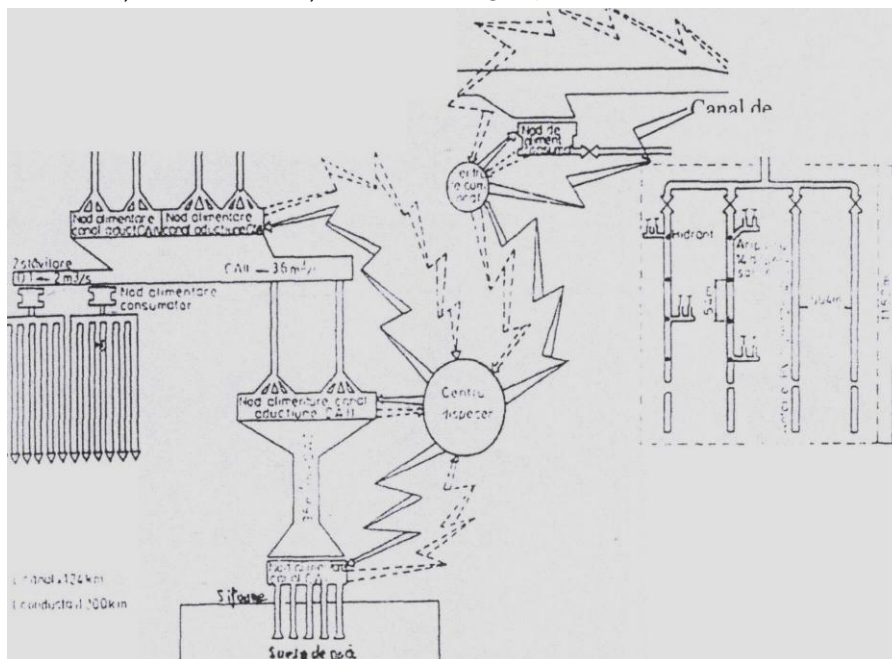


Fig. 1 Schema de principiu a automatizării sistemului hidrotehnic pentru irigații Olt - Călmățui

1.2 Stadiul actual al problemei automatizării canalelor deschise cu funcționare mixtă în tehnica mondială

1.2.1 Controlul și gestionarea resurselor de apă din bazinul râului Chu

Aplicațiile "Sistemelor de comandă automată pentru procese tehnologice" și-au găsit o largă răspândire în complexele de utilizare a apei din bazinele hidrografice ale unor râuri în perioada 1976 - 1980. Se descriu în continuare concepțiile de proiectare și condițiile de exploatare generală tehnologică a sistemelor de irigații din complexul de folosire a apei aparținând bazinului râului Chu.

Scurtă prezentare a bazinului râului Chu

Acest bazin cuprinde o rețea interconectată largă, cu numeroase râuri neregularizate (principalele surse de irigații) ce prezintă schimbări stohastice ale debitului și un număr mare de canale principale și intergospodărești care, de asemenea, prezintă variații stohastice ale debitului în cursul exploatării.

Caracteristicile esențiale ale complexului de utilizare a apei în bazinul râului Chu sunt următoarele: numărul mare și distanțele mari dintre "unitățile tehnologice controlate", schema ramificată și inelară a rețelelor de irigație, neliniaritatea caracteristicilor statice și dinamice ale unităților comandate, continuitatea și natura inerțială a proceselor supuse surselor interne și externe de perturbații stohastice eterogene.

Complexul de utilizare a apei în bazinul râului Chu include canale principale și intergospodărești a căror lungime este de circa 2000 km, peste 100 lacuri de acumulare cu regularizare sezonieră și zilnică și un număr de stații de pompare mici (fig. 2).

Cu apa prelevată din sursele neregularizate prin cele 364 construcții de priză se irigă peste 300.000 ha.

Pe canalele intergospodărești se găsesc peste 11000 construcții hidrotehnice și circa 2000 stații hidrometrice.

Sursele principale de irigație sunt râul Chu și afluenții săi - râuri de munte cu alimentare din ghețari și zăpadă.

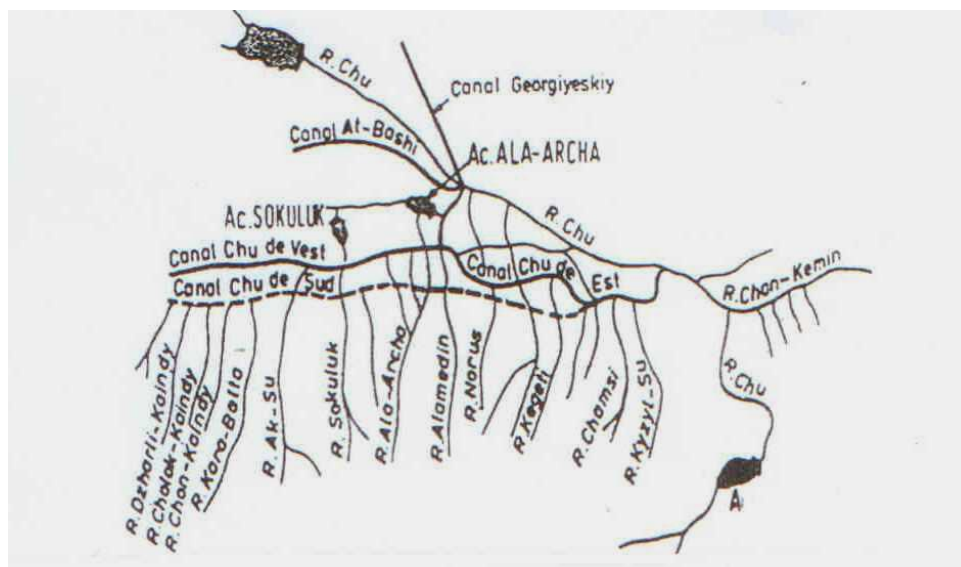


Fig. 2 Schema generală a Complexului de utilizare a apei în bazinul râului Chu

Schema de exploatare a complexului de utilizare a apei în bazinul râului Chu

Apa eliberată din rezervorul (acumularea) Orto-Tokoi și debitul evacuat din râul Chon-Kernin intră la prizele stației de pompare de la capătul canalului Burda și apoi printr-un canal ajunge la By-passul Chu (fig. 3). Întrucât sunt reduse pierderile de apă prin infiltrații, By-passul Chu derivează debitul maxim, care este distribuit consumatorilor, aflați de o parte și de alta a traseului său, surplusul de apă fiind cedat marelui canal Chu de est.

Canalul este alimentat pe traseul său (circa 100 km) și de apele de inundație ale râurilor de munte (Shamsi, Issyk-Ata) totalizând astfel un debit de aproximativ 50 mc/s. În perioada de ape medii, surplusul de debit din râul Chu (ceea ce rămâne după utilizarea de către consumatori a debitelor necesare) este descărcat în marele canal Chu de Vest, prevăzut cu două prize principale având un debit de 58 mc/s și o lungime de circa 150 km. În perioada de ape mari marele canal Chu de Est, este alimentat la capacitatea maximă, iar ceea ce rămâne este descărcat în râul Chu și trecut prin canalul său către construcțiile de distribuție Chumysh. În afară de asigurarea apei pentru irigații (circa 90000 ha), marele canal Chu de Vest alimentează, printr-un canal de descărcare, cascada de stații hidroelectrice din zona centrală a complexului de utilizare a apei și alte subsisteme tehnologice din valea râului Chu (fig. 4).

Datorită naturii stohastice a scurgerii unor râuri neregularizate, sursa principală externă ce perturbă exploatarea canalelor principale și intergospodărești, apare o distribuție neuniformă a apei către beneficiari și pierderi considerabile.

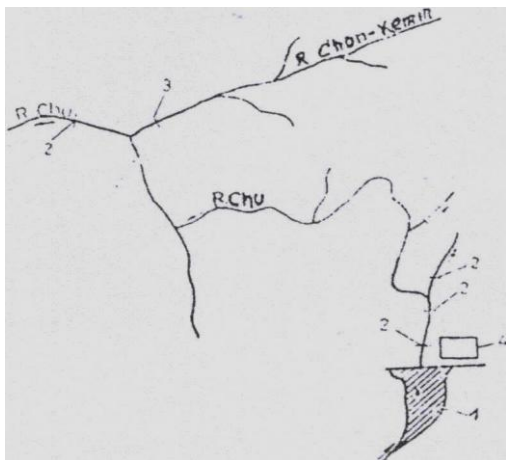


Fig. 3 Confluența râului Chu și Chon-Kemin

- 1 - acumularea Orto-Tokoi; 2 – post hidrometric;
- 3 - ultimul post hidrometric de pe râul neregularizat Chon-Kemin; 4 - centru de control

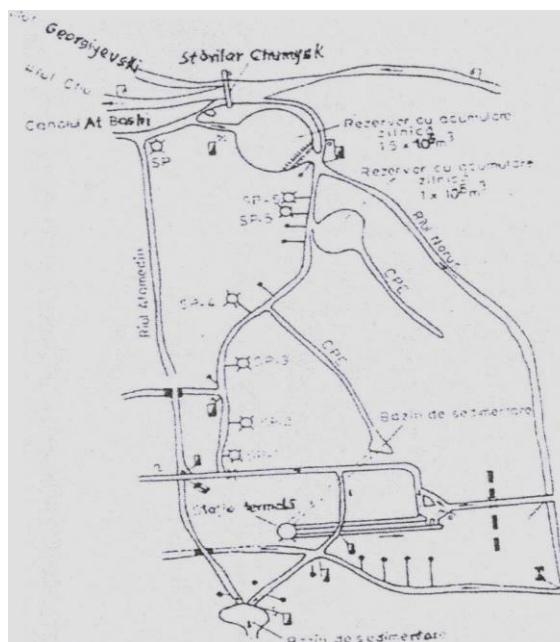


Fig. 4 Schema zonei centrale a Complexului de utilizare a apei in bazinul râului Chu

Principii și scheme de proiectare a sistemelor de comandă automată în complexul de utilizare a apei

Întrucât exploatarea întregului complex de utilizare a apei este influențată de numeroase perturbații externe (inegală utilizare a apei de către consumatori în timpul perioadei planificate, probleme legate de distribuirea apei către beneficiari etc.), a apărut necesitatea conceperii și

introducerii unor sisteme de comandă automată care să asigure un control riguros al gestiunii resurselor de apă și o exploatare rațională. În acest mod, sistemul de comandă automată a fost divizat în subsisteme tipice funcțional, ce asigură un control riguros la toate nivelurile de exploatare (definind astfel "structura funcțională a subsistemelor tehnologice a Sistemelor de comandă automată pentru procese tehnologice în zona centrală a Complexului de utilizare a apei" - fig. 5), subsisteme care, în principal, se referă la: planificarea captării și distribuției optime a apei între gospodării, evacuarea apei din sistemele de irigații, reglarea compensativă a debitului etc.

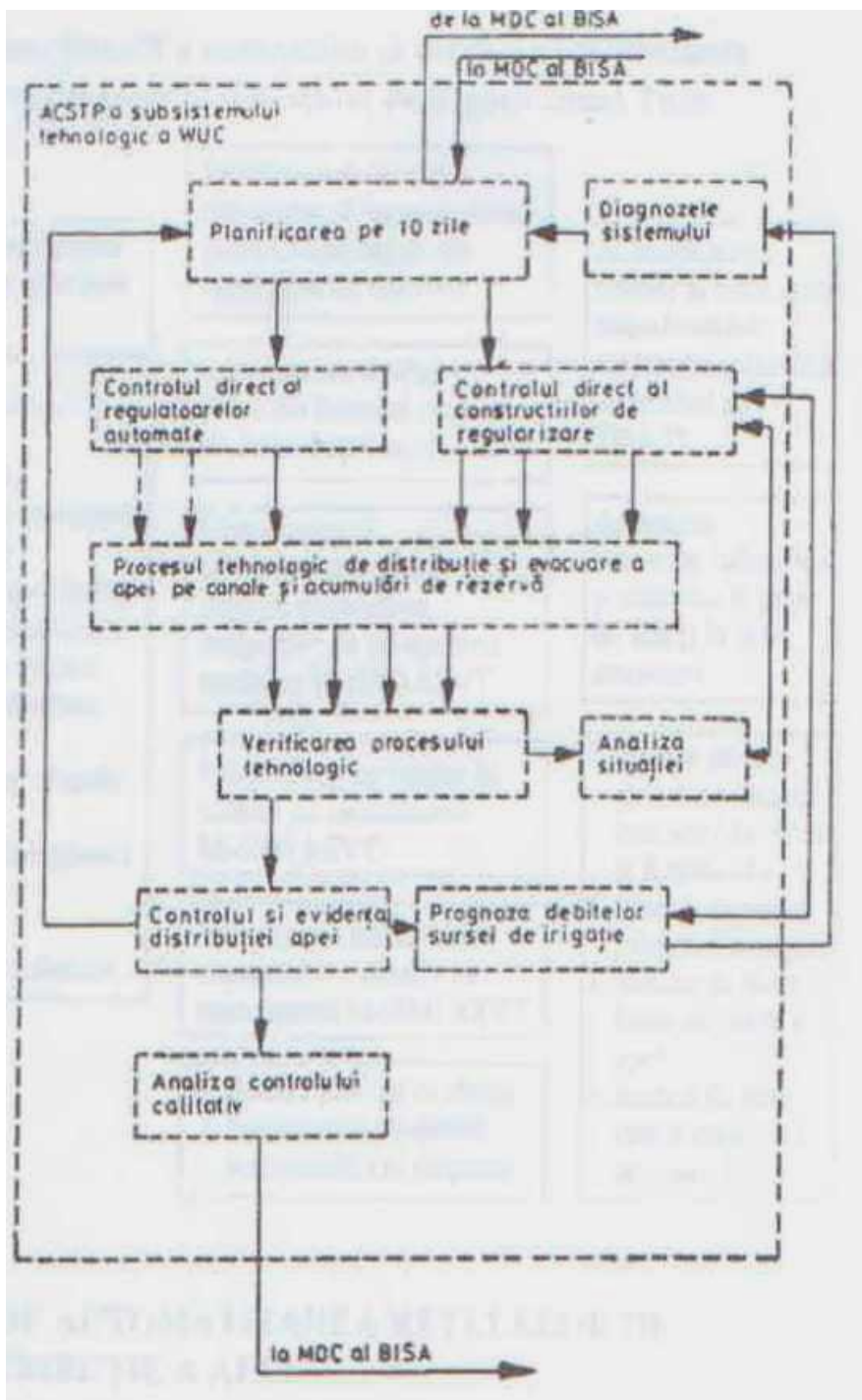


Fig. 5 Structura funcțională a subsistemului tehnologic a ACSTP din zona centrală a WUC

1.2.2. Schema sistemului de irigații echipat cu mijloace de control automat și schema funcțională privind controlul și verificarea centralizată pe canalul Tush

Se prezintă în continuare schema unui sistem de irigații echipat cu mijloace de control automat și schema funcțională privind controlul și verificarea centralizată pe canalul Tush (fig. 6 și tabelul 1).

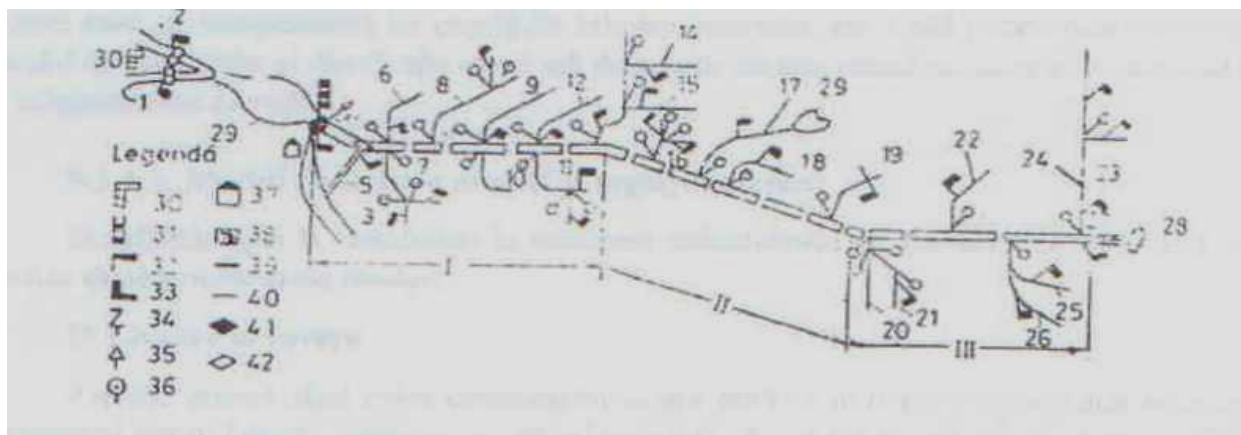
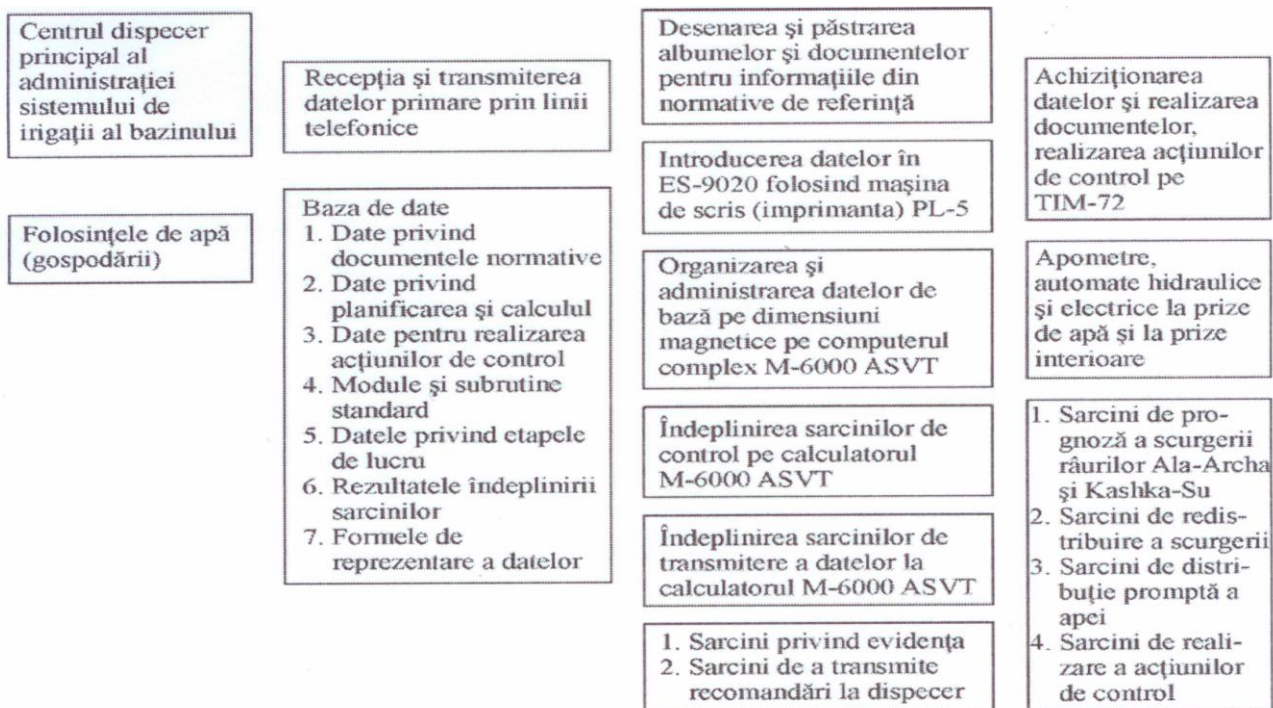


Fig. 6 Schema sistemului de irigație alimentat din canalul Tush

I-III - tronsoane ale canalului principal Tush; 1-2 - surse de irigație (râuri); 3 - râu; 5 - descărcător; 5-27 - canale secundare; 28-29 - acumulări cu regularizare zilnică; 30 - stație hidrometeo; 31 - apometru; 32 - post hidrometric; 33 - stăvilar de distribuție; 34 - cădere; 35 - deversor preaplin; 36 - evacuare existentă; 37 - centru de control; 38 - canal principal; 39 - canal intergospodăresc; 40 - canal de alimentare a unei gospodării; 41 - prize existente



Tabelul 1. Schema funcțională a controlului și verificării centralizate pe canalul Tush. Centrul dispecer al sistemului de irigații canal Tush

1.3 Principiul automatizării amenajării fluviului Rhône inferior

În domeniul automatizării marilor sisteme hidraulice, un loc de avangardă îl ocupă realizările specialiștilor francezi la programul de automatizarea amenajărilor complexe de pe fluviul Rhône, aval de Lyon, pe o lungime de 127 km. Acest complex hidrotehnic (fig. 7) folosește automatizarea din a doua generație, bazată pe sistemul conducerii mixte - locale și centralizate - cu ajutorul unui calculator care funcționează pe baza simulării lor numerice a comportării întregului sistem hidrotehnic.

Multitudinea factorilor (chiar contradictorii) impuși de diversitatea folosințelor a condus la automatizarea complexă a funcționării nodurilor hidrotehnice importante. Centrul de calcul este creierul indispensabil, centrul vital al întregii amenajări și îndeplinește trei funcții:

- primește informații globale asupra întregului sistem și asupra condițiilor de exploatare;
- stabilește debitele ce vor fi evacuate prin sistem, ținând seama de comenzile primite de la diverse folosințe, de perturbațiile înregistrate, de starea retențiilor și organelor de execuție;
- elaborează comenzile pentru organele de execuție.

Întregul ansamblu de lucrări hidrotehnice automatizate răspunde la folosințe multiple, ca:

- producerea de energie electrică la cerere;
- asigurarea unei căi navigabile de 310 km;
- alimentarea cu apă a irigațiilor, centrelor populate și industriei;
- crearea unei zone de agrement și turism.

Tehnica de automatizare acceptată răspunde folosințelor multiple, este subordonată principiilor de livrarea apei și folosește mijloacele de automatizare adecvate scopului urmărit.

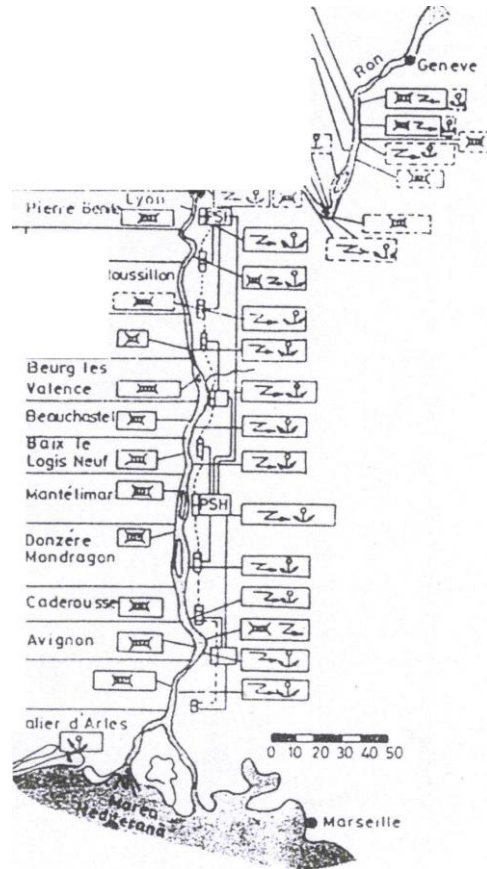


Fig. 7 Schema de amenajare a fluviului Rhône (cu automatizare)

1.4. Principiul automatizării din sistemul de irigații Canal Provence

Sistemul Canal Provence face parte din Amenajarea hidraulico-agrară Durance - Verdon, amenajare complexă ce folosește resursele de apă a râurilor Durance și Verdon.

Sistemul Canal Provence se alimentează din canalul mixt al Departamentului Electric Francez și Sistem Provence, ce primește apele din acumularea Gréoux-les-Bains.

La Boute, acest canal mixt se ramifică în canalul energetic și Canal Provence, care deservește cu apă localități, industriei și agricultură. La Rians, canalul se ramifică în ramificația Bimont și Canal Provence II, care la rândul lui, la Pourcieux se ramifică spre Marsilia și departamentul Var. Debitul total de 40 m³/s alimentează cu apă centre populate, industrie și 53.000 ha suprafețe irigate.

Întreg Sistemul Canal Provence este automatizat cu comandă hibrid "aval" și "amonte", în funcție de principiul de livrare a apei. Automatizarea folosită este de tip local, cu supraveghere prin telemăsură și control, iar nodurile cheie ale sistemului sunt prevăzute cu echipament de automatizare cu comandă centralizată care, în caz de dereglare a automatizării locale, intervin în distribuția apei. Nodurile de distribuție (Boutre, Rians, Pourcieux, Signes etc.), prizele principale, nodurile de racordare de tip local, sunt echipamente cu vane AVIO, AVIS, partitoare etc. La aceste noduri principale se efectuează măsurătorile telemetrice ale parametrilor curgerii, care se teletransmit la centrul de telecontrol Tholonet (fig. 8). Datele prelucrate se transmit centrelor de comandă teritoriale Rians, Pourcieux, Signes etc., care, la rândul lor, au în subordine comanda și controlul nodurilor hidrotehnice aferente (ex.: Centrul teritorial de la Rians controlează și comandă priza Boutre, ramificația Bimont, nodul Rians și parțial Canalul Provence II). După cum s-a mai menționat, echipamentul de automatizare locală este secundat de echipament telecomandat care intervine în caz de blocare sau dereglare a comenzii locale.

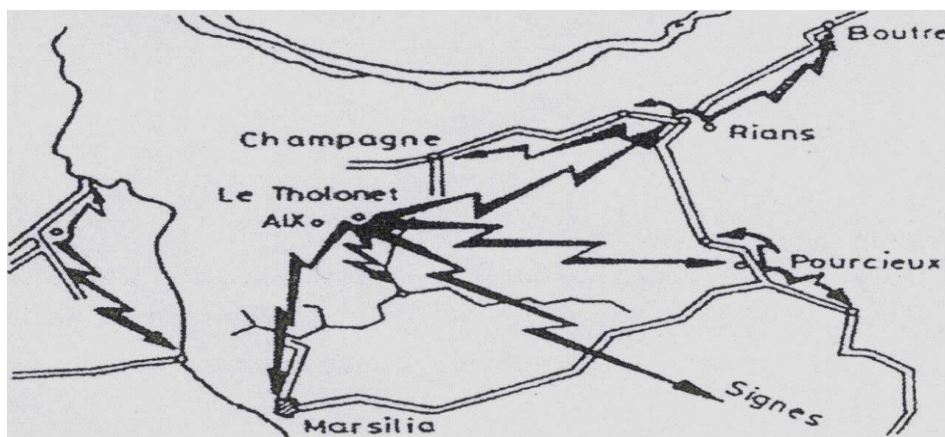


Fig. 8 Schema rețelei de teletransmisie a sistemului Canal Provence

Supravegherea funcționării ansamblului este asigurată de un calculator amplasat în centrul de greutate al ansamblului (Le Tholonet), care elaborează condiții optime de funcționare a amenajării. Centrele locale de comandă, pe baza informațiilor de la centrul dispecer și "starea" echipamentelor din subordine, eliberează comenzile pentru acestea, dacă parametrii hidraulici realizați de automatizarea locală nu corespund.

Schema principală de automatizare a Sistemului Canal Provence scoate în evidență particularitățile automatizării unei aducțiuni și distribuții gravitaționale. Sistemul de automatizare locală este secundat de automatizare telecomandată, fiecare în parte putând realiza separat parametrii de reglaj. Reglajul dublu este adoptat pentru fiabilitatea sistemului, telemăsura asigurând evidența precisă. Instalațiile de telemăsură, control și comandă sunt prevăzute și cu echipament de alimentare cu energie electrică proprie, independentă de rețeaua publică, tot în scopul măririi fiabilității.

În afara celor arătate, întreaga amenajare este asigurată cu căi de acces comode care permit intervenții rapide în caz de avarii.

1.5 Schema consorțiului Ticino alimentat din Lacul Maggiore - cu funcționare automată și cu folosință complexă a apei

Dintre marile sisteme de irigații care folosesc ca sursă de apă cu folosință complexă și funcționare automată - acumulările se numără și consorțiul Ticino. Aceste surse de apă din acumulări sunt capabile să asigure apa "la cerere" (fig. 9).

Râul Ticino izvorăște din partea sudică a Masivului Gotthard din Elveția curge spre sud trece prin Lacul Maggiore, se varsă în Pad care la rândul lui se varsă pe teritoriul Italiei în Marea Mediterană.

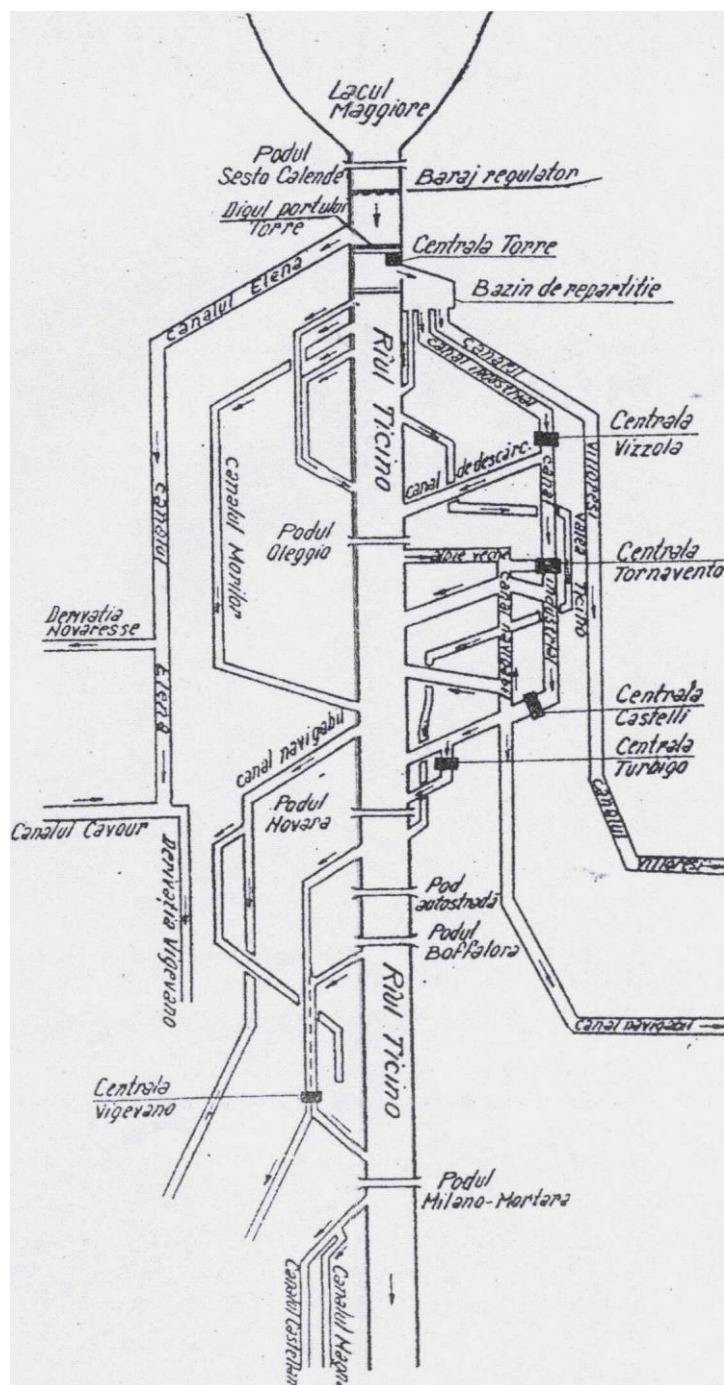


Fig. 9 Reprezentarea schematică a prizei și derivațiilor din râul Ticino, pentru irigații și energie electrică (Italia)

Caracteristicile tehnice ale râului Ticino sunt:

- L = 248 km;
- lăț = 60 - 400 m;
- h < 6 m;
- S bazin hidrografic = 7228 km²;
- Q max = 5000 m³/s;
- Q med = 350 m³/s;
- Q min = 54 m³/s vara.

Râul Ticino trece prin lacul Maggiore de origine glacială. Lacul Maggiore, denumit și Verbano, este situat în mare parte în Italia și se întinde pe o suprafață de 212,5 km². Malul stâng al lacului se află în regiunea Piemonte, malul drept în Lombardia, iar partea amonte, spre nord, se află în Elveția în provincia Ticino.

De la lanțul sudic al Alpilor până la marginea platoului „Padana” se întinde partea italiană a lacului Maggiore. Cu o lungime de 66 km și o lățime de până la 12 km este al doilea cel mai mare lac al Italiei și una din cele mai îndrăgite destinații de vacanță în această țară.

Situat în nordul Italiei, la granița cu Elveția, la poalele Masivului Gothard, lacul Maggiore este "marea interioară" a Italiei.

Lacul Maggiore are următoarele caracteristici tehnice

- S bazin hidrografic = 6590 km² - din care 3329 km² - în Italia și 3369 km² - în Elveția;
- L = 66 km;
- lăț. max. = 12 km;
- S = 212,5 km² - 80% în Italia; 20% în Elveția;
- V = 37,5 miliarde m³ apă;
- h max = 372 m;
- h med = 177,4 m;
- h min = h prag. deversor = 192 m;
- h moderat max = 193,8 m;
- h atenție = 195 m;
- h pericol = 195,5 m

Afluenții Lacului Maggiore, cei mai importanți sunt: Maggia, Toce - principalul afluent, Versaca și Tresa.

Apa din lacul Maggiore este utilizată pentru diverse folosințe: alimentări cu apă, hidroenergetică, irigații, piscicultură, agrement, etc. Datorită faptului că se găsește situat la cota foarte înaltă cu ajutorul diferitelor lucrări hidrotehnice executate de la barajul de acumulare în aval s-a creat posibilitatea folosirii apei din acumulare pentru diferite scopuri. Astfel fără cheltuieli prea mari apa se poate folosi pentru irigații fără a fi nevoie de pompare ei. Prin execuția unor canale apa este transportată în diferite zone îndepărtate unde se poate folosi pentru irigații gravitaționale.

Rețeaua de canale de irigații asigură apă pentru o suprafață irigabilă de 400.000 ha din provinciile Milano, Pavia, Novara și Vercelli. Centralele hidroelectrice asigură 30% din energia electrică pentru provincia Lombardia.

La 3 km în aval de lacul Maggiore există un baraj regulator numit Torre (h = 130 m) ce deservește centrala hidroelectrică Torre. În aval de baraj s-a construit un bazin de repartiție - derivație numit bariera (Miorina) Morilor. Aici se asigură cea mai bună folosire a apei pentru agricultură, industrie și hidroenergetică.

În decursul anilor, începând din 1901, s-au dat în folosință 12 centrale hidroenergetice, prima fiind centrala Vizzola. Astăzi numai o parte din ele mai sunt active.

Din bazinul de repartiție se asigură sub control automat - volume de apă pentru următoarele canale: C. Villorosi, C. Industrial, C. Morilor, C. Elena și, alte canale navigabile.

Pe partea stângă, în provincia Lombardia, se asigură transportul apei pe canalul Villorosi - L = 86 km - pentru centrala hidroelectrică Villorosi, pentru transportul naval și pentru irigații. Tot pe partea stângă este construit C. Industrial pe care sunt amplasate centralele hidroenergetice: Vizzola, Tomavento și Turbigio. Acest canal asigură apa și pentru canalul navigabil care este paralel cu acest canal. Cu ajutorul diverselor construcții hidrotehnice apa se menține pentru a asigura anumite nivele în aceste canale iar o parte din volumul de apă este deversată în aval, în râul Ticino. Reglarea nivelurilor se efectuează sub control automat aval în funcție de necesități. Având în amonte lacul Maggiore apa se asigură "la cerere", neimpunându-se restricții în folosirea apei.

Pe partea dreaptă sunt construite C. Elena ce asigură apa pentru irigații în provincia Milano, iar pentru provincia Novara sunt canale navigabile ce asigură apa pentru centrala hidroenergetică Vigevano.

1.6 Schema sistemului de control aval utilizată pentru comandă automată a stației de pompare de pe canalul Coalinga-California - U.S. A.

În situația când anumite suprafețe de teren (platouri întinse, versanți), nedominate gravitațional de schema hidrotehnică (rețea magistrală) nu pot primi apă folosind energia de poziție (gravitațional), se folosesc instalațiile de ridicare mecanică adecvate, care să asigure cererile consumatorilor în orice moment. Astfel de instalații automate de ridicare mecanică a apei - în ipoteza distribuției apei "la cerere" - au fost proiectate de Serviciul Resurselor de Apă și Energie din California.

Sistemul de comandă utilizat folosit în exploatarea instalațiilor lor de pompare combină două moduri de reglare: reglarea de tip "deschis - închis" și reglarea "proporțională - proporțională corectată" (P+PR).

Față de sistemul clasic de exploatare "deschis-închis", folosind reglarea "proporțională - proporțională corectată", se asigură o modificare graduală a deschiderei vanei în funcție de cerințe, astfel:

- regulatorul proporțional "P" - asigură reglarea primară (brută);
- regulatorul proporțional corectat "PR", folosind ca mărime de intrare mărimea de ieșire de la regulatorul "P" - asigură reglajul parametrilor hidraulici conform cerințelor consumatorilor;

Un astfel de sistem de comandă automată a instalațiilor de pompare, folosind controlul din aval (aferent distribuției la cerere), a fost realizat în California (fig. 10).

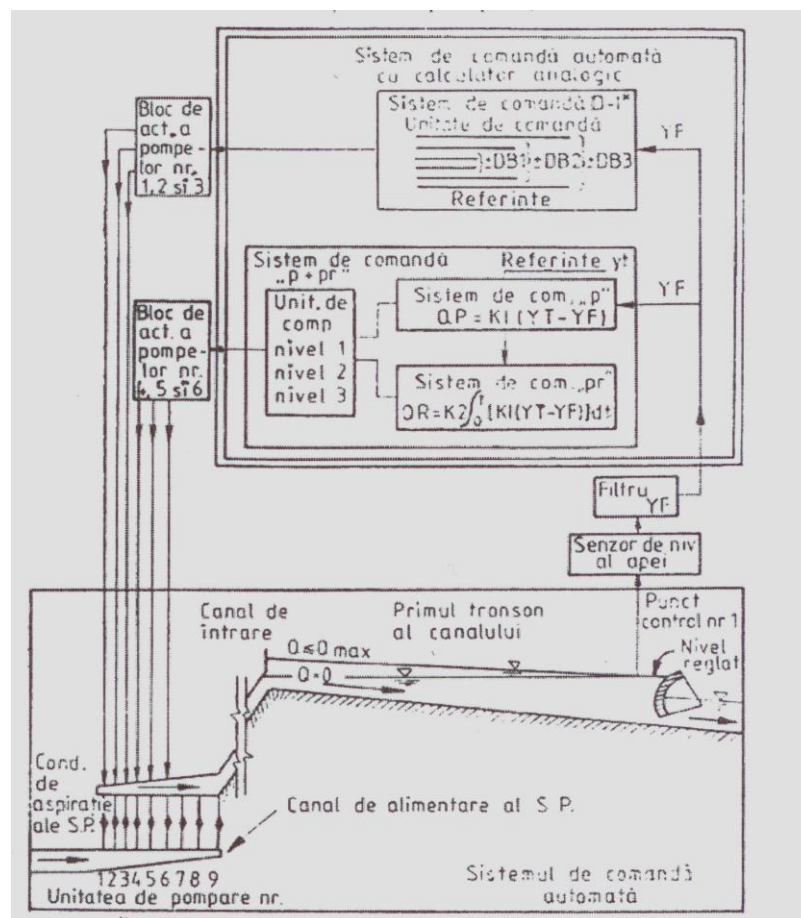


Fig. 10 Schema sistemului de control din aval utilizată pentru comanda automată a stației de pompare de pe canalul Coalinga

Stația de pompare ridică apa la o înălțime de 55 m din canalul San Luis în canalul Coalinga, canal ce are o lungime de 18,7 km și un debit de 32,2 mc/s. Structural, stația de pompare include 9 agregate: 3 agregate de pompare, având fiecare un debit de 1,3 mc/s ce funcționează în sistemul "deschis-închis", 3 agregate de pompare având 3,5 mc/s ce funcționează în sistemul de reglare "P + PR" și 3 agregate mari de 5,9 mc/s, care sunt reglate manual și care intervin atunci când cererile din aval depășesc capacitatea celor 6 unități de pompare comandat manual.

În sistemul de reglare "deschis-închis", unitățile individuale de pompare (pompele sunt acționate în raport cu modificările nivelului apei din capătul aval al primului tronson de canal).

Pentru a limita frecvența de pornire și oprire a pompelor și pentru a preveni instabilitatea întregului sistem, în sistemul de comandă automat este inclus un anumit domeniu de reglare (prestabilit), în limitele căruia se reglează funcționarea normală a întregului ansamblu. În afara acestui domeniu, funcționarea sistemului este instabilă.

Modul de reglare "P+PR" se realizează utilizând de asemenea modificările nivelului apei, care sunt convertite într-un semnal electronic, care filtrat (semnalul electronic) de un filtru electronic, YF, ajunge la blocul de comandă "P + PR". În acest bloc de comandă, semnalul electronic filtrat intră mai întâi în regulatorul "P" care rezolvă ecuația:

$$QP = K_1 \cdot (YT - YF) \quad (1)$$

în care:

QP - debitul prescris de regulatorul proporțional "P";

K_1 - constantă proporțională de amplificare;

YT - nivel de referință;

YF - nivelul apei în canal, modificat de elementul de filtrare.

Semnalul ieșit din regulatorul "P" (QP) este semnalul de intrare în regulatorul "PR", care rezolvă ecuația:

$$QR = K_2 \int_0^t (QP \pm RDB) dt \quad (2)$$

în care:

QR - debitul prescris de regulatorul "PR";

K_2 - constantă proporțională de amplificare;

t - timpul real (în secunde);

$\pm RDB$ - domeniul de reglare cerut de regulatorul PR.

Semnalele de ieșire QP și QR sunt semnale de intrare pentru blocul comparator, care însumează algebric aceste semnale, pentru a obține debitul total la stația de pompare.

Pentru exploatarea sistemului de comandă automată din aval, utilizând reglarea "P + PR", a fost necesară selectarea cu atenție a constantei de timp a filtrului, nivelul treptei (ZT - ZF) și factorii de proporționalitate K_1 și K_2 .

O altă metodă de reglare din aval, cunoscută și sub numele de EL - FLO (filtru electronic cu trepte de nivel) și RESET s-a utilizat și se utilizează pe două sisteme de canale din California.

Ca și modul de reglare "P+PR", un senzor de nivel al apei la capătul aval a tronsonului canalului asigură intrarea la regulatorul proporțional EL - FLO, situat în partea amonte a vanei reglatoare. Semnalul ieșire din regulatorul EL - FLO, este semnal de intrare în regulatorul RESET, de unde rezultă calculul automat al debitului necesar în aval la consumatori și implicit deschiderea necesară a vanei reglatoare automate.

Un bloc de comparare, compară deschiderea actuală a vanei automate cu deschiderea necesară, așa cum a fost calculată prin sistemul EL - FLO și RESET și deci se ajustează vana conform cerințelor din aval.