





## Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på min mastergrad i Industriell Økonomi ved Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet (NMBU). Oppgaven har et omfang på 30 studiepoeng og er skrevet våren 2015 på Institutt for matematiske realfag og teknologi.

Norge har store mengder fremmedvann i avløpssystemet. Fremmedvann er ansett som en av de største utfordringene relatert til avløpssystemet med store økonomiske konsekvenser. Denne oppgaven ser nærmere på disse økonomiske konsekvensene. Målet er å identifisere og kvantifisere de økonomiske konsekvensene av fremmedvann slik at det kan avgjøres om arbeid for å redusere fremmedvannsandelen bør prioriteres. Forhåpentligvis vil det å kartlegge de økonomiske konsekvensene av fremmedvann bidra til at samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak vil bli gjennomført.

Jeg vil gjerne takke min hovedveileder Oddvar Lindholm for hans engasjement, oppmuntring, faglige råd og kunnskap, og for å alltid være tilgjengelig. Det har betydd mye for gjennomføring av denne oppgaven. Også takk til min kontaktperson hos VAV Kari Thingnes for hjelp til å samle informasjon. Videre vil jeg takke alle som har stilt opp og hjulpet meg med å svare på relevante spørsmål til oppgaven.

Ås, 15.05.2014

---

Helen Karstensen

## Sammendrag

Stor andel fremmedvann i avløpssystemet medfører unødvendig store forurensningsutslipp, større kostnader til drift og større investeringer i avløpsanleggene enn det ellers hadde vært behov for, og blir sett på som et betydelig problem for samfunnet (Lindholm & Bjerkholt 2012). I denne oppgaven vil det bli gjort en økonomisk vurdering av alle konsekvensene som fremmedvann fører til for å avgjøre om arbeid med reduksjon av fremmedvann bør prioriteres. Oppgaven har Oslo kommune og Bekkelaget rensedistrikt som studieområde.

Fremmedvann defineres som alt vann i avløpsledningen som ikke kommer fra spillvannsproduksjon. Overvann i fellessystemet inngår som fremmedvann i denne oppgaven.

For å samle nødvendig informasjon er sentrale personer i sektoren intervjuet og sentrale vedtak, rapporter og handlingsplaner innhentet og analysert. Estimatenes i denne oppgaven er hovedsakelig basert på kvalifiserte faglige anslag.

De økonomiske konsekvensene av fremmedvann er hovedsakelig knyttet til drift, miljø og investeringer til avløpsanlegg. Avhengig av beregningsgrunnlaget og anvendt metode vil størrelsen på kostnaden variere mye. Basert på de laveste estimatene blir den årlige kostnaden for fremmedvann 35 mill. kr, mens de høyeste estimatene vil gi en årlig kostnad på 313,2 mill. kr. Utslipp av fosfor og hvordan dette utslippet verdsettes er den variabelen som har størst betydning for fremmedvannets totale kostnad. Hvis en utvidelse av renseanlegg tillegges fremmedvann vil den årlige kostnaden øke med 138 mill. kr. Disse anslagene inkluderer ikke investeringer knyttet til renseanlegg, pumpestasjoner og ledningsnett som ut fra en kvalitativ vurdering ble vurdert til å ha stor betydning. Dermed er de utregnet kostnadene en stor underestimert av hva fremmedvann egentlig koster.

Ut fra samfunnsøkonomiske betraktninger gjennomført i denne studien blir fremmedvann ansett som viktig og bør vektlegges i beslutninger om hvilke tiltak som skal iverksettes på avløpsnettet. Her vil det være avgjørende om det tas utgangspunkt i det lave eller høye estimatet for hva den årlige kostnaden for fremmedvann er. Videre har denne studien har avdekket et stort behov for grundigere utredninger om temaet fremmedvann.

## **Abstract**

Extraneous water from infiltration/inflow sources causes unnecessary pollution emissions, greater operating costs and larger investments in wastewater plants than needed. In this study it will be made an economic evaluation of all the consequences that infiltration/inflow water causes to determine whether elimination of infiltration/inflow by sewer system rehabilitation should be prioritized.

Infiltration/inflow water is defined as all water in the sewage system that do not come from wastewater production. Stormwater is included in this definition.

In order to gather the significant information for this paper a range of key individuals from the sector were interviewed. Further key policies, reports and action plans were obtained and analyzed. The estimates used is mainly based on qualified professional guesswork and calculation, called guesstimate.

The economic consequences of infiltration/inflow water are mainly related to operation, environmental and investments to sewerage systems. Depending on the calculation method and guesstimates used the cost will vary widely. Based on the lowest estimates the annual cost of infiltration/inflow water is NOK 35 mill. while the highest estimates will give an annual cost of NOK 313,5 mill. Emissions of phosphorus and how the emissions are valued is the variable that has the greatest impact on the total cost of infiltration/inflow water. If an expansion of the water treatment plant is included the annual cost increases by NOK 138 mill. These estimates do not include investments related to water treatment plants, pumping stations and pipe system that was considered to be of great importance. Hence is the calculated cost a large underestimation of what infiltration/inflow water really costs.

Based on socioeconomic considerations conducted in this study infiltration/inflow water is considered important and should be emphasized in decisions about what kind of rehabilitation work should be initiated at the sewerage network. Here it will be crucial whether it is based on the low or high estimate of the annual cost. Further this study has revealed a great need for more thorough studies on the topic infiltration/inflow water.



## Innholdsfortegnelse

Forord.....	II
Sammendrag .....	III
Abstract .....	IV
Figurliste .....	IX
Tabelliste .....	X
<b>Del 1: Introduksjon .....</b>	<b>2</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Oppgavens formål.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Bakgrunn .....</b>	<b>3</b>
1.2.1 Status på fremmedvann i Norge og Oslo kommune.....	3
1.2.2 VAV sitt synspunkt .....	4
1.2.3 Status i utlandet .....	4
<b>1.3 Problemstilling og disposisjon .....</b>	<b>5</b>
1.3.1 Problemstilling.....	5
1.3.2 Oppbygging av oppgaven.....	5
<b>Del 2: Teori .....</b>	<b>8</b>
<b>2 Avløpssystemet .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Fellesavløpssystem og separatsystem .....</b>	<b>8</b>
2.1.1 Systemets betydning for økonomi .....	9
2.1.2 Systemets betydning for utslipp .....	9
<b>2.2 utfordringer .....</b>	<b>10</b>
2.2.1 Urbanisering og befolkningsvekst.....	11
2.2.2 Klimaendringer.....	12
2.2.3 Ledningsnettfornyelse .....	13
<b>3 Fremmedvann.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Definisjon .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Årsaker og kilder til fremmedvann.....</b>	<b>15</b>
3.2.1 Årsaker til fremmedvann .....	15
3.2.2 Kilder til fremmedvann .....	17
3.2.3 Norge i forhold til andre land .....	19
<b>3.3 Konsekvenser av fremmedvann.....</b>	<b>19</b>
3.3.1 Fremmedvannets betydning for kapasitet.....	19
3.3.2 Fremmedvannets betydning for utslipp .....	20
3.3.3 Fremmedvannets betydning for kostnader .....	22
3.3.4 Positive konsekvenser.....	22
<b>3.4 Tidligere beregninger av kostnader knyttet til fremmedvann .....</b>	<b>23</b>
<b>3.5 Tiltak mot fremmedvann .....</b>	<b>25</b>
3.5.1 Strategier og tiltak mot fremmedvann i Oslo kommune .....	25
3.5.2 Renovering og rehabilitering av avløpsledninger.....	27
3.5.3 Fjerne feilkoblinger .....	29
3.5.4 Fjerne bekkelukkinger inn på fellessystemet.....	29
3.5.5 Tette lekkasjer på avløpsnettet .....	30
3.5.6 Tette lekkasjer på vannledningsnettet.....	30
3.5.7 Separere fellessystemet.....	30
3.5.8 Sanere og separere stikkledninger .....	31
3.5.9 Lokal overvannsdisponering .....	31
3.5.10 Senke grunnvannsspeilet med drensledning.....	32
3.5.11 Frakoble taknedløpene fra avløpssystemet.....	32

<b>4</b>	<b>Metode</b>	<b>33</b>
4.1	Gjennomføring av studien	33
4.1.1	Valg av studieområde	33
4.1.2	Metoder for datainnsamling	33
4.2	Beregning av fremmedvannsmengde	34
4.2.1	Fortynningsmetoden	35
4.3	Metoder for å finne miljøkostnaden	35
4.3.1	Skadefunksjonsmetoden	36
4.3.2	Offentlig indirekte verdsetting	38
4.4	Samfunnsøkonomisk analyse	39
4.4.1	Pluss-minusmetoden	41
4.5	Annuitetsmetoden	42
<b>Del 3: Arbeidsmetodikk</b>		<b>44</b>
<b>5</b>	<b>Studieområde</b>	<b>44</b>
5.1.1	Vann og avløpsetaten	45
5.1.2	Bekkelaget renseanlegg	46
5.2	Beregning av fremmedvannsmengde	47
5.2.1	Fortynningsmetoden	47
5.2.2	Andres beregninger	48
<b>6</b>	<b>Økonomiske konsekvenser</b>	<b>50</b>
6.1	Marginal driftskostnad	50
6.1.1	Økt kjemikalieforbruk	50
6.1.2	Økt energiforbruk	52
6.1.3	Annet	53
6.1.4	Alternativ beregning av marginal driftskostnad	54
6.1.5	Avvik i beregningene av marginal driftskostnad	55
6.2	Økt belastning på renseanlegg	56
6.2.1	Økt forurensning	56
6.2.2	Verdsetting av fosfor	59
6.2.3	Avvik i verdsettingen av fosfor	61
6.3	Ekstra utlekking	62
6.4	Investeringskostnader ved pumpestasjoner	62
6.5	Investeringskostnader ved renseanlegg	63
6.5.1	Utvidelse Bekkelaget renseanlegg	65
6.6	Investeringskostnader på ledningsnett	66
6.7	Kjelleroversvømmelser	66
<b>7</b>	<b>Samfunnsøkonomisk analyse</b>	<b>68</b>
7.1	Kostnader for tiltak	68
7.1.1	Rehabilitering av ledningsnett	68
7.2	Effekten av tiltak	69
7.2.1	Tiltak på avløpsnett 1996-2012	69
7.3	Tankeeksperiment	70
<b>8</b>	<b>Resultater</b>	<b>72</b>
8.1	Årlig kostnad for fremmedvann	72
8.1.1	Ikke-prissatte virkninger	73
8.2	Samfunnsøkonomisk lønnsomhet	73
<b>Del 4: Avslutning</b>		<b>76</b>
<b>9</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>76</b>
9.1	Vurdering av metode	76
9.1.1	Utfordringer underveis	77
9.2	Vurdering av resultater	78



9.2.1	Usikkerhet.....	82
9.2.2	Samfunnsøkonomisk aspekt .....	84
<b>9.3</b>	<b>Videre arbeid .....</b>	<b>85</b>
<b>10</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>86</b>
<b>11</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>87</b>

## Figurliste

Figur 1: Forventet relativ økning i tilknytning til renseanleggene VEAS, Bekkelaget og Nordre Follo, i forhold til 2009 (Skoglund 2012).....	11
Figur 2: Viser infiltrasjon og innlekking av fremmedvann på et fellessystem (Desserud 2013) .....	17
Figur 3: Arbeidsfasene i en samfunnsøkonomisk analyse (Direktoratet for økonomistyring 2014).....	40
Figur 4: Oversikt over avløpssonene i Oslo. Avløp fra grønne soner renses normalt ved BRA. Avløp fra røde soner renses normalt ved VEAS (VAV 2014a).....	44
Figur 5: Tilgjengelig rensekapasitet vs. år og befolkningsøkning (Røsland & Melby 2013)..	46
Figur 6: Anleggsutgift i eur/PE for å bygge et renseanlegg med fem ulike funksjonsmessige oppbygging. 1 PE tilsvarer spillvannsmengder på 200 l/d og en forurensningsmengde på 60 g BOD/d (Winther et al. 2009).....	63

## Tabelliste

Tabell 1: Viser beregnet andel fremmedvann på 14 store avløpsrenseanlegg i Norge i 2008. Forutsatt 1,8 mg Tot-P/pe døgn og 160 l/pe (Lindholm & Bjerkholt 2011).	3
Tabell 2: MWRA sitt årsgjennomsnitt av den daglige avløpsmengden målt i mgd (MWRA 2001).	5
Tabell 3: Oppsummering av kilder og årsaker til fremmedvann i avløpssystemet(Lindholm & Bjerkholt 2012).	18
Tabell 4: Ulike problemtyper som følge av for mye fremmedvann i avløpssystemet (Lindholm 2011).	23
Tabell 5: Viser fremmedsvannets betydning for kostnader i pumpestasjoner og renseanlegg i Kristiansand kommune (Misund & Sivertsen 2011).	25
Tabell 6: Oversikt over vanlige renoveringsmetoder av vann- og avløpsledninger (Lerfald et al. 2008; Sægrov 2012).	28
Tabell 7: Konsekvensmaterisen har følgende femdelte skala for å vurdere en konsekvens (Miljødirektoratet 2014).	42
Tabell 8: Konsekvensmatrise for ikke prissatte virkninger. Horisontalt er konsekvensens betydning og vertikalt er omfanget av konsekvensen (Direktoratet for økonomistyring 2014).	42
Tabell 9: Oversikt over avløpssystemet til Oslo kommune (VAV 2014c).	45
Tabell 10: Veiledende kjemikaliepriser fra Kemira Norge (Ove Sanna).	51
Tabell 11: Kostnadene for kjemikalieforbruket i 2014 basert på de veiledende prisene.	51
Tabell 12: Strømforbruket i Bekkelaget RA i 2014 og kostnadene knyttet til dette (BEVAS 2014).	53
Tabell 13: Rensekrav på Bekkelaget RA i 2014 (BEVAS 2014).	57
Tabell 14: Avløpsvannets sammensetning i utløpet på Bekkelaget RA i 2014 og utslippsmengde inkl. overløp i kg fra Bekkelaget RA, som følge av 66 % fremmedvann (BEVAS 2014).	57
Tabell 15: Overløpsmengdene fra Bekkelaget RA i 2014 (BEVAS 2014).	57
Tabell 16: Sektorvise årskostnader for å fjerne ett kg fosfor i vannområdet PURA (Oppgård kommune 2009).	61
Tabell 17: Økte investeringskostnader for å øke pumpet vannmengde fra 2,5 l/s til 20 l/s for en pumpestasjon og 1 km ledning (Nedland 2012).	62
Tabell 18: Anleggsutgiftene basert på antall pe. 1 EUR = 8,86 NOK (24.03.15).	64
Tabell 19: Fremmedvannets betydning for renseanleggskostnadene i mekanisk-kjemiske renseanlegg for 10 000 pe (Nedland 2012).	64
Tabell 20: Fremmedvannets betydning for renseanleggskostnadene i biologisk-kjemiske renseanlegg for 10 000 pe (Nedland 2012).	65
Tabell 21: Antall saker innvilget erstatning som følge av kjelleroversvømmelser som følge av kloakkstopp eller ved nedbør (Veierød 2015).	67
Tabell 22: Utbetalinger i erstatningssaker som følge av kjelleroversvømmelser (Veierød 2015).	67
Tabell 23: Rehabilitering av kommunalt ledningsnett. Erfaringsmessige kostnader fra Oppgård kommune (Oppgård kommune 2009).	68
Tabell 24: Konsekvensmatrise for de ikke-prissatte virkninger av fremmedvann.	73



# Del 1: Introduksjon

## 1 Innledning

### 1.1 Oppgavens formål

Fremmedvann i avløpssystemet er erkjent som et stort problem i Norge. Ved høy andel fremmedvann i avløpsnettet har vi både samfunnsmessige, miljømessige og økonomiske konsekvenser. Det er i flere rapporter varslet om store kostnader knyttet til den høye andelen fremmedvann vi har i Norge. Økt transport- og renskostnader, høyere investeringer til avløpsanlegg og erstatningssaker knyttet til oversvømmelser er blant de nevnte økonomiske konsekvensene. I tillegg kommer miljøkostnadene. Undersøkelser påstår at det er opp mot 70 % fremmedvann i noen av de største rensanleggene i Norge (Lindholm & Bjerkholt 2012). Disse kostnadene må dekkes av abonnentene gjennom økt kommunale gebyrer, eller ved at det blir utført mindre vedlikehold enn det som er behovet slik at anleggene forfaller.

Til tross for dette har Arnhild Helen Krogh i vann- og avløpsetaten (VAV) uttalt at kostnadene etter all sannsynlighet vil overskride nytten dersom det skal utføres rehabilitering av avløpsledningsnett på grunn av høy fremmedvannsmengde alene (Strauman 2013). Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til hvor store kostnadene til fremmedvann virkelig er.

Denne oppgaven vil prøve å kartlegge den økonomiske effekten av fremmedvann, siden den vil være avgjørende for hvilke fremmedvannsreducerende tiltak som skal prioriteres. Arbeidet med å kartlegge fremmedvannskilder kan være viktig i en beslutning om å foreta ledningsnettfornyelse i et område. Av både praktiske og økonomiske årsaker blir ikke alle feil som oppdages gjennom rørinspeksjoner og befaringer gjort noe med. Prioritering er derfor viktig i arbeidet med ledningsnettfornyelse og reduksjonsplaner. Forhåpentligvis vil denne oppgaven være med på å belyse hvor mye fremmedvannet bør vektlegges økonomisk i en rehabiliteringsplan samt danne et grunnlag for at samfunnsøkonomisk riktige investeringer blir gjort.

## 1.2 Bakgrunn

Avløpssystemet er en viktig og verdifull del av infrastrukturen i Norge. Avløpssystemet betjener 84 % av landets befolkning (SSB 2014) og er antatt å ha en gjenskaffelsesverdi tilsvarende 20 % av Norges bruttonasjonalprodukt (Ødegård et al. 2013). I RIF (2015) sin ”State of the nation”-rapport blir det varslet om at tilstanden til avløpssystemet er i så dårlig tilstand at funksjonaliteten er truet. Klimaendringer, befolkningsvekst og urbanisering medfører økt fortetting og flere tette flater samt en økning av avløpsvannets volum. Dette forverrer situasjonen og skaper store utfordringer for avløpssystemet. Stor fremmedvannandel vil forverre situasjonen betraktelig og det blir dermed en økende behov for å redusere fremmedvannstilførsler til ledningsnett og renseanlegg. Arbeid for å sette fokus på fremmedvann og arbeid som kan redusere fremmedvannsmengdene er dermed svært viktig.

### 1.2.1 Status på fremmedvann i Norge og Oslo kommune

Vråle (2011) har uttalt at fremmedvann er det største problemet i VA-Norge i dag. Beregninger gjort av Lindholm og Bjerkholt (2011) viser at mer enn 50 % av alle avløpsrenseanlegg i Norge har mer enn 50 % fremmedvann. De store avløpsrenseanleggene har ofte fremmedvannsmengder over 60 %. Tabell 1 viser resultatene for 14 store avløpsrenseanlegg som var med i studien.

Tabell 1: Viser beregnet andel fremmedvann på 14 store avløpsrenseanlegg i Norge i 2008. Forutsatt 1,8 mg Tot-P/pe døgn og 160 l/pe (Lindholm & Bjerkholt 2011).

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

I 2012 gjennomførte vann- og avløpsetaten (VAV) et prosjekt om fremmedvann, der målet var å kartlegge fremmedvannsmengdene i Oslo kommune. Den gjennomsnittlige fremmedvannsandelen ble estimert til å være ca. 58 % (VAV 2014c).

### **1.2.2 VAV sitt synspunkt**

Fremmedvann har ved flere anledninger i bransjen blitt utropt til en av de største utfordringene for avløpssystemet. Synspunktet til de ansatte i VAV derimot er blandet. Flere mener at kostnadene knyttet til fremmedvann ikke har så stor betydning for kommunens driftskostnader. Andre mener at fremmedvann er en stor utgiftspost. I hovedplanperioden 2000-2015 var arbeid med reduksjon av fremmedvann lite prioritert og det var ingen nedgang i fremmedvannsandelene til tross for store generell ledningsfornyelse. I hovedplanen 2014-2030 derimot skal fremmedvann fokuseres mer på. VAV har et mål om at andelen fremmedvann inn til renseanleggene skal reduseres til maks 50 % av tilførte vannmengder. Til tross for dette skal det ikke utføres fornyelsesprosjekter hvor hovedkriterium er å redusere totale fremmedvannsmengder. Begrunnelsen er at annet rehabiliteringsarbeidet som gjøres på avløpsnett vil bidra til å redusere fremmedvannsmengdene.

### **1.2.3 Status i utlandet**

#### **Norden**

Alle avløpsanlegg i Norden tar inn en vesentlig andel fremmedvann, men beregninger av fremmedvannsmengdene på de store avløpsrenseanleggene i Norden viser imidlertid at Norge har klart høyest andel fremmedvann. I studien til Lindholm og Bjerkholt ble data fra de største renseanleggene i Skandinavia innhentet. På bakgrunn av mengden total fosfor (Tot-P) i avløpsvannet viste det seg at det var i gjennomsnitt 23 % fremmedvann for de 15 største avløpsanleggene i Danmark, 29 % fremmedvann i gjennomsnitt for de 8 største anleggene i Finland og 58 % i gjennomsnitt for de 15 største anleggene i Sverige (Lindholm & Bjerkholt 2012).

#### **Europa**

I en tysk rapport blir fremmedvannsandelen i Tyskland oppgitt til å være 34,8 % (Weiss & Brombach 2007) mens et avløpssystem i utkanten av Praha i Tsjekkia har gjort målinger som gir en fremmedvannsandel på 45 % (Gammelsæter 2014).

## USA

I et veiledningsdokument om arbeid mot fremmedvann i delstaten Massachusetts har Massachusetts Water Resources Authority (MWRAM) gjort årlige målinger av avløpsvannet med følgende resultater som vist i tabell 2.

Tabell 2: MWRA sitt årsgjennomsnitt av den daglige avløpsmengden målt i mgd (MWRA 2001).

MWRA sitt årsgjennomsnitt av den daglige avløpsmengden				
	Sanitær	Infiltrasjon	Innlekking	Totalt avløp
Fuktig år	150 (35 %)	200 (47 %)	75 (18 %)	425 (100 %)
Gj.snittlig år	150 (40 %)	180 (47 %)	50 (13 %)	380 (100 %)
Tørt år	150 (45 %)	160 (47 %)	25 (8 %)	335 (100 %)

Fremmedvannsandelen er mellom 55-65 % av den årlige avløpsmengden, avhengig av den årlige nedbøren. Det er infiltrasjonsvannet som bidrar med den største andelen, men det er innlekkingsvannet som gir de største problemene med tanke på oversvømmelser (MWRA 2001).

### 1.3 Problemstilling og disposisjon

#### 1.3.1 Problemstilling

Ut fra oppgavens bakgrunn er følgende problemstilling utformet:

Hva er de økonomiske konsekvensene av fremmedvann i avløpssystemet? Bør arbeidet med å redusere fremmedvann prioriteres?

#### 1.3.2 Oppbygging av oppgaven

Oppgaven er delt inn i 4 deler:

Del 1 er en introduksjon til oppgavens tema, mål og problemstilling.

Del 2 er en presentasjon av relevant teori som er benyttet for å løse oppgaven. Del 2 skal danne det nødvendige grunnfundamentet for å forstå begrepet fremmedvann og dens relevans i norske vann- og avløpssystemer. Enkelte emner i del 2 vil ikke kunne direkte overføres til oppgavens problemstilling, men er likevel presentert da de anses som nødvendige elementer for fullt utbytte av det faglige temaet.



Del 3 omfatter arbeidsmetodikk. Den innledes med redegjørelse av studieområdet og beregning av andel fremmedvann i dette området. Videre blir kostnadene knyttet til de ulike konsekvensene og tiltakene beregnet og fremstilt. Til slutt er det en sammenstilling av resultatene og en vurdering av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten.

Del 4 avslutter studien med en redegjørelse av oppgavens rammer og begrensninger, og hvordan disse påvirker resultatene. Resultatene fra del 3 og en konklusjon knyttet til problemstillingen presenteres.

Både norsk og utenlandsk litteratur er benyttet. Hovedsakelig er referansene gitt eller anbefalt av veileder og kontaktpersoner i VAV. Referansene anses derfor som pålitelige.



# Del 2: Teori

## 2 Avløpssystemet

Avløpsnettets hovedfunksjon er å transportere forurenset vann fra husholdninger, næringsvirksomhet og offentlig virksomhet til renseanlegg. I tillegg fører også avløpsnettets overvann og dreneringsvann fra bygninger og andre konstruksjoner. Dette skal gjøres på en måte som ikke virker negativt på det ytre miljøet. Avløpsnettets i utgangspunktet designet for å transportere det samme volumet som forbrukerne blir forsynt med fra drikkevannsnettet, men i praksis er volumet i avløpsnettets mye større på grunn av alt fremmedvannet som blir tilført systemet. Antall forbrukere tilkoblet avløpsnettets har økt de siste tiårene og i 2013 var 84 % av befolkningen i Norge tilkoblet et renseanlegg av størrelsesorden over 50 personekvivalenter (pe) (SSB 2014). Gjenskaffelsesverdien for norske vann- og avløpsanlegg er beregnet til 1053 mrd. kr, der gjenskaffelsesverdien for kun avløpsanlegg er 558 mrd. kr (Ødegård et al. 2013).

Avløpstransportssystemet er utviklet i et ujevnt tempo i over 170 år. Gjennomsnittsalderen på ledningsnettets i Oslo var i år 2012 ca. 54 år (VAV 2014c). Mange forskjellige metoder for planlegging, prosjektering og utførelse har blitt benyttet opp gjennom årene, i tillegg har materialvalget variert mye. Dette har resultert i et avløpssystem der anleggene har svært forskjellig utforming og standard, avhengig av i hvilken tidsperiode de er anlagt. Ønsket levetid på rørene som blir lagt nå er 100 år. Selv om mange av rørsystemene i Norge er under 100 år er de av lite egnede materialer, uten pakninger i skjøtene, og lagt med dårlig grunnarbeid, noe betyr at de er dårlige og lekket langt tidligere enn planlagt. I tillegg er det flere steder hvor avløpsledningsnettets ligger vanskelig til, noe som fører til mangelfull informasjon om avløpsledningsnettets. Uten en komplett oversikt av avløpsledningsnettets er det større fare for feilregistreringer og feilkoblinger.

### 2.1 Fellesavløpssystem og separatsystem

Opprinnelig ble spillvann og overvann ført i felles ledning, som blir kalt for fellesavløpssystemet. I perioder med tørrvær føres alt avløpsvannet til renseanlegget, bestående hovedsakelig av spillvann og eventuelt fremmedvann. I nedbørsperioder vil det i

tillegg føre vann fra avrenning av veger, tak, parkeringsplasser etc. Ved at overvann blir ført i fellesavløpssystemet er det store mengder lite forurenset vann som kommer inn til avløpsrenseanleggene. For å redusere avløpsmengdene som ble sendt til renseanleggene ble det i på 1920-tallet lagt separatsystem i sentrale deler av Oslo, og i de nye drabantbyene rundt Oslo. I separatsystemet blir spillvann og overvann ført i hver sin ledning. Spillvannet føres til renseanlegg, mens overvann føres til nærmeste resipient, med unntak av områder med sterkt forurenset overvann, her blir alt ført til renseanlegget. Senere viste det seg at mye av overvannet var sterkt forurenset, samtidig som at det var en god del lekkasje fra spillvannsledningen og ned til overvannsledningen. Dermed ble det på 70-tallet bestemt av hvert enkelt tilfelle skulle vurderes individuelt. I senere tid har fellesavløpssystemet gradvis blitt erstattet av separatsystemet (Johansen 2001).

### **2.1.1 Systemets betydning for økonomi**

Et fellessystem har rimeligere lednings- og grøftkostnader sammenlignet med et separatsystem, men krever investeringer i overløp, lengre ledningsstrekninger med store dimensjoner, samt større hydraulisk kapasitet på pumpestasjoner og renseanlegg.

Et fellessystem har dermed høyere driftskostnader enn et separatsystem. Med et større volum som transporteres til renseanleggene blir det både høyere energikostnader til pumping og høyere rensekostnader. Et fellessystem vil også ha høyere vedlikeholdskostnader i pumpestasjonene da det blir tilført mer sand og grus enn i et separatsystem, noe som sliter på pumper og utstyr. Et fellessystem med overløp krever også tilsyn. Spesielt ved små overløp må en ha hyppig tilsyn for å unngå tilstopping og forurensningsutslipp (Misund & Sivertsen 2011).

### **2.1.2 Systemets betydning for utslipp**

#### **Utslipp fra fellessystemet**

I nedbørsperioder vil tilrenningen være mye større enn hva tørrværsavrenningen pleier å være, spesielt ved kraftige regnskyll og ved snøsmelting, noe som har blitt mer vanlig de siste årene på grunn av klimaendringene. For å unngå overbelastning ved renseanleggene samt å unngå store og kostbare ledninger har fellessystemet overløp. Overløpene regulerer vannmengden som føres videre til renseanlegg, og det som ikke føres videre til renseanlegg slippes urensset ut i resipient via overløpene. Vanligvis ligger de nedbøravhengige overløpsutslippene fra et

fellessystem i størrelsesorden 3-5% av forurensningsproduksjonen (Misund & Sivertsen 2011).

### **Utslipp fra separatsystem**

Teoretisk skal man ikke ha utslipp av kloakk i et separatsystem. Dette er som regel ikke gjeldene i praksis da det sjeldent er feilfrie separatsystem. I motsetning til på fellessystemet som stort sett har utslipp i forbindelse med nedbør, har separatsystemet et mer kontinuerlig utslipp. Disse kan gi relativ store utslipp, og de vil være både i perioder med økt vannføring i bekker og elver, og i tørrværsperioder. På grunn av innlekking og feilkoblinger kan det bli tilført store mengder fremmedvann til spillvannledningene slik at det behov for overløp også på spillvannsledningene. Det betyr at man sannsynligvis også har betydelige forurensningstap fra separatsystem.

Forventningen om at separatsystemer bidrar til mindre innlekking av fremmedvann på avløpsledningsnettene kunne ikke bevises i målingene til Strauman (2013), som ikke viste noen synlig effekt.

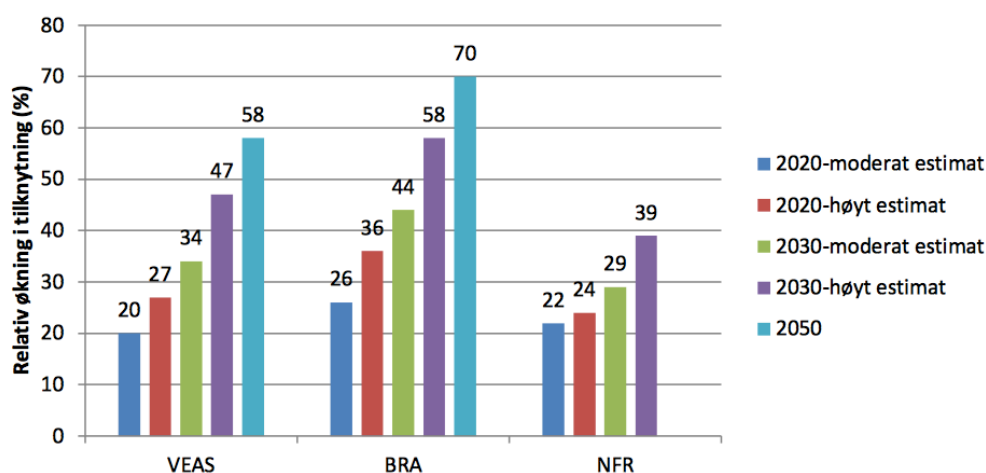
## **2.2 utfordringer**

Norsk vann- og avløpssektor står ovenfor en rekke større utfordringer fremover som gjør at arbeidet med å redusere fremmedvannsmengdene blir enda viktigere. Prognoser om økt befolkningsvekst, urbanisering og klimaforandringer sammen med et vedlikeholdsetterslep setter Norge i en sårbar situasjon. Samtidig har det kommet et strengere regelverk med høyere krav til vann- og avløpstjenestenes kvalitet og sikkerhet. Vann og avløpssektoren sliter også med å rekruttere fagpersonell.

Norsk vann har grovt anslått investeringsbehovet til vann og avløpssektoren til 200 mrd. kr. for å oppgradere dagens VA-anlegg til en akseptabel 2012 standard. Det er videre estimert at det er behov for 290 mrd. kr i investeringer frem mot 2030, for å ivareta befolkningsutvikling, klimaendringer, nytt regelverk og en bærekraftig fornyelsestakt (Ødegård et al. 2013).

### 2.2.1 Urbanisering og befolkningsvekst

En stor befolkningsvekst og en fortetting vil gi Oslo kommune store utfordringer fremover. Mer urbanisering og sentralisering i bybildet betyr mer tette impermeable flater og mindre grønne permeable flater. Dette vil gi økt overflateavrenning og økt tilførsel av vann direkte til avløpsledningsnettet. Videre viser befolkningsprognosene for Oslo at innbyggertallet vil øke med nærmere 200 000 frem til år 2030, noe som betyr at det vil bo over 800 000 personer i Oslo i 2030. Lenger frem i tid vil dette bare øke ytterligere. Dette vil gi økte spillvannsmengder og en betydelig økt belastning på avløpssystemet. Befolkningsøkningen har allerede ført til at Bekkelaget RA er overbelastet, og det forventes at VEAS også vil bli overbelastet om få år. Bekkelaget RA har allerede planlagt og vedtatt utbygging, mens planleggingen av utvidelse av VEAS er i gang. Figuren nedenfor viser at det er en betydelig økning i befolkningen tilknyttet renseanleggene i Oslo området. Dette vil gi økt vannføring, mens også økt forurensningstilførsel til anleggene.



Figur 1: Forventet relativ økning i tilknytning til renseanleggene VEAS, Bekkelaget og Nordre Follo, i forhold til 2009 (Skoglund 2012).

De fleste norske renseanleggene er 30-40 år gamle, og ikke alle kommuner har vært like gode med vedlikehold og oppgradering. I tillegg mottar anleggene større vannmengder enn det de er dimensjonert for på grunn av fortetting av overflater i utbyggingsområder. I 2008, 2010 og 2014 gjennomførte Miljødirektoratet og Fylkesmannens miljøvernavdelinger tilsynsaksjoner på norske renseanlegg. Det viste seg at nesten halvparten av de største renseanleggene ikke overholdt kravene i utslippstillatelsen de har fått, og har dermed har en høyere forurensning enn tillatt (Miljødirektoratet 2014).

Befolkningsveksten og fortettingen av byen vil kreve flere store byutviklingsprosjekter, noe som vil føre til at VAV bruker flere midler på byutviklingsprosjekter enn tidligere. Dette betyr at flere VA-midler går til prosjekter for å følge byutviklingen, og ikke til de deler av avløpsnett som krever sanering og oppgradering ut fra tilstand, miljø- eller risikoaspektet. Dette gir muligheten til å tenke helt nytt og se mer helhetlig med lokal overvannshåndtering, fordrøyning, åpne vannveier og separatsystem, men det kan fort gå på bekostning av å vedlikeholde og opprettholde det eksisterende avløpssystemet (VAV 2014c).

Befolkningsveksten og urbaniseringen stiller store krav til omstilling og nytenking. For å redusere sannsynligheten for konsekvenser som flomskader, overløpsdrift og kjelleroversvømmelser må transportbehovet og renskapasiteten økes fremover. Et avløpsnett uten fremmedvann ville hatt opp mot 70 % mer ledig kapasitet, noe som ville forbedret situasjonen betraktelig.

### 2.2.2 Klimaendringer

Avløpsnett er den infrastrukturen som er mest sårbar for klimaendring. Særlig ekstrem nedbør vil gi det norske avløpssystemet store utfordringer. Med en økning i både mengde og intensitet vil dagens avløpsledningsnett få problemer med å håndtere alt avløpsvannet. Dagens dimensjoner på avløpsledningsnett er ikke designet og utformet med tanke på hva som ventes som følge av klimaendringene. Over det siste århundret har nedbørsmengdene over Norge økt ca. 20 % og årsnedbøren er forventet å øke ytterligere for hele landet. Landsgjennomsnittet for middelframskrivningen viser en ventet nedbørsøkning på ca. 20 % høst, vinter og vår, og ca. 10 % økning om sommeren. Samtidig er antall tørrværsdager forventet høyere, noe som betyr at nedbøren vil komme sjeldnere, men med en langt større intensitet enn hva vi har i dag. Dette kan igjen øke faren for enkelte typer flom og skred (Klima- og miljødepartementet 2013).

Mer nedbør på kortere tid og flere tette flater sammen med mye leire og forurenset grunn vil gjøre det å ta hånd om overvann i Oslo til en stor utfordring. Ledningsnett overbelastes mange steder, og vannet renner minste motstandsvei. Dette øker sannsynligheten for flere overløpshendelser og kjelleroversvømmelser (VAV 2014c). Det vil bli behov for mer lokal overvannshåndtering slik at mer overvann kan infiltrere i grunnen, samt flere

fordrøyningsbassenger til å forsinke overvannet. I tillegg vil det bli behov for større kapasitet på avløpsledningsnettet og flere trygge flomveier.

Klimakrisen med økende nedbør fører til økende innlekkasje av fremmedvann av forskjellige typer (Vråle 2011). I sitt arbeid fant Torres en klar sammenheng mellom totalt fremmedvannsvolum og totalt nedbørsvolum, hvor en 100 % økning i nedbør forårsaket en 50 % økning i fremmedvann (Torres 2013). De forventede klimaendringene vil kunne øke fremmedvannsmengdene inn på VA-nettet på grunn av økt grunnvannsinntrengning som følge av et generelt høyere grunnvannsnivå, økt nedbøravhengig innlekking og økt overvannstilførsel til fellessystem på grunn av feilkoblinger. Klimaendringene fører også til forverret vannkvalitet i drikkevannskildene noe som vil kreve større investeringer i vannbehandling.

### **2.2.3 Ledningsnettfornyelse**

Norge har store utfordringer med kvaliteten på vann- og avløpsrør. Et voksende vedlikeholdsetterslep på ledningsnettet er bekymringsfullt og mange kommuner sliter med å fornye gamle og lekkende rør. I Rådgivende ingeniørers forening nyeste "State of the Nation"-rapport (RIF 2015) ble det kommunale avløpsanlegg igjen gitt tilstandskarakter 2. Dagens avløpsledninger har for dårlig tilstand og kapasitet til å ivareta økt vannføring som følge av klimaforandringene, befolkningsveksten og urbaniseringen. En fornyelse av avløpsnettet vil være avgjørende for å forhindre skader på bygningsmassen og utilsiktet forurensning av miljøet som følge av lekkasjer og tilstoppinger.

En vesentlig del av avløpssystemet er bygget etter 1980, og er av stort sett av brukbar kvalitet. Den resterende delen, ca. 25 % har derimot en del ledninger bygget før 1970 og har ikke den funksjonsevnen som kreves i dag og må oppgraderes. Den nødvendige oppgraderingen av avløpsnettet er svært kostbar og i de fleste kommuner går dette arbeidet svært tregt. Det vil med andre ord ta lang tid før avløpsnettet er godt nok (Mosevoll 2013). I tillegg forfaller ledningsnettet kontinuerlig. Fornyelsestakten har vært på 1,3 % per år de siste fem årene i Oslo, der no dig-teknologi er brukt i 90 % av fornyelsen (VAV 2014c). Dette er kostnads- og miljøbesparende å bruke no dig-metoder, men hjelper derimot lite på fremmedvannsandelen da kummene ikke blir rehabilitert ved no dig-metoder.



Som det kommer frem er flere av utfordringene ovenfor knyttet til kapasitet. Arbeid med å redusere fremmedvann vil virke positivt inn på utfordringene som avløpssystemet står ovenfor i fremtiden ved at det frigjør kapasitet på det eksisterende transportsystemet.

## 3 Fremmedvann

### 3.1 Definisjon

Fremmedvann defineres som alt vann i avløpsledningen som ikke kommer fra spillvannsproduksjon.

I denne oppgaven defineres fremmedvann som alt vann som transporteres i avløpsnettets som ikke er sanitært spillvann, spillvann fra bedrifter og institusjoner eller industrispillvann. Dette er vann av en slik kvalitet som gjør det unødvendig og lite hensiktsmessig å rense det på lik linje som spillvann. Det har vært flere diskusjoner om definisjonen til fremmedvann på grunn av stor uenighet om hvilke deler av avløpsvannet som skal inkluderes i begrepet fremmedvann. I denne oppgaven er overvann i fellesavløpssystemet regnet som fremmedvann. Dette er fordi overvann er i utgangspunktet ikke ønsket på et renseanlegg da det ikke trenger rensing på lik linje som spillvann, selv om det er planlagt. Ved tilfeller der overvannet er sterkt forurensset og behøver rensing bør heller lokale rensiltak som lokal overvannsdisponering (LOD) opprettes da det fortsatt ikke vil kreve den samme type rensing som spillvann. Andelen som overvannet utgjør av det totale avløpet som tilføres renseanlegget er dessuten ofte forholdsvis beskjedent (Lindholm 2011)

### 3.2 Årsaker og kilder til fremmedvann

#### 3.2.1 Årsaker til fremmedvann

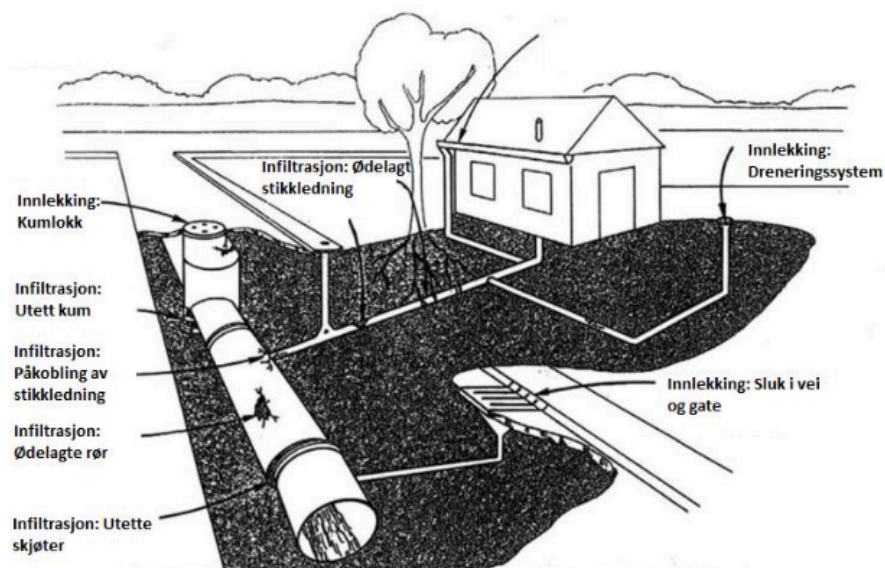
Fremmedvann deles gjerne inn i nedbørbetinget fremmedvann og ikke-nedbørbetinget fremmedvann. Nedbørbetinget fremmedvann kan deles videre inn i direkte og indirekte nedbørbetinget. Direkte nedbørbetinget skyldes overvann som trenger direkte inn i ledningene gjennom gatesluk, feilkoblinger, taknedløp eller utette kumlokk og rørskjøter, mens indirekte nedbørbetinget kommer fra drens-systemer, pumpe-sumper eller fra økt grunnvannsspeil. Felles er at mengden nedbørbetinget fremmedvann er avhengig av nedbørmengden og intensiteten. Ikke-nedbørbetinget fremmedvann er for eksempel lekkasje fra drikkevannsnettets som trenger inn i avløpsledningene eller fra permanent grunnvann. Denne blir også omtalt som konstant innlekking. Denne er ofte forårsaket av ”småfeil” jevnt over hele nettet (Lindholm 2011).

I Strauman (2013) sine målinger viste det seg at den konstante innlekkingen er den viktigste fremmedvannskomponenten. Den utgjør omtrent halvparten av den totale vannføringen, men varierer veldig fra område til område. Oppsiktsvekkende var det å se at overflateavrenningen fra tette flater utgjorde en veldig liten del av vannføringen.

Andelen fremmedvann i avløpsledningene vil avhenge av egenskapene til avløpssystemet og området rundt. Alder og vedlikehold, materialer, korrosjon, grøfteegenskaper, konstruksjonsmetoder, systemutforming, jordtyper, grunnvannsforhold etc. I tillegg vil klimaet spille inn. Konstant innlekking er ofte en indikasjon på en jevnt dårlig standard på ledningsnett (Misund & Sivertsen 2011). Fremmedvannet kommer altså inn i avløpsledninger gjennom defekter i elementer i nettet. Det kan være ukjente koblinger mellom spill- og overvannsledningene, feilaktige koblinger fra tak og gater, sprekker i ledningene eller utette avløpskummer og ledninger. Det kan også være forårsaket av punktfeil. Disse defektene er vanligvis forårsaket av aldring av systemet, jordbevegelser, ulykker eller feil legging.

Dårlig kobling mellom den kommunale hovedledningen og private stikkledninger er også en årsak til fremmedvannsmengder på avløpsnett. Det er tidligere anslått at private stikkledninger utgjør omtrent 50 % av drikkevannslekkasjene (Strauman 2013), noe som understreker hvor dårlig koblingen mellom hovedledningen og de private stikkledningene er. Det er ikke praksis å skifte ut private stikkledninger når hovedledninger rehabiliteres. Det er uheldig da de gjerne er lagt på samme tid som hovedledningen og kan være i like dårlig tilstand.

Figur 2 på neste side illustrerer noen av årsakene som kan føre til at fremmedvann kommer inn i avløpssystemet.



Figur 2: Viser infiltrasjon og innlekking av fremmedvann på et fellessystem (Desserud 2013)

### 3.2.2 Kilder til fremmedvann

Det er flere typer kilder til fremmedvann, som bidrar i ulik grad. En må finne kilden for å kunne redusere innlekkingen. Fremmedvann kan komme fra blant annet bekker, tak, veier, jorder, grunnvann og fjorder. Kildene til fremmedvann kan grovt deles inn i 5:

Vann som trenger inn i nettet via grunnvannet. I perioder med høyt grunnvannsnivå vil noen ledninger bli omringet av mettede løsmasser. Dette kan skyldes utlekket drikkevann fra drikkevannsnettet eller nedbør som har infiltrert ned i grunnen. Kombinasjonen høy grunnvannstand og et avløpsledningsnett i dårlig tilstand kan føre til at den konstante innlekkingen av fremmedvann blir stor. Det er særlig et problem der avløpsnettet ligger under grunnvannsspeilet.

Drensvann fra dreneringer som er lagt rundt bygninger og konstruksjoner. Fremmedvann via dreneringer forekommer oftest fra eiendommer med kjellere. Drensledningene er lagt for å fjerne regnvann som infiltrerer rundt bygningene. Dette er avhengig av nedbør, men kan infiltrere inn i systemet lenge etter at nedbøren tok slutt. Dette skal i prinsippet kun føres til fellesavløpssystemet, men avløpsledningene i separatsystemet mottar også drensvann gjennom feilkoblinger og utette skjøter.

Overvann fra overflater i områder som har fellessystemledninger. Fellessystemene mottar vann direkte fra takrenner og gatesluk. I praksis vil også separatsystemer bli tilført regnvann.

Drikkevann som har lekket ut av vannledningene. Oslo kommune har estimert lekkasjeandelen på vannledningsnettet i 2014 til 30 % (VAV 2015). Siden det er vanlig å legge drikkevannsledningen og avløpsledningen i samme grøft i Norge vil avløpsledningen drenere store deler av lekkasjene på drikkevannsledningene. Målinger gjort tyder på at 50 % av utlekket drikkevann dreneres til avløpsledningen (Ødegaard 2013).

Gamle påkoblede bekkelukkinger. Tidligere, når bekkene ble svært forurenset etter bruk som spillvannsresipient eller arealet rundt trengtes ble bekkene lukket og lagt i rør. I dag åpnes flere bekker, men de som fortsatt ligger i rør bidrar en god del med fremmedvann i avløpsnettet. Mange avløpsledninger ligger nærme disse lukkede bekkene, og når ledningene da ikke er helt tette vil de få en kontinuerlig vannstrøm fra bekkene.

Tabell 3 viser en kort oppsummering av kilder og årsaker til fremmedvann.

Tabell 3: Oppsummering av kilder og årsaker til fremmedvann i avløpssystemet(Lindholm & Bjerkholt 2012).

Kilde	Årsak ved separatsystem	Årsak ved fellesavløpssystem
<b>Grunnvannsinnlekking</b>	Utette skjøter og sprekker. Høyt grunnvannsnivå.	Utette skjøter og sprekker. Høyt grunnvannsnivå.
<b>Drensvann</b>	Ved feilkoblinger	Planlagt
<b>Overvann fra overflater</b>	Ved feilkoblinger, via gatesluk, taknedløp, kummer, utette skjøter	Planlagt
<b>Utlekket drikkevann</b>	Via kummer, rørsprekker og muffer.	Via kummer, rørsprekker og muffer.
<b>Bekkevannsinntak</b>	Uaktuelt	Planlagt

Det er viktig å være klar over at mengden fremmedvann vil variere med tid og geografi. I Norge, vil fremmedvannsmengden være preget av at vi har store vårflommer og mye nedbør om høsten. Steder med mye nedbør har potensielt en mye større kilde til fremmedvann enn steder med mindre nedbør. Videre vil geologiske egenskaper, løsmasser og berggrunn ha betydning for overflateavrenning, og dermed også andelen fremmedvann på

avløpsledningsnett. Naturlige permeable flater med god infiltrasjonsevner gir mindre avrenning på overflaten, og bidrar dermed til å redusere den nedbørbetingede fremmedvannskomponenten. Motsatt vil skje med et impermeabelt toppdekke.

### **3.2.3 Norge i forhold til andre land**

Som nevnt i innledningen har Norge mye større fremmedvannsandel enn de andre landene i Norden, til tross for at Norge i utgangspunktet burde ha mer gunstige forhold enn hva Sverige og Danmark har når det gjelder fremmedvann. Norge har en betydelig lavere andel drenevann fra bygninger i avløpsnett enn hva Sverige har. I Sverige ligger nemlig spillvannsledningene nederst i grøfta og drenevannledningen fra bygninger er koblet til spillvannsledningen fremfor overvannsledningen som det er i Norge. Sverige har også en større andel overvann fra overvannsledningene som lekker til den underliggende spillvannsledningen. Mens Danmark har ca. dobbelt så mye fellessystem enn hva Norge har. Ved at overvann regnes som fremmedvann er dette en faktor som spiller inn. Det blir påstått at hovedårsaken til at Norge har mer fremmedvann enn nabolandene sine er den dårlige tilstanden på ledningsnett i Norge. I tillegg har Norge usedvanlig mye drikkevannslekkasjer. Ingen andre vestlige land har så mye drikkevannslekkasjer som Norge.

## **3.3 Konsekvenser av fremmedvann**

Konsekvensene forårsaket av fremmedvannet kan klassifiseres som miljømessige, samfunnsmessige og økonomiske da det vil ha en betydning for både kapasitet, utslipp og kostnader.

### **3.3.1 Fremmedvannets betydning for kapasitet**

Med store mengder fremmedvann tilført til avløpssystemet blir det naturligvis større vannmengder på avløpsnett og til renseanleggene. Dette gir konsekvenser både for ledningsnett og for renseanleggene da disse i utgangspunktet er designet for å transportere spillvann. Et ekstra volum vil forverre både kapasiteten og effektiviteten til avløpssystemet og føre til en høyere hydraulisk belastning i systemet.

Med en økende vannføring i ledningsnett er det større sannsynlighet for å at den maksimalt dimensjonerende vannføringen blir overskredet. Dette betyr en større sannsynlighet for flom, oversvømmelser og oppstuvning med tilbakeslag til abonnentene. Denne kan forårsake

økonomiske skader på infrastruktur og bygningsmasser. Spesielt ved kraftige nedbørsepisoder eller snøsmelteperioder kan den nedbøravhengige innlekkasjen være så stor at kapasiteten i spillvannsledningen blir for lav. Det kan føre til inntrengning av avløpsvann i kjellere til hus som ligger utsatt til.

Flere renseanlegg har i dag vanskeligheter med å overholde utslippstillatelsen siden kapasiteten er sprengt. Dette skyldes både økt hydraulisk belastning og økt stoffbelastning. Manglende hydraulisk kapasitet ved anlegget resulterer i flere uønskede overløpsutslipp fra renseanlegget og lavere rensegrad enn ønsket. Flere renseanlegg må utvide kapasiteten på grunn av overbelastning.

### **3.3.2 Fremmedvannets betydning for utslipp**

Ved at fremmedvannet minker den tilgjengelige kapasiteten i transportsystemet vil regnvannsoverløp inntre hyppigere og overløpsutslippene vil bli større. Spesielt nedbørpåvirket innlekking sørger for økt overløp fra fellessystemene og nødoverløp fra pumpestasjoner, og gir dermed den største miljømessige belastningen. Videreføring av fremmedvann i avløpssystemet vil fortynne mer konsentrert avløpsvann senere i systemet og dermed forårsake at mer konsentrert avløpsvann går i overløp lenger ned i avløpsområdet (Nedland 2012).

Utslipp vil medføre en negativ virkning på rekreasjonsverdien til området hvor utslippet skjer. Algeoppblomstring, hygienisk forringelse av vannet, gjengroing i strandlinjen og estetisk påvirkning er noen av de lokale ulempene som kan komme ved utslipp av avløpsvann. I det lange løp kan utslipp av avløpsvann føre til en overbelastning av organisk stoff med påfølgende oksygenknapphet og/eller en overbelastning av næringsstoffer med påfølgende gjengroing (Desserud 2013). Forurensningen vil også påvirke plante- og dyrelivet, og blant annet gi nedslamming av bunn og redusert tilgang til lys. Smittestoffer som egg og cyster av innvollparasitter, bakterier og virus kan spres utover store områder i resipienten.

En økt vannstand i avløpsrørene vil gjøre at lekkasjene ut av avløpssystemet øker via sprekker og dårlige rørskjøter (Lindholm 2011). Sannsynligheten for vannbårne sykdommer øker dersom ledningsgrøftene er fylt med kloakkvann. Der kloakkinfisert grunnvann står høyere

enn drikkevannsledningene vil det ved undertrykkssituasjoner eller brudd på drikkevannsnettet sige kloakk inn i drikkevannsledningene.

Fremmedvannet øker den hydrauliske belastningen på renseanleggene.

Økt hydraulisk belastning på renseanleggene vil påvirke effekten av sedimenteringsbassengene ved at det blir kortere oppholdstid i renseanleggene.

Ved mye fremmedvann blir forurensningskonsentrasjonene og temperaturen lavere, noe som skaper vanskeligheter i renseprosessen på renseanleggene. Både den biologiske og kjemiske prosessene er tregere i lavere temperaturer, og de varierende forurensningskonsentrasjonene gir varierende forhold for biologisk nedbryting. I nitrogenfjerning har temperaturen mye å si da reaksjonstiden og bakteriens veksthastighet er relatert til temperaturen. Nitrogenfjerningen kan stoppe opp i snøsmelteperioder på grunn av kaldt avløpsvann (VAV 2014a). Noe av fremmedvannet kan være sterkt forurensset, spesielt det som kommer fra trafikken. Et høyt innhold av tungmetaller kan ødelegge de biologiske prosessene på renseanleggene.

Disse ustabile forholdene gir varierende renseresultater og mer bruk av dårlige rensemetoder (Desserud 2013).

Ved økt vannføring til renseanleggene vil utslippene fra avløpsanleggene øke, siden hver m<sup>3</sup> vann som passerer renseanleggene vil inneholde en fast restmengde av forurensninger.

Utslipet vokser dermed proporsjonalt med antall m<sup>3</sup> som passerer anlegget. Det antas at dersom man ble kvitt alt fremmedvannet i norske avløpsnett, ville utslippene fra avløpsrenseanleggene i gjennomsnitt gå ned med mer enn 50 % i forhold til dagens situasjon (Lindholm & Bjerkholt 2012).

Fosfor er et nøkkelstoff i jordbruksproduksjonen for å optimalisere volumproduksjonen av mat og fiber, og som tilsetningsstoff i dyrefôr og i matindustrien. Tilgangen til ren mineralfosfor er en begrensende faktor og kildene er ikke fornybare. Manglende tilgang på fosfor vil gi store konsekvenser for matsikkerhet og økonomi i produksjonsleddene i fremtiden. Slam fra avløpsvannet er en kilde til fosfor. Ved mye fremmedvann blir det som nevnt tidligere større og mer hyppige overløpsutslipp. Det betyr at fosforet fra avløpsvannet blir sluppet ut i resipient fremfor å bli en del av slammet. Dette er sløsing av en begrenset ressurs i tillegg til de negative miljøeffektene ved utslipp av fosfor.



### 3.3.3 Fremmedvannets betydning for kostnader

For å unngå overbelastning på ledningsnettet og deretter overløpsutslipp blir det ofte gjort en oppdimensjonering av nettet, for å tilpasse seg den store fremmedvannsmengden. Dersom fremmedvannsmengden ikke reduseres blir alle komponenter dimensjonert større enn nødvendig, slik som rør, pumper, eventuelle fordrøyningsmagasiner. Dette gir store investeringskostnader og videre større kostnader knyttet til drift og vedlikehold. Samtidig er det en fare for at hvis ledningsnettet blir dimensjonert for takle den nedbøravhengige fremmedvannsmengden vil røret i tørrværsperioder ikke være selvrensende. Det betyr at avsetninger av slam i rørene vil akkumuleres, noe som kan føre til kloakkstopp, og store utskyllinger i regnvær.

Med et større volum som transporteres til renseanleggene blir det både høyere energikostnader til pumping og høyere rensekostnader ved at kjemikalieforbruket øker. Fremmedvann kan også medføre økt koagulantforbruk og dermed gi økt slamproduksjon slik at det blir økte kostnader knyttet til slambehandling (Hem 2015). Økt hydraulisk belastning vil kreve større anlegg. Kostnadene til ventilasjon og varme vil øke med økende areal i anleggene. Større anlegg vil også kreve mer personell. I tillegg vil mer overløp kreve mer tilsyn. Spesielt ved små overløp må en ha hyppig tilsyn for å unngå tilstopping og forurensningsutslipp. Samtidig gir økt belastning gi kortere levetid på utstyret. Overvann kan inneholde sand og grus noe som sliter på pumper og utstyr og som vil kreve mer vedlikehold og reparasjoner.

Fremmedvannet kan også føre til at renseanleggene må bygges ut raskere, eventuelt at helt nye renseanlegg må bygges. De fleste renseanleggene i Norge er bygget i fjell og utvidelsen av disse vil være kostbare. Plassmangel er også et tema som stadig kommer opp, både til utvidelsen av renseanleggene og til utvidelsen av ledningsnettet.

### 3.3.4 Positive konsekvenser

Fremmedvann i avløpsnettet er ikke ønskelig, men kan også ha noen positive effekter. For eksempel er noe av fremmedvannet svært forurenset og burde sendes til et renseanlegg fremfor direkte til en resipient. Mer vann i rørene vil forbedre selvrensingen ved at det oppstår større hastigheter og større skjærkrefter. Skyllingen vil ta med seg avleiringene og redusere tilstoppingene noe som gjør at det blir færre tilstoppinger (Desserud 2013).

I tillegg kan avløpsnettene drenere områder som ellers ville stått under vann.

Tabell 4 viser en oppsummering av hvilke konsekvenser fremmedvann fører til.

Tabell 4: Ulike problemtyper som følge av for mye fremmedvann i avløpssystemet (Lindholm 2011).

Type problem	SP-system	AF-system
Opptar kapasitet i ledning	Ja	Nei, vanligvis ikke noe stort problem
Økte utslipp via regnvannsoverløp	Nei	Ja
Økt utslipp i nødoverløp i pumpestasjoner	Ja	Ja, i enkelte ledningsnett
Opptar kapasitet i renseanlegget	Ja	Ja
Økte forurensningsmengder ut av renseanlegg	Ja	Ja
Økte kostnader til drift og investeringer	Ja	Ja
Flom, oversvømmelser og oppstuvning	Fremmedvann bidrar til å forverre situasjonen	Fremmedvann bidrar til å forverre situasjonen
Økt hydraulisk belastning på renseanlegg	Ja	Ja

### 3.4 Tidligere beregninger av kostnader knyttet til fremmedvann

Til tross for mye fokus på økte kostnader knyttet til fremmedvann er det få studier publisert med konkrete tall. Imidlertid gjør Siv.ing Kjell Terje Nedland et forsøk på å beregne investeringskostnadene knyttet til fremmedvann i en artikkel i Norsk vann fra 2012. VA-sjef Jarle Furre i Stavanger kommune og Kristiansand ingeniørvesen har også gjort noen anslag på hva kostnadene knyttet til fremmedvann er i deres kommune.

I artikkelen Fremmedvann og investeringskostnader (Nedland 2012) blir investerings- og driftskostnadene for pumpestasjoner og renseanlegg estimert. For pumpestasjonene blir kostnaden knyttet til at pumpestasjonene må dimensjoneres for større vannmengder enn nødvendig og energikostnadene knyttet til å pumpe fremmedvannet videre. Kort oppsummert kom Nedland frem til at en økning på 8 ganger i pumpet vannmengde øker kostnadene til pumpestasjon og 1 km pumpeledning med ca. 44%. For større pumpestasjoner vil denne økningen være enda større da større pumpe krever betydelig større pumpestasjoner. Driftskostnadene knyttet til pumpestasjonene vil øke proporsjonalt med vannmengdene som pumpes da strømforbruket antas som proporsjonalt med vannmengden som pumpes.

Videre ble investeringskostnadene for de vanligste typene og størrelsene på norske renseanlegg estimert. Ut fra disse estimatene kommer det frem at investeringskostnadene for prosessdelen i renseanleggene stort sett øker mer enn økningen i årlig vannmengde. Nedland regnet da ut prosessareal og investeringskostnader for fire forskjellige renseanleggstyper, to ulike størrelser og tre forskjellige fremmedvannsmengder. Beregningene hans viste at ved økende fremmedvannsmengder fra ca. 15 % til ca. 48 % øker investeringskostnadene for prosessdelen i renseanlegg av ulike typer med mellom ca. 17 % og 51 % for anlegg dimensjonert for 2000 pe, og med ca. 34 % og ca. 59 % for anlegg dimensjonert for 10 000 pe. Ved økende fremmedvannsmengder fra ca. 15 % til ca. 91 %, øker investeringskostnadene for prosessdelen i renseanlegg av ulike typer med mellom 71 % og 111 % for anlegg dimensjonert for 2000 pe, og med mellom ca. 91 % og 114 % for anlegg dimensjonert for 10 000 pe. Disse beregningene er kun grove anslag på investeringskostnadene.

Videre mener Nedland at det normalt vil være liten sammenheng mellom driftskostnadene på renseanleggene og fremmedvannsmengdene. Dette begrunner han med at på renseanlegg er driftskostnadene i stor grad relatert til suspendert stoff eller forurensningsmengde, og at økt vannmengde stort sett vil gi økning i pumpekostnader ved interne pumpestasjoner i anlegget og liten økning i andre driftskostnader. Kjemikaliekostnadene skal ikke øke ved økt vannmengde hvis anlegget er riktig dimensjonert. Heller ikke slammengdene. Han mener derfor at økningen i driftskostnader vil være mindre enn økningen i fremmedvannsmengdene. Kostnadene til ventilasjon og varmer vil derimot øke med økende areal i anleggene.

I artikkelen Fremmedvann koster dyrt (Borgestrand 2015) forteller Jarle Furre om store kostnader knyttet til fremmedvann i Stavangerregionen. Stavangerregionen har en lekkasjeprosent på ca. 40 %, der de antar at ca. halvparten belaster avløpsvannet. Dette medfører store kostnader for kommunen som betaler en enhetspris per kubikk til det interkommunale vann-, avløps, og renovasjonsselskapet IVAR. Med dagens priser bidrar fremmedvannet til en ekstrakostnad på 37 millioner kroner i året. Dette er over 20 % av samlet driftsbudsjett i kommunen.

Kristiansand kommune gjorde i 2005 en analyse av avløpsnett, basert på driftsdata fra 13 pumpestasjoner og 3 renseanlegg. I tabell 5 gis et grovt bilde av fremmedvannssituasjonen i kommunen samt en beregning av kostnadene knyttet til fremmedvannet. Beregninger viser at

av de totale kostnadene knyttet spesifikt til transporten og rensingen av avløpsvannet utgjør 70 %. Dersom man kunne redusere fremmedvannsmengden med 50 % vil det kunne forsvart en investering på i overkant av 75 mill. kr. Tilsvarende vil en reduksjon til 0 % fremmedvann kunne forsvare en investering på over 150 mill. kr, forutsatt 7 % rente og 40 års avskrivningstid (Misund & Sivertsen 2011).

Tabell 5: Viser fremmedsvannets betydning for kostnader i pumpestasjoner og renseanlegg i Kristiansand kommune (Misund & Sivertsen 2011).

Pumpestasjon/RA	Fremmedvann totalt m <sup>3</sup> /år	Årlig kostnad 1,60 kr/m <sup>3</sup>
<b>Bredalsholmen RA</b>	1 977 000	3 163 000
<b>P6-Auglandsbukta</b>	425 000	680 000
<b>P65-Hannevika</b>	604 000	966 000
<b>P75-Lumber</b>	127 000	203 000
<b>P22-Kjellevik</b>	178 000	285 000
<b>P8-Rabbersvik</b>	22 000	35 000
<b>Korsvik Ra, inkl. Hånes</b>	8 000	13 000
<b>Tangen/Kongsgård/Kuholmen/Fagerholt</b>	- 236 000	- 378 000
<b>Gravane</b>	407 000	651 000
<b>P50-Slaktehuset</b>	420 000	672 000
<b>P51-Idrettsplassen</b>	2 048 000	3 277 000
<b>P52-Strai</b>	720 000	1 152 000
<b>P67-Lundsbroa Øst</b>	1 118 000	1 789 000
<b>P888-Snorresgate</b>	- 8 000	- 13 000
<b>P87-Prestvika</b>	- 10 000	- 16 000
<b>P2-Vollevika</b>	42 000	67 000
<b>P19-Leirdal</b>	130 000	208 000
<b>Sum</b>	7 972 000	12 754 000

### 3.5 Tiltak mot fremmedvann

Et av målene med denne studien er å vurdere om arbeid med å redusere fremmedvann bør prioriteres. I dette avsnittet vil det bli gitt en kort beskrivelse av ulike tiltak som kan ha stor innvirkning på fremmedvannsmengden.

#### 3.5.1 Strategier og tiltak mot fremmedvann i Oslo kommune

Hovedplan for avløp og vannmiljø 2014-2030 setter rammene for Oslo kommune sitt arbeid med avløpsutfordringene. Målet med planen er å sikre en mest mulig miljøvennlig transport, riktig behandling og rensing av avløpsvann og overvann over en 15 årsperiode og inneholder tiltak og delmål for å forbedre avløpshåndteringen og vannmiljøet for kommunen. Forrige

hovedplan ble fullført i 2002. En viktig del av hovedplanarbeidet er å synliggjøre det fremtidige rehabiliteringsbehovet og de medfølgende kostnadene knyttet til dette og på denne måten få en klarhet i hvordan tilstanden på ledningsnett vil utvikle seg, samt hvor mye penger kommunen bør sette av til dette arbeidet. Den største utfordringen ved å legge en langsiktig investeringsstrategi som dette er å vurdere ulike mål og tiltak. I gjeldende hovedplan er det mål både om å bedre vannmiljøet og for å øke rehabiliteringstakten på ledningsnett.

### **Arbeidet til Oslo kommune**

Tiltak for å redusere fremmedvann på avløpsledningsnett er både tids- og ressurskrevende, spesielt siden det i mange tilfeller er mangelfull informasjon og oversikt over fremmedvannskildene. Hvilke tiltak som bør iverksettes vil avhenge av naturlige forhold som topografi, grunnforhold og hydrologi, i tillegg til geografiske og avløpsledningsnettets egenskaper i det aktuelle området. Med strengere utslippskrav i fremtiden bør kommunene inkludere tiltak for reduksjon av fremmedvann i sine utviklingsplaner.

Sanering og rehabilitering av dårlige avløpsledninger er blant de viktigste tiltakene for å begrense fremmedvannsmengdene til avløpsnett. Tradisjonelt jobber kommunene mer med rehabilitering av eksisterende system med no dig-metoder fremfor fremmedvannsreduksjon. I hovedplanen 2014-2030 skriver VAV at det forventes at arbeidet de gjør med separering av fellessystemet og rehabilitering av ledningsnett og kummer også vil redusere fremmedvannsmengdene. Videre bør lokale løsninger for håndtering av overvann prioriteres da høy vannføring og tynt avløpsvann som følge av direkte avrenning til avløpssystemet gir vanskelige driftsforhold hos renseanleggene. Store deler av den konstante tilførselen av fremmedvann skyldes drikkevannsløkkasjer. En reduksjon i drikkevannsløkkasjer vil redusere fremmedvannsmengden, og bør prioriteres da det i tillegg vil forbedre drikkevannsforsyningen i tillegg.

I arbeidet mot fremmedvann bør tilstanden på avløpssystemet først og fremst kartlegges. Hydrologisk vurdering av avløpssonene basert på feltegenskaper, avløpsledningsnettets tilstand og systemfunksjon vil bestemme hvilke områder som er mest utsatt for fremmedvann, og hva slags tiltak som bør igangsettes.

Kort oppsummert er det å redusere fremmedvannet er et langsiktig arbeid med å:

- Fjerne feilkoblinger
- Fjerne bekkelukkinger inn på fellessystemet
- Tette lekkasjer på avløpsnettet
- Tette lekkasjer på vannledningsnettet
- Separere fellessystem
- Sanere/separere stikkledninger
- Sette fokus på lekkasjer fra sanitærinstallasjoner
- Få til lokal overvannshåndtering

Nedenfor vil punktene bli forklart nærmere.

### **3.5.2 Renovering og rehabilitering av avløpsledninger**

Ledningsnettet forfaller kontinuerlig noe som krever godt vedlikeholdsarbeid og planlagt fornyelse. Det er ca. 44 000 km vannledningsnett og 52 500 km kommunale avløpsledninger i Norge (RIF 2015). Ca. en tredjedel av dette, det vil si mer enn 30 000 km vann- og avløpsledninger til sammen, er bygget med teknologier for utførelse og materialkvaliteter som ikke er akseptable i 2010. Det anslås at det vil koste over 50 milliarder kroner å fornye de eldste delene av ledningsnettet som teknisk har gått ut på dato i 2011 (Sæggrov 2012). Oslo kommune bør ligge på en 1,6 % årlig fornyelse for at tilstanden skal være som ønsket i 2030. Dette innebærer en fornyelse av rundt en fjerdedel av ledningsnettet (VAV 2014c).

Rehabilitering innbefatter alle metoder for å forbedre ytelsen til en ledning, både strukturelt og hydraulisk. Renovering er en rehabiliteringsmetode som innebærer alle metoder som benytter eksisterende ledning til å forbedre ytelsen ved installasjonsmessige tiltak.

Rehabilitering kan være tradisjonell graving eller no dig-metoder. Tradisjonell graving går ut på at man graver opp grøfta med gravemaskin og skifter ledninger. Det er vanlig kommunal praksis å skifte alle ledninger og kummer i eksisterende ledningsgrøft når det graves. Dette var en av de vanligste rehabiliteringsmetodene i 2008. Senere har nye teknikker gjort det mulig å øke diameteren betydelig uten graving ved hjelp av såkalte no dig-metoder. Ved no dig-metoder benytter man heller det eksisterende røret for å renovere ledningen. En behøver dermed ikke å skifte alle ledningene i grøfta. No dig-metoder er mye brukt i dag. I Oslo

kommune er de vanligste metodene ved rehabiliteringen å legge strømpe (avløp) eller innvendig påføring av ulike typer belegg (vann).

Den eksisterende ledningen kan renoveres ved ikke-strukturelle, semistrukturelle eller strukturelle metode avhengig av hvilken tilstand det eksisterende røret har. Tabell 6 gir en oversikt over vanlige metoder for rehabilitering av vann- og avløpsledninger.

Tabell 6: Oversikt over vanlige renoveringsmetoder av vann- og avløpsledninger (Lerfald et al. 2008; Sægrov 2012).

Metoder	Kort beskrivelse av metode
<b>Ikke-strukturelle</b>	Innvendig punktrepasasjon og reparasjon av skjøter
	Injisering,
	Sementmørtel
	Fleksibel slange
	Påføring av plastbelegg eller epoksy
<b>Semistrukturelle</b>	Foring med tynnvegget strømpe
	Inntrekking av tynnvegget rør
	Inntrekking av modifiserte PE-rør (tynnvegget, vanligvis sammenbrettet rør)
<b>Strukturelle</b>	Foring med tykkvegget strømpe
	Inntrekking av tykkvegget rør
	Inntrekking av modifiserte PE-rør (tykkvegget, vanligvis diameterreduserte rør)
	Innføring av korte rør
	Utblokking/rørknusing
	Utblokking og innføring av duktilt støpejern
	Styrt boring, rørpressing

### **Innvendig påføring av plastbelegg**

Innvendig påføring av plastbelegg kan brukes dersom ledningen har tilstrekkelig styrke og ikke er korrodert fra utsiden. Dette betraktes hovedsakelig som en vedlikeholdsmetode som forlenger levetiden til eksisterende ledninger. Både sementmørtel, epoksy og polyuretan kan brukes. I dag brukes nesten bare polyuretan (Sægrov 2012).

### **Inntrekking og utblokking**

Prosessen ved utblokking går ut på å trykke stenger inn i en eksisterende ledning. Deretter blir et trekkhode som er større enn røret koblet på. Dette knuser de gamle rørene og skaper rom for nye. Deretter kan en trekke inn rør, eventuelt oppdimensjonere for å øke kapasiteten (Basum 2015). PE-rør brukes ofte ved inntrekking. Duktilt støpejern kan også brukes.

I Oslo kommune brukes disse to metodene hovedsakelig på vannledninger.

### **Polyesterstrømpe**

Strømpe er en meget aktuell metode for renovering av avløpsanlegg og blir brukt mye. Strømpen består av et tekstil (filtstrømpe) som blir impregnert med en organisk væske. Eventuelt er strømpen glassfiberforsterket (glassfiberstrømpe). Impregneringen skjer før inntrekking og strømpen vrenses inn i ledningen som skal renoveres ved hjelp av trykkluft eller vann, før den herdes i ledningen. Herdingen foregår ved UV stråling, varm luft eller varmt vann. En erfaringsinnsamling i regi av Norsk vann viser at strømper som blir installert korrekt fungerer veldig godt. Dette forutsetter erfaring og god kompetanse hos entreprenør(Sægrov 2012).

### **3.5.3 Fjerne feilkoblinger**

Feilkoblinger mellom overvanns- og spillvannsledninger i separatsystemer forekommer ofte og kan bidra med vesentlige fremmedvannsmengder. For å fjerne feilkoblingene er det viktig med god opplæring og sertifisering av fagfolk som arbeider med anboringer på avløpsledningsnett. Generelle fargekoder på avløpsledningene kan være et godt tiltak for å unngå at det blir gjort feil (Strauman 2013). Det er også viktig at det digitale kartverktøyet og databasene over avløpssystemet er godt og oppdatert til alle tider slik at man får en komplett oversikt over avløpsledningsnett. Gode rutiner for registrering av informasjon og hendelser til enhver tid er viktig.

Feilkoblingene kan finnes med blant annet røyktester, tilsetning av farge eller sporstoffer til vannet eller bruk av mindre legemer som for eksempel bordtennisballer.

### **3.5.4 Fjerne bekkelukkinger inn på fellessystemet**

Som nevnt bidrar bekker som fortsatt ligger i rør med en god del fremmedvann.

Det å åpne lukkede bekker og tilrettelegge disse for overvannshåndtering et viktig tiltak for å redusere fremmedvannsmengden inn på avløpssystemet. Dette vil også bidra til en mer blågrønn struktur med mer vann i bybildet.



### 3.5.5 Tette lekkasjer på avløpsnett

Betong er det mest brukte ledningsmaterialet i avløpsledningsnett. Betongrørene har god korrosjonsbestandighet men levers i korte rørlengder. Det betyr flere skjøter med mulighet for lekkasjer. Lekkasjer skyldes som regel utette skjøter som kommer av manglende skjøtepakninger og ledningsforskyvning, oppsprekking og sammenbrudd, eller korrosjon og generelt forfall. På ledninger hvor det er lekkasjer er det også stor sjanse for at det er innlekkasjer. For å redusere denne fremmedvannskomponenten er det å tette avløpsledninger, kummer og stikkledninger et viktig arbeid. Dette gjøres med en av metodene beskrevet under reovering og rehabilitering, og i noen tilfeller graves anlegget opp og skiftes helt ut.

Tetting av avløpsledninger og kummer vil være effektiv ved større punktinnlekkasjer, men har ofte liten effekt på ”diffus” innlekking. Det er viktig å være klar over at ved tetting av avløpsledninger og kummer er det en risiko for heving av grunnvannsnivået, noe som kan påføre større skader på bygg og konstruksjoner. Videre er det en sannsynlighet for at tetting av et ledningsstrek bare flytter problemet slik at fremmedvannet lekker inn i andre punkter på avløpsledningsnett, hvis ikke alle avløpsledninger er tette (Strauman 2013). Lengre strekninger på gjerne tas før man ser resultater på fremmedvannsandelen.

### 3.5.6 Tette lekkasjer på vannledningsnett

Fremmedvannsmengdene i avløpsnett har en nær sammenheng med drikkevannlekkasjene. Lekkasje på vannledningsnett fører til dobbel kostnad, tap av drikkevann og økt andel fremmedvann. Å redusere drikkevannlekkasjene vil dermed være et viktig tiltak for å få ned fremmedvannsmengdene. Dette gjøres med en av metodene beskrevet under reovering og rehabilitering

### 3.5.7 Separere fellessystemet

Fellessystemet gir store ekstra mengder lite forurenset vann inn til avløpsrenseanleggene, noe som gir en utfordring for å holde konsesjonskravene spesielt for nitrogen, men også for overløpsmengder. Separering av fellessystemet er den primære løsningen ved ledningsfornyelse fremover. Et separatsystem vil gi færre overløp og mindre overløpsutslipp, færre kjelleroversvømmelser og kreve mindre kapasitet på ledninger, pumpestasjoner og renseanlegg. Det vil bli mindre fremmedvann i ledningene og rensegraden på renseanleggene vil bli bedre. I tillegg vil et separatsystem vil ha lavere driftskostnader. Mot år 2100 har VAV

et mål om et separert ledningsnett. Ved å separere ledningsnettene får en også separert og fornyet private stikkledninger for eieres regning, som er en av hovedkildene til fremmedvann på avløpssystemet (VAV 2014c).

### **3.5.8 Sanere og separere stikkledninger**

En god del innlekking av fremmedvann skjer gjennom utette koblinger mellom kommunale ledninger og private stikkledninger. Rehabilitering eller utskiftning av hovedledningen kan heve grunnvannstanden i området. Dette kan gjøre at innlekkingen gjennom stikkledningene øker slik at den samlede fremmedvannsandelen ikke reduseres til tross for at den kommunale ledningen er tatt. For å unngå dette gir VAV private eiere pålegg om å separere stikkledningene samtidig som de offentlige separeres.

Stavanger kommune har begynt med kommunal overtakelse av private stikkledninger, noe som fører til at ansvaret for lekkende stikkledninger blir flyttet fra forbruker til kommunen. Dette kan være en god løsning for å få fart på rehabiliteringen av de private stikkledningene (VAV 2014c).

### **3.5.9 Lokal overvannshåndtering**

I nyere tid har lokal LOD blitt mer brukt for overvannshåndtering fremfor den tradisjonelle metoden i separatsystemet. Visjonen bak LOD er å utnytte overvannet som en ressurs og håndtere overvannet i størst mulig grad på overflaten, som en synlig del av vassdraget og bybildet. Lokal overvannshåndtering, bekkeåpningsprosjekter og planlegging av flomveier er sentralt i arbeidet med å begrense skader på grunn av overvann. Ved store nedbørshendelser vil det bli mye overflateavrenning til avløpsledningsnettene via sandfang i veiene. Spesielt overvann fra veier og bygge- og anleggsplasser er ikke ønskelig at tilføres avløpssystemet siden det kan inneholde store mengder miljøgifter og annen forurensning. For å redusere den direkte nedbørbetinget fremmedvannsandelen bør lokal LOD tas i bruk. LOD vil redusere bidraget fra de tette flatene med å avlaste avløpsledningsnettene ved å infiltrere, holde tilbake og sikre trygge flomveier på overflaten i nærheten av kilden. Noen eksempler på LOD er infiltrasjon på gresskleddede flater, porøse dekker, infiltrasjon i steinfyllinger, små dammer og våtmarker. I alle reguleringsplaner bør det utarbeides en VA-rammeplan som sikrer areal til VA-systemer og LOD, samt sikrer flomveier og at flomveiene ikke avlaster vann til avløpsnettene (Lindholm 2012).

Vannveiene i byen er viktig som flomveier og for tilrettelegging av lokal overvannshåndtering. Det er dermed viktig å få kunnskap om disse slik at de kan bli bedre utnyttet enn hva de gjør i dag. Strengere restriksjoner til hva som kan tilknyttes fellesledningene av overvann vil også bidra til å minke fremmedvannsandelen. Oslo kommune har nylig vedtatt en egen overvannsstrategi hvor de hjemles flere og strengere tiltak.

#### **3.5.10 Senke grunnvannsspeilet med drensledning**

Å anlegge grøfter med en naturlig dreneringsledning i bunn er et tiltak for å bortlede dreneringsvann fra hus og bygninger. Dreneringsvannet vil tilføres avskjærende dreneringsledninger som er adskilt fra avløpsledningene i egen grøft. I urbane områder, som Oslo, vil det derimot være plassmangel og dreneringer må legges til avløpsledningsgrøft (Strauman 2013).

VAV er ikke så opptatt av dreneringen, fordi den ikke representerer så store mengder og fordi den er «forsinket» i forhold til hurtig avrenning. VAV er opptatt av å gjøre tiltak på overflaten som å koble fra takvann, LOD, strenge krav for overvann som skal slippes på (Thingnes 2015).

#### **3.5.11 Frakoble taknedløpene fra avløpssystemet**

Frakobling av taknedløp er en av de mest kostnadseffektive tiltakene for å dempe flomtopper og redusere fremmedvannsmengden (Myking 2012). Spesielt i områder som er utsatt for tilbakeslag av avløpsvann ved nedbør med høy intensitet og hyppige kjelleroversvømmelser. Dette er enkelt og kan gjennomføres av abonnentene selv.

## 4 Metode

### 4.1 Gjennomføring av studien

#### 4.1.1 Valg av studieområde

Ettersom oppgaven skrives i samarbeid med VAV ble det naturlig å velge Oslo kommune som studieområde. Siden det er to store rensesanlegg i Oslo ble det bestemt å begrense studien til å gjelde for Bekkelaget rensedistrikt, som hovedsakelig får avløp fra Oslo. Til tross for denne begrensningen er det i store deler av oppgaven sett på Oslo kommune som helhet når det kommer til størrelsen på ledningsnett, befolkningstall og investeringer og kostnader gjort av VAV. Det er viktig å være oppmerksom på at Oslo kommune vil ha andre utfordringer og ressurser enn andre norske kommuner som er av en mindre størrelse.

Ny hovedplan ble vedtatt i 2014. Det betyr at Oslo kommune nylig har vært gjennom en omfattende planprosess der utfordringer innenfor avløp og vannmiljø er kartlagt og satsningsområder er synliggjort. Dette vil være til stor hjelp når det skal undersøkes i hvilken grad fremmedvann blir prioritert og sammenlikne omfang av tiltak før og etter.

#### 4.1.2 Metoder for datainnsamling

For å besvare spørsmålene i problemstillingen skal det i denne studien se på hvordan prosessene i Oslo kommune fungerer, hvordan aktørene oppfatter seg selv og hvordan statusen på problemet er i dag. Dette betyr en bred og åpen informasjonsinnhenting. For å skaffe informasjon om konsekvensene av fremmedvann er sentrale personer i sektoren intervjuet og sentrale vedtak, rapporter og handlingsplaner innhentet og analysert.

Jeg har tatt kontakt med personer som jeg har fått anbefalt av mine kontaktpersoner i VAV og min veileder på NMBU. Disse personene har blitt stilt spørsmål om temaer som belyser deres oppfatning av problemet, kunnskap og løsninger som kan bidra til å svare på min problemstilling. Kari Thingnes og Magnus Olsen har vært mine faste kontaktpersoner i VAV der begge har bidratt med relevant informasjon som VAV sitter på. Kari Thingnes har spesielt bidratt med informasjon om rehabiliteringsarbeidet som blir gjort i Oslo kommune. Rashid Adbi Elmi og Helge Eliassen fra VAV, Ola Toftdahl fra BEVAS, og Svein Erik Bakken og Herman Bräuer fra SWECO er personer jeg har snakket med om rensesprosessen på

avløpsrenseanleggene og fremmedvannets betydning for den. Terje Farestveit fra Miljødirektoratet har bidratt mye med sin kunnskap om både miljøkostnadene og driftskostnadene på renseanleggene. Videre har jeg snakket med Ståle Navrud og Knut Einar Rosendahl fra NMBU om økonomisk verdsetting av forurensning som følge av ekstra utslipp. For å kunne gjennomføre det jeg ble anbefalt, tok jeg kontakt med David Barton fra NINA som ordnet et møte med Isabel Seifert og kollegaer på NIVA. Andre jeg har vært i kontakt med er Frode Hult, Vegard Veierød og Lars Hem, alle fra VAV. Oddvar Lindholm, min veileder her på NMBU har bidratt med innspill og kunnskap han sitter på etter mange år i VA-bransjen. Jeg har også prøvd og komme i kontakt med andre fagpersoner jeg har blitt anbefalt men å få svar.

Gjeldende hovedplan for avløp og vannmiljø (VAV 2014c), delrapporter i tilknytning til denne, fagrapport (VAV 2014b) og årsrapport fra Bekkelaget RA (BEVAS 2014) er sentrale dokumenter som er innhentet og analysert sammen med informasjon jeg har fått fra personene jeg har snakket med.

## **4.2 Beregning av fremmedvannsmengde**

Det er vanskelig å anslå hvor mye fremmedvann det er i det norske avløpssystemet siden andel fremmedvann vil variere med tid, sted og hvilken beregningsmetode som blir brukt.

Noen vanlige metoder for å beregne fremmedvannsandelen er:

- Andel fremmedvann per total vannføring
- Andel fremmedvann per spillvannsmengde
- Volum fremmedvannsinntrengning per tid og lengde ledning
- Fortynningsgrad

En utbredt metode for å angi fremmedvannsandelen er å sammenligne andel fremmedvann med total vannføring. Alternativt kan fremmedvann uttrykkes som relativ til den ufortynnede spillvannsmengden. Mengde fremmedvannsinntrengning per sekund og kilometer er også en metode. Denne metoden tar hensyn til ledningsnett, og vil dermed si noe om tilstanden på ledningsnett i tillegg. Alternativt kan en bruke fortynningsgraden slik Lindholm og Bjerkholt har gjort i artikkelen Fremmedvann i nordiske avløpsledningsnett (2012). Det er den sistnevnte metoden som vil bli brukt i denne studien.

### 4.2.1 Fortynningsmetoden

Med fortynningsgrad menes fortynningen spillvannet gjennomgår ved tilførsel av fremmedvann, og uttrykkes som konsentrasjon fra husholdning dividert med konsentrasjonen inn på renseanlegget. Fortynningsmetoden går ut på at konsentrasjonen av Tot-P i innløpet til et avløpsrenseanlegg brukes som en indikator på anleggets totale mengde fremmedvann. Metoden forutsetter at en personenheter i gjennomsnitt over året produserer en viss mengde Tot-P per døgn og en viss mengde avløpsvann per døgn. Det betyr at innløpet til renseanlegget bør inneholde en viss konsentrasjon av Tot-P, dersom det er mye fremmedvann vil konsentrasjonen være mye lavere siden fremmedvann ikke inneholder fosfor. På denne måten vil fortynningsgraden si noe om mengden fremmedvann.

Følgende formel bli brukt for å regne ut andelen fremmedvann (FV):

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

der,

FV = fremmedvann i renseanlegget [%]

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

$c_i$  = konsentrasjonen av Tot-P i innløpet i renseanlegget

$Q_a$  = mengde produsert avløpsvann per person og døgn [l/pe døgn]

### 4.3 Metoder for å finne miljøkostnaden

Miljøkostnad er i denne oppgaven sett på som kostnaden ved en degradering av kvaliteten til et miljøgode, som i dette tilfellet er vannkvalitet. Negative miljøeffekter fra fosfor- og nitrogentilførsel er betydelige, særlig i vannmiljøer. Ved stor fremmedvannsandel vil det bli økt forurensningsutslipp. Det kan gi negative miljøeffekter som overgjødning (eutrofiering) som videre fører til endringer i naturmangfold, vannkvalitet og algeoppblomstring. Når forurensning skader natur, mennesker og materialer påføres samfunnet kostnader ved at det blir iverksatt tiltak til vern mot forurensningsskade, redusert produktivitet i naturens vekstprosesser og samfunnsmessig produksjon av varer og tjenester, reparasjon av skadevirkninger og tap av personlig velvære, inklusiv redusert rekreasjonsverdi knyttet til naturlige og kulturelle omgivelser. Dette utgjør kostnader som i ulike grad vil belastes enkeltpersoner direkte eller indirekte via redusert verdiskapning i private bedrifter og

offentlig sektor. Investeringer i reparasjon av skadevirkningene, som for eksempel opprydding etter overløpsutslipp vil legge beslag på ressurser som ville gitt avkastning ved alternativ anvendelse (Brendemoen et al. 1992).

I mange situasjoner er det vanskelig å verdsette helse- og miljøeffekter i kroner. Spesielt når miljøproblemet ikke kan måles i fysiske enheter eller når virkningene er irreversible. Problemet er at det ikke finnes markedspriser som kan signalisere hva miljøgoder som ren luft og rent vann er verdt, og hva degradering av kvaliteten av slike goder koster (Selvig 2005). For å finne miljøkostnadene knyttet til økt forurensningsutslipp er det flere mulige tilnærminger som kan brukes. Nedenfor beskrives to ulike metoder som kan brukes, skadefunksjonsmetoden og offentlig indirekte verdsetting.

#### 4.3.1 Skadefunksjonsmetoden

Ved beregninger av samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til økt forurensning som følge av fremmedvann kan den såkalte skadefunksjonsmetoden brukes.

Det er ønskelig å finne den marginale skadekostnaden. Med marginal skadekostnad menes verdien av en reduksjon i et helse- eller miljøgode. Ved å kjenne de fysiske sammenhengene mellom skaden og årsaken til at skaden oppstår, kan man beregne marginal skadekostnad knyttet til endring i en aktivitet eller et utslipp, for eksempel i kr/kg utslipp (Selvig 2005). Metoden tar sikte på å bruke vitenskapelige resultater om fysiske sammenhenger så langt det er mulig, for deretter å verdsette de fysiske effektene som oppstår. Det er dermed ønskelig å finne mest mulig fysisk informasjon før man verdsetter.

Skadefunksjonsmetoden inneholder fem steg for å komme frem til et verdsettingsestimat for miljøeffekter.

- Steg 1 beskriver utslipp som følge av fremmedvann.
- Steg 2 beskriver hvilken påvirkning utslippet har på det ytre miljøet.
- Steg 3 beregner endringer i effekter på miljøet ved hjelp av en spredningsmodell.
- Steg 4 bruker dose-respons funksjoner for å kartlegge konsekvenser av endring i påvirkningen på miljøet.
- Steg 5 foretar en økonomisk verdsetting av miljøeffekter. Dette steget kan gjøres i form av nye verdsettingsstudier, eller ved å overføre estimat fra tidligere undersøkte og liknede miljøeffekter.

Altså krever skadefunksjonsmetoden dokumentasjon av en rekke fysiske sammenhenger, samt økonomisk verdsetting av goder som ikke omsettes i noe marked for å kunne brukes (Navrud et al. 2007).

### **Verdsettingsmetoder**

Samfunnsøkonomisk nytte av en miljøforbedring kan måles som summen av de berørte individers maksimale betalingsvillighet for å få miljøforbedring eller unngå at det blir en miljøforverring. Den samfunnsøkonomiske nytteverdien måles som endring i total samfunnsøkonomisk verdi. Denne kan deles inn i to hovedkomponenter; bruksverdi og ikke-bruksverdi, avhengig av hva som motiverer individenes betalingsvillighet. Bruksverdien er individets maksimale betalingsvillighet for å bruke godet, som for eksempel muligheten til å kjøre båt, fiske og bade. Ikke-bruksverdi omfatter blant annet eksistensverdi, det vil si at man synes noe er verdifullt i seg selv, selv om man ikke har tenkt å bruke det. Dette kan være at dyrepopulasjoner eller rekreasjonsmuligheter overføres til fremtidige generasjoner. I metoder som bygger på individers preferanser skilles det mellom avslørte preferanser og oppgitte preferanser.

### **Avslørte preferanser**

Under avslørte preferanser viser individet sine preferanser for å få eller unngå en endring i miljøgodet gjennom deres handlinger i markeder som har sammenheng med miljøgodet eller hvor det er innebygget. Under indirekte avslørte preferanser har vi blant annet kostnader ved forebyggende tiltak. Dette er kostnader ved tiltak som kan forebygge eller unngå en miljøforverring, som også kan tolkes som en minste betalingsvillighet individer har for å unngå miljøforverringen. Ved direkte avslørte preferanser metoder forsøkes det å simulere markeder og markedspriser. Det innebærer at man etablerer et marked for miljøgodet og der man kan undersøke folks faktiske betalingsvillighet. Disse metodene omfatter også ”replacement costs”, som er kostnadene ved å erstatte tapte økosystemtjenester (Navrud et al. 2007).

### **Oppgitte preferanser**

Dette er en metodisk tilnærming for verdsetting av miljøgoder som bygger på at den samfunnsøkonomiske nytten av en miljøforbedring måles som de berørte individers betalingsvillighet for å få en forbedring, eller for å unngå en forverring i miljøkvalitet. Dette gjøres ved at hypotetiske markeder presenteres og individet blir bedt om å vurdere alternativer



og dermed oppgi sine preferanser for marginale endringer i et miljøgode. Blant de direkte oppgitte preferanser metodene finnes den mest brukte verdsettingsmetoden, kalt betinget verdsetting. Der blir respondentene spurt direkte om deres maksimale betalingsvillighet for å unngå en negativ endring, eller få en positiv endring. Ut fra dette skal en kunne estimere den økonomiske verdien av miljøgodet, som i dette tilfellet er endring i vannkvalitet (Navrud et al. 2007).

### **Overføringsmetoder**

Et alternativ til å foreta egne verdsettingsstudier er å overføre verdieslimater fra tidligere studier. En slik overføring kalles ”benefit transfer”, nytte-overføring på norsk. Metoden gjelder både for overføring av nytte og skade. Dette gjøres ofte hvis gjennomføring av en ny studie vil være for tid- og ressurskrevende. Overføringsteknikken som vil bli brukt er enhetsverdi-overføring. Det vil si overføring av estimater for gjennomsnittlig betalingsvillighet for et bestemt miljøgode fra det opprinnelige studiestedet til stedet der ny analyse ønskes utført.

Svakheten med nytteoverføring er at usikkerheten i verdianslagene øker. Dette skyldes at selv om tidligere undersøkelser har verdsatt samme type miljøgode, kan det være flere viktige forskjeller. I tillegg kan det være forskjell i inntekt, utdanning, preferanser og holdninger fra innbyggerne i de ulike studieområdene, noe som kan medføre forskjellig verdsetting av samme miljøendring. Disse usikkerhetene kommer i tillegg til usikkerhetene som allerede ligger i de originale verdsettingsmetodene.

#### **4.3.2 Offentlig indirekte verdsetting**

Ved offentlig indirekte verdsetting tar man utgangspunkt i at det offentlige ønsker å holde mengden forurensning under et visst nivå. Det vil si at istedenfor å bruke skadefunksjonsmetoden til å finne forurensningsnivået, som ofte er vanskelig å tallfeste, bestemmer man seg for en øvre grense. Dersom man allerede er på, eller nær grensen, vil økt tilsig av forurensning gjøre at man må iverksette tiltak for å redusere forurensningsutslippene. Det koster penger og dermed kan man si at kostnaden ved den økte forurensningen er lik kostnaden ved tiltaket som må til for å få forurensningen ned til maksimum nivået som er satt (Rosendahl 2015). Dette kan for eksempel gjøres ved å bruke ”replacement cost”, som også ble nevnt under avslørte preferanser. Dette er en noe

enklere og mindre tidskrevende metode enn å se på folks betalingsvillighet. Her antas det heller at kostnadene for å unngå skader, eller erstatte naturverdier gir verdien av økosystemet og tjenestene det gir. Dette er basert på en forutsetning om at dersom myndighetene pådrar seg kostnader for å unngå skader forårsaket av tapte økosystemtjenester, eller for å erstatte tjenester av økosystemene, må tjenestene være verdt minst hva myndighetene er villige til å betale for å unngå eller erstatte dem. I dette tilfellet er økosystemtjenesten god vannkvalitet der renseanlegget kan ses på som en erstatning for en resipient for avløpsvann, der vannkvaliteten er et felles gode for alle som bor i området. Et renseanlegg, eller en utvidelses av eksisterende renseanlegg vil stoppe en kvalitetsforringelse av vannet som utslipp av avløpsvann fører til. Kostnaden for å bygge et renseanlegg vil da representere hva økosystemtjenesten god vannkvaliteten minst er verdt (Ecosystem Valuation 2015).

Hvilken metode som burde brukes avhenger av hva man ønsker å anslå. Hvis det bygges et renseanlegg vil det være mest logisk å bruke kostnadene for å bygge renseanlegget som et anslag for kostnadene ved utslipp, fremfor folks betalingsvillighet. Hvis målet er å anslå kostnadene ved forringet vannkvalitet er betalingsmål et bedre mål. Samtidig kan man si at myndighetene gjerne vil ha informasjon om skadekostnadene for å finne optimalt nivå på rensingen. Skadefunksjonsmetoden krever tilstrekkelig kunnskap om de fysiske sammenhengene for å kunne brukes.

#### **4.4 Samfunnsøkonomisk analyse**

Kommunene i Norge benytter seg av offentlige ressurser. Offentlige ressurser er knappe og det er mange prosjekter som konkurrerer om midlene. Det er dermed viktig at prioriteringen av ressursene er velbegrunnet og rasjonell. Dette krever at kommunene har en god oversikt over konsekvensene for alternative tiltak og hvor mye ressurser et prosjekt vil beslaglegge. En samfunnsøkonomisk analyse vil klarlegge og synliggjøre konsekvensene av alternative tiltak før beslutninger fattes.

En samfunnsøkonomisk analyse er et verktøy for å identifisere og synliggjøre virkningene av et tiltak for berørte grupper i samfunnet. Hensikten med en slik analyse er å finne ut om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt eller ikke, samt å kunne rangere og prioritere mellom ulike tiltak. I tillegg til å beregne den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av tiltakene i kroner vurderer man i hvilken grad virkninger som ikke lar seg verdsette i kroner, bidrar til å

gjøre tiltaket mer eller mindre lønnsomt for samfunnet (Direktoratet for økonomistyring 2014). En samfunnsøkonomisk analyse kan fremstilles som en stegvis prosess som består av åtte arbeidsfaser, som vist i figur 3.



Figur 3: Arbeidsfasene i en samfunnsøkonomisk analyse (Direktoratet for økonomistyring 2014).

### **Fase 1: Beskrive problemet og formulere mål**

I fase 1 blir det gjort rede for hvilke problemer fremmedvann i avløpssystemet fører til og hvorfor det bør iverksettes tiltak. Dagens situasjon, nullalternativet blir beskrevet og brukt som referansegrunnlag for å identifisere og beskrive virkninger av tiltakene. Dette blir gjort i innledningen og i teorikapittelet.

### **Fase 2: Identifisere og beskrive relevante tiltak**

I fase 2 skal alle relevante tiltak identifiseres og beskrives. Dette blir gjort i teorikapittelet.

### **Fase 3: Identifisere virkninger**

I fase 3 skal alle virkninger av de aktuelle tiltakene beskrives. Både nyttevirkninger og kostnadsvirkninger skal trekkes frem.

#### **Fase 4: Tallfeste og verdsette virkninger**

I fase 4 skal nytte- og kostnadsvirkningene fra fase 3 tallfestes i fysiske størrelser så langt det lar seg gjøre. Deretter skal de verdsettes i kroner ut fra markedspriser eller andre verdsettingsmetoder. Virkninger som ikke verdsettes i kroner skal vurderes kvalitativt.

#### **Fase 5: Vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet**

I fase 5 skal den samfunnsøkonomisk lønnsomhet av de prissatte virkningene beregnes. Det skal også gis en vurdering om hvilken grad de ikke-prissatte virkningene bidrar til å gjøre tiltaket mer eller mindre lønnsomt.

#### **Fase 6: Gjennomføre usikkerhetsanalyse**

I fase 6 skal de kritiske usikkerhetsfaktorer som kan slå ut for tiltakets lønnsomhet analyseres. Dette gjøres ved å beregne hvordan usikkerhet knyttet til investeringskostnadene slår ut på tiltakets lønnsomhet. Det gjøres kvalitative vurderinger av usikkerheten til de ikke-prissatte virkningene. Det skal også vurderes om hvordan usikkerheten kan håndteres gjennom risikoreduserende aktiviteter.

#### **Fase 7: Beskrive fordelingsvirkninger**

I fase 7 skal eventuelle negative virkninger for enkelte grupper beskrives slik at beslutningstaker har kontroll over den totale virkningen av tiltaket.

#### **Fase 8: Gi en samlet vurdering og anbefale tiltak**

I fase 8 skal det gis en anbefaling om hvilket tiltak som bør velges etter en samlet vurdering av netto nåverdi, ikke-prissatte virkninger og usikkerhet.

##### **4.4.1 Pluss-minusmetoden**

Ved bruk av pluss-minusmetoden kan de ikke-prissatte virkningene vurderes etter henholdsvis betydning og omfang som til sammen utgjør en konsekvens. Konsekvensen vurderes ved hjelp av en skala basert på pluss og minuser. I dette tilfellet hvor det er fokus på de negative konsekvensene av fremmedvann vil det kun bli brukt minuser. Det blir tatt utgangspunkt i en femdelte skala, som spenner fra meget stor negativ konsekvens, til ingen konsekvens. Skalaen vises i tabell 7. Metoden legger opp til en systematisk, enhetlig og faglig basert vurdering av

de ulike ikke-prissatte virkningene slik at disse blir mer synlige. Dette vil gi en bedre fremstilling av ikke-prissatte virkninger i et samlet beslutningsgrunnlag.

Tabell 7: Konsekvensmaterisen har følgende femdelt skala for å vurdere en konsekvens (Miljødirektoratet 2014).

Symbol	Betydning
0	Ingen konsekvens
-	Liten negativ konsekvens
--	Middels negativ konsekvens
---	Stor negativ konsekvens
----	Meget stor negativ konsekvens

Alle virkningene vil bli vurdert ut fra hvilken betydning og hvilket omfang det har i forhold til fremmedvann. Under betydning vurderes det om hvilken betydning fremmedvann har for at denne kostnaden oppstår, mens under omfang vurderes det om hvilket omfang denne kostnaden har, det vil si hvor stor er kostnaden som fremmedvann bidrar med. Basert på denne vurderingen vil konsekvensmatrisen vist i tabell 8 bestemme hvor på skalaen konsekvensen ligger.

Tabell 8: Konsekvensmatrise for ikke prissatte virkninger. Horisontalt er konsekvensens betydning og vertikalt er omfanget av konsekvensen (Direktoratet for økonomistyring 2014).

Betydning	Liten	Middels	Stor
<b>Omfang</b>			
<b>Intet</b>	0	0	0
<b>Lite negativt</b>	0	0/-	-/ - -
<b>Middels negativt</b>	0 /-	- -	- - / - - -
<b>Stort negativt</b>	- / - -	- - / - - -	- - - / - - - -

#### 4.5 Annuitetsmetoden

For å finne den årlige kostnaden for en investering brukes annuitetsmetoden.

Det er en investeringsanalysemetode som beregner uttrykk for årlig gjennomsnittlig resultatvirkning for et investeringsprosjekt. Dette innebærer at nåverdien til et investeringsprosjekt blir fordelt over hele levetiden. Til hjelp ved beregning benyttes en kalkulasjonsrente.

$$Y = x + \frac{x}{(1+k)} + \frac{x}{(1+k)^2} + \dots + \frac{x}{(1+k)^n}$$

$Y$  = den totale investeringskostnaden

$x$  = den årlige kapitalkostnaden

$k$  = kalkulasjonsrenten

$n$  = analyseperioden i antall år

### **Analyseperiode og diskonteringsrenten**

Med analyseperiode menes den perioden alle nytte- og kostnadsvirkninger av et tiltak beregnes for. I denne analysen er kostnader knyttet til investeringer over en analyseperiode på 40 år frem i tid. Perioden starter i år 2014 ( $t=0$ ) og avsluttes i år 2044 ( $t=40$ ).

I metoder som innebærer fremtidige virkninger må det benyttes en kalkulasjonsrente. Bruk av en kalkulasjonsrente medfører at fremtidig nytte og kostnader gis en lavere verdi i analysen enn nytte og kostnader i dag. Kalkulasjonsrenten for statlige tiltak er gitt i Finansdepartementets rundskriv R-109/2014. For en analyseperiode på 40 år bør en kalkulasjonsrente på 4 % benyttes (Direktoratet for økonomistyring 2014).

# Del 3: Arbeidsmetodikk

## 5 Studieområde

Studieområdet i denne oppgaven er Bekkelaget rensedistrikt i Oslo kommune. Bekkelaget rensesanlegg tar imot og behandler avløpsvann fra Oslos østlige bydeler samt deler fra kommunene Nittedal og Oppegård. Bekkelaget mottar avløpsvann som tilsvarer ca. 310 000 pe, beregnet ut fra 12 g N/døgn·pe. Andelen industrielt avløpsvann er estimert til 30 %. Behandlet avløpsvann blir sluppet ut på 50 m dybde i Oslofjorden gjennom utløpstunneler.



Figur 4: Oversikt over avløpssonene i Oslo. Avløp fra grønne soner renses normalt ved BRA. Avløp fra røde soner renses normalt ved VEAS (VAV 2014a).

Oslo har til tross for sin geografiske beliggenhet innerst i Oslofjorden et temperert klima med fire klart definerte årstider. Årsnedbøren i Oslo er 763 mm fordelt på 166 nedbørsdøgn (Dannevig 2009). Nedbøren endrer seg med årstidene. Fra snø ved stabile temperaturer under 0 grader om vinteren, til mer regn om våren, korte intense byger om sommeren, og mye regn utover høsten. På våren har vi snøsmelting som gir stor innlekking i feilkoblinger og

infiltrasjon av smeltevann til avløpssystemet. Dette betyr større nedbørbetinget fremmedvann om våren og om høsten, sammenlignet med de relativt tørre periodene på vinteren og sommeren.

### 5.1.1 Vann og avløpsetaten

Vann og avløpsetaten (VAV) sitt formål er å sikre helsemessig trygt drikkevann til innbyggere og næringsliv i Oslo og Ski, samt å håndtere avløpsvannet på en måte som er til minst mulig belastning for publikum og det ytre miljøet. VAV har ansvaret for drift, vedlikehold og fornyelse av vannbehandlings- og renseanlegg, ledningsnett og pumpestasjoner for både drikkevann og avløpsvann. Tjenestene som Oslo VAV utfører finansieres av forbrukere gjennom vann- og avløpsgebyrer.

Oslos avløpsnett består av totalt 2250 avløpsledninger, 75 pumpestasjoner for avløp og 10 fordrøyningsmagasiner, ikke medregnet det private avløpsnettet. Bekkelaget renseanlegg eies av Oslo kommune, men driften er satt ut til det private operatørselskapet Bekkelaget Vann AS (BEVAS), der VAV har ansvaret for den faglige og økonomiske oppfølging av driftsavtalen med BEVAS. Vestfjorden avløpsselskap (VEAS) er et interkommunalt selskap der VAV dekker utgiftene for Oslos andel av VEAS. Det investeres årlig mellom 100 og 200 millioner kroner for å forbedre ledningsnettet og redusere utslipp (VAV 2014b), og ca. 80 mill. kr på drift av avløpssystemet (Thingnes 2015).

Tabell 9: Oversikt over avløpssystemet til Oslo kommune (VAV 2014c).

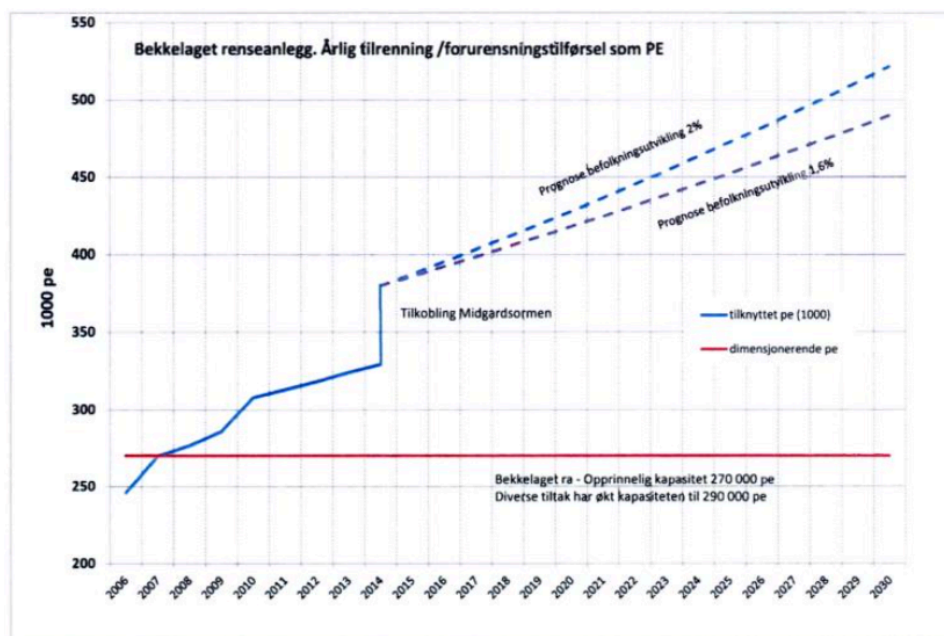
<b>Oslo kommune sitt avløpssystem</b>	
<b>2 avløpsrenseanlegg</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• BRA</li> <li>• VEAS</li> </ul>	
<b>2250 km avløpsnett</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 670 km spillvannnett</li> <li>• 760 km overvannnett</li> <li>• 820 km fellessystem</li> </ul>	
<b>75 pumpestasjoner</b>	
<b>18 private pumpestasjoner som driftes av VAV</b>	
<b>218 overløp</b>	<b>236 bekkeinntak med rist</b>
<b>28 påslipp til tunnelsystemet</b>	<b>33 km tunneler</b>
<b>10 lokale fordrøyningsmagasiner</b>	<b>751 overvannsutslipp til vassdrag</b>
<b>125 tilbakeslagsventiler</b>	<b>44 750 kummer</b>



Oslos avløpsnett består av 45% separatsystem og 55% fellessystem. Fellessystemet er hovedsakelig i de eldste delene av byen.

### 5.1.2 Bekkelaget renseanlegg

Dagens fjellanlegg ble satt i drift i 2001, og erstattet utendørsanlegget fra 1963. Bekkelaget renseanlegget er Norges nest største avløpsanlegg. Anlegget ble opprinnelig dimensjonert for 270 000 pe. I perioden 2007-2012 ble det gjennomført en rekke oppgraderingstiltak slik at den dimensjonerende kapasiteten økte til 290 000 pe. I 2010 var belastningen på ca. 320 000 pe, altså 10 % overbelastning i forhold til anleggets dimensjonerende kapasitet etter gjennomførte oppgraderingstiltak. Fjerning av nærings saltene fosfor og nitrogen ble henholdsvis 89 og 69 % inklusiv overløp i 2014, 1 % lavere enn utslippskravene. Dette skyldes først og fremst ekstremt store nedbørsmengder i februar og oktober, som har medført betydelig hydraulisk belastning over maksimal dimensjonerende kapasitet. Figur 5 sbeskriver forventet behov for renskapasitet de neste årene. Som det kommer tydelig frem er det behov for en kraftig oppgradering av renseanlegget for å takle den forventede befolkningsøkningen (Røsland & Melby 2013; VAV 2014b).



Figur 5: Tilgjengelig renskapasitet vs. år og befolkningsøkning (Røsland & Melby 2013).

## **Renseprosessen**

Med kjemiske og biologiske renseprosesser renses kloakken før slam skilles ut, lagres på egne råtnetanker og nyttes til biogass. Anlegget fjerner nitrogen, fosfor, partikler og organisk stoff fra kloakken. Bekkelaget renseanlegg er et simultanfellingsanlegg. Fellingskjemikalierne tilsettes til returslammet i det biologiske trinnet. Ved høye vannføringer vil en del av avløpsvannet bare gjennomgå kjemisk felling i noen av forsedimenteringsbassengene. I tillegg vil alt av avløpsvann passere sandfiltre som etterpolering, med muligheter for kjemisk felling på disse. Ut fra den hydrauliske kapasiteten vil vannmengder inntil 1.900 l/s har anlegget høyt renseseffekt både for partikler, fosfor, nitrogen og organisk stoff. For vannmengder mellom 1.900 l/s og 3.800 l/s er det høy renseseffekt bare for partikler og fosfor. For vannmengder over 3.800 l/s er det høy renseseffekt bare for større partikler (Skoglund 2012).

## **Midgardsormen**

Midgardsormen er et oppsamlingssystem av overvann og overløpsvann som ble satt i drift sommeren 2014. Igangsetting av Midgardsormen vil gi mer stofftransport og høyere hydraulisk belastning inn til Bekkelaget RA. I tillegg til befolkningsveksten vil Midgardsormen medføre en ytterligere belastning i størrelsesorden 50 000 pe på Bekkelaget renseanlegg. Det vurderes som svært usannsynlig at anlegget kan klare konsesjonskravene etter at Midgardsormen er tilkoblet (Røsland & Melby 2013).

## **5.2 Beregning av fremmedvannsmengde**

Under vil fremmedvannsandelen i Bekkelaget rensedistrikt bli regnet ut ved bruk av fortynningsmetoden.

### **5.2.1 Fortynningsmetoden**

I denne beregningen er det tatt utgangspunkt i årsrapport Bekkelaget RA 2014 (BEVAS 2014). Konsentrasjonen av total fosforkonsentrasjon (Tot-P) i innløpsvannet til Bekkelaget brukes som en indikator på anleggets totale mengde fremmedvann som tilføres anlegget.

Spesifikk spillvannsavløp blir bestemt ut fra vannforbruket til husholdninger. Norsk vann rapport 193/2012 "Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem" anbefaler enhetsverdien 150 l/pe døgn. VAV derimot har oppgitt 166 l/pe døgn som spesifikt

spillvannsavløp i Oslo kommune, og er tallet som blir brukt i beregningene i denne oppgaven. Dette skal tilsvare en gjennomsnittlig norsk husholdning. Det spesifikke tallet for produksjonen av Tot-P settes lik 1,6 g Tot-P per døgn (Vråle 2013).

Med utgangspunkt i at hver personenheter i gjennomsnitt produserer 1,6 g Tot-P per døgn og 166 liter avløpsvann per døgn vil et avløpsvann uten fremmedvann med disse antakelsene ha en fosforkonsentrasjon på 9,63 mg/liter. I 2014 hadde Bekkelaget renseanlegg en tilført vannmengde på 53,2 mill. m<sup>3</sup> og 174,4 tonn Tot-P i innløpet til renseanlegget. Dette gir følgende parametre:

$$c_i = 3,278 \text{ mg/l}$$

$$P_{pd} = 1600 \text{ mg Tot P/pe}\cdot\text{døgn}$$

$$Q_a = 166 \text{ l/pe}\cdot\text{døgn}$$

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

$$FV \% = \left(1 - \frac{166 \times 3,278}{1600}\right) \times 100 = 0,66 = 66\%$$

$$FV = 0,66 \times 53,2 = 35,107 \text{ mill m}^3$$

Dette gir en fremmedvannandel på 66 %. Den totale mengden fremmedvann som ble tilført Bekkelaget renseanlegg i 2014 basert på disse antagelsene er på hele 35,1 mill. m<sup>3</sup>. Dette er en betydelig økning fra 2013. Da var tilført vannmengde 43,2 mill. m<sup>3</sup>, mens Tot-P i innløpet var ca. det samme. Dermed er fremmedvannandelen nærmere 7 % høyere i 2014 enn i 2013.

### 5.2.2 Andres beregninger

Oslo VAV gjennomførte et prosjekt om fremmedvann i 2012 der målet var å kartlegge fremmedvannsmengdene for ulike områder i Oslo. For alle områdene sett under ett ble det gjennomsnittlige fremmedvannandelen estimert til å være ca. 58 %. Gjennomsnittlig innlekking av fremmedvann er ca. 1,5 l/s· km ledningslengde. Beregninger på enkeltområdenivå viser stor variasjon i andel fremmedvann og spesifikk innlekking med en

fremmedvannsandelen som varierer mellom 16 og 86 %. Disse estimatene ble gjort på bakgrunn av kalibrerte RDII-modeller og vannføringsmålinger i store områder av Oslo. Det kom også frem at den store fremmedvannsandelen ikke kun skyldes mye fellessystem i Oslo, og at mye av separatsystemene også ga et vesentlig bidrag av fremmedvann (VAV 2014c).

I Msc Manuel France Torres sin masteroppgaveavhandling (2013) har Torres estimert fremmedvannsmengder og mulige kilder i 37 utvalgte avløpsfelt i Oslo kommune. Torres konkluderte med sin studie en gjennomsnittlig fremmedvannsandel tilsvarende 56,1 % av totalvolumet. Det tilsvarer ca. 1,56 l/s· km ledningslengde. Hovedfunnet i han studie var at fremmedvannsmengder er meget variable og vanskelig å forutsi ut fra feltets målbare parametere, ettersom flere komponenter har stor variasjon i rom, tid og kilde.

I Msc Ida Johanne H. Gammelsæter sin masteroppgaveavhandling (2014) viste resultatene store fremmedvannmengder, både fra direkte innlekking under nedbørsepisoder og konstant infiltrasjon fra grunnvann og utlekket drikkevann. For hele feltet var fremmedvannsandelen på 47 % og tilføringsgraden på 94 %. Utlekket drikkevann ble antatt å sørge for en spesifikk innlekking på 0,3 l/s· km ledningslengde, den nedbørspåvirkete innlekkingen for 1,5 l/s· km ledningslengde og annen infiltrasjon (grunnvann) for 0,2 l/s· ledningslengde. Til sammen ble den spesifikke innlekkingen på 2 l/s· ledningslengde, noe som er over den gjennomsnittlige innlekkingen for hele Oslo basert på VAV sine undersøkelser. Spillvannstapet til overvannsnettet var forsvinnende lite med kun 1-2 % utlekket spillvann til overvannet.

Som disse beregningene viser varierer fremmedvannsandelen avhengig av hvilken metode som er anvendt og hvilket område det fokuseres på. Mine beregninger ligger noe høyere enn de som er nevnt her. Det bør tas hensyn til at fortynningsmetoden er en veldig enkel metode som bare gir estimering av fremmedvannsandelen i stor skala, og sier lite om kilden til innlekkingen. Likevel vil videre analyse i denne oppgaven ta utgangspunkt i verdien fra fortynningsmetoden.

## 6 Økonomiske konsekvenser

Dette kapittelet har som hensikt å verdsette konsekvensene som fremmedvann gir i kroner. Med utgangspunkt i de konsekvensene som har blitt identifisert og beskrevet i kapittel 3.3 er det nå meningen å tallfeste disse virkningene i fysiske størrelser så langt det er mulig. De konsekvensene som ikke omsettes i et marked eller av andre grunner ikke lar seg tallfestes vil bli verdsatt ved hjelp av en verdsettingsmetode eller ved en form for kvalitativ vurdering, enten ved verbal beskrivelse eller pluss-minusmetoden. Det er viktig at konsekvensene som ikke tallfestes ikke utelates, siden de kan gi sentrale virkninger som vil påvirke totalvurderingen.

Generelt har det vært vanskelig å innhente relevant data som trengs for å tallfeste virkningene innenfor den tids- og ressursrammen som denne oppgaven har. Estimatenes er dermed hovedsakelig basert på kvalifiserte faglige anslag, kalt guesstimate på engelsk. Det er et estimat som er laget uten komplett informasjon, men basert på faglig kunnskap om saken. Guesstimatene som er brukt her er innhentet fra samtaler med fagpersoner i sektoren, tidligere rapporter og artikler. Anslagene er dermed bygget på en god del forutsetninger og er beheftet med en viss usikkerhet.

### 6.1 Marginal driftskostnad

Stor fremmedvannandel vil gi økte kostnader til drift. Fremmedvannet krever ekstra rensing, der det vil bli brukt mer kjemikalier og mer energi enn hva som er nødvendig på rensenanlegget. I tillegg må mer vann pumpes gjennom ledningsnett. Følgelig skal den marginale driftskostnaden for hver kubikkmeter med fremmedvann med hensyn til disse parameterne beregnes.

#### 6.1.1 Økt kjemikalieforbruk

Den første kostnadsdriveren i rensenanlegget er den ekstra doseringen med kjemikalier.

Bekkelaget RA benyttet Jernsulfat til simultanfelling og PAX-18 og polymer til direktefelling og forfelling. PAX-18 blir også dosert til returslammet for å bekjempe mikrotrix. Det ble benyttet 328 tonn hydratkalk i biotrinnet for å øke nitrifikasjonshastigheten i perioder med kaldt vann. Dette er en stor økning fra 2013, da det ble brukt 56 tonn. Dette kan henge

sammen med at mengden fremmedvann har økt, som vil en lavere temperatur enn spillvann. For å fjerne mer nitrogen har det blitt dosert etanol til etterdenitrifikasjonssteget. Etanolforbruket i 2014 var ca. 268 m<sup>3</sup>. Polymerforbruket lå på ca. 6,9 kg/tonn TS til avvenning, 1,2 kg/tonn TS til fortykning av bioslam og 2,8 kg/tonn TS til fortykning av primærslam (BEVAS 2014).

### Kjemikalieforbruk og kjemikaliepriser

De konkrete tallene på kjemikalieforbruket i 2014 er hentet ut fra årsrapporten til Bekkelaget RA. Siden Bekkelaget RA drives av en privat driftsaktør er avtalen mellom BEVAS og VAV konfidensiell og prisen på kjemikalier er dermed ukjent. Prisene som er brukt i beregningene er veiledende tall som ble gitt i en samtale med Ove Sanna (2015), salgssjefen hos Kemira Norge. Prisene er gjengitt i tabell 10.

Tabell 10: Veiledende kjemikaliepriser fra Kemira Norge (Ove Sanna).

Produkt	Pris	Hvor
<b>PAX</b>	2,1 kr/ kg	Kemira
<b>Jernsulfat</b>	1,25 kr/kg	Kemira
<b>Polymer</b>	29 kr/kg	Kemira
<b>Etanol</b>	6,5 kr/kg	Kemira
<b>Kalk</b>	2,14 kr/kg	Betomur AS(2015)

Ut fra kjemikalieforbruket oppgitt i årsrapporten og de veiledende prisene ble kjemikaliekostnadene regnet ut, resultatet er vist i tabell 11.

Tabell 11: Kostnadene for kjemikalieforbruket i 2014 basert på de veiledende prisene.

Produkt	Mengde	Kostnader
<b>PAX</b>	1 204 000 kg	2 528 400 kr
<b>Jernsulfat</b>	1 879 000 kg	2 348 750 kr
<b>Polymer</b>	60 200 kg	1 745 800 kr
<b>Etanol</b>	212 kg	1 378 kr
<b>Kalk</b>	328 000 kg	701 920 k4
<b>Sum</b>		<b>7 326 246 kr</b>

Totalt ble det brukt 7 326 246 kr på kjemikalier i 2014. Med 50,3 mill. m<sup>3</sup> behandlet vann blir dette 0,15 kr/m<sup>3</sup>.

Dette forutsetter at kjemikalieforbruket er ”jevnt fordelt” over antall m<sup>3</sup> vann som går gjennom renseanlegget. Dette er en forenkling som gjøres fordi prosessene på et renseanlegg er veldig kompliserte. PAX for eksempel brukes i perioder når mye vann blir tilført renseanlegget, som ved store nedbørshendelser (Sanna 2015). Det er altså ikke kontinuerlig bruk av denne kjemikalien, noe som gjør at denne antagelsen kun gir et veldig forenklet bilde av virkeligheten.

### 6.1.2 Økt energiforbruk

En annen kostnadsdriver er det ekstra energiforbruket som kommer ved å pumpe fremmedvannet rundt i ledningsnettene og i renseanlegget.

I følge en kunderådgiver hos Hafslund er 1 kr/kWh et fornuftig estimat å bruke for store bedrifter som Oslo kommune. Skatter og avgifter er inkludert i denne prisen.

#### **Energiforbruk i ledningsnettene**

I et stort avløpsledningsnett som det Oslo kommune har, vil det ikke være mulig å bygge et ledningsnett som går kun på selvføll. Det blir dermed en del pumping for å løfte vannet opp der det ikke går med selvføll lenger. Her vil vannmengden ha mye å si. Stor fremmedvannandel betyr at mer vann må pumpes, noe som betyr økt energiforbruk.

Driftskostnadene på pumpestasjoner vil øke proporsjonalt med vannmengden som pumpes, da strømforbruket kan regnes å være proporsjonalt med vannmengden som pumpes (Nedland 2012).

Det er viktig å merke seg at Midgardsormen ble satt i drift i 2014, så historiske tall vil gjelde for ”gammelt” anlegg. Midgardsormen erstatter 9 pumpestasjoner med en stor pumpestasjon.

VAV eier 57 pumpestasjoner og driver 12 stasjoner for andre. I 2013 ble ca. 115 mill. m<sup>3</sup> med avløpsvann transportert og brukt 4,94 GWh. Dette er hovedsakelig brukt på pumper, men også oppvarming, avfuktning, VVS etc. er inkludert. Det antas at prosessutstyret og pumper bruker mye mer energi enn oppvarming, avfuktning og lignende så alle strømkostnader antas avhengig av vannmengden. Det betyr at det ble brukt 0,043 kWh/m<sup>3</sup> (Olsen 2015). Ved å anta en strømpris på 1 kr/kWh vil energikostnadene være 0,043 kr/m<sup>3</sup>.

## Energiforbruk i renseanlegg

Det er ikke så mye pumping i selve renseanlegget, da de i utgangspunktet er prosjektert for at vannet skal kunne gå med selvfall gjennom hele anlegget. Bekkelaget RA har derimot noe pumping av avløpsvannet inn til anlegget da det ligger litt kronglete til (Bakken 2015).

I tabell 12 er strømforbruket i Bekkelaget RA i 2014 gitt. Dette strømforbruket er sammensatt av alt forbruk for driften av renseanlegget. Det er alt fra ventilasjon og belysning til drift av pumper og annet prosessutstyr. Likevel antas det også her at prosessutstyret og pumper bruker mye mer energi enn belysning, oppvarming og andre fasiliteter på renseanlegget slik at all strømkostnader antas som avhengig av vannmengden.

Tabell 12: Strømforbruket i Bekkelaget RA i 2014 og kostnadene knyttet til dette (BEVAS 2014).

Hvor	Strømforbruk	Kostnader
<b>Strømforbruk BRA</b>	13,4 mill. kWh	13,4 mill. kr.
<b>Strømforbruk utestasjoner</b>	0,08 mill. kWh	0,08 mill. kr.
<b>Sum</b>	13,48 mill. kWh	<b>13,48 mill. kr</b>

Ved å anta at prisen for strøm er 1 kr/kWh ble det det i 2014 brukt 13 480 000 kr til strømforbruk på Bekkelaget RA. Med 50,3 mill. m<sup>3</sup> behandlet vann i 2014 får vi 0,268 kr/m<sup>3</sup>.

### 6.1.3 Annet

Hydraulisk belastning vil ha betydning for størrelsen på renseanlegget. Større anlegg vil ha høyere administrasjonskostnader enn mindre anlegg. Det må blant annet være flere ansatte, noe som gir høyere lønnskostnader. I 2014 var det 18,4 årsverk på Bekkelaget RA noe som betyr at lønnskostnadene er betydelig utgiftspost. Hvilken betydning størrelsen på anlegget har å si for antall ansatte er ikke gitt og det vil ikke være mulig å tallfeste denne kostnaden men den bør tas i betraktning. Kostnaden til ventilasjon og varme vil også øke med økende areal.

I tillegg vil det være ekstra kostnader knyttet til opprydding etter overløp ved store vannmengder, og det vil kreves mer tilsyn av de utsatte områdene. Dette er kostnader som det er svært krevende å tallfeste og som ikke lar seg gjøre innenfor rammene til denne oppgaven. Det vil også bli høyere vedlikeholdskostnader ved større anlegg og økt belastning. Utstyret får da kortere levetid, noe som krever at det blir flere utskiftninger enn nødvendig.



### **Total marginalkostnad**

Hvis disse tallene legges sammen vil vi få en marginalkostnad på 0,46 kr/m<sup>3</sup>. Dette er hva det koster for en ekstra m<sup>3</sup> med avløpsvann. Dette er tall som er basert på en del forutsetninger og vil kun gi en indikasjon på hva en m<sup>3</sup> med avløpsvann koster.

Med 35,1 mill. m<sup>3</sup> fremmedvann blir den totale driftskostnaden for fremmedvann i 2014 16 146 000 kr.

I 2012 var driftskostnadene på ca. 60,2 mill. og behandlet vannmengde var 46,81 mill. m<sup>3</sup>, noe som gir 1,286 kr/m<sup>3</sup>. Dette gjelder kun på renseanlegget og er inkludert alt av faste kostnader, lønn, oppvarming etc. Den utregnet marginale driftskostnaden for fremmedvann på renseanlegget ble på 0,418 kr/m<sup>3</sup>, 33 % av den totale marginalkostnaden. Dette er en prosentandel som kan virke rimelig.

#### **6.1.4 Alternativ beregning av marginal driftskostnad**

Tidlig i prosessen ble Terje Farestveit (2015) i Miljødirektoratet kontaktet. Han jobber som sjefingeniør i seksjon for lokal forurensning og har lang erfaring i VA-bransjen. Blant annet ble marginalkostnadene for å rense en ekstra m<sup>3</sup> med avløpsvann tatt opp. Nedenfor er tallene som ble oppgitt av Farestveit. Dette er tall basert på skjønn, men gir i følge Farestveit et noenlunde greit bilde av kostnadene. Disse tallene vil variere med lokale forhold som blant annet hvor mye vann som pumpes, hvor godt anlegget er dimensjonert for overvann, og hvor følsomt renseanleggene vil være for mer vann. Kostnaden for å rense en ekstra liter avløpsvann vil variere mye fra anlegg til anlegg, og vil i følge Farestveit bestå av ekstra energi til pumping, ekstra kjemikalieforbruk, ekstra slamkostnader og eventuelt lufting ved biologisk behandling. Her anslo Farestveit at tallet er mellom 1-2 kr/m<sup>3</sup> for kjemiske anlegg og 1 kr ekstra for biologisk behandling.

Hvis en tar hensyn til de ekstra rensekostnadene i renseanlegget, ekstra pumping i ledningsnett, samt ekstra kostnader ved tilsyn og opprydding ved overløp får man følgende regnestykke:

1-3 kr/m<sup>3</sup> i rensenanlegget + 0,25 kr/m<sup>3</sup> for pumping i ledningsnettet + 0,1 kr/m<sup>3</sup> for ekstra kostnader ved tilsyn og opprydding = 1,3 – 3,3 kr/m<sup>3</sup>.

Med 35,1 mill. m<sup>3</sup> fremmedvann blir den totale driftskostnaden for fremmedvann i 2014 mellom 45 630 000 – 115 830 000 kr.

#### **6.1.5 Avvik i beregningene av marginal driftskostnad**

Tallene fra mine beregninger basert på tall fra VAV og BEVAS og tallene fra Terje Farestveit gir en differanse på 0,84 – 2,84 kr/m<sup>3</sup>. Totalt for fremmedvannet gir dette en differanse på 29 484 000 – 99 684 000 kr, noe som er en betydelig forskjell.

Den største forskjellen er kostnadene knyttet til rensing på rensenanlegget. Som Farestveit forteller så vil kostnadene variere veldig avhengig av rensenanlegget og lokale forhold. Bekkelaget RA er dimensjonert slik at kjemikaliedoseringen bestemmes av stoffbelastningen og ikke av m<sup>3</sup> som blir tilført anlegget. Dette betyr at doseringen på Bekkelaget ikke påvirkes av at det er mye fremmedvann i avløpssystemet. Det kan tenkes at tallene fra Farestveit bygger på at doseringen bestemmes av m<sup>3</sup> avløpsvann slik det er på de fleste rensanlegg i Norge, og som bidrar til at hans tall er såpass mye høyere enn mine.

Det er også en vesentlig forskjell knyttet til kostnaden for pumping i ledningsnettet. Farestveit antar at pumpekostandene er 0,25 kr/m<sup>3</sup>. Mine beregninger ga derimot kun 0,043 kr/m<sup>3</sup>. Mens i beregningene til Nedland sier han at det er en tommelfingerregel å regne 1 kWh/m<sup>3</sup> pumpet avløpsvann. Med 1 kr/kWh vil dette gi 1 kr/m<sup>3</sup>, som er vesentlig høyere (Nedland 2012). Igjen vil dette variere mye med lokale forhold. Mengde vann som transporteres, topografien i området, antall pumpestasjoner og størrelsen på pumpestasjonene er alle ting som vil påvirke energiforbruket og kostnadene. Her kan det tenkes at Farestveit og Nedland har tatt utgangspunkt i et helt annerledes område og system enn det som er gjort i mine beregninger, med andre forutsetninger.

Farestveit har også tatt med økt slambehandling i sine tall. Slambehandlingen ved et rensanlegg utgjør en betydelig del av rensenanlegget. Det har tidligere blitt anslått av de utgjør ca. 1/3 av kostnadene på rensenanlegget (Lindholm 2015). Mine estimer har kun

inkludert forbruket av polymer under slambehandlingen og som kun representerer en del av kostnadene knyttet til slambehandling.

Mine beregninger har heller ikke inkludert kostnader for opprydding og tilsyn i mine estimer da det ikke var noe grunnlag for å estimere noe her. Farestveit derimot brukte 0,1 kr/m<sup>3</sup> her.

## 6.2 Økt belastning på renseanlegg

I årsrapporten 2014 fra Bekkelaget RA (BEVAS) var det følgende oppsummering: Bekkelaget RA har i 2014 behandlet mer avløpsvann enn noen gang før. Også mengdene forurensninger i form av nitrogen og fosfor som har blitt fjernet er større enn hva som har vært tilfelle tidligere år. Den store belastningen preger nødvendigvis driften av anlegget, og i perioder har ikke renseprosessene fungert optimalt. Høy belastning har gitt ustabile prosesser og svakere renseresultat i perioder enn hva som er ønskelig. Stor andel fremmedvann gir en økt belastning på renseanlegget ved at vannføringen blir mye større enn hva som er nødvendig.

### 6.2.1 Økt forurensning

Jordbruk og kommunalt avløp er de største utslippskildene. Selv om rensingen fjerner opp mot 95 % av bakteriene, 90 % av fosforen og 70 % av nitrogenet er det mye igjen i utslippene (Miljødirektoratet 2015). VAV overvåker både den biologiske, kjemiske og mikrobiologiske vannkvaliteten i alle hovedvassdrag og i Oslofjorden. Resultatene viser at flere av vassdragene til dels er sterkt påvirket av utslipp fra avløpsnett.

### Forurensning fra renseanlegg

Renseanleggene fungerer slik at de renser avløpsvannet til en viss utløpskonsentrasjon etter utslippskrav gitt i Forurensningsforskriften. Dette betyr at jo mer avløpsvann som sendes gjennom renseanlegget, desto mer slippes ut. Bekkelaget RA opererer med rensekravene gitt i tabell 13. I tillegg vil det ved vannmengder over 3.800 l/s kun være høy renseseffekt for større partikler, noe som betyr at det vil bli sluppet ut mer fosfor, nitrogen og organisk stoff enn ved mindre hydraulisk belastning.

Tabell 13: Rensekrav på Bekkelaget RA i 2014 (BEVAS 2014).

Rensekrav
<b>70 % renseseffekt på Total-N inkl. overløp</b>
<b>90 % renseseffekt på Total-P inkl. overløp</b>
<b>70 % renseseffekt på Total-BOD inkl. overløp</b>
<b>De årlige overløpsmengdene fra Bekkelagets tunnelsystem kan ikke overstige 2 % av den totale tilførselen, målt som TN, TP, BOF7.</b>

I 2014 hadde avløpsvannet fra Bekkelaget RA følgende sammensetning i utløpet som oppgitt i tabell 14. Med en fremmedvannsmengde på 35,1 mill. m<sup>3</sup> blir det sluppet ut 15 190 kg Tot-P.

Tabell 14: Avløpsvannets sammensetning i utløpet på Bekkelaget RA i 2014 og utslippsmengde inkl. overløp i kg fra Bekkelaget RA, som følge av 66 % fremmedvann (BEVAS 2014).

Stoff	Konsentrasjon i utløp	Utslippsmengde inkl. overløp
<b>Total P</b>	0,30 mg/l	15 190 kg
<b>Total BOF<sub>5</sub></b>	3,5 mg/l	116 193 kg
<b>Total KOF<sub>3</sub></b>	36,0 mg/l	1 195 128 kg
<b>SS</b>	12,1 mg/l	401 695,8 kg
<b>Total N</b>	8,6 mg/l	341 880 kg

Det var tilført 53,2 mill. m<sup>3</sup> avløpsvann totalt til rensenanlegget i 2014, der 50,3 mill. m<sup>3</sup> ble behandlet. Den resterende mengden gikk i overløp. Overløpsmengden fra Bekkelaget RA er gitt i tabell 15 nedenfor. Utslippsmengden for fosfor og nitrogen er også oppgitt. Dette utslippet er inkludert i tabell 14.

Tabell 15: Overløpsmengdene fra Bekkelaget RA i 2014 (BEVAS 2014).

Hvor	Mengde	Tot- P	Tot- N
<b>Kværner</b>	Ca. 378 298 m <sup>3</sup>	620 kg	5100 kg
<b>Gamle riststasjon</b>	1 422 535 m <sup>3</sup>	2680 kg	22 400 kg
<b>MO</b>	1 090 240 m <sup>3</sup>	1360 kg	10 800 kg
<b>Sum</b>		4660 kg	38 300 kg

Dette gir et totalt utslipp på 15 190 kg Tot-P og 341 880 kg Tot-N fra Bekkelaget RA i 2014 som følge av fremmedvannsmengden i rensenanlegget.

### Forurensning fra overløp

Ved store nedbørsmengder ledes avløpsvann via overløp til nærmeste vassdrag. Kloakken som slippes ut er svært fortennet, men er fortsatt en vesentlig kilde til forurensning av vassdragene og Oslofjorden. Per 01.01.2015 har VAV driftsansvaret for totalt 185 overløp,

der 157 er nedbørsavhengige overløp og 28 nødoverløp. Det er de nedbørsavhengige overløpene som vil gi økt utslipp på grunn av fremmedvannet (VAV 2014b).

VAV er pålagt å overvåke alle overløp. I fagrapporten 2014 (VAV) er alle overløpshendelser rapportert vassdragvis. Følgende vassdrag har rapportert overløpsutslipp i 2014:

Lysakerelva/Sørkedalsvassdraget, Hoffselva, Frognerelva, Akerselva, Hovinbekken, Alna, Ellingsrudelva, Ljanselva og Indre Oslofjord. Totalt var det 2093 antall overløpshendelser i 2014. Dette utgjorde totalt 664 862 minutter med overløpsdrift.

VAV har installert en målestasjon som tar ukeblandepøver nederst i hvert vassdrag. Prøvene blir analysert for næringssalter, partikler, pH, konduktivitet og TOC. Næringssalter blir klassifisert etter klassifiseringssystemet som brukes i Vannforskriften der resultatene blir delt inn i en av de fem klassene; svært god, god, moderat, dårlig og svært dårlig. Begroingsalger ble også undersøkt i alle vassdrag. Bakterieprøver (TKB) ble tatt i noen utvalgte vassdrag, og siktedyp ble målt i fjorden. Med unntak av Lysaker/Sørkedalsvassdraget, Akerselva og Ellingsrudelva hadde samtlige vassdrag dårlig eller svært dårlig kjemisk vannkvalitet. Det betyr at de har for høyt innhold av tot-P og tot-N. Den biologiske vannkvaliteten varierte en god del, med som regel god og moderat øverst i vassdraget med noe forverring nedover i vassdraget. Alle hadde lavt bakterieinnhold. Den dårlige kjemiske vannkvaliteten er antagelig på grunn av overløpsutslippene.

Det er ikke mulig å tallfeste hvor stor andel av overløpsutslippene som er forårsaket av fremmedvann. De fleste overløpene er som regel under nedbørshendelser, der det er hovedsakelig er nedbøren som er årsaken til at det går i overløp. Til tross for dette kan det tenkes at hvis 66 % av vannføringen består av fremmedvann ville det vært færre overløpshendelser hvis dette ikke var til stede og det var mer ledig kapasitet i avløpsledningene. Siden mengden  $m^3$  som har gått i overløp er ukjent, blir det vanskelig å kvantifisere forurensningsmengden fra overløpene. Forurensningen fra overløp er derfor utlatt fra beregningene. Til tross for dette er det viktig å være klar over at overløpene bidrar til forurensningsutslipp som vil utgjøre en betydelig kostnad for samfunnet. Avløpsvannet i innløpet til Bekkelaget RA hadde 3,278 mg Tot-P/l. Det kan antas at konsentrasjonen til overløpsutslippene vil være noe lignende.

### 6.2.2 Verdsetting av fosfor

I kapittel 4.3 blir det nevnt to metoder for å finne miljøkostnadene knyttet til forurensning. På grunn av manglende tilgjengelig informasjon har det ikke vært mulig å utføre skadefunksjonsmetoden. Det har ikke vært mulig å få tak i verken en spredningsmodell eller en dose-respons funksjon for marint vann. Følgelig er det ikke grunnlag for å si noe om dagens vannkvalitet og hvordan den vil bli påvirket av den ekstra mengden utslipp fremmedvann gir. Metoden offentlig indirekte verdsetting derimot blir gjennomført som planlagt.

#### **Offentlig indirekte verdsetting**

I denne oppgaven, hvor hensikten er å finne den totale kostnaden for fremmedvann bør maksimum nivået settes lik null utslipp som følge av fremmedvann. Renseanlegg renser kun opp mot gitte renskrav, som på Bekkelaget RA per dags dato er på 90 % renseseffekt på fosfor. Totalkostnadene splittes dermed i to:

1. Kostnadene ved å rense 90 %.
2. Kostnadene ved de resterende 10 %.

Pkt. 1 er kostnadene ved å bygge og drifte et renseanlegg som renser 90 %.

Pkt. 2 er skadekostnader ved de resterende 10 % av utslippet. Denne er som sagt ikke mulig å finne innenfor denne oppgavens rammer og vil bli utelatt. Kostnaden her vil dermed representere en nedre grensen for hva det vil koste å iverksette tiltaket for å fjerne forurensningen. Ved å dele kostnadene på antall kg fosfor som blir fjernet i et slikt anlegg får vi kostnaden for å fjerne en kg fosfor. Denne kostnaden vil multipliseres med antall kg fosfor som blir sluppet ut som følge av fremmedvann.

#### **Kostnadene for å bygge og drifte et renseanlegg**

I utvidelsen av Bekkelaget RA vil den nye delen være som et helt nytt renseanlegg, som skal kjøres parallelt med det opprinnelige anlegget. I hovedprinsippet er det nye anlegget en kopi av eksisterende anlegg, både når det gjelder renseprosess, størrelse og beliggenhet.

Kostnadsrammen for utvidelsen blir brukt som utgangspunkt for hva det koster å bygge et nytt renseanlegg. Kostnadsrammen er på 2 740 mill. kr. I 2012 var driftskostnadene på Bekkelaget RA ca. 60,2 mill. kr. og det ble fjernet ca. 160 tonn med fosfor (BEVAS 2014; Røsland & Melby 2013). Det tas utgangspunkt i at det nye anlegget vil ha de samme driftsutgiftene som det eksisterende hadde i 2012 og at det fjerner samme mengde med fosfor.

For å finne den årlige kostnaden for å bygge renseanlegget brukes annuitetsmetoden. Ved å sette levetiden til anlegget til 40 år og kalkulasjonsrenten til 4 % blir regnestykket slik:

$$\sum_{39}^0 \frac{x}{(1 + 0,04)^n} = 2\,740\,000\,000$$

$$x = 138\,434\,361 = 138 \text{ mill. kr.}$$

Den årlige investeringskostnaden blir da 138 mill. kr. I tillegg kommer driftsutgiftene på 60,2 mill. kr. Dette gir en total årskostnad på 198,6 mill. kr. Hvis anlegget fjerner ca. 160 000 kg. fosfor vil det koste 1 241 kr/kg.

Som beregnet i kapittel 6.2.1 ble det sluppet ut 15 190 kg fosfor i 2014. Dette gir en total kostnad på 18 854 588 kr.

### **Mjøsaksjonen i 1975**

Å se på hva det koster å fjerne 1 kg fosfor som kostnaden for forurensing har også blitt gjort tidligere. Under Mjøsaksjonen jobbet Oddvar Lindholm i Miljøverndepartementet, der de fra 1973 til 1982 jobbet for å redusere forurensningen i Mjøsa. Der var det blant annet et stort fokus på å fjerne fosfor. Da satte myndigheten en øvre grense for hvilke tiltak de ville støtte. Denne grensen var på ca. 3000 kr/kg (Lindholm 2015). Dette kan ses på som betalingsvilligheten til myndighetene for å få en positiv endring av vannkvaliteten og dermed verdien av god vannkvalitet uten fosforutslipp. Dette var i 1975 og for å få det til dagens prisnivå brukes konsumprisindeksen. 3000 kr i 1975 tilsvarer 15324,63 kr i 2014 (SSB 2015). Denne beregningen viser kun utviklingen i kroneverdien når en tar utgangspunkt i konsumprisindeksen, og ikke hva enkeltvarer bør eller skal koste når prisen reguleres med konsumprisindeksen. Ut fra dette settes kostnaden for å fjerne fosfor til 15 325 kr/kg.

I hovedplanen til Oppegård kommune har de en tabell over sektorvise årskostnader for å fjerne ett kg fosfor i et vannområde. Dette er riktignok ikke fra en vannforekomst, men kan allikevel gi en indikasjon på hva det koster å fjerne ett kg fosfor. Som vist i tabell 16 er den utregnet kostnad basert på tall fra Mjøsaksjonen i samme størrelsesorden.

Tabell 16: Sektorvise årskostnader for å fjerne ett kg fosfor i vannområdet PURA (Oppgård kommune 2009)

Sektor	Årskostnad (NOK/kg Tot-P)		% biotilg. fosfor	Årskostnad (NOK/kg biotilg.-P)
	Investering	Drift		
<b>Jordbruk</b>	440	800	50	2 480
<b>Spredt bebyggelse</b>	15 260		90	16 960
<b>Kommunalt ledningsnett</b>	33 230		90	36 920
<b>Tette flater</b>	8 720		10	87 200

Utslipp på 15 190 kg fosfor i 2014 gir en total kostnad på 232 786 750 kr.

Miljøkostnaden baserer seg på hovedsakelig på fjerning av fosfor. Dette er fordi tiltak som effektivt fjerner tilførsler av fosfor vil også redusere tilførsler av nitrogen, organisk stoff, partikler og bakterier. Det er derfor ikke satt spesifikke kostnader for disse parameterne.

### 6.2.3 Avvik i verdsettingen av fosfor

Den indirekte verdsettingen og tallene fra Mjøsaksjonen gir svært ulik verdsetting av fosfor. Med en differanse på 14 084 kr/kg vil dette gi store konsekvenser for den totale kostnaden.

Det er viktig å være klar over at grensen på 3000 kr/kg er en øvre grense. Dette var den absolutt høyeste kostnaden per kg som ble støttet av myndighetene. Dermed kan det antas at middelverdien ligger en god del lavere. Det billigste tiltaket for å fjerne fosfor er å rense ved kommunale renseanlegg. Det var allerede renseanlegg under Mjøsaksjonen, men disse fjernet ikke så mye fosfor som ønsket, så andre tiltak måtte iverksettes for å fjerne det som var ønskelig. Betalingsvilligheten for å fjerne forurensningen var svært høy da tilstanden i Mjøsa var veldig dårlig. Det ville mest sannsynlig vært en lavere pris om det hadde vært snakk om rensing i et kommunalt renseanlegg. Siden mine beregninger tar utgangspunkt i fosforfjerning ved et kommunalt renseanlegg vil de naturligvis bli noe lavere. I tillegg er Bekkelaget et veldig stort renseanlegg noe som vil gi stordriftsfordeler. Et lite renseanlegg ville ha en høyere rensekostnad per kg. Det er også stor sannsynlighet at det siden 1975 har kommet ny og bedre teknologi som gjør renseprosessen bedre og mer effektiv i dag.



### 6.3 Ekstra utlekking

En økt vannstand i avløpsrørene på grunn av fremmedvann øker utlekkasjene. I en tysk artikkel ble det påvist en kraftig økning i utlekkasjene med en økning i vannstanden fra 225 mm til 280 mm over bunnen (Lindholm & Bjerkholt 2011). Ekstra utlekking av avløpsvann er svært uheldig og kan skade miljøet rundt avløpsrørene. Her vil det forekomme ekstra miljøskader. Det er spesielt uheldig hvis dette skjer i nærheten av vannledninger og det skjer en innlekking i tillegg. Da vil det være et hygienisk problem i tillegg. Det har ikke vært mulig å tallfeste hvor stor denne økningen i utlekkingen er.

### 6.4 Investeringskostnader ved pumpestasjoner

Å dimensjonere en pumpestasjon for større vannmengder vil føre til høyere investeringskostnader. Det kan diskuteres om pumper i en pumpestasjon bør dimensjoneres så store at de pumper videre mye fremmedvann som senere slippes i overløp lenger ned i systemet. På en annen side kan resipienten ved pumpestasjonen være sårbar og ikke tåle noe særlig utslipp slik at det er nødvendig å pumpe det videre for å unngå at det går i overløp.

Nedland kom frem til i sine beregninger at det koster ca. 44 % mer i investeringskostnader å øke pumpet vannmengde 8 ganger, fra 2,5 l/s til 20 l/s. Utgangspunktet for beregningene er en pumpestasjon av normal kommunal standard med 2 pumper, D=1600 mm pumpeump, overbygg og automatikk utstyrt med PLS for fjernovervåkning. Investeringskostnadene er for stasjoner for de angitte vannmengdene med 1 km pumpeledning med 10 meter geodetisk løftehøyde. De antatte investeringskostnadene er vist i tabell 17.

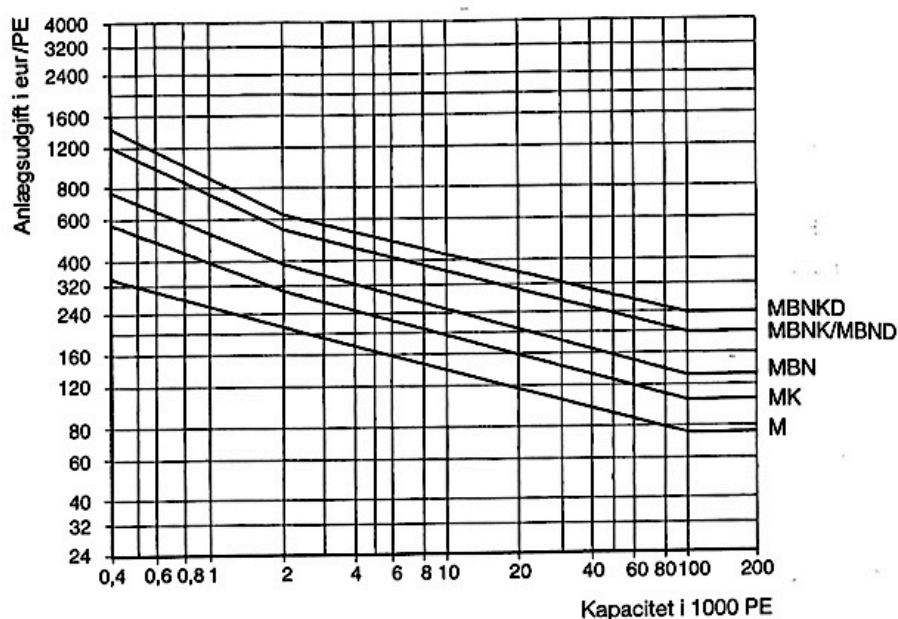
Tabell 17: Økte investeringskostnader for å øke pumpet vannmengde fra 2,5 l/s til 20 l/s for en pumpestasjon og 1 km ledning (Nedland 2012).

Dim. kapasitet (l/s)	Effekt pumper (kW)	Ledn. dim. (mm)	Investeringskostnad (kr)		
			Pumpe-stasjon	1 km ledning	% økning
2,5	2,4	75	Ca. 560 000	Ca. 140 000	
5,0	4,6	125	Ca. 620 000	Ca. 255 000	+ 25 %
10	4,8 med frekvens-omformere	140	Ca. 640 000	Ca. 310 000	+ 36 %
20	9,0 med frekvens-omformere	160	Ca. 720 000	Ca. 330 000	+ 50 %

Beregningene til Nedland gir en god indikasjon på hvilken betydning fremmedvann har for investeringskostnaden ved pumpestasjoner. Det er tydelig at vannmengden på pumpestasjonene har en stor betydning for investeringskostnadene. VAV eier som nevnt 57 pumpestasjoner. Hvis det da kan bli opp mot 50 % høyere investeringskostnader per stasjon vil det utgjøre en betydelig kostnad. VAV har en god del større pumper enn nevnt i tabell 17, noe som betyr at kostnadene vil være enda høyere enn hva som er visst her.

## 6.5 Investeringskostnader ved renselanlegg

Hydraulisk belastning har mye å si for størrelsen på renselanlegget. For å illustrere hvilken betydning størrelsen på et renselanlegg har å si for investeringskostnaden blir figur 6 brukt. Den viser hva den overordnede basisprisen for å bygge et renselanlegg er.



Figur 6: Anleggsutgift i eur/PE for å bygge et renselanlegg med fem ulike funksjonsmessige oppbygging. 1 PE tilsvarer spillvannsmengder på 200 l/d og en forurensningsmengde på 60 g BOD/d (Winther et al. 2009)

I figur 6 er anleggsutgiftene for renselanlegg med fem forskjellige funksjonsmessige oppbygging oppgitt i 2009 nivå. Dette er eksklusive moms, men inklusive prosjektering, tilsyn og idriftsettelse. Anleggsutgiftene er gitt i euro per pe som funksjon av renselanleggets kapasitet i 1000 pe for de fem renseseksjonene. Prisene inkluderer en biologisk stabilisering av slammet og en mekanisk slamavvanning.

Ut fra dagens renseprosess på Bekkelaget RA blir grafen MBNKD (mekanisk, biologisk, nitrifikasjon, denitrifikasjon) brukt. I dag renser Bekkelaget RA avløp fra ca. 310 000 pe. Med en fremmedvannandel på 66 % og 1 pe tilsvarende 200 l/s er dette for 204 500 pe mer enn nødvendig. Hvis renseanlegget hadde vært bygget ut fra spillvannsmengden alene ville det kun vært behov for en kapasitet på 105 500 pe. Det ville gitt betydelig mindre anleggskostnader.

Tabell 18: Anleggsutgiftene basert på antall pe. 1 EUR = 8,86 NOK (24.03.15).

Antall pe	Anleggsutgift (EUR/pe)	Anleggsutgift (EUR)	Anleggsutgift (NOK)	Prosentandel
<b>310 000</b>	76	23 560 000	208 741 600	100 %
<b>105 400</b>	76	8 010 400	70 972 144	34 %

Denne figuren er noe utdatert, da dagens anlegg er mer kompakte og anleggsbygging i Norge framover stort sett vil være å inkludere biotrinns i eksisterende kjemiske anlegg.

Samtidig ser en at anleggsutgiftene regnet ut her er det en god del lavere enn hva kostnadene knyttet til utvidelsen til av Bekkelaget RA er. Kostnaden vil dermed ikke gi det riktige bildet av hva det koster å bygge et renseanlegg i dag, men den viser forskjellen i kostnadene til de størrelsene. Ved å fjerne fremmedvannet vil anleggskostnaden i følge denne figuren bli 34 % av det den var med fremmedvannet.

I sine beregninger kom også Nedland frem til at investeringskostnadene ved renseanleggene økte mye med fremmedvannandelen.

Tabell 19 og tabell 20 viser investeringskostnadene for tre ulike dimensjonerende vannmengder avhengig av fremmedvannandelen ved henholdsvis mekanisk-kjemiske renseanlegg og biologisk-kjemiske renseanlegg. Økende dimensjonerende vannmengde gir blant annet økt bassengvolum og større maskiner noe som krever et større areal på renseanlegget.

Tabell 19: Fremmedvannets betydning for renseanleggskostnadene i mekanisk-kjemiske renseanlegg for 10 000 pe (Nedland 2012).

Anlegg	Q <sub>dim</sub> m <sup>3</sup>	Økning %	Areal m <sup>2</sup>	Inv.kostn. Mill. kr	Økning	
					Mill. kr	%
<b>RA1</b>	109	-	132	8,6	-	-
<b>RA2</b>	133	21	198	12,9	4,3	50
<b>RA3</b>	175	60	290	18,8	10,2	119

Tabell 20: Fremmedvannets betydning for renseanleggskostnadene i biologisk-kjemiske renseanlegg for 10 000 pe (Nedland 2012).

Anlegg	$Q_{dim}$	Økning	Areal	Inv.kostn.	Økning	
	$m^3$				Mill. kr	Mill. kr
<b>RA1</b>	109	-	202	13,1	-	-
<b>RA2</b>	133	21	267	17,4	4,3	33
<b>RA3</b>	175	60	401	26,0	12,9	99

Begge eksemplene viser ca. en dobling i investeringskostnadene ved 60 % fremmedvann.

### 6.5.1 Utvidelse Bekkelaget renseanlegg

Fylkesmannen i Oslo og Akershus har krevd at kapasiteten og resultatene til Bekkelaget RA skal økes og forbedres. I perioden 2009-2011 utarbeidet VAV en konseptvalgutredning om alternative muligheter for å øke rensekapasiteten for avløps- og overvann fra tilrenningsområdet til Bekkelaget RA. Konklusjonen ble at utvidelse av Bekkelaget RA er det mest fordelaktige når det gjelder både økonomi, tid og miljø.

Prosjektet omfatter en utvidelse av dagens anlegg med nye fjellhaller nord og syd for eksisterende fjellanlegg, i alt syv nye haller og en ny adkomsttunnel. Totalt volum for det nye anlegget er ca. 465 000  $m^3$ . Etter utvidelsen vil anlegget dimensjonerende kapasitet være økt fra ca. 290 000 pe til ca. 490 000 pe. Eksisterende renseprosess, aktiv-slam-metoden, vil bli videreført i det nye anlegget. Hele anlegget bygges i fjellet i direkte tilknytning til eksisterende anlegg.

Kostnadsrammen for prosjektet er på 2 740 mill. kr. Det er forventet en økning i driftskostnadene på 18 mill. kr når anlegget er i drift i 2020 (Røsland & Melby 2013). Som beregnet i kapittel 6.2.2 blir den årlige investeringskostnaden på 138 mill. kr hvis en antar en levetid på 40 år og en kalkulasjonsrente på 4 %.

Om det ikke hadde blitt tilført fremmedvann til renseanlegget ville den hydrauliske belastningen blitt mye mindre. Med 66 % mindre vannmengde tilført til renseanlegget kan det diskuteres om en utvidelse kunne vært unngått. Kostnadene ved en utvidelse bør tas med i betraktningen i et scenario hvor en reduksjonen av vannmengde ville hindret en utbygging.

## 6.6 Investeringskostnader på ledningsnett

Spillvannsledninger dimensjoneres for maksimalt avløp fra abonnentene. Det vil si maksimalt vannforbruk pluss eventuell innlekking. På anleggsdagene 2014 ble det i en presentasjon om overvann i fremtidens VA-system nevnt en innlekkingsfaktor for dimensjonering av avløpsanlegg og avløpsledninger. Der ble det sagt at avløpsanlegg typisk blir dimensjonert for 200 l/pd for innlekking av overvann. Videre ble det nevnt at det også bør brukes en innlekkingsfaktor ved dimensjonering av ledninger (Farestveit 2014).

Kostnadene knyttet til investeringer på ledningsnett vil variere mye ettersom det er et stort ledningsnett med mange ulike størrelser og materialer. Uten en komplett oversikt over ledningsnett i Oslo blir det vanskelig å si noe om hvilken innvirkning den ekstra vannmengden har å si for dimensjoneringen og investeringskostnaden. Imidlertid vil en fremmedvannsandel på 66 % gi over dobbelt så stor vannføring enn hva det opprinnelig skulle ha vært, noe som kan være avgjørende for at man må opp en rørdimensjon. Hvis en må opp en dimensjon på flertallet av ledningene vil det ved et så stort avløpsnett som Oslo har gi mye større investeringskostnader enn nødvendig.

## 6.7 Kjelleroversvømmelser

Bygninger som ligger i områder med dårlig kapasitet på ledningsnett vil være utsatt for kjelleroversvømmelser ved intensivt eller store mengder nedbør. VAV har store utgifter i forbindelse med erstatningssaker relatert til kjelleroversvømmelser. I 2014 fikk Installasjon- og erstatningsfunksjonen 52 saker relatert til kjelleroversvømmelser der 21 av sakene hadde nedbørsrelaterte årsaker (VAV 2014b). I situasjoner der utslipp, oversvømmelser eller lignende oppstår under nedbørshendelser antas det at fremmedvann er en medvirkende årsak ved at det opptar kapasiteten som kunne vært for nedbør. Dermed er alle nedbørsrelaterte utslipp og oversvømmelser antatt som en negativ konsekvens av fremmedvann i denne oppgaven.

Mengden utbetalinger varierer per år avhengig av hvilke saker som blir behandlet ferdig det enkelte år, hvordan ulike klimatiske faktorer har påvirket værsituasjonen det enkelte år, og om Installasjon- og erstatningsfunksjonen har full bemanning. Utbetalingene indikerer ikke hvilket år hendelsene har funnet sted. Det kan ta opp til flere år før det blir avgjort om VAV

har et erstatningsansvar og hva den faktiske utbetalingen blir. Det vil derfor bli brukt et snitt over de fire siste årene for å få frem situasjonen i et lengre perspektiv.

I perioden 2011-2014 ble 89 saker innvilget erstatning der 79 av disse hadde nedbørsrelatert årsaker.

Tabell 21: Antall saker innvilget erstatning som følge av kjelleroversvømmelser som følge av kloakkstopp eller ved nedbør (Veierød 2015).

	2011	2012	2013	2014
<b>Kjelleroversvømmelser kloakkstopp</b>	1	0	1	8
<b>Kjelleroversvømmelser nedbørsrelatert</b>	22	14	29	14

Erstatningene totalt for alle kjelleroversvømmelser var på 12 599 479 kr. Siden utbetalingene ikke er fordelt mellom de nedbørrelaterte årsakene og kloakkstopp blir gjennomsnittet per sak brukt. Den totale utbetalingen for de nedbørsrelaterte kjelleroversvømmelsene for perioden 2011-2014 var 10 053 544 kr. Dette gir i snitt 2 513 386 kr per år.

Tabell 22: Utbetalinger i erstatningssaker som følge av kjelleroversvømmelser (Veierød 2015).

Utbetalt i erstatning	2011	2012	2013	2014
<b>Kjelleroversvømmelser</b>	4 832 359	518 269	5 997 296	1 251 555

Det er viktig å være klar over at antall saker som blir rapportert inn, og som blir befart av VAV sine driftsressurser på stedet vil variere avhengig av vurderingen som blir gjort på stedet. Flere saker som blir befart ender ikke som et erstatningskrav.

Det blir vanskelig å si hvor stor innvirkning fremmedvann vil ha å si for denne kostnaden da det er hovedsakelig er nedbør som er årsaken til kjelleroversvømmelser. Det kan tenkes at noen tilfeller av kjelleroversvømmelse ikke ville oppstått hvis fremmedvann hadde vært fraværende. Den utregnet kostnaden over representerer hva kostnaden ville vært dersom alle kjelleroversvømmelsene skyldtes fremmedvann. Dette er ikke tilfelle og er en urimelig antagelse, men kostnaden ovenfor gir en indikasjon på hvilken størrelsesorden kostnaden for kjelleroversvømmelser vil ligge på, og hva den øvre grensen i så fall vil være.

## 7 Samfunnsøkonomisk analyse

### 7.1 Kostnader for tiltak

#### 7.1.1 Rehabilitering av ledningsnett

Investeringskostnader for å skifte gammelt ledningsnett varierer betydelig avhengig av hvor ledningene befinner seg. I hovedplanen til Oppegård kommune har de, ut fra erfaringstall oppgitt kostnader knyttet til rehabilitering av kommunalt ledningsnett. Kostnadene er oppgitt i tabell 23. Det er kostnadene for no dig-metoder på kun spillvannsledning og nye kummer som er den mest relevante, da dette er den mest brukte metoden ved rehabiliteringsarbeid.

Kostnadene i Oslo vil nok være høyere enn disse tallene da man i tillegg til tett bebyggelse har infrastruktur som kabler, fjernvarme, trikkeskinner etc. i umiddelbar nærhet, under og over grøftetraseen. Kostnaden per lengdemeter rehabilitert vann- og avløpsledning kan komme opp mot 30 000 kr (Oppegård kommune 2009).

Tabell 23: Rehabilitering av kommunalt ledningsnett. Erfaringsmessige kostnader fra Oppegård kommune (Oppegård kommune 2009).

Metode	Antall m*	Kr/m grøft	Total sum
<b>Kostnader full oppgraving VL, SP, OV</b>	25 600	7 500	192 000 000
<b>Kostnader no dig-metoder kun SP + nye kummer</b>	25 600	2 000	51 200 000
<b>Kostnader no dig-metoder VL, SP, OV + nye kummer</b>	25 600	4 000	102 400 000

\* antall meter spillvannledninger lagt før 1970 i vannforekomst 3 som ikke er rehabilitert før 2009

Kostnadene vil variere mye etter hvor i Oslo arbeidet foregår. Sentrumsområdene vil ha urimelige høye kostnader, noe som ofte fører til at ledninger i disse områdene kun blir rehabilitert dersom det er annet arbeid som skal gjøres i samme område, som for eksempel arbeid på trikkesporene. Et mye brukt estimat på kostnaden for utskiftning av ledninger med no dig-metoder er i følge Oddvar Lindholm 5000 kr/m. Dette er en god del over erfaringstallene til Oppegård, som kan virke fornuftig hvis en tar hensyn til den tette bebyggelsen og nærliggende infrastrukturen som er i Oslo.

## 7.2 Effekten av tiltak

### 7.2.1 Tiltak på avløpsnettet 1996-2012

VAV har kartlagt fremmedvannsmengden til ulike avløpssoner i påslippene i 1996 og 2012. Dette for å sammenligne dataene fra sonene fra 1996 og 2012 og se på mulig endringer i fremmedvannsmengden som følge av eventuelle tiltak som er gjennomført i de ulike sonene. Tiltak som var aktuelle å kartlegge for de ulike sonene var gjentetting av store vannlekkasjer, rehabilitering av avløpsledninger, separering av avløpsnettet, åpning av bekker og fjerning av feilkoblinger. Alle tiltakene er omtalt i kapittel 3.5.

I de 12 undersøkte avløpssonene økte fremmedvannsmengdene i noen soner, mens den minket i andre soner og var tilnærmet lik i andre. Dette gjorde det vanskelig å trekke en konklusjon ut fra hvilke tiltak som har fungert og i hvilken grad. Ingen enkeltparametre gav noe entydig svar på endring i fremmedvannsandelen og stikkmålingene fra undersøkelsen hadde store variasjoner. Det er tydelig at det trengs mer kunnskap om fremmedvann og flere målinger, helst kontinuerlige vannføringsmålinger fra alle påslipp for å kunne komme frem til en konklusjon.

Generelt er statistikk på hva som er gjort av avløpstiltak i hovedplanperioden svært fragmentert og meget lite tilgjengelig. Det gjør det vanskelig å se hva som har blitt gjort de siste årene (VAV 2013). På grunnlag av dette har det vært vanskelig for meg å si noe om hvilken effekt tiltakene kan antas å ha på fremmedvannsandelen.

Det er imidlertid presentert i hovedplanen (VAV 2014c) at relativt nye spillvannsystemer på Holmlia (Søndre Nordstrand) presterer godt med gjennomsnittlig spesifikk innlekking på 0,98 l/s·km ledningslengde og andel fremmedvann er 37,5 %. Dette er en god del under den estimerte gjennomsnittlige fremmedvannsandelen på ca. 58 % og en gjennomsnittlig spesifikk innlekking på 1,54 l/s·km ledningslengde. Det er vanskelig å konkludere noe basert på et eksempel, men dette gir en indikasjon på hvilken effekt separering kan ha på fremmedvannsandelen.



### 7.3 Tankeeksperiment

I starten av dette arbeidet var formålet å foreta en grundig og bred samfunnsøkonomisk analyse som beskrevet i kapittel 4.4. Dette viste seg å ikke la seg gjennomføre da det i steg 3 og 4 ikke var mulig å identifiserte virkningene av tiltak. Som beskrevet ovenfor lot verken nyttevirkningen eller kostnadsvirkningen av tiltak seg tallfeste på grunn av manglende tilgang på relevant informasjon. Med store sprik i stikkmålinger gjort på fremmedvann og manglende datakvalitet på utførte tiltak i ledningsdatabasen blir det vanskelig å si noe om nyttevirkningene. Det er heller ingen gode oversikter på hva de ulike tiltakene vil koste å gjennomføre. Siden den samfunnsøkonomiske analysen ikke lot seg gjennomføre vil det istedenfor bli gjort et lite tankeeksperiment for å belyse det samfunnsøkonomiske aspektet ved rehabilitering på grunn av fremmedvann. Tankeeksperimentet skal vurdere om det i en tenkt situasjon med bestemte forutsetninger vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt å fornye ledningsnett med formålet om å få ned fremmedvannsmengden i avløpsnett.

I en artikkel om fornyelse på VA-ledningsnett blir tilstanden på ledningsnett i Oslo tatt opp. I følge Terje Farestveit vil tilstandsvurderinger for Oslo kommune vise at 44 % av avløpsrørene er meget dårlige, eller ubrukelige, men at dette er tall som Oslo VAV ikke nødvendigvis går god for (olimb 2013). Kari Thingnes i VAV sier at avløpsnett er en god blanding av gode og dårlige ledninger, og at det er vanskelig å si akkurat hvor mye som må tas. Alle avløpsledninger blir rørinspisert og deretter klassifisert etter hvilken tilstand de er i. Hvis de blir klassifisert som grad 1 betyr det at de er i en god tilstand. Grad 2 betyr akseptabel tilstand mens grad 3 betyr at det er noen alvorlige feil og grad 4 betyr at det snart brudd eller at det har vært brudd allerede. Ledninger av grad 3 eller 4 må tas.

En tommelfingerregel, i følge Oddvar Lindholm, er at 20 % av avløpsnett er av en slik standard som gjør at det bør skiftes eller fornyes. Dette er basert på at deler av avløpsnett er lagt i en bestemt periode og dermed har en tilhørende kvalitet, med en bestemt type materiale eller med en bestemt leggeteknikk (Lindholm 2015). Tilgjengelig data fra Skien kommune viser at de mest sårbare rørene i deres kommune er av galvanisert stål, deretter dårlige asbest rør, grått støpejern og første generasjon PVC (olimb 2013).

Ut fra dette gjøres antagelsen om at hvis 20 % av avløpsnett skiftes, vil problemet med fremmedvann være løst. Dette forutsetter at det dårlige avløpsnett som behøver utskiftning er det som bidrar med fremmedvann og at det nye avløpsnett er uten noe innlekking.

Avløpsnett til Oslo kommune er totalt på 2250 km, der 670 km er spillvannsnett og 820 km er fellessystem og de resterende 760 km er overvannsnett. Det er fremmedvann i spillvannsnett og fellessystemet som er problematisk og det som bør skiftes. Hvis 20 % bør skiftes utgjør dette 298 km med ledningsnett. Hvis det er tilfelle som nevnt i artikkelen at 44 % er i veldig dårlig eller ubrukelig tilstand må 655,6 km med ledninger skiftes.

Som nevnt i kapittel 7.1 er det vanskelig å sette et tall på hva det koster å skifte 1 m med ledningsnett, spesielt i Oslo der det vil være store variasjoner avhengige om det er i sentrum eller ikke. 5000 kr/m antas å være en representativ pris for utskiftning ved hjelp av no dig-metoder og vil bli brukt her (Lindholm 2015).

Å bytte ut det dårlige avløpsnett (20%) vil dermed koste 1 490 mill. kr. Byttes 44 % ut vil det koste 3 278 mill.kr.

Ved hjelp av annuitetsberegning kan de faktiske lånekostnadene i tilknytning til en investering beregnes. Ved hjelp av formelen beskrevet i kapittel 4.5 kan det beregnes hvilken årlig innbetaling som kreves for et lån på 1 490 mill. kr, basert på konstante innbetalinger og en fast rentesats. I dette tilfellet er denne rentesatsen satt til 4 % og antall innbetalinger til 40, siden vi ser på en 40 års lang periode. Den årlige innbetalingen blir da beregnet til 75 279 999 kr. En investering i å skifte ut den dårlige delen av avløpsnett vil være samfunnsøkonomisk lønnsom hvis innbetalingene er lavere enn den årlige kostnaden for fremmedvann.

## 8 Resultater

### 8.1 Årlig kostnad for fremmedvann

Beregningene av de økonomiske konsekvensene viste seg å være mer kompliserte enn antatt grunnet mange usikre faktorer som det var vanskelig å identifisere og kvantifisere. Dette endte med flere beregninger, basert på ulike tall for å kunne sette en kostnad. Det viste seg at det ulike beregningsgrunnlaget ga svært ulike svar. Dermed vil både det høyeste og det laveste estimatet for den årlige kostnaden for fremmedvann bli presentert. De konsekvensene som ikke ble tallfestet vil bli presentert under ved hjelp av pluss-minusmetoden.

#### **Det laveste estimatet**

Det laveste estimatet for den marginale driftskostnaden er 0,46 kr/m<sup>3</sup>. Med 35,1 mill. m<sup>3</sup> fremmedvann blir totalkostnaden på 16 146 000 kr.

Det laveste estimatet for miljøkostnaden var 1241,5 kr/kg fosfor. Med et utslipp på 15 190 kg. fosfor blir totalkostnaden på 18 854 588 kr.

Basert på de laveste estimatene blir den årlige kostnaden for fremmedvann 35 000 588 kr = 35 mill. kr.

#### **Det høyeste estimatet**

Det høyeste estimatet for den marginale driftskostnaden er 1,3-3,3 kr/m<sup>3</sup>. Med 35,1 mill. m<sup>3</sup> fremmedvann blir totalkostnaden 45 630 000 – 115 830 000 kr. Ved å bruke middelveiden på 2,3 kr/m<sup>3</sup> blir totalkostnaden 80 730 000 kr.

Det høyeste estimatet for miljøkostnaden er 15 325 kr/kg fosfor. Med et utslipp på 15 190 kg. fosfor blir totalkostnaden på 232 786 750 kr.

Basert på de høyeste estimatene blir den årlige kostnaden for fremmedvann 313 516 750 kr = 313,5 mill. kr.

Differansen mellom det laveste og det høyeste estimatet blir totalt på 278 516 162 kr.

I et scenario hvor en reduisering av vannmengde vil hindre at renseanlegget behøver en utvidelse blir fremmedvann ansett som en medvirkende årsak til utvidelsen. Da vil den årlige kostnaden øke med 138 mill. kr, i 40 år.

### 8.1.1 Ikke-prissatte virkninger

Tabell 24: Konsekvensmatrise for de ikke-prissatte virkninger av fremmedvann.

Hva	Betydning	Omfang	Konsekvens
<b>Utlekking</b>	Liten	Middels	0 /—
<b>Investeringskostnader pumpestasjoner</b>	Stor	Middels	--/-- --
<b>Investeringskostnader renseanlegg</b>	Stor	Stort	---/-- ---
<b>Investeringskostnader ledningsnett</b>	Stor	Middels	--/-- --
<b>Kjelleroversvømmelser</b>	Liten	Lite	0
<b>Forurensning ved overløpsutslipp</b>	Liten	Lite	0

Ut fra konsekvensmatrisen vil de ikke-prissatte virkningene investeringskostnader ved pumpestasjoner og ledningsnett vurderes til middels/stor negativ konsekvens, mens investeringskostnader ved renseanlegg vurderes til stor/meget stor negativ konsekvens. Altså vil disse virkningene øke den totale kostnaden for fremmedvann betraktelig. Kostnadene presentert over bør dermed ses på som en stor underestimert av hva fremmedvann egentlig koster. Vi ser imidlertid at utlekking, kjelleroversvømmelser og ekstra forurensning ved overløpsutslipp ikke vil gi så store konsekvenser og dermed heller ikke påvirke total kostnaden noe særlig.

## 8.2 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Her vil det være avgjørende om vi velger det lave eller høye estimatet for hva den årlige kostnaden for fremmedvann er. Ved det lave estimatet vil det ikke være lønnsomt å skifte ut 20 % av ledningsnettet, mens ved det høye estimatet vil det være meget lønnsomt. Ved det høye estimatet vil det også være meget lønnsomt å bytte ut 44 % av ledningsnettet. Hvilken størrelse kostnadene av de ikke-prissatte virkningene er vil spille inn. Hvis de utgjør en sum over 40 279 411 kr vil det lave estimatet også gjøre en utskiftning lønnsomt.

Hvis utvidelsen av Bekkelaget renseanlegg inkluderes i kostnaden vil en utskiftning bli lønnsom uavhengig av hvilket estimat som brukes.



# Del 4: Avslutning

## 9 Diskusjon

### 9.1 Vurdering av metode

Planen for gjennomføring av denne studien var å ta utgangspunkt i tidligere målinger gjort av VAV og tidligere masterstudenter samt erfaringstall, statistikker og planer fra VAV og BEVAS for å beregne kostnaden for fremmedvann i Oslo kommune. Datainnsamlingen skulle hovedsakelig foregå gjennom VAV og personer anbefalt av dem eller min veileder på NMBU. Avslutningsvis skulle det gjøres en samfunnsøkonomisk analyse av mulige tiltak, også basert på tall fra VAV. Tanken bak dette var at jeg skulle se på helheten rundt fenomenet fremmedvann og at det da ville bli for tid- og ressurskrevende hvis jeg skulle foreta omfattende analyser av alle de ulike aspektene. I ettertid har det vist seg at det var noe naivt å tro at det skulle være så enkelt å innhente informasjonen som trengtes for å beregne kostnadene, og for å gjennomføre en samfunnsøkonomisk analyse. Dette har gjort at denne studien må bygge på mange forutsetninger som ikke lar seg dokumentere og at resultatene kun kan brukes som en antydning på hva kostnadene for de enkelte konsekvensene er. I ettertid kan det diskuteres om jeg heller burde ha avgrenset oppgaven i større grad og heller gått dypere i ett eller to temaer. På en annen side ville dette kun vist deler av det totale kostnadsbildet. Hensikten med oppgaven var å belyse det økonomiske aspektet ved fremmedvann og hvilken betydning det burde ha i et beslutningsgrunnlag, noe som betyr at helheten av problemet må frem. Her mener jeg at oppgaven tydelig får frem hvor komplisert temaet fremmedvann er, og at det er noe som bør prioriteres i fremtiden da det er for lite kunnskap, målinger og beregninger om temaet.

Skadefunksjonsmetoden og samfunnsøkonomisk analyse blir beskrevet i metodekapittelet til tross for at jeg ikke fikk godt nok datamateriale til å gjennomføre de. Disse metodene vil være viktige bidragsyttere for å få frem helheten av de økonomiske konsekvensene fremmedvann gir. Spesielt verdsettingen av forurensning vil være viktig da denne har en stor betydning på kostnaden knyttet til fremmedvann. Metodebeskrivelsene blir beholdt som en inspirasjon til videre arbeid, som et forslag til hva som burde gjennomføres og hva som må til for å gjennomføre det.

### 9.1.1 utfordringer underveis

Det har vist seg under dette arbeidet at det er svært omfattende og komplisert å kartlegge hva de økonomiske kostnadene virkelig er. Den største utfordringen med å finne den totale kostnaden for fremmedvann er at det i flere tilfeller ikke er mulig å påvise i hvilken grad den negative konsekvensen skyldes fremmedvann. Det er tydelig at fremmedvann i mange tilfeller er en medvirkende årsak til ulemper som gir negative økonomiske konsekvenser til tross for at vi ikke kan si i hvilken grad. Virkningene som ikke får et kostnadsestimert bør de likevel tas med i betraktning i en totalvurdering av de økonomiske konsekvensene av fremmedvann, da de fortsatt vil gi et betydelig bidrag.

#### Valg av studieområde

Å velge Oslo kommune og Bekkelaget renseanlegg som studieområde har i ettertid vist seg å være mer utfordrende enn forutsett og kanskje ikke representativt for andre VA-områder utenfor Oslo. Oslo som Norges største by gir helt spesielle utfordringer og de har helt andre ressurser tilgjengelig enn hva mindre kommuner har. Med et utrolig stort og avansert avløpsnett, tett bebyggelse og infrastruktur tett inntil avløpsnettet samt store variasjoner ettersom om det er i sentrum eller litt utenfor er det vanskelig å få oversikt over situasjonen med tanke på fremmedvann. Det blir også vanskelig å finne estimater som er gjeldende for hele Oslo kommune på grunn av de store variasjonene. Det gjelder både fremmedvannsmengden, kostnader for rehabilitering og størrelsen på pumpestasjoner og ledninger. I tillegg drives Bekkelaget RA av en privat driftsoperatør, Bekkelaget Vann AS. Dette har gjort det vanskeligere for å samle inn informasjon om kostnader i forbindelse med driften på renseanlegget. Bekkelaget RA er også dimensjonert på en annen måte enn de fleste andre renseanlegg ved at de doserer for stoffbelastningen og ikke m<sup>3</sup> vann som kommer til renseanlegget. Altså vil ikke fremmedvann med varierende mengde stoffinnhold påvirke kjemikaliebruken på samme grad som det ville gjort hvis det ble dosert etter vannmengde.

#### Datainnsamling

Som nevnt viste det seg at datainnsamlingen var vesentlig vanskeligere å gjennomføre enn hva man hadde trodd. Dette førte til at flere av metodene som var planlagt ikke lot seg gjennomføre. Min opprinnelige problemstilling da dette arbeidet startet omhandlet hvor store de økonomiske konsekvensene til fremmedvann er og om tiltak for å redusere fremmedvannsandelen vil være lønnsomt. Et stykke ut i arbeidet viste det seg at det var svært



problematisk å gi et godt svar på ut fra det datamaterialet som var tilgjengelig. Til tross for at jeg har kontaktet mange ulike personer i fagmiljøet var det lite konkret informasjon å hente. Det er åpenbart ikke nok kunnskap og forskning om fremmedvann. Flere av dem jeg kontaktet ønsket ikke å uttale seg om temaet. Det tror jeg grunner mye i at de føler at de ikke har tilstrekkelig kunnskap og informasjon til å gi et svar som de kan stå for. I tillegg er VAV en stor organisasjon med mange ansatte og delte ansvarsområder. Det betyr at det er mange å forholde seg til, noe som til tider har gjort det utfordrende å finne personen med den informasjonen jeg trengte. Fremmedvann er også er tema det er mange delte meninger om.

## **9.2 Vurdering av resultater**

Som presentert under resultatene ble det en stor forskjell mellom de ulike estimatene. Generelt ble mine estimer basert på opplysninger fra VAV og BEVAS langt lavere enn andres beregninger og anslag. Det er vanskelig å bedømme hvilke estimer som er mest korrekte og som beskriver virkeligheten best. Det kan være flere årsaker til den store forskjellen. Som diskutert tidligere vil tallene variere mye med lokale forhold. Hadde det vært valgt et annet studieområde ville mest sannsynlig tallene blitt annerledes, spesielt hvis det hadde blitt valgt en kommune med færre innbyggere og et mindre avløpssystem. På grunn av oppgavens begrensninger er mine regneeksempler bestående av mange forenklinger noe som gjør at flere faktorer som kan påvirke kostnadene har blitt utelatt. Det kan på en annen side diskuteres om flere i fagmiljøet baserer seg på utdaterte tall og anslag som ikke representerer dagens situasjon. Fremmedvann har blitt omtalt som det største problemet i VA-Norge og det kan tenkes at det dermed tas godt i når anslag gjøres for å være sikker på at problemet ikke undervurderes. I de fleste tilfeller hvor kostnader skal beregnes er dette fornuftig slik at det settes av nok midler til arbeid og tiltak, men i dette tilfellet vil en eventuell overestimert av kostnadene gi et feil bilde av problemet. Beregningen av lønnsomheten av fremmedvannsreducerende tiltak vil ikke bli gjort på riktig grunnlag hvis dette er tilfelle.

På grunn av begrensningen gjort med at det kun er Bekkelaget RA som blir analysert får vi ikke hele bildet av kostnadene til Oslo kommune for fremmedvann. VEAS, som er Norges største renseanlegg får avløpsvann fra store deler av Oslo, men er ikke tatt med i beregningene. VEAS vil også ha ekstra driftskostnader og bidra til økt forurensingsutslipp som følge av fremmedvann. Til tross for denne begrensningene er resten av avløpssystemet

sett som ett da VAV sine rapporter ikke skiller på ledningsnettets som fører vann til Bekkelaget og VEAS.

### **Driftskostnadene**

Bekkelaget RA sin dimensjonering spiller en viktig rolle når det gjelder driftskostnader. Ved at kjemikaliedoseringen bestemmes av stoffbelastningen og ikke av  $m^3$  som blir tilført anlegget vil mine beregninger på kjemikalieforbruket ikke gi riktig bilde av fremmedvannets betydning på kjemikalieforbruket. Kjemikalieforbruket på Bekkelaget RA vil ikke bli påvirket i særlig stor grad av at det er mye fremmedvann i avløpssystemet på grunn av denne dimensjoneringen. Dette er nok en av årsakene til at mitt tall er lavere enn hva Farestveit foreslo, ettersom at kjemikaliedoseringen vanligvis bestemmes av hydraulisk belastning på andre renseanlegg (Lindholm 2015). Nedland (2012) derimot skriver at kjemikaliekostnadene normalt ikke vil øke ved økt vannmengde om anlegget er riktig dimensjonert. Nedland mener at driftskostnadene først og fremst er relatert til suspendert stoff og forurensningsmengde, og at økt vannmengde stort sett vil gi en økning i pumpekostnader.

Selv om renseanleggene doserer etter vannmengde er det ikke sikkert at kjemikaliekostnadene vil reduseres ved å fjerne fremmedvann. Ved å fjerne fremmedvannet vil det bli mer ledig kapasitet ved renseanlegget, noe som betyr at flere kan tilknyttes renseanlegget. Uten fremmedvann vil avløpsvannet bli tykkere med en høyere stoffbelastning per  $m^3$ . Et tykkere avløpsvann vil kreve mer kjemikalier. Altså vil ikke en halvering av vannmengden halvere kjemikaliebruken. Dermed kan det spekuleres i at en økt tilknytning som følge av mer ledig kapasitet på grunn av redusert fremmedvannsandel vil gjøre at kjemikaliekostnadene ikke reduseres til tross for at det er mindre fremmedvann.

Videre vil renseanleggets følsomhet for mer vann ha en betydning for levetiden på utstyret, vedlikeholdet og renseprosessen. Hvor mye vann som transporteres i avløpssystemet og hvor mye energi som brukes på transport vil avhenge av størrelsen på avløpssystemet og antall personer tilknyttet, topografien i området og størrelsen på pumpestasjonene. Oslo har et veldig stort avløpssystem noe som fører til stordriftsfordeler når det kommer til både renseanlegget, avløpstransport og energiforbruk. Det kan også tenkes at Oslo, som har et terreng med store høydeforskjeller klarer å utnytte disse forskjellene godt slik at det kun pumpes på steder det er helt nødvendig. Dette kan være annerledes i andre områder og gjøre at de får høyere kostnader knyttet til transport, som det kan tenkes at Farestveit og Nedland

har tatt høyde for i sine anslag. Mine beregninger inneholder som sagt en del forenklinger, for eksempel er ikke tilsyn og opprydding ved overløpshendelser tatt med, heller ikke slamkostnadene. Hvilke forenklinger og forutsetninger som er i andres anslag er ikke kjent og noe som vil utgjøre en forskjell dersom de er veldig annerledes.

### **Miljøkostnadene**

Estimatet fra den indirekte verdsettingen og tallet fra Mjøsaksjonen ga svært ulike miljøkostnader. Når miljøkostnadene skal beregnes ville det vært en fordel å hatt den marginale skadekostnaden, det vil si verdien av en reduksjon i vannkvalitet som følge av utslipp. En må ha kjennskap til de fysiske sammenhengene mellom skaden og årsaken til at skaden oppstår for å beregne den marginale skadekostnaden knyttet til endring i utslipp. Siden den fysiske sammenhengen ikke ble funnet ble miljøkostnaden verdsatt indirekte. Ved indirekte verdsetting er kostnadene ved et tiltak som kan redusere belastningen bestemmende for verdien av miljøgodet. Det reflekterer ikke en ren miljøvurdering uttrykt i kroner, og bør betraktes som en nedre grense. Blant annet tar ikke denne metoden hensyn til at nettverket av vann og vassdrag er viktige elementer for naturopplevelse og rekreasjon. Oslofjorden og kystsonen langs er et av landets mest benyttede rekreasjonsområder. Akerselva har også stor rekreasjonsverdi for Oslobefolkningen. Disse representerer en viktig verdi som bør inkluderes dersom forurensning vil redusere den.

I beregningene som var basert på tall fra Mjøsaksjonen i 1975 ble fosfor verdsatt langt høyere enn ved den indirekte verdsettingen. I 1975 var situasjonen i Mjøsa svært dårlig og det var et stort ønske om å forbedre vannkvaliteten. Dette betyr at myndighetene hadde en høy betalingsvillighet for hvilke tiltakene som ble godkjent, noe som gjorde at denne grensen ble satt veldig høyt. Det kan tenkes at myndighetenes betalingsvillighet for å bedre vannkvaliteten i Oslofjorden og nærliggende vassdrag i dag er en god del lavere enn hva den var for Mjøsa i 1975 siden vannkvaliteten i Oslofjorden er ansett som god, og på grunn av at rimeligere tiltak er tilgjengelig.

### **Utvidelse av renseanlegg**

Bekkelaget RA er per dags dato overbelastet og utvidelsen er allerede satt i gang. At utvidelsen kunne vært hindret hvis vi ikke hadde fremmedvann i avløpssystemet vårt er en hypotese flere støtter. Ved å redusere vannmengdene med ca. 60 % vil det virke logisk at det blir mer ledig kapasitet på renseanlegget og at en utvidelse kan utsettes, i bestefall unngås.

Det er derimot ikke så enkelt da det er andre parametere som også spiller inn på kapasiteten. I rapporten ”Kan framtidig utbygging av renseanleggene VEAS, Bekkelaget og Nordre Follo utsettes ved å redusere fremmedvannsmengdene?” (Skoglund 2012) ser fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord på om hva som er årsaken til den nødvendige utvidelsen av Bekkelaget, VEAS og Nordre Follo renseanlegg.

Mesteparten av tilførslene av forurensede stoffer kommer fra boliger og kontorarbeiderplasser. Med prognoser som viser en stor befolkningsøkning er det forventet at økningen i forurensende stoffer som tilføres renseanleggene vil øke omtrent proporsjonalt med befolkningen. Vannmengdene som tilføres renseanleggene forventes også å øke, men i langt mindre grad enn stoffmengdene som en følge av det vil bli gjort tiltak som reduserer fremmedvannsmengdene. Kapasitetsproblemene frem mot 2020 er knyttet både til hydraulisk og forurensingsmessig belastning på anleggene. Utvidelsen av kapasiteten vil ikke kunne utsettes selv om en gjør en økt innsats for å redusere fremmedvannsmengdene ettersom anlegg for fjerning av organisk stoff og nitrogen dimensjoneres i hovedsak ut fra mengden av forurensede stoffer i avløpsvannet (kg N/døgn og kg BOF5/døgn). En reduksjon i fremmedvann vil ikke hjelpe da dette ikke vil medføre reduksjon i stoffmengder. Konklusjonen i rapporten er dermed at den kostnadskrevende fremtidige utbyggingen for Bekkelaget renseanlegg er knyttet til fjerning av organisk stoff og nitrogen, samt slambehandling, og ikke på grunn av fremmedvann.

Det er viktig å få frem at under normale omstendigheter vil både hydraulisk belastning og stofftransport være viktige faktorer for rensekapasiteten. For eksempel er rensekapasiteten på sedimenteringsbassengene veldig følsom for mengden vann tilført. Det betyr at den hydrauliske belastningen og dermed fremmedvannsandelen vil være en av årsakene til kapasitetsproblemer og utvidelsesbehov (Lindholm 2015).

Det er tydelig at det er delte meninger når det gjelder fremmedvannets betydning for driftskostnader og kapasitetsproblemer. Det understreker bare at fremmedvann er et omstridt og komplisert tema.

### 9.2.1 Usikkerhet

Det er alltid en viss usikkerhet knyttet til slike verdsettingsestimater. Til tross for en viss usikkerhet mener jeg at informasjonen som ligger i verdsettingsestimatene har en viktig informasjonsverdi som kan bidra til å visualisere fremmedvannsproblematikkens økonomiske verdi. Nedenfor vil usikkerhetsmomenter som er knyttet til de ulike estimatene bli belyst.

#### **Fremmedvannsmengdene**

Fortynningsmetoden tar utgangspunkt i forutsetningen om at en personenheter i gjennomsnittet over et år produserer en viss mengde Tot-P og en viss mengde avløpsvann. Spesifikke tall for fosfor og vannforbruk per person og døgn blir ofte satt høyere enn hva som er reelt i dag. Dette vil føre til at de faktisk lekkasjeprosentene i drikkevannsnettet og fremmedvannsmengdene virker mindre enn hva de virkelig er. Dermed er det viktig at de settes etter oppdaterte anbefalinger og målinger.

Antagelsen om at hver personenheter produserer 1,6 g Tot-P per døgn og 166 l avløpsvann per døgn er beheftet med stor usikkerhet. Blant annet er det antatt at det er samme konsentrasjon Tot-P i annet avløp enn husholdningsavløp. Dette gjør metoden grov og generaliserende, da industri-avløp og annet ikke-husholdningsavløp vil ha ulik konsentrasjon av fosfor i virkeligheten. Det kan også diskuteres virkningen av pendlere, som bor og arbeider ved to ulike rensedistrikt, og næringen i feltet. Til tross for usikkerhetsmomentene i forutsetningene for spesifikt avløpsmengde og spesifikk fosforproduksjon blir ikke resultatet påvirket nevneverdig når en tester ut ulike avløpsmengder og fosforkonsentrasjoner (Lindholm 2011).

#### **Driftskostnadene**

Forenklingen ved å regne med et jevnt fordelt kjemikalieforbruk over vannmengden i anlegget vil gi noe avvik fra det virkelige forbruket. Det samme gjelder energiforbruket. Det oppgitte energiforbruket vil inkludere andre ting enn kun strøm til pumping, som avfukting, VVS, belysning etc. Dette betyr at en del av energien burde vært utelatt fra estimatet.

Når det gjelder strømprisen er det ukjent hvilken pris VAV betaler for sin nettleie. 1 kr/kWh er kun et anslag gitt av en kunderådgiver i Hafslund. Den virkelige prisen kan avvike noe fra dette, men vil nok ikke utgjøre den store forskjellen.

## **Miljøkostnadene**

Under den indirekte verdsettingen blir miljøkostnaden regnet som hva det vil koste å fjerne fosfor et annet sted enn i resipienten. Med renseanlegg som opererer med en renseseffekt på 90 % på fosfor blir totalkostnadene som beskrevet i kapittel 6.2.2 splittet i to. Skadeposten ved de resterende 10 % kan ikke verdsettes med oppgavens begrensninger og vil derfor ikke være inkludert i den utregnet miljøkostnaden. Miljøkostnaden vil dermed være en nedre grense for hva det vil koste å iverksette tiltaket for å fjerne forurensningen.

Forurensningen fra overløpsmengdene er også utlatt fra beregningene da det er vanskelig å anslå hvilken betydning fremmedvann har for overløpsutslippene. Den eventuelle forurensningen fra overløp blir dermed ikke verdsatt, men som vist i konsekvensmatrisen i tabell 24 antas det at fremmedvann har liten betydning for overløpsutslippene siden fremmedvannsmengdene blir såpass små sammenlignet med nedbørsmengdene at det ikke vil ha noe særlig innvirkning.

Når det gjelder tallet fra Mjøsaksjonen vil det å bruke konsumprisindeksen kun vise utviklingen i kroneverdien med utgangspunkt i prisutviklingen. Beregningene vil ikke nødvendigvis vise hva det å iverksette tiltak for å fjerne fosfor bør eller skal koste. Endringen det har vært i anleggskostnadene til et renseanlegg vil ikke blitt tatt hensyn i denne beregningen.

## **Ikke-prissatte virkninger**

Å skulle vurdere hvilken betydning og omfang fremmedvannet har for de ikke-prissatte virkningene er utfordrende uten reelle tall å vise til. Vurderingen av betydningen og omfang tar utgangspunkt i regneeksemplene gitt i kapittel 6. Disse regneeksemplene er imidlertid ikke spesifikt for Oslo kommune og kvaliteten på antagelsene kan diskuteres.

Regneeksempelet basert på figur 6 fra boken Spildevandsteknik (Winther et al. 2009) gir kun en overordnet basispris. Blant annet er ikke grunnverv, gjerder, beplantning, tilkoblinger, måler, transformer, adgangsvei, bunnundersøkelser, avskjærende ledninger tatt med i prisen. Tallene er heller ikke basert på norske priser og standarder. I Nedland sine beregninger for investeringskostnader på renseanlegg er også flere ting utelatt. Blant annet er størrelsen på slambehandlingen samt plass for uttak av sillgods og sand på anleggene utelatt. Det er på bakgrunn av at de hovedsakelig er avhengig av partikkelmengden i avløpsvannet, noe som

fremmedvannsandelen ikke vil påvirke. Størrelsen på personalandel, verksted, kontrollrom anses også som uavhengig av vannmengden og er utelatt, men ventilasjonsanlegget er utelatt for enkelhetens skyld. Disse forenklingene vil gjøre anslagene hans veldig grove. Arealene som er utelatt representerer som regel større arealer enn selve vannbehandlingsprosessene og ville gjort investeringskostnadene mye større hvis de var tatt med. De prosentvise endringene som fremkommer i tabellen er dermed kun for de vannavhengige prosessene i anlegget, og prosentandelen blir mye høyere enn dersom de nevnte arealene var inkludert i beregningene.

Utrekningene til Nedland angående pumpestasjoner viser økningen i investeringskostnadene ved å øke pumpet vannmengde fra 2,5 l/s til 20 l/s. Som han trekker frem vil nok kostnadene øke mer enn dette ved økt fremmedvannsmengde da større pumper krever betydelig større pumpestasjoner. VAV har 57 pumpestasjoner av ulike størrelser der en typisk liten stasjon har et driftspunkt på 11 l/s og en middels stor på 163 l/s. Den største pumpen deres opererer med et driftspunkt på 475 l/s teoretisk (Thingnes 2015). Dette betyr at tallene til Nedland er mest aktuelle for de minste pumpestasjonene og at det kan antas at kostnadene vil være en god del større.

Kjelleroversvømmelser er listet opp som en negativ konsekvens av fremmedvann. Det kan diskuteres hvilken betydning fremmedvann har for en kjelleroversvømmelse ved at de som regel inntreer under en nedbørshendelse. Fremmedvannsmengden blir da veldig liten sammenlignet med nedbørsmengden. På en annen side så opptar fremmedvann flere steder store deler av kapasiteten. I noen tilfeller ville kanskje denne kapasiteten vært nok til å ta all nedbøren.

### **9.2.2 Samfunnsøkonomisk aspekt**

I samfunnsøkonomiske analyser er det avgjørende at alle relevante virkninger blir fyldig og presist beskrevet, uavhengig av de kan verdsettes eller ikke. Når fremmedvannsproblematikken skal kartlegges og verdsettes er det viktig å se på hvilke ulemper og kostnader det gir samfunnet og ikke kun vann og avløpsverket i en kommune. Det er lett for de ansvarlige i kommunene å ufarliggjøre problemet med fremmedvann hvis det ikke er merkbare kostnader på for eksempel kjemikalieforbruket eller pumpekostnadene. Selv om vi lever i et samfunn hvor økonomi er sentralt i alle beslutninger, kan ikke alle aspektene ved miljøet verdsettes uansett hvilken metode som brukes, men det betyr ikke at den ikke har

en stor verdi. Ønsket om å redusere andelen fremmedvann handler mer om miljøet og ønsket om å redusere forurensningen den fører til fremfor den økonomiske besparelsen ved renseanleggene. Målet er et tett renseanlegg uten overløpsutslipp. Ved å fjerne fremmedvann vil en få mer kapasitet og flere kan tilknyttes avløpsanlegget, noe som er viktig i en tid med så stor befolkningsøkning.

Tankeeksperimentet som ble gjort i kapittel 7.3 vil ikke uttrykke den virkelige samfunnsøkonomiske lønnsomheten. En utskiftning av ledninger gir ingen garanti på at det ikke vil bli fremmedvann i det nye ledningsnett. Det vil nok bli store forbedringer fra dagens situasjon, men som vist i området ved Holmelia så er det fortsatt betydelige fremmedvannsmengder selv etter tiltak. Prisen for en utskiftning er også et veldig grovt anslag som ikke kan dokumenteres. Hvor mye av ledningsnett som må fornyes for å kunne få ned fremmedvannsandelen er ikke bevist og antagelsen om 20 % er beheftet med stor usikkerhet. For å virkelig kunne beregne den samfunnsøkonomiske lønnsomheten må en samfunnsøkonomisk analyse som beskrevet i kapittel 4.4 gjennomføres.

### **9.3 Videre arbeid**

Under dette arbeidet er det tydelig at fremmedvann er et vanskelig felt som fortsatt har mange usikkerhetsmomenter. I fremtiden bør det gjennomføres flere studier om temaet fremmedvann. Det bør blant annet utføres dypere og mer grundige undersøkelser på hvilken grad fremmedvann bidrar til de ulike konsekvensene. Det bør fokuseres på å verdsette de ikke-prissatte virkningene oppgitt i denne oppgaven. Spesielt bør konsekvensene av økt forurensning undersøkes nærmere. Effekten av fremmedvannsreduksjonstiltak bør også kartlegges ved å sammenligne fremmedvannvolum før og etter tiltak. Kontinuerlige vannføringsmålinger fra avløpssonene i påslipp er et tiltak som burde iverksettes slik at en får bedre og mer konkrete tall. Med bedre og mer konkrete tall bør en samfunnsøkonomisk analyse gjennomføres slik at det kan gjøres samfunnsøkonomiske riktige tiltak i fremtiden.

En annen interessant vinkling vil være å undersøke forholdet mellom feltets egenskaper og fremmedvann. Topografi, fordeling av overvann, geologi og løsmasser, byggeteknikk, drikkevannslekkasjer er alle ting som kan påvirke fremmedvannsmengden. Å finne sammenhengen her samt å sammenligne norske forhold med andre land kan forenkle arbeidet med å redusere fremmedvannsmengdene.



## 10 Konklusjon

De økonomiske konsekvensene av fremmedvann er hovedsakelig knyttet til drift, miljø og investeringer til avløpsanlegg. Avhengig av beregningsgrunnlaget og anvendt metode vil størrelsen på kostnaden variere mye. Fremmedvann som bidrar med lav stoffbelastning vil føre til lave marginalkostnader ved renseanlegg som er dimensjonert etter stofftransport slik som Bekkelaget RA. Fremmedvannets bidrag til mer overløpslipp og større forurensing fra renseanlegg vil på en annen side medføre miljøkostnader. Utslipp av fosfor og hvordan dette utslippet verdsettes er den variabelen som har størst betydning for fremmedvannets totale kostnad. Ut fra et samfunnsmessig perspektiv er det å spare miljøet den største pågangsdriveren for å redusere fremmedvannsandelen. Videre er behovet for å takle utfordringene som kommer i fremtiden ved å sikre nødvendig kapasitet på avløpsnett viktig.

Ut fra samfunnsøkonomiske betraktninger gjennomført i denne studien blir fremmedvann ansett som viktig og bør vektlegges i beslutninger om hvilke tiltak som skal iverksettes på avløpsnett. Tiltak som anses som samfunnsøkonomisk lønnsomme bør gjennomføres. Tiltak som vil medføre positive virkninger på andre områder vil foretrekkes.

Denne studien har avdekket et stort behov for grundigere utredninger om temaet fremmedvann. Det er tydelig at de økonomiske konsekvensene av fremmedvann er av slik karakter at det i fremtiden bør prioriteres å fremstille mer konkrete tall enn hva som ble mulig her. I fremtidige undersøkelser anbefales det å velge et renseanlegg som er dimensjonert etter hydraulisk belastning og ikke stofftransport som Bekkelaget RA.

## 11 Referanser

- Bakken, S. E. (2015). *Personlig meddelelse*.
- Basum. (2015). *Utblokking for fornyelse av gamle rør*. Tilgjengelig fra: <http://www.basum.no/utblokking-for-fornyelse-av-gamle-ror-3/> (lest 10.04.15).
- Betomur AS. (2015). *Kalk Tørrlesket hydratkalk -10 kg.sekk*. Tilgjengelig fra: <http://www.betomur.no/?PageID=312&ItemID=211> (lest 23.03.15).
- BEVAS. (2014). Årsrapport Bekkelaget RA.
- Borgestrand, O. (2015). *Fremmedvann koster dyrt*: vvsaktuelt.no. Tilgjengelig fra: <http://www.vvsaktuelt.no/fremmedvann-koster-dyrt-82721/nyhet.html> (lest 04.03.15).
- Brendemoen, A., Glomsrød, S. & Aaserud, M. (1992). Miljøkostnader i makroperspektiv
- Dannevig, P. (2009). *Oslo - klima*: Store norske leksikon Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Oslo/klima> (lest 10.03.15).
- Desserud, E. A. (2013). *Rent vann i avløp: estimering av fremmedvann i Muusøya rensedistrikt, med bruk av typeområder og modellering av vannføring*.
- Direktoratet for økonomistyring. (2014). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*
- Ecosystem Valuation. (2015). *Damage Cost Avoided, Replacement Cost, and Substitute Cost Methods* Tilgjengelig fra: [http://www.ecosystemvaluation.org/cost\\_avoided.htm](http://www.ecosystemvaluation.org/cost_avoided.htm) (lest 19.03.15).
- Farestveit, T. (2014). *Overvann i fremtidens VA-system*. Anleggsdagene 2014: Miljødirektoratet.
- Farestveit, T. (2015). *Personlig meddelelse*.
- Gammelsæter, I. J. H. (2014). *Måling og analyse av fremmedvannmengder og tilføringsgrad i Vestlifeltet i Oslo*. .
- Hem, L. (2015). *Personlig meddelelse*.
- Johansen, T. A. (2001). *Under byens gater: Oslos vann- og avløpshistorie*: Vann- og avløpsetaten, Oslo kommune.
- Klima- og miljødepartementet. (2013). Meld.St.33, Klimatilpasning i Norge
- Lerfald, B. O., Bruaset, S., Hafskjold, L. S., Solberg, I.-L., Holmøy, K., Moe, H. L., Heilemann, K., Bertelsen, D. & Hoff, I. (2008). *SIP-Future Rehabilitation Strategies for Physical Infrastructure*. Status for infrastruktur i Norge. .
- Lindholm, O. (2011). *Fremmedvann i kommunale avløpssystemer Til fylkesmannen i Oslo og Akershus ved Simon Haraldsen*.
- Lindholm, O. & Bjerkholt, J. (2011). *Store fremmedvannmengder i norske avløpsrenseanlegg*.
- Lindholm, O. (2012). *Overvann*. I: Ødegaard, H. (red.) *Vann- og avløpsteknikk*.
- Lindholm, O. & Bjerkholt, J. T. (2012). *Fremmedvann i nordiske avløpsledningsnett*.
- Lindholm, O. (2015). *Personlig meddelelse*.
- Miljødirektoratet. (2014). *Kommunalt avløp*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Ferskvann/Kommunalt-avlop/> (lest 09.05.15).
- Miljødirektoratet. (2015). *Avløp*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/Vannforvaltning/Avlop/> (lest 02.03.15).
- Misund, A. K. & Sivertsen, F.-A. (2011). *Avløpsnett - Avløp - delrapport*.
- Mosevoll, G. (2013). *Oppbygging av avløpsverk*. I: Ødegaard, H. (red.) *Vann- og avløpsteknikk*, s. 328-339.
- MWRA. (2001). *Infiltration/inflow Task Force Report*.
- Myking, J. S. E. (2012). *Analyse av klimatilpasningstiltak - en casestudie av avløpsnett i Veumdalen, Fredrikstad kommune*.

- Navrud, S., Soutukorva, Å., Söderqvist, T. & Trædal, Y. (2007). Nordic Environmental Valuation Database.
- Nedland, K. T. (2012). Fremmedvann og investeringskostnader
- olimb. (2013). *Fokus på fornyelsesplanlegging*. olimb.no. Tilgjengelig fra: <http://olimb.no/rehabnyheter/fokus-pa-fornyelsesplanlegging/> (lest 09.05.15).
- Olsen, M. (2015). *Personlig meddelelse*.
- Oppgård kommune. (2009). Vannforsyning, avløp og vannmiljø - Hovedplan.
- RIF. (2015). Norges tilstand 2015
- .
- Rosendahl, K. E. (2015). *Personlig meddelelse*.
- Røslund, S. B. & Melby, G. (2013). Investeringsprosjekt utvidelse Bekkelaget renseanlegg, tilleggsinnstillingen 2014.
- Sanna, O. (2015). *Personlig meddelelse*.
- Selvig, E. (2005). Marginale miljøkostnader ved luftforurensning. Skadeposter og tiltakskostnader
- Skoglund, S. (2012). Kan fremtidig utbygging av renseanleggene VEAS, Bekkelaget og Nordre Follo utsettes ved å redusere fremmedvannmengdene? .
- SSB. (2014). Kommunal vannforsyning, 2013. Tilgjengelig fra: [http://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/vann\\_kostraaar/2014-06-20](http://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/vann_kostraaar/2014-06-20) (lest 09.05.15).
- SSB. (2015). *Konsumprisindeksen, mars 2015*. ssb.no. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/kpi?fokus=true> (lest 11.04.15).
- Strauman, C. G. (2013). *Evaluering av undersøkelsesmetoder for kartlegging av årsaker og effektive tiltak for å redusere fremmedvann i Oslo kommune*.
- Sægrov, S. (2012). Ledningsteknologi for vann og avløp. I: Ødegaard, H. (red.) *Vann- og avløpsteknikk: Norsk vann*.
- Thingnes, K. (2015). *Personlig meddelelse*
- Torres, M. F. (2013). *Fremmedvann i Oslo kommune: evaluering av fremmedvannets volum, kilder og sammenheng med målbare egenskaper til avløpsnett*.
- VAV. (2013). *Delrapport 06 - Fremmedvannsmålinger i avløpssoner 1996 og 2012*. Vann- og avløpsetaten: Oslo kommune.
- VAV. (2014a). *Delrapport 07 - Fremmedvann*. Vann- og avløpsetaten: Oslo kommune.
- VAV. (2014b). *Fagrapport 2014*. Vann- og avløpsetaten: Oslo kommune.
- VAV. (2014c). *Hovedplan avløp og vannmiljø 2014-2030* Vann- og avløpsetaten: Oslo kommune.
- VAV. (2015). *Årsberetning 2014*. Vann- og avløpsetaten: Oslo kommune.
- Veierød, V. (2015). *Personlig meddelelse*.
- Vråle, L. (2011). Fremmedvann - Et stort problem for norske ledningsnett og renseanlegg
- Vråle, L. (2013). Riktige, spesifikke forurensningstall nødvendig for gjennomføring av funksjonsanalyser for avløpsnett. VANN nr. 2
- Weiss, G. & Brombach, H. (2007). Today's practice in stormwater management in Germany - Statistics.
- Winther, L., Henze, M., Linde, J. J. & Jensen, H. T. (2009). *Spildevansteknikk*.
- Ødegaard, H. (2013). Avløpsvannets mengde og sammensetning I: Ødegaard, H. (red.) *Vann- og avløpsteknikk*, s. 340-351.
- Ødegård, J., Persson, M. & Baade-Mathisen, T. (2013). Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren. Norsk vann.



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
67 23 00 00  
[www.nmbu.no](http://www.nmbu.no)