

# Store fremmedvannmengder i norske avløpsrenseanlegg

*Av Oddvar G. Lindholm og Jarle T. Bjerkholt*

*Oddvar G. Lindholm er professor og Jarle T. Bjerkholt er førsteamanuensis. Begge er ansatt ved Institutt for matematiske realfag og teknologi, Universitetet for miljø- og biovitenskap UMB.*

## Sammendrag

Andelen fremmedvann i avløpsrenseanlegg kan beregnes på ulike måter. I dette arbeidet ble det benyttet lett tilgjengelige data for gjennomsnittlige fosforkonsentrasjoner i innløpet til avløpsrenseanlegg. Metodikken er dermed basert på fortynningsanalyser med fosfor som indikatorparameter.

I forhold til andre vestlige land har Norge en høy fremmedvannmengde i avløpsnett. Dette tar opp betydelige deler av kapasiteten i avløpsrenseanlegg, pumpestasjoner og ledninger. Fremmedvannmengden fører også med seg forurensninger ut av renseanlegget og medfører ekstra kostnader til driften av renseanlegg og pumpestasjoner. Basert på tilgjengelige data og nøkkeltall viser beregninger gjort i denne artikkelen at mer enn 50 % av alle avløpsrenseanlegg har mer enn 50 % fremmedvann. Det forutsettes da at alt som ikke er spillvann regnes som fremmedvann/uønsket vann.

Dersom man skulle vektet avløpsrenseanleggene ut fra antall personenheter som er tilknyttet, vil fremmedvannmengden i gjennomsnitt nærmet seg mot 60 %.

De store avløpsrenseanleggene har ofte fremmedvannmengder over 60 %. Ved å varier de styrende forutsetninger, som spesifikk avløpsvannmengde og spesifikk fosforproduksjon, framkommer det at konklusjonene er robuste. Fremmedvann er et betydelig problem for Norge som medfører unødvendig store forurensningsutslipp og større kostnader til drift og investeringer enn det ellers hadde vært behov for.

## Summary

Infiltration into sewerage systems may be calculated in different ways. In this work measurements of average phosphorous concentration in the influent of waste water treatment plants (WWTP)

as reported to the Norwegian Climate and Pollution Agency were used. The method is based on dilution calculations and phosphorous is used as an indicator parameter.

Compared to other western countries Norway has a high quantity of infiltrated water in the sewerage systems. This reduces the capacity of WWTP, pumping stations and pipelines. The infiltrated water passes through the WWTPs and conveys pollutants to the recipients, because e.g. phosphorus cannot be reduced below a certain concentration due to technical or economic constraints. The infiltrated water also causes extra costs for building and maintenance. This is due to the fact that all elements in the sewerage systems must be larger than in a situation with no leakages, and the costs for operation also increases as the consumption of electricity and chemicals increases with treated volume. Based on available data and key figures it was calculated that more than 50 % of the treatment plants in Norway have more than 50 % water that is not sewage from households, industries etc.

Based on this definition, the larger WWTPs in this investigation had an average infiltration rate of 60 - 70 %. There are some uncertainties in the assumptions made for the calculations, like specific production of wastewater and phosphorous. However, when a sensitivity analysis was performed on these uncertain parameters, the conclusion was still robust. Infiltration is a problem of the sewerage systems in Norway and leads to excessive pollution and extra costs.

## Konsekvenser ved et dårlig avløpsnett

Et avløpsnett i dårlig teknisk og funksjonsmessig stand medfører økte forurensningsutslipp og økte driftskostnader. Avløpsnett med dårlig funksjon påvirker miljøet med utslipp i mange år, kontinuerlig dag ut og dag inn.

Forurensningsutslippene øker bl.a. fordi:

- Utlekket vann fra drikkevannsnettet og grunnvannet lekker inn i avløps-systemet (fremmedvann). Dette øker den hydrauliske belastningen på renseanleggene, noe som særlig betyr noe for effekten av sedimenteringsbassengene i renseanleggene. Fordi man i praksis ikke kan fjerne all forurensning i avløpsrenseanlegget, vil fremmedvannet ta med seg forurensninger ut gjennom avløpsrenseanlegget via øket gjennomstrømning. Utløpskonsentrasjonen av totalt fosfor (Tot. P) ligger ofte i området 0,2 mg/l. Der som man ble kvitt alt fremmedvannet ville utslippene fra avløpsrenseanleggene, av f.eks fosfor, i gjennomsnitt kunne gå ned ca. 50 % i forhold til i dagens situasjon. (Ratnaweera 2011).
- Tilgjengelig kapasitet i transportsystemet minker slik at overløp trer oftere i kraft og overløpsutslippene øker.
- Lekkasjene av avløpsvann ut av avløpssystemet øker via sprekker og dårlige rørskjøter.

En øket vannstand i avløpsrørene p.g.a. mer fremmedvann øker utlekkasjene. Dohmann et al. (1994) har målt utlekkasjene i et 300 mm rør med en 2 mm sprekk i røret. Han

fant en kraftig økning av utlekkasjene som følge av en økning i vannstanden i røret fra 225 mm over bunnen, til 280 mm over bunnen av røret.

- Dårlig selvrensning p.g.a. svanker og lavt fall medfører avsetninger av slam i rørene som kan føre til kloakkstopp og store utskyllinger i regnvær (first flush). Dette kan renne ut via regnvannsoverløp i fellessystemer eller nødutløp i spillvannsledningsnett i regnværperioder.
- I et dårlig avløpsnett er det hyppigere brudd og skader. Ved slike skader kan også avløpsvann renne ut av nødoverløp eller regnvannsoverløp, eller fra spillvannsledningen og ned i overvannsledningene hvis det er åpne renner i kummene.

Sannsynligheten for vannbårne sykdommer øker dersom ledningsgrøftene er fylt med kloakkvann. Ved undertrykksituasjoner på drikkevannsnettet vil kloakkvann kunne suges inn i nettet og føre til sykdom. Kloakkvann kan også komme inn i drikkevannsledningen ved brudd på ledninger.

På grunn av en betydelig fremmedvannsmengde må renseanlegg, ledninger og pumpestasjoner dimensjoneres for en kapasitet langt over det som ellers ville vært nødvendig.

Statens forurensningstilsyn (SFT nå Klima og forurensningsdirektoratet, KLIF) utførte i 1992 en undersøkelse for å fremskaffe konkrete tall for betydningen av manglende kontroll med innlekking av spillvann til overvannsledninger. I prosjektet (SFT, 1992) ble det gjort

målinger i 51 avløpsnett for overvann. Hensikten med målingene var å finne hvor mye spillvann som lakk ut fra spillvannsledningene og inn i overvannsledningene i tørrvær. Avløp fra overvannsledninger slippes rett til vannforekomstene uten rensing. Resultatene fra målingene viste følgende:

Resultat fra 51 målestasjoner ga følgende tap:

- Nett fra 1960-årene: 2,5 kg P/ km ledning og år
- Nett fra 1970-årene: 0,5 kg P/km ledning og år
- Nett fra 1980-årene: < 0,3 kg P/km ledning og år

Konklusjonene i rapporten fra SFT (1992) er at forurensningstapet er gjennomgående lavt, men varierer betydelig fra nett til nett.

Fra resultatene ser man at gamle nett nesten hadde 10 ganger større lekkasje enn nyere nett. Når det gjelder innlekkasje av fremmedvann i avløpsnettet er det imidlertid få undersøkelser å vise til.

## Årsaker til feil og mangler ved avløpsledningsnettet

Årsakene til feil og mangler som kan gi ledningsskader er mange, blant annet (Finsrud, 2002):

- Uegnede eller dårlige rørmaterialer.
- Dårlige skjøter eller pakninger.
- Materialfeil/produksjonsfeil.
- Transportskader som svekker rørene.
- Leggefeil som: Spenninger i skjøter. Dårlig forankring. Spenninger som skyldes opplegg helt eller delvis på

fjell og steiner etc. Utilstrekkelige forholdsregler mot underspyling og setninger. Uegnede igjenfyllingsmasser. Mangelfull sikring mot at masser forflytter seg i grøftetverrsnittet. Ikke tilstrekkelig hensyn til økte trafikkklaster. Unøyaktig legging som gir stedvis dårlig fall eller svanker.

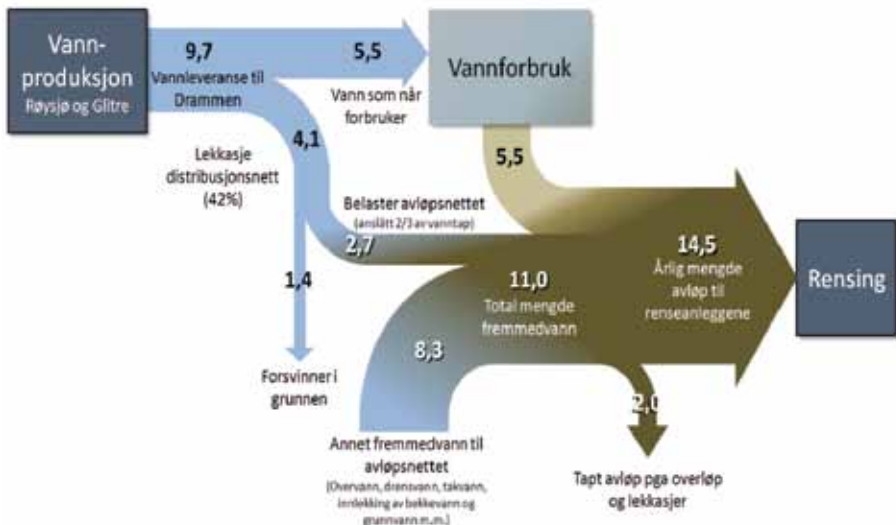
- Ulike former for inn- og utvendig korrosjon.
- Driftsfeil, bl.a. trykkstøt i pumpeledninger som fører til skade, og som svekker rørene.
- Mangelfullt vedlikehold.

Som det går frem av listen over, er ikke alder på rørene et tyndig tegn på at en avløpsledning bør fornyes eller renoveres. Selv et forholdsvis nytt avløpsnett kan ha mangler i funksjonsevnen eller i den materielle styrken som tilsier at fornying bør vurderes.

## Fremmedvannmengder i norske avløpsrensanlegg

Godt Vann Drammensregionen (GVD), som er et samarbeidsprosjekt mellom ni kommuner i Drammensregionen og Glitrevannverket gjorde i 2009 (Godt Vann, 2009) en undersøkelse, basert på målinger og data for 2007, av mengden fremmedvann i avløpsnettet til Drammen. Undersøkelsene er utført ved å måle vannforbruket og avløpsmengder og så gjøre de nødvendige beregninger ut fra dette. Resultatene fra denne undersøkelsen er vist i figur 1. Av figuren framgår det at avløpsnettet i Drammen kommune hadde 67 % fremmedvann.

Mange har trodd at dette er unikt og ikke normalt for norske kommuner. De etterfølgende beregningene viser imidlertid at dette heller er vanlig enn uvanlig for større norske kommuner.



Figur 1. Vannbalanse diagram i Drammen. (Godt Vann Drammensregionen, 2009).

## Metode

I dette arbeidet er det tatt utgangspunkt i de dataene som innrapporteres årlig til KLIF fra alle avløpsanlegg i Norge. Beregningene er basert på data fra 551 avløpsrenseanlegg, som står som rådata i KLIFs database for parameteren total fosforkonsentrasjon (Tot-P) i innløpene for året 2008. Konsentrasjonen av Tot-P i innløpet brukes som en indikator på anleggets totale mengde fremmedvann. Beregningene i denne artikkelen bygger på en antakelse om at hver personenheter i gjennomsnitt over året produserer 1,8 g Tot-P per døgn og 160 liter avløpsvann per døgn. (Sjefingeniør i KLIF, Terje Farestveit, pers. medl. 2010). Et avløpsvann uten fremmedvann vil med disse antakelsene ha en fosforkonsentrasjon på 11,25 mg per liter. Fremmedvann er i denne artikkelen definert som alt annet enn vann fra drikkevannsnettet forbrukt i husholdningene eller av andre vannforbrukere.

Fosforet i avløpsvannet antas å ha sitt opphav fra husholdningene, næringsliv og annen virksomhet. Anlegg som rapporterer høyere konsentrasjoner enn 15 mg Tot-P/l er utelatt fra analysen, da det antas at det enten er feil i rapporteringen eller at det er spesielt mye industripåslipp i feltet. I databaser må man regne med at noen av dataen er beheftet med feil. Imidlertid vil noen gale opplysninger ikke endre på totalinntrykket og hovedkonklusjonene.

Det er ikke skilt mellom anlegg som er betjent av fellesavløpssystem, kontra separatavløps-system. Mange anlegg har en blanding av begge disse systemene. Det er naturlig å anta at mange av de an-

leggene som har høyest fremmedvannandel har fellesavløpssystem.

En gjennomgang av de innrapporterte data viser at 49 anlegg ikke hadde oppgitt tall for Tot-P i innløpet og at 29 av anleggene hadde oppgitt konsentrasjoner høyere enn 15 mg P/l. Disse anleggene er utelatt fra analysene. Det betyr at 473 av 551 avløpsrenseanlegg fra KLIFs database inngår i analysen.

Andelen fremmedvann ( $FV$ , %) for hvert enkelt avløpsanlegg er beregnet på følgende måte:

$$FV = \left( 1 - \frac{Q_{ap}c_i}{P_{pd}} \right) \times 100$$

Hvor:

$FV$  = fremmedvann i avløpsanlegget [%]

$P_{pd}$  = produsert fosfor (Tot-P) per personenheter og døgn [mg/pe døgn]

$c_i$  = konsentrasjonen av Tot-P i innløpet renseanlegg [mg/l]

$Q_{ap}$  = mengde produsert avløpsvann per person og døgn [l/pe døgn]

## Resultater og diskusjon

For å få et inntrykk av fremmedvannmengden i alle norske avløpsrenseanlegg ble det gjennomført en frekvensanalyse for fosforkonsentrasjonen i innløpsvannet til renseanleggene.

Medianverdien for de 473 anleggene er en fosforkonsentrasjon på 5,5 mg/l. (medianen for alle anlegg uten vektning i forhold til antall personer tilknyttet anleggene). Dette gir en total midlere innløpsvannmengde på 327 l/pe d og en

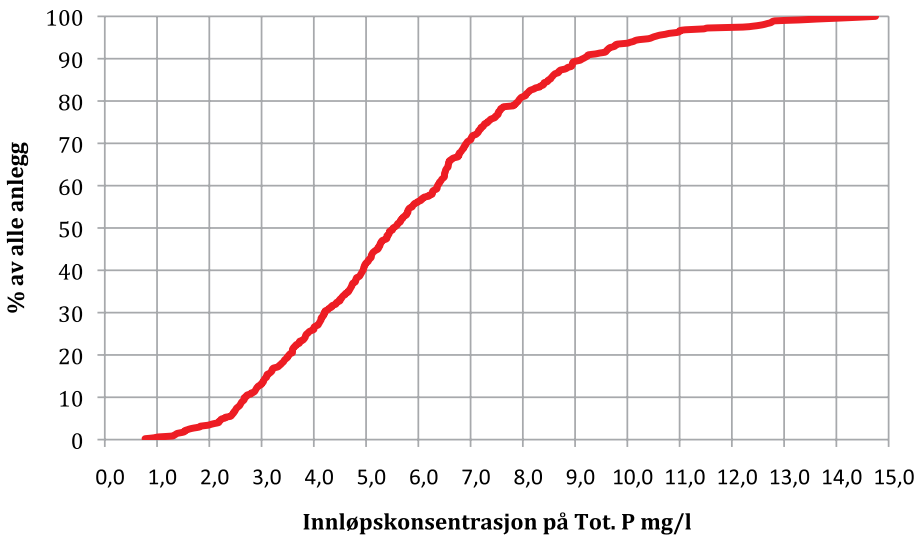
fremmedvannmengde på 167 l/pe d, som utgjør 51 % av total innløpsmengde. Det vil si at over halvparten av anleggene har mer enn 50 % fremmedvann.

Frekvensfordelingen er vist grafisk i figur 2.

Frekvensfordelingsfunksjonen viser en svært stor spredning fra 1 mg/l til 15 mg/l. En tredjedel av avløpsrenseanleggene har lavere innløpskonsentrasjon enn 4,5 mg/l og 50 % av anleggene har lavere innløpskonsentrasjon enn ca. 5,5 mg/l. Det er en overvekt av mindre renseanlegg i øvre del av kurven og en overvekt av større renseanlegg i nedre del av kurven. Det betyr at hvis man hadde laget en frekvensfordelingskurve for personer tilknyttet anleggene, ville situasjonen fremstå som mer ugunstig enn den viste i figur 2. Gjennomsnittet for Tot-P i inn-

løpet ville da ligget rundt 4 mg/l. Dette betyr igjen at gjennomsnittlig fremmedvannmengde, regnet for enkeltpersoner, er nærmere ca. 60 %.

I disse analysene er alt vann til avløpsrenseanlegget som ikke er spillvannsavløp definert som fremmedvann. Dette innebærer at overvann i fellesavløpssystemer også faller inn under begrepet fremmedvann. En slik definisjon av fremmedvann kan diskuteres, men vi ser det slik at selv om overvannet er planlagt innslipp av vann, er dette normalt uønsket vann som i dag heller bør forsøkes koblet bort fra avløpsnett ved bruk av lokal overvannshåndtering og separering av fellesavløpet. Andelen som overvannet utgjør av det totale avløpet som tilføres renseanlegget er dessuten ofte forholdsvis beskjedent og utgjør en



Figur 2. Frekvensfordelingsfunksjon for Tot. P i innløpet på 473 avløpsrenseanlegg i 2008.

mindre andel av totalen sett over hele året. Dette skyldes bl.a. at mye av årets mindre intense nedbør holdes tilbake på overflatene i små gropmagasiner, fukter overflatene etc. og fordamper til slutt uten å forårsake avrenning til avløpsnett. Overvannspåvirket avrenning i fellesavløpssystemer varer ofte mindre enn ca. 10 % av årets timer.

På bakgrunn av frekvensanalysen, som viste at de største anleggene har lavest fosforkonsentrasjon, ble andelen fremmedvann for et utvalg på 14 av de større anleggene i Norge beregnet. Disse anleggene betjener ca 1,4 millioner personer. I tabell 1 er resultatene av beregningen for disse 14 avløpsrenseanleggene vist. Det går fram av resultatene at de

fleste store anleggene har betydelig høyere fremmedvannmengde enn 50 %.

For de beregnede fremmedvannmengdene vist i tabell 1 er det er antatt 1,8 g Tot-P/pe d og 160 l/pe d, som middelverdier over året. Et forbruk på 160 l/pe d er betydelig lavere enn det offisielle forbrukstallet, 195 l/p d som SSB oppgir (SSB, 2011). Bakgrunnen for likevel å velge 160 l/pe d er som følger:

- Ræstad et al. (2010) har dokumentert at et sannsynlig midlere vannforbruk i Norge ligger på 150 l/p d.
- Bøyum og Thorolfsson (1999) viser at forbruk til hagevanning, vanning av gressplener, vasking av bil og annet vannforbruk som ikke returneres til avløpsnett er ca 70 m<sup>3</sup>/ år per

Anlegg/kommune	Tot. P inn mg/l	% fremmedvann
VEAS	3,66	67,5
Bekkelaget Oslo	3,62	67,8
Solumstrand Drammen	3,06	72,8
Saulekilen Arendal	2,5	77,8
FREVAR Fredrikstad	2,61	76,8
Lillehammer	4,54	59,6
Moss	4,2	62,7
Sandefjord	2,47	78,0
Tønsberg	4,11	63,5
Nordre Follo	4,22	62,5
Holen Bergen	1,71	84,8
Knappen Bergen	2,41	78,6
Flesland Bergen	6,06	46,1
Ytre Sandviken Bergen	1,58	86,0

Tabell 1. Beregnet fremmedvann på 14 store avløpsrenseanlegg i Norge i 2008, som betjener ca 1,4 millioner personer. Forutsatt 1,8 g Tot-P/pe d og 160 l/pe.

bolig med hagevanning. Dersom man fordeler dette på alle personer med og uten vanningsbehov kan det antas at dette blir 10 – 15 l/p d. I så fall blir virkelig avløp fra personer ca 140 l/ pd.

Forutsetningene for beregningene om 1,8 g Tot-P i 160 liter avløpsvann er som for alle slike beregninger beheftet med noe usikkerhet. Det kan for eksempel spørres hva som er virkningen av en pendler som bor i feltet, men jobber utenfor feltet? Hvis vi antar at pendleren tar med seg like stor andel av vann som andel av fosfor, gir det ingen virkning på

beregningsresultatet. Hvis pendleren tar med en større andel av fosfor enn det han tar med seg av vann, vil beregningene gi for høy fremmedvannmengde. Hvis en tilkoblet bedrift, for eksempel en næringsmiddelbedrift, har et avløp som har høyere konsentrasjon enn 1,8 g per 160 liter vann, vil man i beregningsresultatet få for lite fremmedvann.

For å se hvordan usikkerheten i forutsetningene for beregningene slår ut på resultatene, er det for de 14 avløpsanleggene regnet ut fremmedvannmengde med mer spesifikt avløp per person og mindre spesifikt fosforutslipp per person. I tabell 2 er det vist fremmedvann-

Anlegg/kommune	Tot-P inn mg/l	% fremmedvann ved 1,8 g P/pe d og 140 l/pe d	% fremmedvann ved 1,6 g P/pe d og 180 l/pe d
VEAS	3,66	71,5	58,8
Bekkelaget Oslo	3,62	71,8	59,3
Solumstrand Drammen	3,06	76,2	65,6
Saulekilen Arendal	2,5	80,6	71,9
FREVAR Fredrikstad	2,61	79,7	70,6
Lillehammer	4,54	64,7	48,9
Moss	4,2	67,3	52,8
Sandefjord	2,47	80,8	72,2
Tønsberg	4,11	68,0	53,8
Nordre Follo	4,22	67,2	52,5
Holen Bergen	1,71	86,7	80,8
Knappen Bergen	2,41	81,3	72,9
Flesland Bergen	6,06	52,9	31,8
Ytre Sandviken Bergen	1,58	87,7	82,2

Tabell 2: Beregnet fremmedvann på 14 store avløpsrenseanlegg i Norge i 2008, som betjener ca. 1,4 mill personer, for to ulike sett av forutsetninger, henholdsvis 1,8 g Tot-P/pe d og vannmengde 140 l/pe d og 1,6 g Tot-P/pe d og vannmengde 180 l/pe d.



mengden dersom vi antar 1,8 g Tot-P/pe d og vannmengde 140 l/pe d og en situasjon hvor vi antar 1,6 g P/pe d og vannmengde 180 l/pe d.

Resultatene viser at rimelig antagelser om usikkerhet i forutsetningene ikke slår vesentlig ut i beregningene av fremmedvannmengdene. Det betyr at de konklusjoner som trekkes er robuste i forhold til antagelsenes usikkerhet.

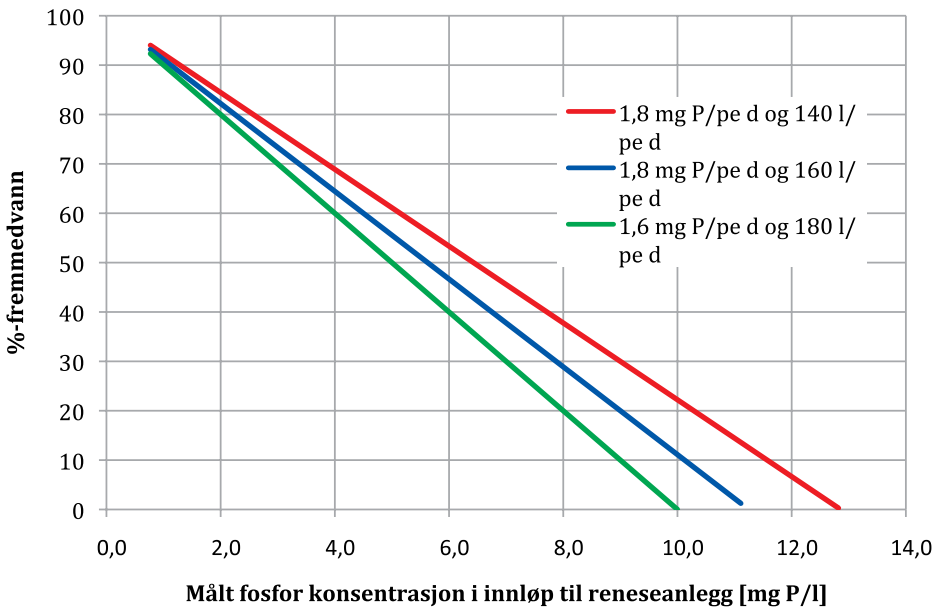
Tilsvarende analyse av fremmedvann og følsomhet for endringer i forutsetningene er gjort for alle de 473 avløpsanleggene som er med i denne undersøkelsen. Resultatene er vist grafisk i figur 3. Det er rimelig grunn til å anta at anleggene som er med i undersøkelsen er representative for situasjonen i Norge og figur 3 kan

dermed benyttes til å bestemme fremmedvannmengde når man kjenner konsentrasjonen av totalt fosfor i innløpet til renseanlegget.

### Konklusjoner

Beregninger av fremmedvann i norske avløpsrenseanlegg viser at gjennomsnittlig mengde fremmedvann er mer enn 50 %. Analysene er basert på 2008-data for konsentrasjonen av Tot-P i innløpet til 473 avløpsrenseanlegg i Norge hentet fra Klima og forurensningsdirektoratets arkiver.

Analysen viser at det er en overvekt av store renseanlegg med lave konsentrasjoner av fosfor i innløpet til renseanlegget. Beregningene gjort for 14 av de store



Figur 3. Beregnet fremmedvannmengde for ulike Tot-P konsentrasjoner i innløpet til rensesanlegg.

avløpsanleggene i Norge viser at gjennomsnittlig mengde fremmedvann for disse er 60 -70 %.

Analysene viser at en rimelig grad av usikkerhet i forutsetningene for spesifikt avløp og spesifikk fosforproduksjon ikke påvirker konklusjonene nevneverdig. Hovedkonklusjonen er at norske avløpsrenseanlegg har oppsiktsvekkende mye fremmedvann som forårsaker store utslipp av forurensninger og ekstra kostnader til drift og investeringer.

### Litteraturhenvisninger

Bøyum, Å. og Thorolfsson, S. T. 1999. *VA-teknikk del 1*. Tapir forlag.

Dohmann, M. m. fl. 1994. *Untersuchungen zur quantitativen und qualitativen Belastung von Untergrund durch undichte Kanäle*. Technische Hochschule Aachen – BMFT-statusseminar, 4. Internationaler Kongress Leitungsbau 1994.

Finsrud, R. 2002. *VA- nettet i Norge. Status og kostnader*. Gressvik.

Godt Vann. Drammensregionen. 2009. *Felles hovedplan for vannforsyning og avløp i Drammensregionen. Faktabok basert på 2007-data*. Drammen.

KLIF (2010). Personlig meddelelse fra sjefingeniør Terje Farestveit i KLIF.

Ratnaweera, H. 2011. Personlig meddelelse.

Ræstad, C., Evjemo, J. I., Skaret, J. og Dupont, R. A. 2010. *Sørum kommune har 0,7 % lekkasjetap!*. VA-bulletinen nr 4, 2010 Norsk Vann. Hamar.

SFT. 1992. *Forurensningstap i overvannsledninger under tørrvær*. Rapport TA-842.

SSB. 2011. [http://www.ssb.no/vann\\_kostr/](http://www.ssb.no/vann_kostr/)