

# Fremmedvann – Et stort problem for norske ledningsnett og renseanlegg

Av Lasse Vråle

Lasse Vråle er ansatt ved Institutt for matematiske realfag og teknologi, Universitetet for miljø- og biovitenskap UMB.

## Sammendrag

I dag er de store fremmedvannmengdene som trenger inn i avløpsnettet vårt et større problem enn mangel på tilkobling av kloakk og store lekkasjer fra nettet, som det var før 1980-årene. Da fikk vi store tap av fosfor, nitrogen og organisk stoff til resipientene. Oppsamlingsnettet har fått stadig større tilkobling, lekkasjene ut av nettet er redusert, men klimakrisen med økende nedbør har ført til økende innlekkasje av fremmedvann av forskjellige typer. Drikkevannsinlekkasjer fører også til større fremmedvannmengder og resulterer i økt tap av forurensninger via overløp.

Sydskogenundersøkelsene fra 80-årene (Vråle 1983 og 1984) ble satt i gang for å kartlegge om de spesifikke forurensningstallene som ble benyttet den gangen var korrekte eller for høye. All fokus i den rapporteringen var knyttet til de tallene. Men resultatene som ikke ble publisert i noen særlig grad viste at vannforbruket inn og avløpsmengden ut av norske boliger var vesentlig lavere enn det som var benyttet den gang og i dag. Dette var må-

linger hvor vannmengder ble meget nøye overvåket i tre ledd, vannmåling på kommunal ledning inn i boligfeltet, individuell måling inn i alle deltagende boliger, og måling av alt avløpsvann ut fra alle boligene i et felt som var helt tett og uten fremmedvann. Målinger foretatt over et år i 52 uker viser at vannforbruk, spillvannsmengder og forurensningsmengder støtter konklusjonene i artikkel av Ræstad og GDV (2010) hvor vannforbruk foreslås senket til 150 l/pd i gjennomsnitt. Beregninger av fremmedvannmengder foretatt av Lindholm og Bjerkholt fra UMB (2011) viser at fremmedvannmengden inn til norske renseanlegg kan være meget store selv som gjennomsnittsmålinger over ett år. Disse er målt i % av innløpsvannet til renseanlegg og er avhengig av å velge en spesifikk forurensningsproduksjon og en tilsvarende spesifikk vannproduksjon liter/pd.

En ny og annen metode for beregning av fremmedvannmengder basert på avløpsvannets fortynningsgrad ble første gang nevnt i 1993 (Vråle 1993), men er

lite kjent og anvendt. Metoden er videreutviklet de siste årene ved UMB. Dette er utvidet med å måle fremmedvann i prosent av avløpsvann ut fra boligene i forbindelse med denne artikkelen. Dette fremgår av tabell 4 og legges fram her. Den viser at ufortynnete vannmengder øker med 260 % ved 4 mg P/l og ytterligere til 620 % ved 2 mg P/l på årsbasis. Fremmedvann og spillvannsfortynning målt på basis av ukeblandprøver kan vise svært lave konsentrasjoner i innløpsvannet til norske renseanlegg. Vannmengdene øker, renseanleggene må dimensjoneres større, renseseffektene i prosent senkes og driftskostnadene økes. Nyere verktøy for evaluering av ledningsnettets funksjon er under stadig utvikling ved UMB.

## Summary

The earlier Sydsbogen investigations from the early 1980s (Vråle 1983 and 1984) including the following control examinations indicated that water consumption into and wastewater out of Norwegian dwellings were essentially lower than what has been used at that time and later. This was measurements with very good control, measurements at main line into the dwelling area, individual water measurement into each dwelling and all wastewater was measured in an outlet pumping station rebuilt for both water flow measurement and wastewater sampling. The investigation period was running for one year with 52 weeks weekly composite sampling. The results for water consumption were some less than presented in Ræstad and GDV article (2010) at 150 l/pd.

Estimation of external water intruding Norwegian wastewater collection systems has been found to be very high in Lindholm and Berkholt's article (2011). External water and rain water causes large losses of sewage from overflow weirs and floods basements, overload treatment plants and reduces the treatment efficiency. They calculate the % external water in relation to the amount of inlet water to the treatment plant.

A new method to measure the external water intruding the sewer system, is presented in this article and is based on the degree of dilution in the concentration on total phosphorus. This method compares the intruding water in relation to the amount of water from the household and shows that the water increases from 260 % to 620 % in the worst case, as shown in table 4. This method is still under development.

## Artikkel som setter fokus på for høyt vannforbruk i norske boliger

Christen Ræstad, John Ingar Evjemo, Jarle Skaret og Rene Astad Dupont (2010) har en viktig artikkel med undertittel: "Mange kommuner fusker og anslår lekkasjetapet for lavt ved å sette boligforbruk alt for høyt". Hvorvidt det er fusk eller uvitenhet skal være usagt, men det har i lang tid helt siden 1980-tallet vært klart at vannforbruk inn og ut av boliger er vesentlig lavere enn mange har trodd. Fordi mange kommuner opererer med for høyt vannforbruk i boligene, beregnes lekkasjeprosenter på

Sted	Type bolig	Vannmålerdekning %	Antall boliger	Antall personer	Nattforbruk l/s	Spesifikt forbruk l/pd
Kleiver-Røyken	Boligfelt fra 1999	100	65	230	<0,05	109
Hallenskog-Røyken	Boligfelt fra 1997	99,5	73	224	<0,01	110
Bera-Drammen	Terrassehus fra 1982	100	254	494	Ca 0,0	119
Nærnes-Røyken	Boligfelt noe eldre	80	299	857	2,5	135

Tabell 1. Boligsoner med høy prosent vannmålerdekning med både vannmåling på hovedvannledning inn i boligfelt og individuelle vannmålere i hver bolig.

vannledningsnett lavere enn det faktisk er. Hovedbudskapet i artikkelen til Ræstad et al. er at den lave lekkasjeprosenten på 0,7 % i Sørums er feil, og med riktigere og lavere vannforbruk inn i boliger på 150 l/pd blir lekkasjen på vannledningsnettet ca 26 %.

Det påpekes videre at i de kommunene som har lavere andel av husvannsmålere installert, anslår kommunene et gjennomsnittlig husvannsforbruk til 225 liter/person og dag, mens i de kommunene som har mer enn 60 % vannmålerdekning, er husholdningsforbruket gjennomsnittlig beregnet til omkring 165 liter pr person og døgn. Konklusjonen i rapporten er at i benchmarking bør Norge benytte 150 liter pr person og døgn som er det samme spesifikke boligforbruket som den internasjonale VA-organisasjonen IWA.

Det er også interessant at artikkelen refererer detaljert dokumentasjon i Drammensregionen i samarbeidet Godt Vann som dekker 9 kommuner, hvor det

trekkes fram nøkkeltall fra kommuner med 100 % vannmålerdekning, nemlig. Fire soner med boliger bygd etter 1980 viser spesifikt vannforbruk på følgende vist i tabell 1.

Disse boligområdene viser betydelig lavere gjennomsnittlig forbruk enn det som har vært vanlig å bruke i norske kommuner, men som er basert på faktiske målinger inn til boligene. Kjennskap til riktigere vannforbruk er viktig for å beregne og forstå betydningen av fremmedvanninntaket i norske avløpsledninger.

### Artikkel som fokuserer på høyt fremmedvanninntak på norske avløpsnett

Oddvar Lindholm og Jarle Bjerkholt UMB (2011) har en viktig artikkel i Vann med tittel: "Store fremmedvannmengder i norske avløpsrenseanlegg". Her slås det fast at Norge har en svært høy fremmedvannmengde i avløpsnettet. Fremmedvannmengden øker vannføringen bety-

delig, fortynner avløpsvannet på vei fra bolig til renseanlegg, fører til økte lekkasjer fra rør og overløp og nødløp, til kjelleroversvømmelser, og overbelaster renseanleggene med resulterende dårligere renseseffekt og betydelig økte kostnader både for oppdimensjonering og drift. Beregninger av fremmedvann i norske avløpsanlegg viser at den gjennomsnittlige mengden fremmedvann er mer enn 50 % beregnet i forhold til vannet inn i renseanleggene. Analysene er basert på 2008-data av Tot-P i innløpet til 473 avløpsrenseanlegg i Norge hentet fra Klima- og forurensningsdirektoratets arkiver.

Artikkelens analyser viser videre at det er en overvekt av store renseanlegg med lave konsentrasjoner i innløpet. Beregningene gjort for 14 av de store avløpsanleggene i Norge viser at gjennomsnittlig mengde fremmedvann for disse er 70 %.

Artikkelen benytter seg av tre kombinasjoner av spesifikke tall for sensitivitsanalysen. Produsert fosfor i husholdningen på:

1. 1,8 g Tot-P/pd og 140 l/pd ufortynnet spillvann og
2. 160 l/pd og
3. 1,6 g Tot-P/pd og 180 l/pd.

Både de ”ufortynnede spillvannsmengdene” som diskuteres i artikkelen til Ræstad et.al. (2010) og de spesifikke tall som benyttes av Lindholm og Bjerkholt (2011) blir her viktige fordi de benyttes til å beregne ufortynnede avløpsvannkonsentrasjoner, som igjen benyttes til å beregne fremmedvannmengder til norske renseanlegg.

Det nye ved fortynningsmetoden som benyttes av artikkelforfatteren her er at den ikke benytter spesifikke tall og vannforbruk (ufortynnet spillvann) i det hele tatt, men kun det ufortynnede konsentrasjonsgrunnlaget fra Sydskogenundersøkelsene under rådende forhold (Vråle 1983 og 1984).

## Grunnlag for videre analyser

Disse to artiklene er derfor svært viktige og henger sammen ved at de peker på sentrale spesifikke tall som har meget stor innvirkning på viktige områder, som lekkasjetap fra vannledningsnett, tap av forurensninger ut fra avløpsnett og ikke minst analyse av avløpsnettets funksjon og fremmedvannmengder i norske VA-systemer. Alt for lenge har VA-Norge sovet på dette området, og det er viktig å oppsummere noen klassiske misforståelser og feildefinisjoner i håp om å korrigere disse.

### Uklarhetene rundt **p**, **pe** og **PE**

Her bør vi holde oss til det gamle Oslo-systemet fra før 1972 som definerer:

**PE** = **p** + **pe** hvor:

**PE** = Personenheter

**p** = Bosatt befolkning innenfor rensedistriktet

**pe** = Personekvivalenter fra erverv og industri

Dette betyr at vi kan definere spesifikke tall per **p** eller pr **PE** for som også inkluderer bidrag fra erverv og industri etc. Dette utgjør summen av **p** og **pe** og gir et vesentlig større tall enn **p** alene.

Konklusjonen er at for et større rensedistrikt eller vannforsyningsområde vil spesifikke tall dividert på **p** eller **PE** bli to helt forskjellige tall og vil skape uklarheter! Kanskje bør begge tall oppgis.

### **Uklarhetene rundt gjennomsnittlige og dimensjonerende spesifikke tall**

For vannmengder og avløpsvannmengder har ofte 250 liter/person og døgn vært et tradisjonelt benyttet tall som et dimensjonerende tall. Vi må skille skarpt når vi snakker om gjennomsnittlige tall for eksempel fra husholdningen og dimensjonerende tall. For gjennomsnittlig vannforbruk og avløpsmengder under rådende forhold, for eksempel ute på bygda, vil vi ofte snakke om langt lavere tall, for eksempel 130 l/pd eller enda lavere, som vist i tabell 1 (Ræstad og GVD 2010) og Sydskogenundersøkelsen (Vråle 1983 og 1984). Kontrollmålinger utført i 2009 indikerer omtrent samme forbruk (personlig meddelelse fra René Astad Dupont, Glitrevannverket 2011).

Det bør her bemerkes at vannforbruket i en bolig eller hytte er totalt avhengig av hvilke sanitærtekniske installasjoner som er foretatt og antall personer i boligen og tilstedeværelse. Det kan dessuten finnes luksuriøse hytter som kan ha svært høyt vannforbruk på grunn av spesielle sanitærtekniske installasjoner.

Dessuten vil en liten lekkasje i et vannklosett, frosttapping eller hjemmeproduksjon av alkohol etc. øke vannforbruket drastisk.

Denne forvirringen gjelder også for spesifikke forurensningsmengder. Det vanligste har vært å definere gjennom-

snittlige spesifikke tall. For eksempel representerer resultatene fra Sydskogenundersøkelsene i Røyken kommune (Vråle 1983 og Vråle 1984) gjennomsnittsmålinger basert på ukeblandprøver målt over 52 uker. Det gjelder også for de tradisjonelle spesifikke tallene som ble benyttet før Sydskogentallene ble aktuelle. Ved innførelsen av avløpsdirektivet rundt 2002 til 2004 kom EUs spesifikke tall på organisk stoff på  $\text{BOF}_5 = 60 \text{ mg O/l}$ . Her fremgår det klart av grunnlaget at dette er et dimensjonerende tall og gjelder den uken i året da belastningen er høyest.

### **Uklarhetene hvor målinger og analyser tas i systemet**

Det er viktig å skille mellom vannforbruk ut fra vannverk, inn og ut av boliger og vannmengder inn i rensenanlegg. Vannleveranser fra vannverk kan ofte være i størrelsesorden 250 l/pd til 500 l/pd eller mer, siden det omfatter både lekkasjer ut fra nettet til boliger, erverv og industri etc. Tallene pr PE og døgn blir lavere avhengig av erverv og industriandelen. Vann inn og ut av boliger er relativt likt og vesentlig lavere fra ca 110 til 150 l/pd.

Inn på rensenanleggene derimot er tilførselene svært store igjen, siden de omfatter både spillvann fra boliger, erverv og industri og fremmedvann i form av utlekkende drikkevann, regnvann, overflatevann, dels bekkevann og grunnvann. Her kan vannmengdene bli som fra vannverket eller mer.

Når det gjelder spesifikke forurensningsmengder og tall og konsentrasjoner

er det enda viktigere hvor målingene tas. Rett ut fra husvegger vil spillvannet normalt være uforyttnet og ha høye forureningskonsentrasjoner. Her foreligger det verdifulle målinger fra Sydsbogenundersøkelsene (Vråle, L. 1983 og 1984) som det per dags dato ikke foreligger andre steder i Norge (foreløpig påstand).

Når avløpsvannet transporteres fra boliger og andre bygg til renseanleggene, vil fremmedvannmengden gradvis øke og fortynne forureningskonsentrasjonene. Imidlertid vil det også tilføres andre stoffbidrag enn bare fra husholdningen. Sanitærbidrag vil komme fra erverv, kontorer, skoler etc. Industri vil tilføre sine utslipp. Overflateavrenning vil bidra med særlig organisk stoff og nitrogen, og i enkelte områder vil eroderende leire fra skog og landbruk bidra med store fosfortilførsler.

Dette betyr at måling av spesifikke tall inn til avløpsreanselegg kan bli vesentlig høyere noen steder enn tall fra husholdningen, og fortyning vil ikke skje. På den annen side vil bildet kompliseres ved at tap av forurensning som lekkasje fra ledninger og overløp vil oppstå og forurense lokalresipienter. Dette vil redusere tilføringsgrad og tilførte spesifikke tall.

I Sydsbogenperioden ble det i rapporten "Kritisk analyse av spesifikke forureningsmålinger fra Sydsbogenfeltet og ANØ-området" (Vråle 1985) oppdaget store tilførsler av eroderende leire som gav fremmedvann med særlig høye fosfor- og KOF-verdier.

## Ny metode for analyse av avløpsnettets funksjonsdyktighet er under stadig utvikling

Tidlig i 1990-årene ble det startet utvikling av nye metoder for å måle avløpsnettets funksjonsdyktighet presentert i en konkurranse (Fagrådet 1994) med 5 deltagere. Undertegnede metode ble ikke valgt, men den går ut på å beregne tilførte personenheter PE inn til renseanleggene basert på flere parametere som Tot-P, Tot-N og KOF eventuelt BOF. Helst bør det anvendes ukeblandprøver, men døgnblandprøver kan benyttes, men gir større usikkerhet. Prøvene tas dessuten også i regnværperioder, noe som ikke var tillatt ved beregning av tilføringsgrad. Ved å plote resultatene på bestemte måter kan kloakktapet via overløpene avsløres.

Det ble dessuten lansert en metode for å beregne avløpsvannets fortynningsgrad ut fra konsentrasjonene i uforyttnet avløpsvann fra husholdning. Her ble konsentrasjoner fra Sydsbogenprosjektene (Vråle 1983 og 1984) benyttet som utgangspunkt. Imidlertid ble det benyttet tall fra de spesifikke tallene for forureningsproduksjon og som ble korrigert opp for 100 % tilstedeværelse og ut fra kjønn og kroppsvekt.

Det ble så regnet baklengs ut fra de nye spesifikke tallene og dividert med den uforyttnede avløpsvannmengden på 140 i/pd ut fra boligene for å finne forureningskonsentrasjonene. Dette gav relativt høye konsentrasjoner, som vist i tabell 2. Disse tallene er viktige fordi de kan benyttes til å beregne fortynningsgraden og derved fremmedvannmengden.

Parameter	Benevning	Ved 100 % tilstedeværelse	Forurensingskonsentrasjoner i ufortynnet avløpsvann ved 100% tilstedeværelse
Avløpsvannmengde	Liter/p.d	140,0	
Fosfor Tot-P	g P/p.d.	2,0	14,3 g P/m <sup>3</sup>
Nitrogen Tot-N	g N/p.d.	12,0	85,7 g N/m <sup>3</sup>
BOF <sub>7</sub>	g O/p.d.	46,0	329 g O/m <sup>3</sup>
KOF dikromat	g O/p.d.	94,0	671 g O/m <sup>3</sup>
Susp. stoff	g /p.d.	42,0	300 g /m <sup>3</sup>

Tabell 2. Beregning av forurensningskonsentrasjoner ut fra spesifikke tall og spillvannmengde ved 100 % rådende forhold og korrigert for kjønn og personvekt i en tidlig fase mens det ennå var noe fosfater i norske tøyvaskemidler (Vråle 1994).

Disse tallene er benyttet i noen rapporter på 90-tallet og senere i noen mastergradsoppgaver ved UMB i 2010.

Resultatene fra disse, som vil bli publisert senere, kunne tyde på at særlig KOF-konsentrasjonen er beregnet noe for høy.

Fra dato	Til dato	Antall	Avløpsvann	Suspensert Stoff	Total TS	Lednings- evne	Alkalitet	Tot-P	Orto-P
Start	Start	Uker	l/p.d.	mg SS/l	mg TTS/l	uS/cm	mekv/l	mg P/l	mg P/l
19.10.1981	12.04.1982	26	129,3	156,8		699,1		12,4	10,3
									LMRP
									mg P/l
02.05.1983	24.10.1983	26	123,3	186,0	556,0	813,0	539,0	15,3	12,1
<b>Gjennomsnitt for begge halvår</b>			<b>126,3</b>	<b>171,4</b>		<b>756,0</b>		<b>13,9</b>	<b>11,2</b>
Fra dato	Til dato	Antall	Tot-N	T-KJE-N	NH4-E	KOF	TOC	Coprost- anol	
Start	Start	Uker	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg O/l	mg C/l	ug/l	
19.10.1981	12.04.1982	26	62,9			422,3			
						COD-CR			
						mg O/l			
02.05.1983	24.10.1983	26	54,1	65,8	57,1	417,3	86,4	736,0	
<b>Gjennomsnitt for begge halvår</b>			<b>58,5</b>			<b>419,8</b>			

Tabell 3. Gjennomsnittlige konsentrasjoner for ukeblandprøver fra Sydskogen Røyken kommune (Vråle 1983 og 1984).

Denne artikkelen gav inspirasjon til å se nærmere på rådata fra Sydskogen slik de ble oppnådd under rådende forhold som vist nedenfor.

Disse resultatene viser også meget høye konsentrasjoner i det uforynnede avløpsvannet, men viser også hvilke parametere som ble målt på Sydskogen i begge halvårene. Spillvannmengdene er i gjennomsnitt 129 l/p.d. i vinterhalvåret og 123 l/p.d i sommerhalvåret. Det høyere vinterforbruket kan skyldes mer bading og dusjing om vinteren og/eller mer fravær om sommeren. Gjennomsnittet er 126 l/p.d.

Det andre interessante var at alle konsentrasjonene er høyere i vinterundersøkelsen, men ikke for nitrogen og KOF.

Dette kan muligens forklares ved at fraværet i sommerferien senker nitrogen og til dels KOF-utslippet relativt mer.

Det gjøres også oppmerksom på at NIVA-laboratoriet måtte kontrollere sine nitrogenanalysemetoder etter undersøkelsen på Sydskogen. De konkluderte med at ved så konsentrerte prøver av Tot-N var Total Kjeldahl-metoden bedre å benytte, fordi Tot-N-metoden, som gav lavere konsentrasjon på tross av at Total Kjeldahl ikke tar med nitritt og nitrat, men det anses neglisjerbart i uforynnet avløpsvann. Det ble også målt på Total TS, Ledningsevne, TOC og Coprostanol ved den siste halvårsundersøkelsen (Vråle 1994).

For beregning av fortynningsgrad og % fremmedvannsmengde kan følgende konsentrasjoner benyttes: Tot-P på 13,9 mg P/l, KOF på 420 mg O/l og for Tot-N kan tallet 65,8 mgN/l benyttes inntil videre. Her er det aktuelt bare å benytte Tot-P konsentrasjonen.

## Beregning av fortynningsgrad og % fremmedvannmengde ut fra fosforkonsentrasjon i uforynnet spillvann alene

Fortyinningsgraden beregnes som vist nedenfor og ble foreslått første gang i rapporten til (Fagrådet 1994).

$$\text{Fortyinningsgraden: } \frac{\text{Fremmedvann + uforynnet spillvann}}{\text{uforynnet spillvann}} = \frac{\text{Konsentrasjon fra bolig}}{\text{konsentrasjon inn renseanlegg}}$$

Metoden gjør bruk av konsentrasjoner alene og uttrykker hvor mye rent fremmedvann som fortynner avløpsvannet slik det foreligger ut fra husholdningene. Etter en del utprøving og testing de siste årene, blant annet i mastergradsoppgaver ved UMB, har det vist seg at bruk av total fosfor er den parameteren som påvirkes

minst av fremmedvann med unntagelse av områder som tar inn marin leire, slik som i ANØ-området (Vråle 1985).

Det er viktig å understreke at ved fortynningsmetoden som her presenteres, fremstilles % fremmedvann som fremmedvann i forhold til uforynnet spillvann fra boliger etter formelen:



Fremmedvann i % av uforyttnet avløpsvann:  $(C_1/C_2 - 1) \times 100 =$

$C_1 =$  konsentrasjon i uforyttnet spillvann i husholdning

$C_2 =$  konsentrasjon inn på renseanlegg

Denne fremmedvannprosenten skiller seg fra definisjonen til GDV og Lindholm og Bjerkholt (2011) som fremstiller det i % fremmedvann i forhold til vannmengde inn på renseanlegget. Den kan ikke bli over 100 %, men det kan den ved metoden som benyttes her.

Metoden unngår å trekke inn vannmengder og kan da avledes direkte fra fortynningsgraden.

Hvis det måles en fortynningsgrad på for eksempel  $C_1/C_2 = 2,5$  blir:

% fremmedvann/uforyttnet spillvann =  $(2,5-1) \times 100 = 150\%$

Nedenfor presenteres en tabell for fremmedvannpåvirkning som ble utarbeidet i 1993. Den er basert på de data som den gang ble benyttet.

Tabell 4 viser hvordan fremmedvann i økende grad påvirker innløpskonsentrasjoner, fortynningsgrader og økende spesifikke tall inn på renseanlegg i fra lite til meget stort omfang. Gruppe nr 5 representerer meget stort fremmedvannsinntak med innløpskonsentrasjoner fra 2 til 4 mg P/l og er slett ikke unormalt i større rensedistrikt i Norge. Fremmedvannmengden i % av uforyttnet spillvann er vist i figur 1 nedenfor.

En ser da at % fremmedvann kan utgjøre ca 260 % ved 4 mg Tot-P i innløpet og ca 620 % ved 2 mg P/l i gruppen meget stor påvirkning med fosforkonsentrasjon inn til renseanlegget, som slett ikke er uvanlig ved norske renseanlegg.

## Konklusjoner

Følgende konklusjoner kan oppsummeres:

1. Fremmedvannmengdene som tilføres norske renseanlegg er svært store når fosforkonsentrasjonene i uforyttnet spillvann og vanlige konsentrasjoner inn på norske rense-

Nr	Total Fosfor mg P/l	Total Nitrogen mg N/l	Organisk Stoff KOF dikromat mg O/l	Fortynningsgrad	Spesifikk vannmengde Inn renseanlegg l/PE.d	Fremmedvann Innvirkning Omfang
1	15 - 14	90 - 80	700 - 650	1,0	140	Ingen
2	14 - 10	80 - 60	650 - 470	1,0 - 1,4	140 - 200	Liten
3	10 - 7	60 - 40	470 - 320	1,4 - 2,0	200 - 280	Moderat
4	7 - 4	40 - 24	320 - 190	2,0 - 3,6	280 - 500	Stor
5	4 - 2	24 - 12	190 - 100	3,6 - 7,2	500 - 1000	Meget Stor

Tabell 4. Sammenheng mellom ukeblandprøve konsentrasjon i innløpsprøver til renseanlegg og innvirkning av fremmedvann. Tabellen gjelder bare for prøvetakere som er plassert oppstrøms alle returvannstrømmer og det ikke forekommer septiktømming på innløpsledningen (Vråle 1993 og Fagrådet 1994).

anlegg legges til grunn. Dette utgjør kanskje det største problemet i VA-Norge.

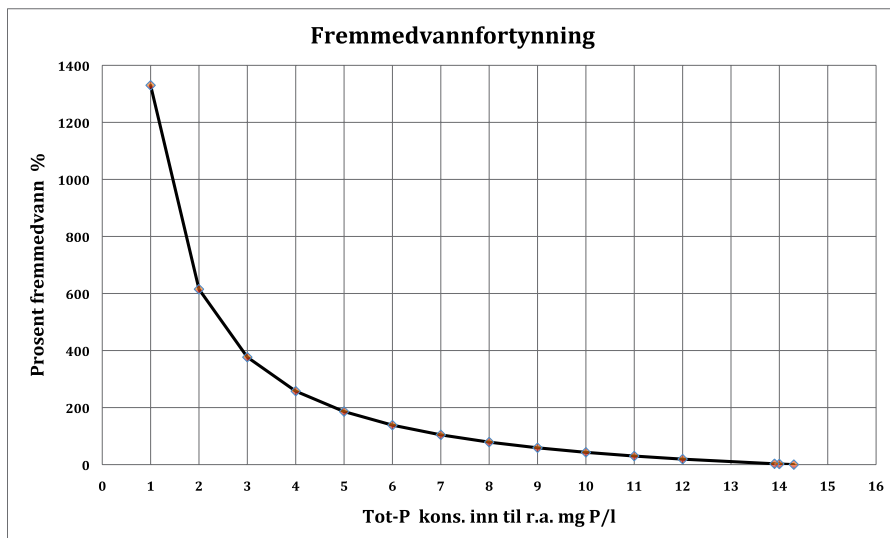
2. Ved bruk av fortynningsmetoden for beregning av fremmedvannmengder er det ikke nødvendig å velge spesifikke forurensningstall og uforynnet spillvannsavløp som i Lindholms og Bjerkholts metode, men en database for uforynnet spillvann som her må benyttes.
3. En analyse viser at konsentrasjonsdata for fosfor for 100 % tilstedeværelse med 14,3 mg/l kontra 13,9 mg P/l for database for rådende forhold har liten innvirkning på fremmedvannsmengden beregnet i %.
4. Høyt fremmedvanninntak skyver råkloakk ut via overløp og ut i resipientene, fortynner avløpsvannet, øker belastningen på renseanleggene,

senker rensegradene og øker driftskostnadene.

5. Bruk av høye spesifikke tall for husholdningskonsum er med på å skjule de faktiske lekkasjeprosentene i drikkevannsnettet og underestimerer de faktiske fremmedvanninntakene.
6. Arbeidet med nyere metoder for å gi bedre verktøy for evaluering av ledningsnettenes funksjonsdyktighet bør fortsettes.

## Referanser

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord. Styringsgruppe 4 Ledningsnett, sekretær Christen Ræstad (1994) "Kriterier for evaluering av avløpsnettets funksjonsdyktighet" 18. oktober 1994. Innspill nr 4 av 5 totalt av Lasse Vråle, CHK rapport 1190/r94188 datert 1.7.1994.



Figur. 1 Fremmedvannfortynning i % av uforynnet spillvann basert på 14,3 mg P/l.

Lindholm, O. og Bjerkholt, J.(2011) "Store fremmedvannmengder i norske avløpsrensaneanlegg". Vann nr 1. 2011.

Ræstad, C, Evjemo, J., Skaret, J. og Dupont, R. A., (2010): "Sorum kommune har 0,7 % lekkasjetap"!?. VA-bulletinen nr 4, 2010 Norsk Vann. Hamar.

Vråle, L.(1983): "Spillvannstap fra oppsamlingsnett, delrapport 1. Forurensningsproduksjon fra boligfelt med tett oppsamlingsnett i Sydsbogen Røyken kommune". NIVA O-81041, VA-rapport 11/83. April 1983.

Vråle, L. (1984): " Forurensningsproduksjon fra husholdning. Halvårlig sommerundersøkelse fra Sydsbogen i 1983, Røyken Kommune". NIVA F- 83451, VA-rapport 20/84. September 1984.

Vråle, L. (1985): "Kritisk analyse av spesifikke forurensningsmålinger fra Sydsbogen-feltet og ANØ-området". NIVA O-81041, VA-rapport 2/85. Mars 1985.

Vråle, L.: (1993) "Konsekvenser av inntak av fremmedvann i avløpsledninger". SFT-rapport nr. 93:09. ISBN-nummer 82-76-118-1. TA-nummer, TA-951/1993.