

Tiltak mot utslipp fra avløpsanlegg

Av Oddvar Lindholm

Oddvar Lindholm er forskningsleder på NIVA.

1. SAMMENDRAG

Det er behov for å redusere utslippene til en rekke av våre vannforekomster. Utslippene kan skrive seg fra naturlig tilrenning, industri, landbruk og fra kommunale kilder. For å få mest mulig igjen for investeringene må man beregne kost/nytte-faktorer for alle aktuelle tiltak. Man må således sammenligne alle enkelttiltak innenfor alle hovedtypene av utslipp. I enkelte tilfeller vil det være tilstrekkelig å vurdere tiltak innenfor kommunal-sektoren alene.

Denne artikkelen viser en sammenligning av tiltak i et avløpsfelt, i dettes ledningsnett og på avløpsrenseanlegget. Det feltet som er valgt kalles for Øya og ligger i Trondheim. Dette er valgt da kjennskapet til materialbalansen, feltet og ledningsnettet er godt i forhold til i mange andre avløpsfelt.

Konklusjoner i artikkelen viser blant annet:

- Kunnskapen om de ulike delstrømmene i et avløpsfelt er vanligvis såpass mangelfull at store unøyaktigheter i kost/nytte beregningene innføres.
- Kunnskapsnivået om funksjonen og ytelseevnen til de forskjellige tiltakene er også relativt lavt. Dette medfører også relativt store usikkerheter i kost/nytte-beregningene.

- På tross av usikkerhetene i kost/nytte-beregningene vil man likevel vanligvis med god sikkerhetsmargin kunne skille de beste tiltakene fra de dårligste.
- Ved å utføre slike kost-nytte-beregninger får planleggeren verdifull innsikt i samspillet mellom tiltakene og deres innvirkning på målet, samt over betydningen av svake punkter i beslutningsgrunnlaget.
- Det kan være riktig å velge et tiltak med noe ugunstigere kost/nytte-faktor dersom dette har et vesentlig mindre spenn i usikkerheten enn tiltak med teoretisk beregnet gunstigere kost/nytte-faktor og stor usikkerhet i beregningene.
- Store innsparinger kan gjøres ved å velge de mest kost/effektive tiltak i riktig rekkefølge. Ved å bedre kunnskapene om tiltakenes funksjon og materialstrømmene, vil også betydelige innsparinger kunne gjøres ved at utvelgelsen av de mest gunstige tiltakene gjøres på en sikrere måte. Kunnskapene kan best økes ved å satse på målrettede FoU-prosjekter.
- Beregningene for Øya viste at tiltak i ledningsnettet som f.eks. hvirveloverløp, fordryningsvolum og spyling av tørrværsavsetninger til renseanlegg kan være mer effektive tiltak enn f.eks. forbedringer på et primærfellingsanlegg.

— Av spesielt stor betydning for resultatene i kost/nytte-beregningene er de standardtallene som anvendes for spesifikke forurensningsproduksjon pr. person. Usikkerheter på ± 20 prosent gjør utslag i kost/nytte-beregningene på over 100 prosent. Det er derfor av særlig betydning å skaffe frem mer kunnskap om spesifikke kommunal forurensningsproduksjon.

2. INNLEDNING — PROBLEM-ORIENTERING

Det prosjektet som denne artikkelen bygger på er finansiert av Statens Forurensningstilsyn og NIVA.

Når man ønsker å begrense utslipp av kommunale forurensninger fra et avløpsdistrikt, er første relevante tiltak å installere et renseanlegg. Et av de enkleste rens tiltak som fjerner relativt store mengder med både organisk stoff og fosfor er primærufelling. Dersom forurensningssituasjonen i resipientene ikke er tilfredsstillende selv etter at et slikt rens tiltak er innført, eller vurdert innført, bør en «samlet optimalisering» for alle relevante tiltak utføres.

Alle tiltak vil bedre forurensningssituasjonen, men de vil ha ulik kost/nyttefaktor og de vil ha ulik grad av mulighet til å begrense utslippene så det monner. Det er derfor viktig å gjøre en kost/nytteanalyse av i hvilken rekkefølge de ulike tiltakene bør gjennomføres.

Det er likeledes viktig å beregne kost/nytte-faktorer for tiltakenes effekt på *alle* relevante forurensningsparametere, da et bestemt tiltak kan gi f.eks. stor effekt med hensyn til fosfor, men liten effekt på organisk stoff.

I denne utredningen er det vist kost/nytte-analyser for et felt i Trondheim kalt

Øya. Dette feltet har ikke eget renseanlegg, men transporterer sitt avløp til et mekanisk anlegg på Høvringen.

De tiltak som er vurdert har en rekke forskjellige nytteeffekter. I denne artikkelen har man, for å beholde en brukbar oversikt, valgt å betrakte reduksjonen av organisk stoff og fosfor som eneste nytteeffekt. Forøvrig er beregningene utført for hvert enkelt tiltak som om de øvrige ikke samtidig var gjennomført.

3. DATAGRUNNLAG FRA FELTET ØYA I TRONDHEIM

Øya-feltet ligger sentralt i Trondheim og er kloakkert etter fellessystemet. Avløpsvannet i området skal samles og ledes til renseanlegget på Høvringen. Området er boligområde hvor bebyggelsen vesentlig består av eldre småhus med en del større boligblokker langs Elgeseter gate.

Det ble i 1974 utført vannkvalitets- og avløpsmengdemålinger i forbindelse med et hovedarbeide ved NTH (2), og i samarbeid med PRA-prosjektet «Forurensninger i overvann» (3).

Data fra feltet (1974):

Areal:	21,3 ha
Takflater:	2,8 ha — 13%
Gater m/fortau:	5,1 ha — 24%
Parker/plener:	13,4 ha — 63%

Midlere fall på feltets overflate ca. 11⁰/₀₀

Antall fysiske personer = 1789 P.

Antall personenheter = 1981 P.E.

Målt midlere tørrværsavrenning = 14,1 l/s

Målt midlere tørrværsavrenning = 615 l/P.E. x dag

Anslått mengde
infiltrasjonsvann = ca. 10 l/s

Midlere konsentra-
sjon av fosfor
(Tot.P) i tørr-
værsavrenning = 2,2 mg P/l

Midlere konsentra-
sjon av organisk
stoff (KOF) i
tørrværsavrenning = 166 mg KOF/l

En ny studie av feltet ble utført i 1977 som en hovedoppgave (1): Avløpsnett er undersøkt visuelt og med TV (1) og viser at ledningene og kummene har en standard som gjør inn- og utlekking til et problem. Undersøkelsene indikerte at lekkasjevann fra vannledningsnett tar veien ned i avløpsledningene.

Basert på arbeidene til Kalleberg og Malme (2) og PRA-rapport nr. 7 (3) har

Tabell 1. Materialbalanse i feltet, Øya i 1974.

Materialstrøm	Tot.P		KOF	
	kg/ha x år	% av sp.v. årsprod.	kg/ha x år	% av sp.v. årsprod.
Årlig totalproduksjon i spillvann	84,8	100,0	5092	100,0
Overflateforurens.	1,5	1,8	250	4,9
Røravlagringer	8,8	10,4	960	18,8
Målt midlere tørrværs- avrenning (1974)	45,9	54,2	3465	68,0
Lekkasjer og mangl. tilknytn. til avløps- nett av spillvann	30,1	35,4	667	13,2
Røravlagringer i overløp (n = 4 x qs)	5,2	6,1	567	11,1
Overflateforurensn. i overløp (n = 4 x qs)	0,9	1,0	148	2,9
Spillvann i overløp (n = 4 x qs)	0,4	0,5	25	0,5
Total mengde i overløp (n = 4 x qs)	6,5	7,7	740	14,5
Årlig mengde til renseanlegg	49,7	58,6	3935	77,3
Årlig mengde fra renseanlegg (P-90% og KOF-70%)	5,0	5,9	1181	23,2

en beregnet årlige sedimenterte mengder av total fosfor (Tot.P.) og organisk stoff (KOF) i rørene i Øya-feltet (4).

Disse årlige mengdene røravlagringer er sett i forhold til totalproduksjonen i feltet. Totalproduksjonen er beregnet som produktet av antall P.E. (i 1974) og de standard spesifikke produksjonstall 2,5 g P/p.d. og 150 g KOF/p.d. Tabell 1 er satt opp på basis av beregningene i ref. (4).

Ser man på tabell 1, vil man oppdage at prosent lekkasjer og manglende tilknytning etc. for Tot.P. og KOF er ganske forskjellige. Dette skyldes primært forskjellig andel av årlige røravlagringer for de to stoffene. Organisk stoff er mer knyttet til sedimenterbare partikler enn fosfor og dette fører til at fosfor i større grad lekker ut gjennom skjøter, sprekker etc.

Andre feilkilder kan være utspyling av stoff fra gatesandfang til ledningsnett, og dessuten feil anslag på spesifikk forurensningsproduksjon for KOF i forhold til Tot.P.

For øvrig vil det alltid være store usikkerheter i kvalitetsmålingene og de antagelsene som danner basis for tabell 1.

Det er antatt at et primærfellings-reuseanlegg med renseseffekt 90 prosent for fosfor og 70 prosent for KOF fins nedstrøms avløpsfeltet. Dette for å illustrere en typisk situasjon for avløpsfelt som befinner seg ved sårbare resipienter.

4. KOST/NYTT-ANALYSE AV MULIGE TILTAK MOT UTSLIPP AV FOSFOR OG ORGANISK STOFF

A. Rehabilitering av ledningsnett

Aaberge (1) har gjennomgått hele avløpsnett på Øya med tanke på rehabilitering, og har i sin hovedoppgave antatt

at hele hovedledningsnett rehabiliteres. Av dette er det forutsatt at 916 m utbedres med polyesterstrømpe, mens 1889 m injiseres i rørskjøtene.

Aaberges forslag gir følgende kostnader, når SFT's kostnadskurve fra 1980 (5) benyttes. Det er antatt 15 prosent prisstigning pr. år fra utgivelsen av kurvene.

Totale rehabiliteringskostnader for ledninger = 2,34 mill. kr. Utbedring av 52 kummer er beregnet å koste 0,44 mill. kr.

Totale rehabiliteringskostnader = 2,78 mill. kr.

Det antas at 90 prosent av lekkasjene fra ledningene kan reduseres ved fullstendig rehabilitering av hovedledningene.

B. Økning av renseseffekt i reuseanlegget

Det er som nevnt antatt at reuseanlegget i utgangspunktet er et primærfellingsanlegg med renseseffektene 70 prosent for organisk stoff og 90 prosent for fosfor.

Det antas dessuten at reuseanlegget utvides til å bli et etterfellingsanlegg. I følge SFT (6) vil man for slike anlegg kunne oppnå 95 prosent renseseffekt for organisk stoff og fosfor.

Kostnadene ved å utvide reuseanlegget er basert på Johansen (7). Det er regnet 15 prosent prisstigning pr. år fra det angitte prisnivå i 1980.

Primærfelling for ca. 2000 P.E.
= ca. 1850 kr./P.E.

Etterfelling for ca. 2000 P.E.
= ca. 3300 kr./P.E.

Man forutsetter at reuseanlegget ikke er bygget, slik at man kan velge reusealternativ uten ombyggningskostnader. (Primærfelling er likevel antatt som mini-

mumskrav). Kostnad for økning av renseseffekten blir da 2,88 mill. kr. Økning i fjernet fosfor er 2,5 kg/ha · år, økning i fjernet KOF er ca. 984 kg/ha · år.

Drift- og vedlikeholdskostnader for primærfellings- og etterfellingsrenseanlegg er i følge Johansen (7) henholdsvis 130 og 135 kr./år pr. dim. p.e. Økning i driftsutgiftene blir da ca. 9900 kr./år.

Beregnes nåverdien av denne utgiften i 20 år med 7 prosent rente, blir kostnadsdifferensen: ca. 0,1 mill. kr.

Det er valgt en rentefot på 7 prosent fordi Finansdepartementet anbefaler dette for offentlige analyser. Beregningsperioden er valgt til 20 år fordi renseanlegg og hvirveloverløp sannsynligvis ikke har særlig lenger teknisk/økonomisk levealder, samt at levetiden til rehabilitert avløpsnett er meget usikker. Om man velger 20 eller 40 år, betyr dessuten relativt lite for utslaget i kost/nytte-faktoren, når rentefoten er så høy som 7 prosent.

C. Installering av fordrøyningsbasseng ved overløp

For å beregne vannmengder i overløp i løpet av året, er det brukt en regnvarighetskurve for Varden i Sandefjord (4). Man ønsket å velge et nedbørmønster som er så representativt som mulig for de områder hvor kommunale forurensninger er et prioritert problem. At Øya-feltet ligger i et kyststrøk med svært god resipient endrer ikke de konklusjoner man kan trekke fra optimaliseringseksemplet; feltet kunne ha ligget hvor som helst i Norge.

Med utgangspunkt i et fordrøyningsvolum på 9 m³/ha har man i Øya-feltet et volumbehov på 192 m³.

Kostnadene beregnes som for et ledningsbasseng, og er vurdert til ca. 1300

kr./m³ (9). Anleggskostnader blir da ca. 0,44 mill. kr.

Stahres anslag fra 1981 (10) bekrefter disse kostnadstallene. Stahre angir drift- og vedlikehold til ca. 2 prosent av anleggskostnadene.

Nåverdi av drift og vedlikehold blir over 20 år med 7 prosent rente: ca. kr. 87.000.

Totalkostnadene blir ca. 0,52 mill. kr.

Beregninger utført av Lindholm (8) viser for et felt med ca. 100 p.e./ha, overløpsinnstilling $n = 4 \times qs$, nedbørmønster over året tilsvarende innlandsklima på Østlandet, og for et fordrøyningsbasseng på 9 m³/ha, at årlig forureningsbasseng i overløpet reduseres med 90 prosent i forhold til tilsvarende overløp uten fordrøyning.

D. Installering av hvirveloverløp ved overløp

Ved å installere et hvirveloverløp i regnvannsoverløpet vil man oppnå en avskilling av forurensninger. Man vil også oppnå gunstigere rensforhold da slike hvirveloverløp har en svært god hydraulisk kontroll på videreført vannmengde. Mer enn 97 prosent av årets regn (på Østlandsområdet) faller med lavere intensitet enn 15 l/s.ha. Ved slike regnintensiteter vil avrenningskoeffisienten for Øya ligge i området 0,2—0,3. Maksimal regnvannsmengde for et regn på 15 l/s.ha vil bli ca. 80 l/s.

Hvirveloverløpet tilvirkes nå kommersielt i standard dimensjoner. Det velges et standard hvirveloverløp med $Q_{dim} = 100$ l/s. Denne vil koste ca. 20.000 kr., Lygren (11).

Diameter på dette hvirveloverløpet er 2,4 m og innløpsstussen har en diameter på 400 mm.

Kostnadene for overløpskummen med tilknytninger anslås til ca. kr. 80.000. Det er da antatt at pumping inn ikke er nødvendig.

Totalt kostnadene skulle dermed bli ca. 100.000 kr.

Drift- og vedlikeholdskostnadene for et hvirveloverløp vet man lite om foreløpig. Ut fra nåværende kunnskap anslås arbeidsinnsatsen til ca. 1 time pr. uke à kr. 150,—.

Nåverdien for 20 års drift med 7 prosent rente blir da: ca. 78.000 kr.

Totale kostnader blir da:

$$100.000 + 78.000 = 178.000 \text{ kr.}$$

Renseeffekten til et hvirveloverløp er vist av Lygren (12). Denne ble målt bl.a. i fullskala målinger ved Lørenfallet renseanlegg både i regnvannsperioder og i snøsmelteperioder. Følgende renseresultater ble oppnådd:

Midlere renseseffekt i tre perioder: Fosfor = 47%, KOF = 66%. I målinger fra USA, Lager (13), er det rapportert noe lavere renseresultater. I denne utredningen velger man derfor å benytte følgende renseseffekter:

Fosfor:	30%
KOF:	50%

E. Rutinemessig spyling av avløpsledninger

I et avløpsnett vil det vanligvis være en del ledningsstrekninger hvor kloakkpartikler sedimenterer i tørrvær. Det er vist av Lindholm (4) at årlige avlagrede mengder i ledningsnettet i Øya-feltet var 10 prosent for fosfor og 19 prosent for KOF, i forhold til mengden i den årlige ubehandlede spillvannsavrenningen.

Under regnskyll vil store mengder av rørvagringene spyles løs og for det

meste ta veien ut i regnvannsoverløp. Det er beregnet (4) for Øya-feltet at henholdsvis 6,1 prosent og 11,1 prosent av årsproduksjonen av fosfor og KOF går direkte i overløp som følge av løsspylte rørvagringene alene. (Overløpsinnstilling $n = 4 \times qs$). Omfattende feltundersøkelser av Pisano et al. (14) viste at spyling av avløpsrør med diameter mindre enn 300—400 mm er relativt effektivt over en distanse på ca. 300 m.

For Øya-feltet forutsettes det spyling av alle dimensjoner mindre eller lik diameter 300 mm.

Lengden av disse ledningene er 2172 m. Det forutsettes at man velger spylepunkter med ca. 200 m avstand, dvs. ca. 11 spylepunkter. Videre forutsettes det at spylefrekvensen pr. år blir ca. 16.

Det antas at spyling i desember, januar, februar og mars er unødvendig ut fra forurensningsmessige hensyn, da det forekommer lite overvannsavrenning i denne perioden. Videre antas det at man spyle 2 ganger pr. måned i den resterende perioden. Spyletid pr. spyletank antas til ca. 5 minutter, men arbeidstid med montering av brannstendere og slanger vil antagelig tilsvare nærmere brutto 1/2 time pr. spylepunkt og arbeidslag. Tilsammen = 88 timer.

Dersom man antar 2 personer pr. arbeidslag, blir årlig arbeidstid ca. 176 h. Det antas at bruttoutgiftene pr. manntime inkludert avskrivning av utstyr er ca. 200 kr. Kostnadene for selve vannuttaket er neglisjerbare.

Totalutgiftene for spyling av avløpsrør blir da: ca. 35 000 kr./år.

Dersom man beregner nåverdien av dette årlige arbeidet i 20 år fremover, med rentefot 7 prosent, blir nåverdien av spylemetoden ca. 350.000 kr.

Fastsettelsen av fjernet mengde rørvaglinger av fosfor og KOF som følge av den nevnte spylingen er meget vanskelig å anslå. På basis av Pisano et al. (14) forutsettes det at 65 prosent av KOF og 75 prosent av fosfor fjernes fra ledningsnettet av de årlige rørvaglingene.

F. Rutinemessig feiling av gater og fortau

Forurensninger som avlagrer seg på gater og fortauer vil vanligvis skylles med regnvannet til avløpsledningsnettet. For Øya-feltet (4) er dette anslått til henholdsvis 1,5 kg fosfor/ha.år og 250 kg KOF/ha.år. Andelen av dette som tapes via overløp pr. år er 0,9 kg fosfor/ha.år og 148 kg KOF/ha.år. Ved å feie gatene regelmessig vil man minke mengden forurensninger som til enhver tid er tilgjengelig for medrivning i overvannet.

Optimal feiehastighet med sugende feiebil er ca. 7 km/time i følge (15) og (13). Totalkostnadene anslås til ca. 280 kr./time for manuell og maskinell innsats.

Lager (13) angir et eksempel på at en frekvens på gatefeilinger på hver fjerde dag senker middelkonsentrasjonen på innhold av organisk stoff (BOF) og suspendert stoff (SS) i overvann til henholdsvis 30 prosent og 25 prosent av det normale.

I denne utredningen forutsetter man samme effekt som på BOF i (13), både for fosfor og KOF.

Antall timer pr. år medgått til gatefeiling blir ca. 60. Det er antatt at man ikke feier i fire av årets vintermånedene.

Nåverdien av årskostnadene blir ca. 0,17 mill. kr.

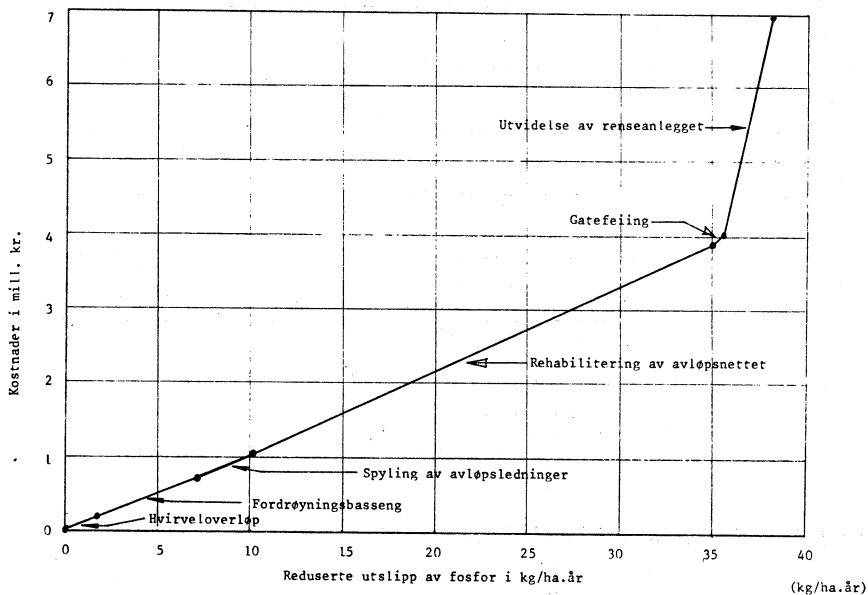
— Sammenfattende kommentarer til kost/nytte-analysene.

Tabell 2 viser at de forskjellige tiltakene har meget forskjellig kost/nytte-verdi. Man ser også at et tiltak kan ha relativt god kost/nytte-effekt for en forurensningsparameter, men vesentlig dårligere for den andre forurensningsparameteren. Rehabilitering av avløpsnettet gir ca. 29 prosent reduksjon av årlige utslipp i forhold til årsproduksjonen av fosfor i spillvann. Tilsvarende tall for organisk stoff er bare ca. 8 prosent. Grunnen til denne store forskjellen i effekt på de to forurensningsparameterene for samme tiltak er følgende:

- Ulik rens-effekt for organisk stoff og fosfor i primærfellingsanlegget, hvilket medfører 3 ganger større utslipp av organisk stoff enn fosfor av det som tilføres rensanlegget.
- Ulik andel av rørvaglinger og lekkasjer fra ledningsnettet av fosfor og organisk stoff.

For øvrig er det avvik på 13,8 prosent mellom summen av rørvaglinger og lekkasjer for fosfor og organisk stoff. Dette kan skyldes unøyaktigheter i målinger og/eller feil anslag på spesifikk årsproduksjon i spillvannet.

Figur 1 og 2 viser i diagramform de ulike tiltakenes bidrag til den totale kostnad og den totale nytte, sortert etter stigende kost/nyttefaktor. Kost/nytte-faktoren fremkommer som stigningsvinkelen på kurven. Man ser at hvirveloverløpet er gunstigst ut fra kost/nytte. Det er således det tiltaket som først bør komme til utførelse. Dette gjelder både for KOF og Tot.P. Imidlertid er bidraget til total utslippsminskning relativt beskjedent. Skal det monne noe på den totale



Figur 1. *Nytte kontra kostnad for tiltakene.*

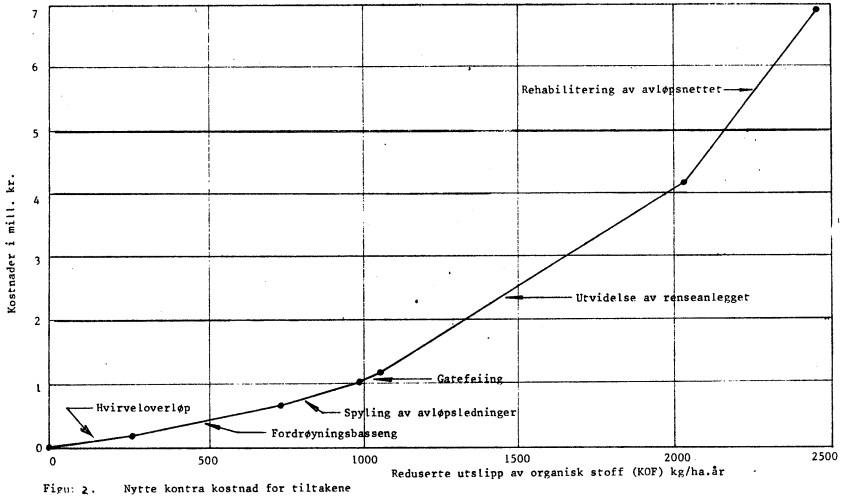
forurensningssituasjonen, må det derfor gjennomføres flere tiltak. Fordrøyningsbasseng og spyling av avløpsledninger rangerer som nummer 2 og 3 ut fra kost/nytte både for KOF og Tot.P. Gatefeieing er gunstigere enn utvidelse av rensanlegg og rehabilitering av avløpsledninger med hensyn til kost/nytte for organisk stoff og gunstigere enn utvidelse av rensanlegg for fosfor. Imidlertid er bidraget til minsking av utslippet meget beskjent sett på årsbasis. En annen stak er at gatefeieing likevel gjøres av estetiske årsaker, slik at dette er et positivt bidrag også av andre årsaker.

Det tiltaket som virkelig monner med hensyn til å minke utslipp av fosfor er rehabilitering av avløpsnett. Tilsvarende

er utvidelse av rensanlegget det tiltaket som monner mye med hensyn til å fjerne utslipp av organisk stoff, men med en relativt ugunstig kost/nytte-faktor.

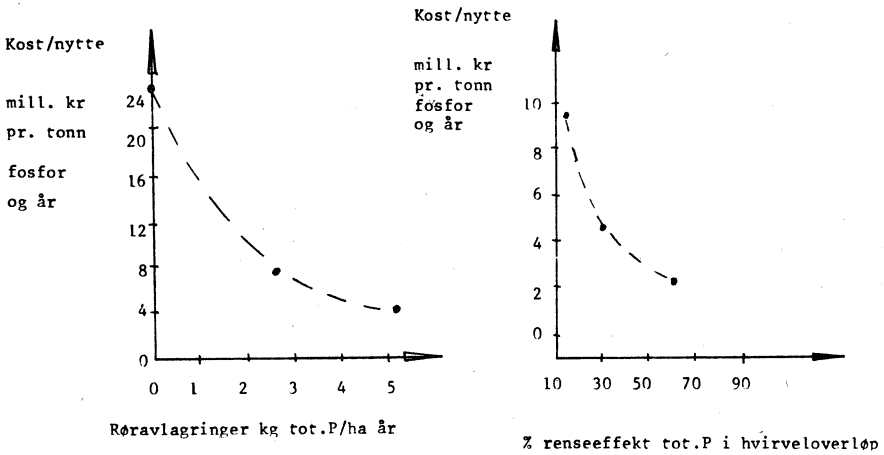
5. FØLSOMHETSANALYSE PÅ USIKRE DATA

Alle forutsetninger og grunnlagsdata er mer eller mindre usikre. Det kan tenkes at konklusjonene og prioriteringsrekkefølgen kullkastes selv om valget av en forutsetning skjer *innenfor* det normale usikkerhetsområdet. For å undersøke hvilke tiltak og parametere som særlig er utsatt for usikkerheter i beslutningsgrunnlaget er det gjort følsomhetsanalyser på en del forutsetninger knyttet til de



Figur 2. Nytte kontra kostnad for tiltakene

Figur 2. Nytte kontra kostnad for tiltakene.



Figur 3. Følsomhetsanalyse for kost/nytte for hvirveloverløp.

Tabell 2. *Kostnader og nytte av de forskjellige tiltakene.*

Tiltak	Minket utslipp				Nåverdi av Kostnader over en 20-års periode (7% rente) mill.kr	Kost/nytte mill.kr pr. tonn og år		Rangering av tiltak mot Tot.P	Rangering av tiltak mot KOF
	Tot.P		KOF			Tot.P	KOF		
	kg/ha.år	% av årlig spillvannsproduksjon	kg/ha.år	% av årlig spillvannsproduksjon					
Rehabilitering av ledn.nettet	24,4	28,7	420	8,2%	2,78	5,35	0,31	4	6
Utvidelse fra primer- til sekundærfelling	2,5	3,0	984	19,3	2,98	56,3	0,14	6	5
Fordrøyningsbasseng	5,3	6,3	466	9,2	0,52	4,7	0,053	2	2
Hvirveloverløp	1,8	2,1	259	5,1	0,18	4,7	0,032	1	1
Spyling av ledn.	3,5	4,1	257	5,0	0,35	4,7	0,064	3	3
Gatefelling	0,6	0,7	73	1,4	0,17	13,9	0,11	5	4

forskjellige tiltakene. Som eksempel på beregningene er følsomheten for tiltaket hvirveloverløp vist i figur 3. Beregningene er bare vist for fosfor.

Hvirveloverløp ved regnvannsoverløpet

Renseeffekt i hvirveloverløpet kan være gjenstand for stor usikkerhet. I utgangspunktet er den anslått til henholdsvis 30 prosent og 50 prosent for fosfor og KOF. Det synes som om usikkerheten kan ligge i området 15—60 prosent for fosfor. Lygren (12).

* Mengden rørvlagringer vil på samme måte som for fordryningsbasseng være av stor betydning for kost/nytte-faktoren. Som for fordryningsbasseng beregnes kost/nytte for en variasjon i området 0—6 kg P/ha.år.

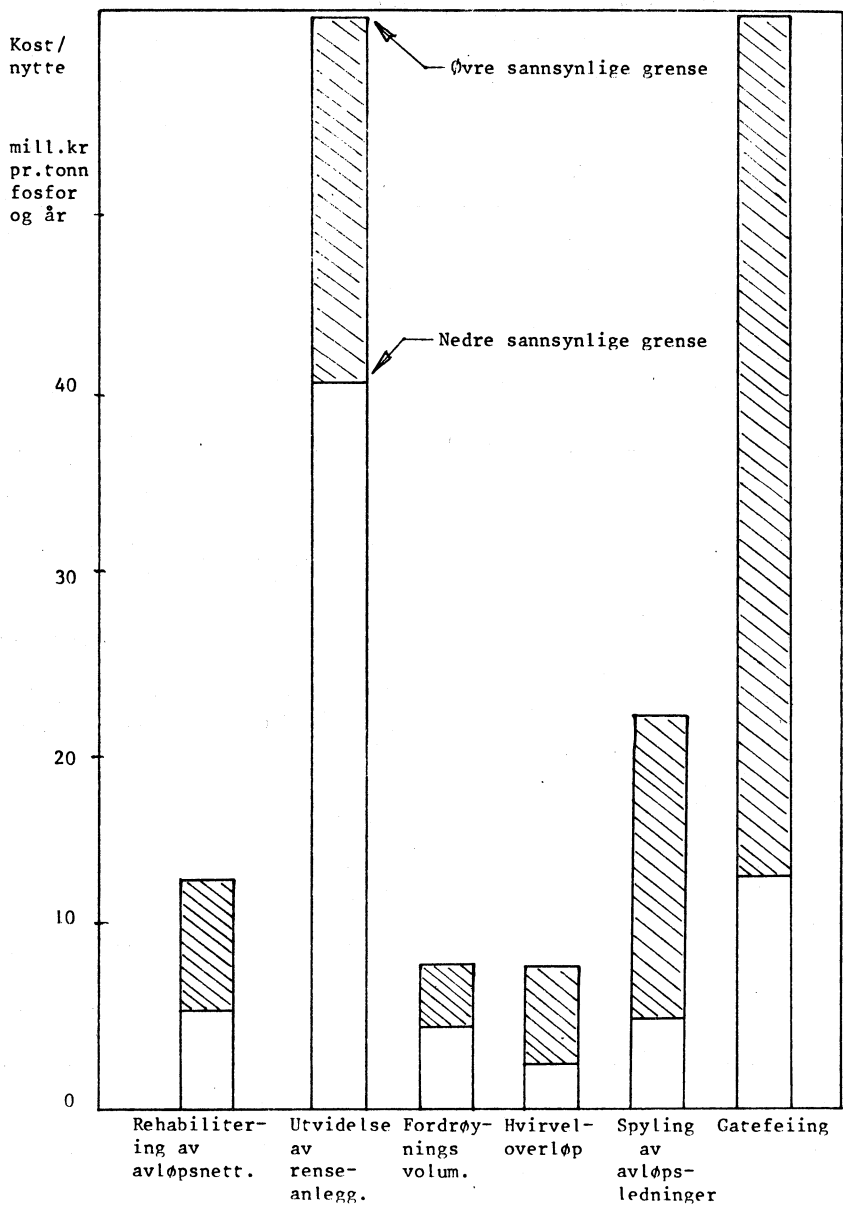
Oppsummering av følsomhetsanalyse

På basis av følsomhetsanalysene og med støtte i en vurdering av sannsynlige usik-

kerheter i datamaterialet fra Øya-feltet, er figur 4 satt opp.

De skraverte områdene angir usikkerhetene i kost/nytte beregningene for de seks ulike tiltakene. Usikkerhetene må sies å være meget store selv om datagrunnlaget for Øya-feltet er relativt bra i forhold til mange andre avløpsfelt i landet. Det er imidlertid ikke bare mangel på kjennskap til materialstrømmen som gjør utslag, usikkerhet med hensyn til renseeffekter og funksjon for de enkelte tiltakene betyr også mye for den samlede vurdering.

Usikkerhetene er imidlertid ikke større enn at beregningene med fordel bør utføres. Dette begrunnes i at forskjellene i kost/nytte for de ulike tiltakene er så store at de beste og dårligste tiltakene meget lett lar seg skille, på tross av store usikkerheter i den beregnede verdien for kost/nytte-faktoren. Ved å utføre beregninger får man dessuten verdifull innsikt i samspillet mellom tiltakene og datagrunnlaget.



Figur 4. Usikkerhet i kost/nytte beregningene (skravert felt) Tot.P.

LITTERATUR

1. *Aaberge, O.*: «Utbetring av avlaupsnett». Hovedoppgave NTH, 1977, Trondheim.
2. *Kalleberg, K. og Malme, A.*: «Forurensninger i overvann basert på undersøkelser i Trondheim». Hovedoppgave NTH, 1974, Trondheim.
3. *Lindholm, O.*: «Forurensninger i overvann». PRA-rapport nr. 7, april 1977, Oslo.
4. *Lindholm, O.*: «Tørrværsavsetninger i fellessystemrør». VANN 4-1982 og VA-rapport 10/82, NIVA.
5. *Statens forurensningstilsyn*: «Veiledning ved rehabilitering av avløpsledninger — Brukerrapport». TA-552 jan. 1980, Oslo.
6. *Statens forurensningstilsyn*: «Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrenseanlegg». TA-525, aug. 1978, Oslo.
7. *Johansen, O. J.*: «Driftskostnader ved kloakkrenseanlegg». NTNf's Utvalg for drift av renseanlegg. Rapport nr. 35, juni 1982, Oslo.
8. *Lindholm, O.*: «A pollutional analysis of a storm overflow». Vatten 3, 1975, Stockholm.
9. *Lindholm, O.*: «Systemanalyse av avløpsanlegg — Fremdriftsrapport nr. 5». NIVA, feb. 1976, Oslo.
10. *Stahre, P.*: «Flødesutjämning i avlöpsnät». Byggeforskningsrådet T13: 1981. Stockholm, 1981.
11. *Lygren, E.*: Personlige opplysninger, 1982.
12. *Lygren, E.*: «Hvirvelkammer og hvirveloverløp». SFT-rapport nr. 43, juli 1982.
13. *Lager, J. A. et al.*: «Urban stormwater — Management and Technology». EPA-600/8-77-014. Sept. 1977, Ohio, USA.
14. *Pisano, W. C., Aronson, G. L., Queiroz, C. S.*: «Dry Weather Deposition and Flushing for Combined Sewer Overflow Pollution Control». EPA-600/2-79-133, August 1979, Ohio, USA.
15. *Hartmark & Iras*: «Rapport om gaterenhold i Oslo». 20.4. 1970, Oslo.
16. *Finnemore, E. J.*: «Stormwater Pollution Control. Best Management Practices» Jour. of Environmental Engineering Division. Oct. 1982.
17. *Vråle, L.*: «Fosfortap fra avløpsnett». NIVA — VA-rapport under trykking.