

Fremmedvann i nordiske avløpsledningsnett

Av Oddvar G. Lindholm, Jarle T. Bjerkholt og Ole Lien

Oddvar Lindholm og Jarle T. Bjerkholt er ansatt ved Institutt for matematiske realfag og teknologi, Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB). Ole Lien er ansatt hos Norsk Vann.

Summary

Infiltrated water in the sewerage systems of the Nordic countries are investigated in this article. Infiltration of water leads to more pollution, larger investment costs and larger running costs compared to no infiltration. In this work the concentration of total Phosphorus (Tot-P) in the inlet water of the waste water treatment plants (WWTP) are used as an indicator of the portion of infiltrated water in the systems. This is based on the assumptions that every person annually on average consumes a certain volume of water (160 l/pe · day) and produces a certain amount of Phosphorus (1,8 g Tot-P/pe · day). In this work infiltrated water is defined as all water entering the sewerage system not originating from the water supply system. This is a rough method. However, it gives a good indication of how much water that is infiltrating the sewerage systems based on easily available data.

The infiltration ratio was calculated for Norway, Denmark, Sweden and Finland. The results were 68 %, 23 %, 58 % and 29 % respectively.

Sammendrag

Fremmedvann i avløpsledningsnett medfører unødvendig store forurensningsutslipp, større kostnader til drift og større investeringer i avløpsanleggene enn det ellers hadde vært behov for. I denne artikkelen beregnes fremmedvannmengden basert på fortynningsgraden av totalt fosfor (Tot-P) i innløpsvannet til avløpsrensning, dvs. at konsentrasjonen av Tot-P i innløpsvannet brukes som en indikator på total mengde fremmedvann som tilføres anlegget. Beregningene bygger på en antakelse om at hver personenheter i gjennomsnitt over året produserer en viss mengde Tot-P per døgn og et visst antall liter avløpsvann per døgn. I artikkelen er fremmedvann definert som alt annet enn vann fra drikkevannsnettet forbrukt i husholdningene eller av andre vannforbrukere. Metoden er selvsagt meget grov, men gir en indikasjon på fremmedvannproblemet.

Beregningsmetoden er benyttet på data fra norske avløpsrensning som finnes i Klifs database. Det er gjort be-

regning av andel fremmedvann ved 15 store norske renseanlegg ut fra en antakelse om 1,8 g Tot-P/pe · d og 160 l/pe · d som middelverdier over året. Gjennomsnittlig middelvei for fremmedvann for disse anleggene er 68 % av totalt tilrent avløp over ett år.

Videre er det innhentet data fra de andre nordiske landene og gjort tilsvarende beregninger. Resultatene viser et gjennomsnitt på 23 % fremmedvann av total tilførsel til de 15 største avløpsrenseanleggene i Danmark, 29 % fremmedvann i gjennomsnitt for de 8 største anleggene i Finland og 58 % i gjennomsnitt for de 15 største anleggene i Sverige. Innløpskonsentrasjonene av total fosfor viser at norske anlegg ligger på ca. 70 % av konsentrasjonene ved svenske anlegg og på ca. 40 % av konsentrasjonene ved danske og finske anlegg.

Hvis avløpsvann som ikke er fra husholdninger, men for eksempel fra næringsliv, offentlige virksomheter, etc. har en fosforkonsentrasjonen som er lavere enn i husholdningsavløp, vil de viste beregningene av % fremmedvannandel bli for høy.

Innledning

Fremmedvann i avløpsledningsnett er et betydelig problem for samfunnet. Et avløpsnett med mye fremmedvann medfører unødvendig store forurensningsutslipp og større kostnader til drift og større investeringer i avløpsanleggene enn det ellers hadde vært behov for. Denne kostnaden må dekkes av abonnentene gjennom økte kommunale gebyrer eller ved det blir utført mindre vedlikehold enn

det som er behovet og at anleggene dermed forfaller.

Fremmedvannet øker den hydrauliske belastningen på renseanleggene. Fordi hver m³ vann som passerer avløpsrenseanlegget inneholder en restmengde av forurensninger blir utslippet omtrent proporsjonalt med antall m³ som passerer anlegget. Dersom man ble kvitt alt fremmedvannet i norske avløpsnett, ville utslippene fra avløpsrenseanleggene, av for eksempel fosfor, i gjennomsnitt kunne gått ned med mer enn 50 % i forhold til i dagens situasjon (Ratnaweera, 2011).

Tilgjengelig kapasitet i transportsystemet minker også slik at overløp trer oftere i kraft og overløpsutslippene øker. På grunn av denne betydelige fremmedvannmengden må renseanlegg, ledninger og pumpestasjoner dimensjoneres for en kapasitet langt over det som ellers ville vært nødvendig.

Fremmedvannet kan i hovedsak deles inn i tre hoveddeler:

- 1) Vann som trenger inn i nettet via grunnvannet. Dette stammer dels fra utlekket drikkevann fra drikkevannsnettet og dels fra nedbør som har infiltrert ned i grunnen.
- 2) Drensvann fra dretnedninger som lagt rundt bygninger og konstruksjoner.
- 3) Overvann som renner til den delen av rensedistriktet som har fellesavløpssystem. (Felles ledninger for spillvann og overvann).

Drensvannets andel i norske avløpsnett antas å være lavere enn i Sverige, da drensvannet i Norge kobles til over-

vannsledningen, mens man i Sverige ofte har måttet koble dette til spillvannsledningen som der ligger lavest i grøftene.

Bäckman (1997) viser at selv med en andel fellesavløpssystem på 25-30 % er overvannets årlige andel tilført renseanlegget meget beskjeden. I Stockholm og Göteborg er overvannets andel over året bare 6 % av total tilført vannmengde til renseanleggene selv om det er 59 % fellesavløpssystem i Stockholm og 33 % i Göteborg (Stockholm Vatten 2011). Andelen overvann via fellesavløpssystemet til renseanlegget vil avhenge sterkt av andel fellesavløpssystem, nedbørmengde over året og overløpenes kapasitet, m.m. I Norge er ca. 22 % av det spillvannsførende avløpsnett fellesavløpssystem, da det er 7 700 km fellesavløpssystem av totalt 36 100 km spillvannsførende avløpsledninger (SSB, 2011).

Man bør skille mellom fremmedvann som er overvann fra fellesavløpssystemer og annet fremmedvann. Overvann bør også regnes som fremmedvann fordi overvann på et renseanlegg er uønsket selv om det er planlagt. Man bør dessuten jobbe for å minke denne andelen mest mulig ved lokal overvannsdisponering (LOD) og separering av fellesavløpssystemet.

Her er:

FV	Fremmedvannmengde i % av totalt innkommende vannmengde
P hush	Tot P i husholdningsavløp i mg/p d
P annet	Tot P i annet avløp i mg/p d
Q hush	Avløp fra husholdninger i l/p d
Q annet	Avløp fra annet (off, næring) i l/p d
Ci	Innløpskonsentrasjonen til avløpsrenseanlegget i mg Tot - P/l

Metodebeskrivelse

Konsentrasjonen av Tot-P i innløpet til et avløpsrenseanlegg brukes som en indikator på anleggets totale mengde fremmedvann. Beregningene i denne artikkelen bygger på en antakelse om at hver personhet i gjennomsnitt over året produserer en viss mengde Tot-P per døgn og en viss mengde avløpsvann per døgn. Fremmedvann er i denne artikkelen definert som alt annet enn vann fra drikkevannsnettet forbrukt i husholdningene eller av andre vannforbrukere.

Det er ikke skilt mellom avløpsnett med ulik grad av fellesavløpssystem kontra separatavløpssystem. De aller fleste store avløpsfelt har en blanding av begge disse systemene. Det er naturlig å anta at mange av de anleggene som har høyest fremmedvannandel har mye fellesavløpssystem.

Andelen fremmedvann (*FV*) for hvert enkelt avløpsanlegg er beregnet på følgende måte (Lindholm og Bjerkholt, 2011):

$$FV = \left(\frac{Phush + Pannet}{Qhush + Qannet} - Ci \right) \cdot 100$$

Dersom vi antar at hver personenheter (pe) produserer 1,8 g Tot-P per døgn og 160 l avløpsvann per døgn, blir uforyntnet innløp til avløpsrenseanleggene 11, 25 mg Tot - P/l.

Forutsetningene for beregningene om en viss mengde Tot-P i en viss mengde avløpsvann er som for alle slike beregninger beheftet med stor usikkerhet. Hvis man antar at annet vannforbruk fra næringsliv, offentlig forbruk o.l. tilsvarer et forbruk på 75 l/p · d og dette avløpet har null fosforinnhold, blir konsentrasjonen 7,66 mg Tot - P/l. Dette er jo ikke tilfellet, men hvis det var slik ville vi beregne for høye fremmedvannmengder. Hvis konsentrasjonen i dette tilleggsavløpet på 75 l/pe · d er det samme som i husholdningsavløpet, vil konsentrasjonen i avløpsrenseanlegget fortsatt bli 11,25 mg Tot P/l. Vi har i våre beregninger av FV antatt samme konsentrasjon i annet avløp som i husholdningsavløp.

I beregningene er de respektive norske lands egne data for spesifikt avløp og spesifikk fosforproduksjon brukt.

Dersom det er betydelige regnvanns-overløp i et avløpsfelt, vil den beskrevne fortynningsmetoden være mer pålitelig å bruke enn en vannbalanseberegning for bestemmelse av fremmedvannmengden.

Metoden er selvsagt meget grov og generaliserende, da for eksempel industriavløp og annet ikke-husholdningsavløp kan ha ulik konsentrasjon av fosfor, samt at virkelig spesifikt bidrag av fosfor og vannmengde varierer fra sted til sted. Beregningsresultatene må derfor kun sees på som indikasjoner på situasjonen med fremmedvannproblemet.

Med tanke på att nedbøren varierer over landet og mellom ulike år, samt at spesifikk fosforproduksjon og spesifikk avløpsmengde varierer, bør dataene ikke anvendes for sammenligning av de enkelte renseanleggene m.h.t. andel fremmedvann.

Resultater fra beregningene Norge

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 på 195 l/pe · d som SSB oppgir (SSB, 2011).

Bakgrunnen for likevel å velge 160 l/pe · d i Norge er som følger: Ræstad et al. (2010) har dokumentert at et sannsynlig midlere vannforbruk i Norge ligger på 150 l/pe · 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 m³/år per bolig med hagevanning. Dersom man fordeler dette på alle personer med og uten vanningsbehov kan det antas at dette blir 10 – 15 l/pe · d regnet over et år. I så fall blir virkelig avløp i gjennomsnitt over ett år ca. 140 l/pe · d.

For Norge har vi tatt med 15 store renseanlegg med til sammen 1,74 millioner pe tilknyttet. Innløpskonsentrasjonene er de som Klif har i sitt dataarkiv gjeldende for år 2009.

Tabell 1 viser at gjennomsnittlig midlere andel fremmedvann for disse 15 norske avløpsrenseanleggene er 68 %.

Renseanlegg	Personer (pe)	Innløpskonsentrasjon mg Tot-P per liter	Beregnet fremmedvann %
VEAS	504 029	3,66	67,5
Bekkelaget	272 534	3,62	67,8
Sentralrenseanlegget SNJ	213 000	3,49	69,0
Høvringen	110 232	3,40	69,8
RA-2	100 296	3,60	68,0
Renseanlegg Øra	72 985	2,61	76,8
Holen	67 800	1,98	82,0
TAU Vallø	59 594	4,11	63,5
Hias IKS	58 395	6,87	38,9
Ladehammeren	52 948	5,50	51,1
Alvim renseanlegg	49 542	3,04	73,0
Knappen	49 100	2,63	76,0
Knarrdalsstrand	46 634	1,63	85,5
Solumstrand renseanlegg	45 539	3,06	72,8
Flesland	42 000	3,49	69,0

Tabell 1. Data for 15 store norske avløpsrenseanleggene 2009.

Konsentrasjonene av total fosfor inn til disse 15 store avløpsrenseanlegg i Norge viser ikke noe korrelasjon av betydning mot antall personer som er tilknyttet anleggene. Det ser derfor ikke ut til at størrelsen på anlegget betyr noe for konsentrasjonen på innløpsvannet eller fremmedvannandelen.

Danmark

Det er ikke oppgitt spesifikk fosformengde for de danske anleggene. Vi har derfor ikke kunnet bruke fortynningsmetoden. Ved å bruke vannbalansedata som vi har fått direkte fra Naturstyrelsen har vi laget en vannbalanse på årsbasis for hvert av de 15 oppgitte danske anleg-

gene. De har til sammen en belastning på 2,54 millioner pe. Ut fra vannbalansene har vi beregnet et middel på fremmedvannmengden på 23 % av totalt tilført vannmengde til anleggene. Denne fremmedvannmengden er i middel på ca. 68 l/pe · døgn. Vi har da forutsatt 172 l/d i husholdnings-, offentlig- og næringsavløp per fysiske person.

Fra DANVAs hjemmesider og Miljøministeriet (2010) kan man finne et midlere tall for fremmedvannmengdene og som blir et gjennomsnitt for alle avløpsrenseanlegg i Danmark.

Følgende gjennomsnittstall er funnet på denne måten:

Utslipp av Tot-P fra alle kommunale avløpsrenseanlegg per år: 545 000 kg. Gjennomsnittlig renseseffekt for fosfor = 91 %.

Totale tilførsler blir da = 6 056 000 kg/år.

Total avløpsmengde tilført rensesanleggene = 646 mill m³ per år.

Gjennomsnittlig konsentrasjon i innløpet til kommunale rensesanlegg blir da = 9,37 mg Tot-P/l.

Gjennomsnittlig tilløp til de kommunale avløpsrenseanleggene var = 277 l/pe · døgn.

Gjennomsnittlig produsert vannmengde i vannverkene = 186 l/pe · døgn.

Herav husholdningsforbruk = 114 l/pe · d. Annet forbruk som næringsliv, institusjoner etc. = 58 l/pe · d.

Lekkasjer og tap = 14 l/pe · d.

Fremmedvannmengden i avløpsrenseanleggene = 277 – 186 = 91 l/pe · d. Dette er 33 % fremmedvann av total vannmengde til anleggene per år.

For de 15 største anleggene fant vi dermed en fremmedvannmengde på 68 l/pe · d (23 % av totalt til anlegget) og som et gjennomsnittstall for alle anlegg i Danmark 91 l/pe · d (33 %).

Renseanlegg	Pe	Innløpskonsentrasjon mg TOT-P per liter
Lynetten	540 559	6,8
Damhusåen	232 404	6,2
Spildevandscenter Avedøre	268 615	9,3
Ringsted	49 675	6,5
Ejby Mølle Renseanlæg	223 689	6,7
Esbjerg vest	139 799	8,5
Frediricia	247 126	11,9
Horsens	132 113	10,0
Herning	103 344	5,9
Holstebro	120 276	11,5
Randers	71 933	6,6
Marselisborg	132 480	8,2
Hirtshals	68 594	8,8
Skagen	78 717	11,5
Aalborg Vest	129 421	5,3

Tabell 2. Data for de 15 største danske avløpsrenseanlegg 2009.

Renseanlegg	Pe	Innløpskonsentrasjon mg Tot-P per liter	Beregnet fremmedvann %
Vikinmäki, Helsinki	575 101	7,1	78,2
Porin Luotsinmäen keskuspuh, Pori	257 000	7,8	49,4
Suomenoja, Espoo	238 400	8,4	76,7
Viinikanlahden, Tampere	200 000	6,8	1,1
Nenäinniemi, Jyväskylä	184 000	11,4	22,8
Taskilan, Oulu	150 000	8,7	37,6
Kariniemen Jätevedenpuh., Lahti	105 000	10,4	22,8
Lappeenrannan T. J., Lappeenranta	100 000	11,0	39,5

Tabell 3. Data for de 8 største finske avløpsrenseanleggene.

Finland

Vannforbruket i en husholdning er i gjennomsnitt 158 l/pe · d, ifølge ”Finland Environmental Administration” (2011). Ifølge Skanska (2011) er tallet 154 l/ pe · d. I beregningene er det brukt 158 l/ pe · d.

Finland sendte inn data for 10 anlegg. Ett måtte utelates da 70 % av innkommende avløp var fra industrien. Ett annet anlegg hadde ikke oppgitt nok data til å kunne gjennomføre beregningene.

Til sammen har de 8 renseanleggene i Finland ca. 1,8 millioner pe tilknyttet. Gjennomsnittlig midlere fremmedvannmengde i de åtte finske anleggene blir ca. 29 %.

Sverige

Etterfølgende data er hentet fra Svenskt Vattens hjemmeside.

<http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Dricksvatten/For-dig-som-soker-information/>

60 prosent av det kommunale vannet anvendes i husholdningene. Hvert døgn

bruker hver person i gjennomsnitt ca. 160 liter vann, fordelt på følgende måte:

- 10 liter drikke og mat
- 30 liter WC
- 30 liter oppvask
- 20 liter klesvask
- 60 liter personlig hygiene
- 10 liter til annet

For de 15 avløpsrenseanleggene som er med i denne artikkelen, er de fleste med i den svenske nøkkeltallsundersøkelsen med data fra 2009, mens for to anlegg er dataene fra 2008. For de andre anleggene er data hentet fra respektive anleggs miljørapporter. Disse data er fra 2010.

I Sverige regner man 0,7 kg Tot-P per pe og år = 1,92 gram Tot-P per pe og døgn. Gjennomsnittlig andel fremmedvann for 15 svenske avløpsrenseanlegg er 58 %.

Renseanlegg	Pe	Innløpskonsentrasjon mg Tot-P per liter	Beregnet fremmedvann %
Henriksdal, Stockholm	720 000	5,8	51,7
Ryaverket, Göteborgsregionen	649 352	3,8	68,3
Käppala, NO Stockholm	435 000	4,2	65,0
Sjölundaverket, Malmö	300 000	5,3	55,8
Himmerfjärdsverket, SYVAB	283 987	5,4	55,0
Bromma, Stockholm	311 900	2,8	76,7
Nykvärnsverket, Linköping	130 700	8,8	26,7
Slottshagen, Norrköping	115 900	6,1	49,2
Kungsängsverket, Uppsala	160 200	6,4	46,7
Öresundsverket, Helsingborg	121 000	4,7	60,8
Skebäckverket, Örebro	110 526	4,1	65,8
Kungsängens ARV, Västerås	122 700	5,1	57,5
Duvbackens ARV, Gävle	79 500	3,2	73,3
Källbyverket, Lund	86 600	6,8	43,3
Ekeby ARV, Eskilstuna	84 850	3,3	72,5

Tabell 4. Nøkkeldata for de 15 største svenske avløpsreanseanleggene.

Antall pe tilknyttet disse 15 største anleggene i Sverige er 3,7 millioner.

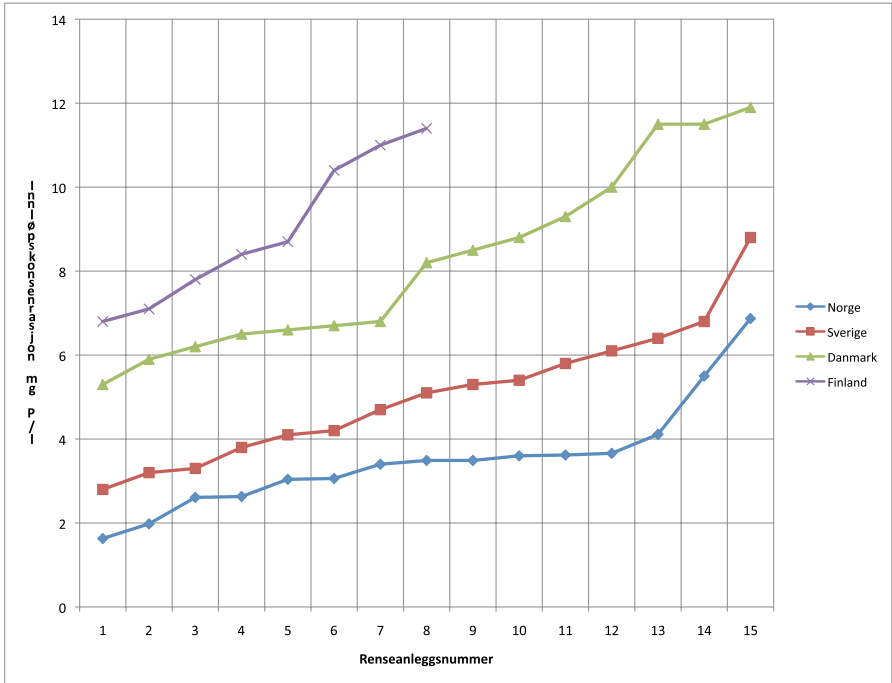
Sammenligning mellom de nordiske landene

Tabell 5 viser Gjennomsnittlig fremmedvannmengde i de rapporterte avløpsreanseanleggene i de fire nordiske landene.

Figur 1 viser innløpskonsentrasjonene sortert i stigende orden for anleggene i de respektive land, i hovedsak for året 2009. Gjennomsnittskonsentrasjonene av fosfor i innløpene av avløpsreanseanleggene er en god og sikker indikator på tilstanden på avløpsledningsnettene.

Land	Fremmedvannmengde i % av totalt tilført anleggene	Omfang av fellesavløpssystem
De 15 største avløpsanleggene i Norge (1,7 mill. pe)	68	22 % av alle spillvannsførende ledninger
De 15 største anleggene i Sverige (3,7 mill. pe)	58	Anslår ca. 15-20 %
De 15 største anleggene i Danmark (2,54 mill. pe)	23	Ca. 50 % av kloakkert areal i tettsteder
De 8 største anleggene i Finland (1,8 mill. pe)	29	Anslår ca. 10 – 15 %

Tabell 5. Gjennomsnittlig fremmedvannmengde i de rapporterte avløpsreanseanleggene i de fire nordiske landene.



Figur 1. Innløpskonsentrasjoner av total fosfor i de største avløpsrenseanleggene i Norden.

Man ser av figur 1 at gjennomsnittskonsentrasjonene for norske avløpsrenseanlegg ligger på ca. 70 % av de svenske verdiene. Videre ligger de norske gjennomsnittskonsentrasjonene på ca. 40 % av de danske verdiene.

Konklusjoner

Alle avløpsanlegg i Norden tar inn en vesentlig andel fremmedvann. Beregningene viser imidlertid at Norge ligger klart høyere enn de andre nordiske landene. Fremmedvannmengden inn på noen av de største anleggene i Norge er i gjennomsnitt ca. 68 % slik vi har definert dette. Dette er mer enn dobbelt så mye som i Danmark og Finland.

Gjennomsnittskonsentrasjonene av Tot-P på innløpene av avløpsrenseanleggene er en god indikator på tilstanden på avløpsledningsnettene. Gjennomsnittskonsentrasjonene for norske avløpsrenseanlegg ligger på ca. 70 % av de svenske. Videre er den norske gjennomsnittskonsentrasjonen på ca. 40 % av den danske. Dette gir klare indikasjoner på at de norske avløpsnettene er i dårligere stand enn i de andre nordiske landene.

Konsentrasjonene av total fosfor inn til avløpsrenseanlegg viser ikke noen korrelasjon av betydning mot antall personer som er tilknyttet anleggene i noen av de nordiske landene. Det ser derfor ikke ut til at størrelsen på anlegget betyr

noe for konsentrasjonene på innløpsvannet eller fremmedvannsandelen.

Takk

Vi vil takke Terje Farestveit i Klif, Gisle Berge i SSB, Daniel Hellström i Svenskt Vatten, civilingeniør Peter Balmér med eget firma i Sverige, Finlands Vattensverksforening VVY, Naturstyrelsen i Danmark og andre som har bidratt med data og annen hjelp til denne artikkelen.

Referanser

Balmér, P. 2011. "Personlig meddelelse".

Bäckman, H., Hellström, B. G., Jaryd, A. og Jonsson, Å. 1997. "Läck och dränsvattnen i spillvattensystem". VA-Forsk rapport 1997-15.

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

DANVA. 2011. www.danva.dk.

Finland Environmental Administration. 2011. <http://www.ymparisto.fi>.

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

Lindholm, O. G., Bjerkholt, J. T. 2011. Store fremmedvannmengder i norske avløpsrensaneanlegg. VANN (46) 1, 2011, 5-14.

Miljøministeriet. 2010. "Punktkilder 2009". ISBN: 978-87-92708-39-7. København.

Ratnaweera, H. 2011. Personlig meddelelse.

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

Skanska. 2011. "Eko – Vikki, Finland. Case study 38". www.skanska.com.

SSB. 2011. http://www.ssb.no/vann_kontra/

Stockholm Vatten. 2011. "Miljørapport 2010"