

Fleirmålsmodell for Lenavassdraget

Av Kjell Øren

Kjell Øren er siv.ing. frå NTH, bygg 1973, og tilsett som forskar på NIVA.

*Innlegg på seminar i Norsk Vannforening
25. november 1981.*

1. FLEIRMÅLSPLANLEGGING ER ØNSKJELEG I KONFLIKTANALYSAR

Røyster og interesser i mangfald kastar seg inn i kampen for og mot bruk, misbruk og vern om vassressursane:

- Bygg ut for kraftføremål!
- Meir jordvatning!
- Vern om naturen!
- Nok vatn til fisken!
- God kvalitet!
- Bli kvitt avløpsvatnet!
- Godt og nok drikkevatt!
- Nabobygda får greie seg sjølv!

Lenavassdraget i Oppland fylke er heller lite med eit tilsigsområde på 292 km², og ei gjennomsnittsvassføring ved utløpet på kring 3 m³/s. Vel 11 000 personar soknar til vassdraget, og landbruk er dominerande næringsveg i området.

Konfliktane er lokale og finst meir utfalda i lokalpressa enn i dei store landsavisene. Kampen om vassdropane er der likevel i tørre somrar, spesielt er det aukande interesse for jordvatning. Dessutan er det tidvis dårleg vasskvalitet i elva.

NIVA har nytta dette vassdraget som det praktiske og konkrete utgangspunkt

for modellaktivitetane innan vassbruksplanlegging.

Denne artikkelen illustrerer arbeidsform og metode. Fleire detaljar finst i prosjektrapporten (1).

2. KONKRETE MÅL OG TENLEG VERKTØY GJER FLEIRMÅLS- PLANLEGGING MOGELEG

2.1. Mål

Dei spesifikke måla for bruk av vassdraget er uttrykt i tabell 1.

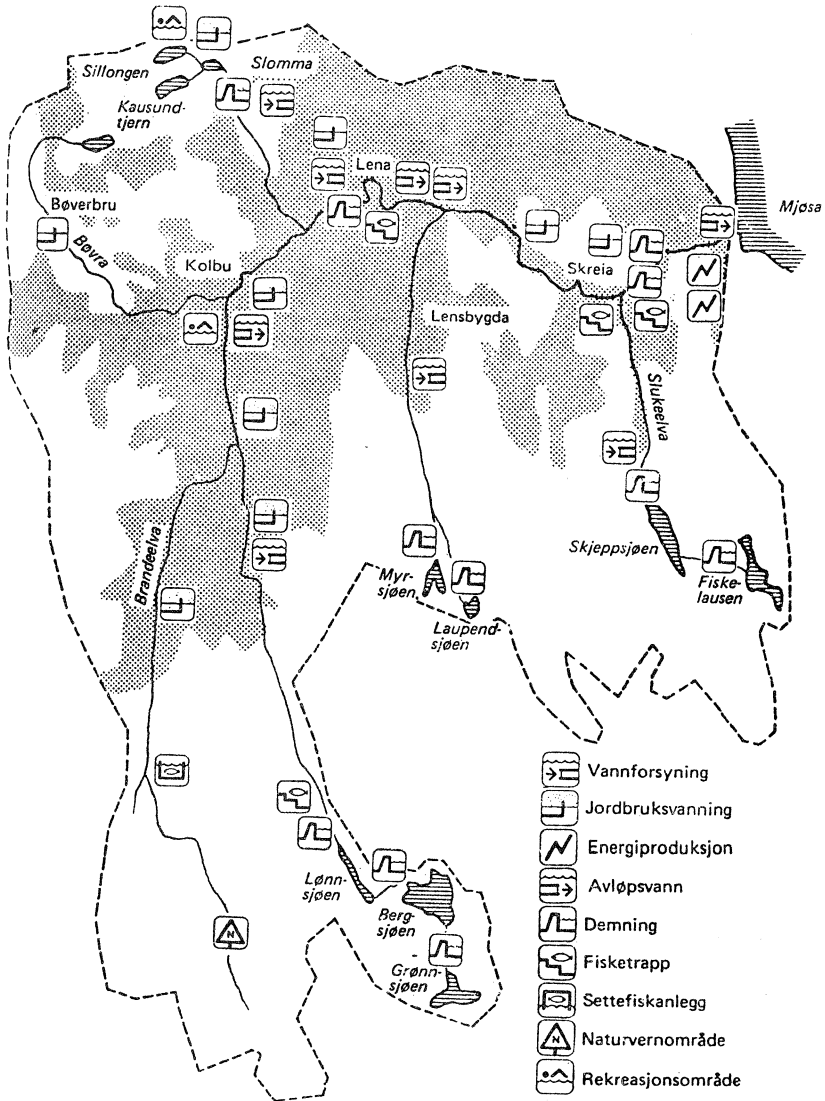
Ein merkar seg at vi opererer med to typar måloppnåing:

- maksimering eller minimering
- tilfredsstillande tilhøve.

I det første tilfelle har vi ein glidande skala, i det andre enten/eller-løysingar.

Dei 4 første måla er lette å oppnå eit kvantifiserbart uttrykk for. Mål 5 uttrykkjer ønskje om fleksible løysingar som er gunstige sjølv med endra føresetnader. Noko objektivt mål for dette er ikkje gjort forsøk på å utvikla, og det er brukt ei skjønnsmessig vurdering.

For måla 6, 7 og 8 er det føresett at ei enten/eller-løysing er aktuell. Ein vernar t.d. Vindflomyra helt ut, eller byggjer demning og lagar så stort magasin som er mogeleg. Mellomløysingar er lite aktuelle.



Figur 1. Bruksformer i Lenaelva i dag.

Tabell 1. Formulering av mål.

Mål	Minimer Maximer Tilfredsst.	Skildring	Symbol	Eining
1	Minimer	Noverdien av netto kostnad (kostnad - inntekt) for investering, drift og vedlikehald av dammar, overføringsanlegg, fisketrapper, kraftverk, vassforsynings- og jordvatningsanlegg	COST	10^6 kr
2	Maximer	Energiproduksjonen i nedbørfeltet	ENG	MWh/år
3	Maximer	Vatna dyrka areal i nedbørfeltet	IRR	km ²
4	Minimer	Import av vatn til nedbørfeltet frå Vestre Toten og Hurdal kommune	IMP	10^6 m ³ /år
5	Maximer	Fleksibilitet overfor endra krav og føresetnader	FLEX	Subjektiv skala
6	Tilfredsst.	Vern av Vindflomyra	PROT	(ja/nei)
7	Tilfredsst.	Minimumsvassføring i elv og fisketrapper (omsynet til vasskvalitet og fisk)	FLOW	(ja/nei)
8	Tilfredsst.	Leveranse av drikkevatt til Vestre Toten på dagens nivå	WAEXP	(ja/nei)
9	Tilfredsst.	Tilstrekkelig forsyning av hygienisk akseptabelt vatn både til hushald og industri	DRINK	ja

Likeeins er minimumsvassføringane i elv og fisketrapper vurdert — enten har ein tilstrekkeleg vatn, eller ikkje.

Mål 9, vassforsyning, er uttrykt som eit ufråvikeleg krav.

2.2. Verktøy

Arbeidet byggjer på to overordna prinsipp:

1. Bruk av ein systematisk angrepsmåte på komplekse problem gjer det mindre sannsynleg at viktige aspekt vert uteløynde.
2. Ein grovve, men oversiktleg modell for dei rette problemstillingane i eit vassdrag er meir nyttig enn ein detaljert og snever modell for eit sideordna problem.

Ut frå dette har vi valt å nytta ein utvalsmoell. Denne modelltypen er gjerne enkel, og har til føremål å gje oss ei spennvidde av aktuelle og interessante alternativ som det er verd å undersøka vidare.

Modellar av dette slaget er ofte forma som optimaliseringsmodellar.

3. UTVALSMODELLEN ER ENKEL

Oppgåva er avgrensa slik:

— Korleis kan vi på best måte skaffa nok vatn for å tilfredsstille flest moglege bruksformer i vassdraget?

Krava til dei kvalitetsavhengige bruksformene er då ikkje uttrykt direkte ved vasskvalitet, men indirekte ved bruk av *kvantitetsmål*.

Alle aktivitetar og kvantitetsendringar i vassdraget er føreset skje i *knutepunkt*. For modelloppbygginga i Lenavassdraget er det lagt avgjerande vekt på at det skulle vera lett å kjenna seg att i modellen. Difor har modellen ut frå skjønsmessige vurderingar enda opp med 23 knutepunkt totalt, av desse er 11 knytta direkte til magasin.

Vassdraget er hydrologisk karakterisert ved flaumar vår og haust, og låg sommarvassføring. Grunnlaget for ei statistisk vurdering av hydrologiske data er likevel ikkje tilstades p.g.a. korte tidsseriar.

Bruksmåtane er dessutan mykje nær knytta til lengre samanhengande periodar innan årstidene vinter, vår, sommar og haust. Som ei grov tilnærning er analysen difor for ein bestemt årssyklus med desse

4 sesongane, og alle inngangsverdiar er gitt som deterministiske gjennomsnittsverdiar for dei aktuelle tidsperiodane.

Ein av føresetnadene våre bak dette arbeidet var at vi ville nytta teknikkar som var godt utprøvde, m.a. i USA. Dessutan ville vi i ein prøvofase arbeida enkelt og unngå mykje programmeringsarbeid. Trass i problema med linearisering valde vi difor lineær programmering som optimaliseringsrutine.

4. MATEMATISK FORMULERING AV EIN FEIRMÅLS LP-MODELL

4.1. Generell modellformulering

Som eit fleirmåls lineært programmeringsproblem kan modellen uttrykkjast såleis:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z(x_1, x_2, \dots, x_n) &= (Z_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ &Z_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\dots, Z_p(x_1, x_2, \dots, x_n)) \\ \text{s/t } g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ x_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

der $Z(x_1, x_2, \dots, x_n)$ = fleirmålsfunksjonen

$$Z_1(), Z_2(),$$

$$Z_p() \quad = \quad p \text{ individuelle målfunksjonar}$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \quad = \quad n \text{ beslutningsvariable}$$

$$g_1(), \dots, g_m() \quad = \quad m \text{ avgrensingar/føresetnader}$$

4.2. Spesielle mål og føresetnader

Dei generelle formuleringane må gjerast om til praktiske, konkrete likningar som skildrar Lenavassdraget. Skissemessig blir dette uttrykk for:

Mål, spesifisert i tabell 1.

Føresetnadene knyter seg til

- kontinuitet
- magasinivolum
- jordvatning
- kraftverk
- import/eksport
- drikkevassforsyning
- industrivassforsyning
- verneomsyn.

Den resulterande LP-modellen har:

- a. 9 mål
- b. 240 beslutningsvariable
- c. 187 føresetnader
- d. 155 avgreinsingar på variable.

4.3. Løysingsmetode

Ein føresetnad for å løysa dette problemet med standard matematisk programmeringsteknikk er at det kun finst *ein* målfunksjon, og ikkje fleire, slik tilfellet er her.

Typisk for alle fleirmålsteknikkar er at planleggjaren åleine ikkje kan nytta objektive kriterier for å nå fram til det eine optimale resultat, men er avhengig av beslutningstakaren sin respons og sine reaksjonar undervegs.

Vi har sett det som eit viktig mål å gje beslutningstakarane eit grunnlag å vurdere ut frå, utan at vi vurderer måla implisitt mot kvarandre.

I tråd med dette har vi prøvt ut avgrensingsmetoden og framstilt resultatata etter verdiprofil.

Reint praktisk går metoden ut på å optimalisera ein og ein målfunksjon om gongen, og formulera dei andre måla som systemføresetnader.

For kvart alternativ finn ein fram til løysingar som er «best» mogeleg (dvs. «noninferior» eller «Pareto-optimale»), slik at ein ikkje kan oppnå større måloppnåing for eitt mål utan at det går ut over andre.

Når ein på denne måten optimaliserer eitt og eitt mål, og samstundes reknar ut tilhøyrande Pareto-optimale verdiar for dei andre, får ein fram spennvidda for dei éinskilde måloppnåingane. Både desse ytteralternativa, og andre konkrete, mellomliggende alternativ, kan framstillast med verdiprofil.

5. RESULTATFRAMSTILLING

Alle resultat er avhengig av eit sett med føresetnader. Sidan det ikkje er rom for å gå inn på desse her, vil vi kun ta med døme på resultatframstilling.

Vi har i Lenaprojektet nytta tre trinn:

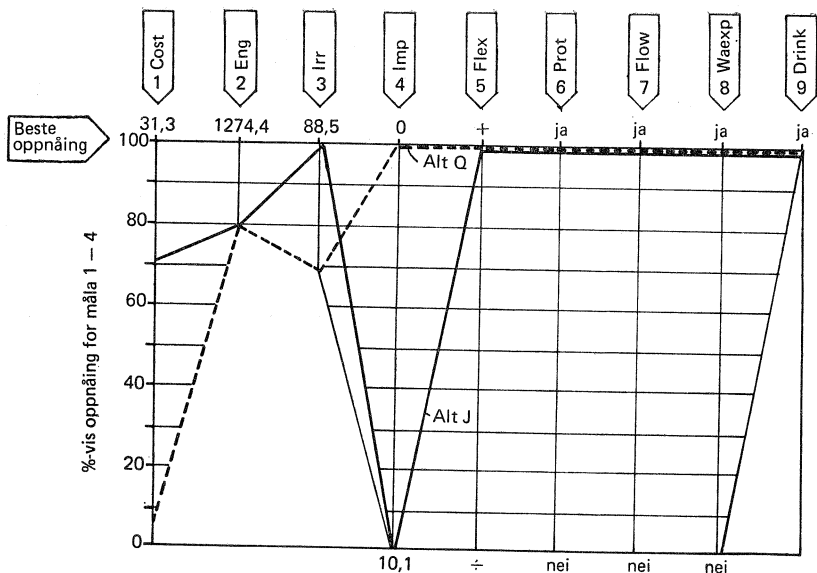
- verdiprofil
- praktiske konsekvensar
- vurdering av konkrete tiltak.

5.1. Verdiprofil

Med *verdiprofil*, fig. 2, syner vi måloppnåing for alternativa.

5.2. Praktiske konsekvensar

Dessutan er det ofte behov for å få vita nærare om dei praktiske konsekvensane av kvart alternativ, slik figur 3 syner. Ein må vera varsam med å tolka tal og storleikar, mest interessant er den *relative* skilnaden mellom alternativa.



Figur 2. Døme på resultatframstilling.

5.3. Vurdering av konkrete tiltak

Som planleggarar har vi ikkje rett til å gjera forsøk på å vega mål mot kvarandre, og blanda oss borti politiske avgjerdsprosessar.

Vi er oss dette heilt medvite når vi likevel har gjort ein del «friske vurderingar» av analyseresultata, jfr. (1). Føremålet er helst å få ein politisk avgjerdsprosess i gang, og letta kommunikasjonen mellom planleggjar og politikar.

Døme på vurderingar:

2.1. Eit eventuelt magasin ved Vindflomyra vil romme heller lite vatn, jamført med det behovet som er til jordvatning.

2. Ei opprusting og utviding av magasin i Bergsjøen og Skjeppsjøen er aktuell, slik at dei tener både for drikkevassforsyning og jordvatningsføremål.

3. Minstevassføringane for elvestreknin-gane kan haldast sjølv om Bergsjøen vert framtidig drikkevasskjelde.

4. Omfange av nyttbare grunnvassressur-sar i nedbørfeltet bør kartleggjast.

5. Overføring av vatn frå Einavatn til Lenavassdraget er teknisk mogleg og teoretisk interessant. Dei praktiske og politiske sidene ved ei slik overføring bør vurderast.

6. For jordvatningsføremål bør ein vur-dere å føre vatn frå Mjøsa lenger inn-over i vassdraget enn i dag, i alle høve til Lena.

6. OPPSUMMERING

Vurdert som verktøy i planlegginga er det tre spesielle sider ved dette prosjektet:

- a. fleirmålsplanlegging
- b. lineær programmering — avgrensingsmetoden
- c. verdipofil i resultatframstillinga.

Førebels ser vi dette såleis:

- a. Det er viktigare at dei fleste sider ved prosjekta kjem fram enn at ein skilde saker blir handsama i detalj. Fleirmålsplanlegginga må difor gjerne gjerast enkel, så lenge ein vaktar seg for denne fella:

«To prefer what can be counted, instead of what really counts»

- b. Bruk av ein formalisert matematisk metode er føremålstenleg i fleirmålsplanlegginga. Dette er ikkje så mykje fordi ein treng komplisert matematikk, men fordi den gjev eit greitt mønster for øversyn og samverknader.

Lineær programmering tykkjest vera av dei metodane som kan høve på

eit oversiktleg nivå. Metoden er enkelt, og det finst ferdige programpakker. Problemet melder seg først og fremst i detaljeringsgraden. For å unngå store modellar, må ein operere noko grovt, men dette samsvarer godt med vårt ønskje om å gå breitt ut i startfasen.

Avgrensingsmetoden kan av og til gjere det litt komplisert å finna lovlege løysningar, men er elles enkelt og grei.

Eitt av problema er at tilgjengeleg informasjonsmengde blir stor, og det er vanskeleg å nyttiggjera seg alle resultatata som kjem fram utan at det finst eit godt opplegg for dette.

- c. Verdipofil i resultatframstillinga gjev på ein grei og enkel måte eit totaløversyn over prosjekta.

Resultata kan framstillast utan at ein gjev spesifikke vektorer og prioriterer dei ein skilde måla.

Det er likevel eitt viktig aspekt ein bør merka seg: synet kan bedra, idet val av skala for dei ein skilde måla vil ha avgjerande verknad for korleis prosjektet «tek seg ut».

7. REFERANSE

Denne artikkelen er eit utdrag frå rapporten:

- (1) Øren, Kjell: *Fleirmålsplanlegging med lineær programmering i Lenselva*. 0-78028, NIVA 1981.