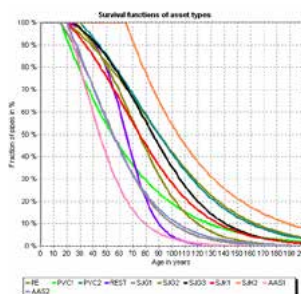
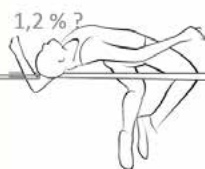
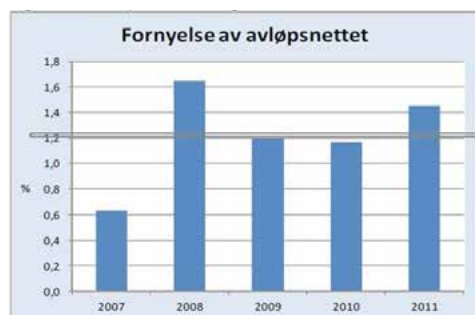




Videreutvikling av beregnings- metodikk for gjenanskaffelsesverdi og investeringsbehov



Norsk Vann Rapport

Det utgis tre typer rapporter:

Rapportserie A

Dette er de opprinnelige hovedrapportene.

Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter som er gjennomført innenfor organisasjonens eget prosjektsystem
- Rapportering av spleiselagsprosjekter hvor to eller flere andelseiere i Norsk Vann BA samarbeider for å løse felles utfordringer
- Rapportering av prosjekter som er gjennomført av andelseiere eller andre.
Rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet

Fortløpende nummer xx-årstall

Rapportserie B

Dette er en serie for «enklere» rapporter, for eksempel forprosjekter, som vil være grunnlag for videre prosjektvirksomhet mm.

Fortløpende nummer Bxx-årstall

Rapportserie C

Dette er rapporter delfinansiert av Norsk Vann, men som er utgitt av andre.

Fortløpende nummer Cxx-årstall

Illustrasjoner på forsiden: SINTEF og Alegre et al. 2012



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no



Prosjekresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjekresultatene benyttes i skriftlig materiale, må kilde oppgis. Videre salg/ formidling av resultatene utover dette er kun tillatt etter skriftlig avtale med Norsk Vann BA.

Norsk Vanns rapporter utarbeides i samspill mellom rådgiver, styringsgruppe og referansegruppe for prosjektet og er ikke behandlet i Norsk Vanns styrende organer. Norsk Vann har ikke ansvar for feil eller ufullstendigheter som måtte forekomme i rapporten og kan ikke stilles økonomisk eller på annen måte til ansvar for problemer som måtte oppstå som følge av bruk av rapporten.

Norsk Vann Rapport

Ekstrakt

Denne rapporten er utgitt som en videreutvikling av rapporten B-17 2013 «Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren».

Hovedfokuset i prosjektet har vært å teste ut en metodikk som egner seg for VA-verk for å beregne fremtidig investeringsbehov i hele VA-systemet. Målet med metodikken og modellene har vært at de skal kunne anvendes på både små og store kommuner, at de skal være uavhengige av størrelsen på ledningsnettene og renseanleggene, og at de skal være relevante for både vannforsynings- og avløpsanlegg.

Norsk Vann BA

Adresse: Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Telefon: 62 55 30 30
E-post: post@norskvann.no
Internettadresse: norskvann.no

Rapportens tittel

Videreutvikling av beregningsmetodikk for gjenanskaffelsesverdi og investeringsbehov

Forfatter(e)

Stian Bruaset, Ingrid Selseth,
Jon Røstum, Elise Balmand og Rita Ugarelli, SINTEF

Rapportnummer: 217 - 2016

ISBN 978-82-414-0374-3 (trykt utgave)

ISBN 978-82-414-0375-0 (elekt. utgave)

ISSN 1504-9884 (trykt utgave)

ISSN 1890-8802 (elektronisk utgave)

Emneord, norske

Vann- og avløpsanlegg
Investeringsbehov
Metodikk
Modeller

Emneord, engelske

Water and wastewater facilities
Investment needs
Methodology
Models

Forord



Denne rapporten er utgitt som en videreutvikling av rapporten B-17 2013 «Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren». Målet med denne rapporten har vært å videreutvikle beregningsmetodikken for gjenanskaffelsesverdi og investeringsbehov i ledningsnett og andre anlegg i vann- og avløpssektoren i Norge.

Rapporten og modellene som er utviklet skal være et verktøy for kommuner og selskap i bransjen for å utvikle lokale og nasjonale beregninger.

Styringsgruppen i prosjektet

«Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren» konkluderte med følgende for veien videre etter B-17 rapporten:

«Det hadde vært ønskelig å komme lenger i utviklingen av et nasjonalt verktøy for beregning av langsiktig investeringsbehov for bransjen som helhet og for den enkelte kommune og VA-selskap. En del kommuner og VA-selskap har utarbeidet eller har under utvikling hovedplaner/investeringsplaner med lang tidshorison, der investeringsbehov er beregnet på bakgrunn av ulike scenarier og prognoser. Det vil for Norsk Vann være interessant å trekke veksler på erfaringene med langsiktige hovedplaner/investeringsplaner som utvikles lokalt og regionalt, med sikte på å videreutvikle en nasjonal metodikk for estimering av fremtidig investeringsbehov i VA-bransjen.»

Denne rapporten har fokusert på verktøyene og modellene heller enn å komme frem til et nytt tall for det nasjonale investeringsbehovet og tall for gjenanskaffelsesverdien for anlegg i vann og avløpssektoren. To kommuner har deltatt i prosjektet for å prøve ut metodikken som her blir presentert. Erfaringene derfra fremkommer også i denne rapporten.

Vi håper flere ønsker å benytte seg av standardiserte metoder for å planlegge sine lokale investeringsbehov for fremtidig utbygging og vedlikehold av anleggene og ledningsnettet. Denne rapporten vil være en viktig bidragsyter i så måte.

«Rapporten og modellene som er utviklet skal være et verktøy for kommuner og selskap i bransjen for å utvikle lokale og nasjonale beregninger.»

SINTEF har vært engasjert som rådgiver for gjennomføring. SINTEFs oppdragsledere har vært Jon Røstum og Ingrid Selseth. Forfattere ellers har vært Stian Bruaset, Elise Balmand og Rita Ugarelli. Prosjektleder fra Norsk Vann har vært Thomas Langeland Jørgensen.

Styringsgruppen i prosjektet har bestått av:

- Live Johannessen, Drammen kommune
- Terje Wikstrøm, Hias IKS
- Bjarte Koppen, Molde Vann og Avløp KF
- Arne Christian Vangdal, Breivoll Inspection Technologies AS

Følgende personer har deltatt som referansegruppe:

- Trude Haug, Driftsassistansen VA i Nordre Nordland
- May Rostad, Kinei AS

I tillegg har Trondheim kommune og Oppegård kommune deltatt for å teste modellene i prosjektet.

Norsk Vann takker alle medvirkende for et godt samarbeid og gode innspill til prosjektet.

Hamar, 25. februar 2016

Thomas Langeland Jørgensen, Norsk Vann

Sammendrag

Norsk vannbransje står foran store utfordringer. Et aldrende og tidvis/stedvis forfallende ledningsnett grunnet vedlikeholdsetterslep, befolkningsøkning, klimaeindringer og andre store trender i samfunnet gjør at norske vannverk må ta grep for å sikre norsk vannforsyning for framtiden. For å gjøre dette må man ta i bruk planleggingsverktøy og samtidig ta hensyn til alle disse utfordringene.

Hovedfokuset i prosjektet har vært å teste ut en metodikk som egner seg for VA-verk for å beregne fremtidig investeringsbehov i hele VA-systemet. Målet med metodikken og modellene har vært at de skal kunne anvendes av og på både små og store kommuner, at de skal være uavhengige av størrelsen på ledningsnettene og renseanleggene, og at de skal være relevante for både vannforsynings- og avløpsanlegg.

Metodikk

Metodikken og modellene vil kunne beregne fornyelsesbehov, investeringsbehov, og identifisere de grupper av ledninger som har størst behov for utskifting til enhver tid. I tillegg vil det være mulig for kommuner som ønsker det å vurdere ulike strategier for fremtidig utskifting av ledningsnett og renseanlegg, og man vil kunne velge strategi basert på bl.a. bærekraften til de analyserte strategiene

Metodikken som foreslås i denne rapporten er først og fremst basert på to modeller. Disse modellene heter LTP (Long Term Planning) og DMM (Dynamic Metabolism Model). De kombinerer beregning av fornyelsesbehov med en bærekraftvurdering av ulike løsninger. Kort forklart kan modellene beskrives slik:

- LTP (Long Term Planning) er en modell som brukes for å beregne fremtidig fornyelsesbehov (for eksempel i en tidshorisont på 50-100 år) av ledningsnett for vann og avløp. Nødvendig investering på bakgrunn av beregnet fornyelsesbehov kan også beregnes hvis man legger inn verdier for enhetskostnader av fornyelse.
- DMM (Dynamic Metabolism Model) er en excel-basert metabolisme modell som kan beregne drift- og vedlikeholdskostnader og kapitalkostnader for komponenter i den urbane vannsyklusen. Modellen har muligheter for store analyser eller mindre analyser, alt etter vannverkets ønsker og behov.

Long Term Planning (LTP)

Metodikken som presenteres er tilpasset de norske kommunenes ulike ambisjonsnivå, og deres ulike tilgang på ressurser og data. Metoden er dermed tilpasningsdyktig for hver enkelt kommunes ønsker. Ambisjonsnivå for modellering av fremtidig investeringsbehov deles på bakgrunn av modellene inn i tre nivå. Det presiseres her at de fleste kommuner vil legge seg på ambisjonsnivå 1 eller 2 som benytter seg av LTP modellen. Dette er tilstrekkelig for å beregne fremtidig investeringsnivå. Ambisjonsnivå 1 baserer seg på å beregne fornyelse og investering ved hjelp av LTP. På ambisjonsnivå 2 tar man i bruk to andre verktøy i LTP for å vurdere effekten av ulike strategier. På denne måten kan man på en enkel måte måle bærekraften av de ulike rehabiliteringsstrategiene. På ambisjonsnivå 3 tar man i bruk DMM sammen med LTP. I DMM kan man utføre en bredere og mer detaljert bærekraftvurdering av rehabiliteringsstrategier og se på effekten av ulike potensielle scenarier.

Dynamic Metabolism Model (DMM)

Det må utføres en del forundersøkelser for å hente inn relevante og gode data for DMM. Om man legger seg på ambisjonsnivå 3 må man gjøre en dypere og bredere studie enn det som er presentert i denne rapporten. Det anbefales at DMM-modellen benyttes som standard for å beregne totalt investeringsbehov med fokus på bærekraft både på lokalt og nasjonalt nivå. Det presiseres at bruk av DMM-modellen er for de kommuner som ønsker å ta det neste steget innen bærekraft modellering. Da DMM er en modell basert på Excel er den enkel å bruke og behovet for inngangsdata er ikke stort, men det avhenger selvfølgelig av omfanget av analysen (hvor stor del av VA-systemet man ønsker å analysere). Modellen klarer fint å jobbe med store mengder data og vil derfor gi et godt resultat på nasjonalt nivå.

DMM er et godt verktøy for både små og store kommuner og vil gi gode resultater for investeringsbehov og bærekraftvurderinger på lokalt nivå. DMM er bygget slik at den kan beregne investeringskostnader for hver enkelt komponent i VA-systemet og aggregere kostnadene opp til steds/by-nivå per år eller for en gitt tidsperiode og tidshorisont. Ut fra alle komponentene i

forts. neste side



et VA-system, kan man velge ut de deler og komponenter man ønsker å analysere. Det er dermed en prosess som er lett å skreddersy den enkeltes kommunes behov.

For de fleste kommuner må det søkes ekstern bistand for å benytte seg av modellene, i alle fall ved første-gangsbruk. Det viktigste for kommunene er å jobbe med sine data og kvalitetssikre disse.

Forbedringspotensial

Arbeidet med prosjektet har vist at det er potensiale for en rekke forbedringer, både innen datagrunnlag og modelleringen. Som en hovedkonklusjon kan det nevnes at datainnhenting og bearbeiding på nasjonalt nivå må forbedres mange hakk for at slik data skal være brukelig for å beregne investeringsbehov. Det må jobbes for å

forbedre arbeidet med datainnsamling i rapporteringskanalene. I tillegg er det et ønske om at modellene kan kobles nærmere opp mot disse rapporteringskanalene når data blir på godt nok nivå. Om modellene har en slik kobling vil en automatisk overføring av data ha mange fordeler, blant annet:

- Hurtigere innlasting av data, mindre tidsbruk på denne delen av programmet
- Mindre feilkilder på grunn av automatisk innlasting av data
- Flere vil ta i bruk programmene fordi det ikke er koblet mye tidsbruk ved dem, og fordi man får noe ekstra resultater ut av ressursene man allerede legger inn i rapporteringen



English summary

This report is published in Norwegian by Norwegian Water BA (Norsk Vann BA).

Address: Vangsvegen 143, NO-2321 Hamar,
Norway
Phone: + 47 62 55 30 30
E-mail: post@norsk vann.no
Website: www.norsk vann.no

Report no: 217 – 2016
Report title: Development of methodology to
calculate future renewal- and
investment needs

Date of issue: 25th of February 2016
Authors: Stian Bruaset, Ingrid Selseth,
Jon Røstum, Elise Balmand and
Rita Ugarelli, SINTEF

ISBN 978-82-414-0374-3 (printed edition)
ISBN 978-82-414-0375-0 (electronic edition)
ISSN 1504-9884 (printed edition)
ISSN 1890-8802 (electronic edition)

The Norwegian water sector is facing great challenges in the future, being ageing and deteriorating networks, lag in renewal, population growth, climate change or other affecting trends. To face these problems the utilities need tools that help them to plan for the future while taking external factors into consideration.

This project is aiming at testing a methodology to calculate future renewal- and investment needs. The methodology is to be used at both local and national levels, independent of the size of the networks. The methods are applicable for both wastewater- and drinking water networks.

The methodology suggested in this report is based on two models. These models are LTP (Long Term Planning) and DMM (Dynamic Metabolism Modelling). They combine calculation of renewal needs with a sustainability assessment of different strategies for the future. They can be described like this:

- LTP is a model that is used to calculate future renewal- and investment needs (for example for a time horizon of 50-100 years) for both wastewater- and drinking water networks. Unit costs for renewal are needed as input to be able to calculate investment needs. The needed input data for LTP is material, pipe length and construction year.
- DMM is an excel-based metabolism model which can calculate operation- and maintenance costs, and capital costs for components in the urban water cycle. The model has the ability to do large or small analyses, thus being adaptable to the desires of the utility.

The method suggested in this report is based on different levels of ambition. Ambition level 1 includes using the basics of the LTP model and calculating renewal- and investment needs. Level 2 includes

assessing different rehabilitation strategies for different scenarios of the future, and measuring the performance of these with indicators. In level 3 you apply the DMM model, which involve collecting a lot more data than for LTP. This level is for the most ambitious utilities and involves comprehensive analyses. The DMM model has focus on environmental sustainability.

Most of the utilities should seek external assistance in order to apply the models, at least for first time users. The most important thing for utilities is to work with their data and improve it.

The work has shown a number of problems related to data availability on national level. The gathering of data on national level needs to be improved, especially in terms of detailing of the data. The models suggested in this report can be linked to such national level data bases in order to simplify the process of setting up models.

It is suggested that data are automatically uploaded from utilities to a national database in order to ease and improve uploading. The benefits of such automatic uploading can be:

- Easier and faster upload. Less time spent on preparing data
- Reducing sources of errors, as data is automatically uploaded instead of being manually arranged before uploading
- More utilities can consider participating in the national database reporting since it will be considered to take little time and the data on national level can be used for good purposes, e.g. research.

Innhold

1. Introduksjon	9	8. Oppsummering og konklusjon	38
1.1. Målet med rapporten	9	Referanser	40
1.2. Bakgrunn	9	Vedlegg 1	
1.3. Anbefalinger fra B17 rapporten	10	Eksempler på gjenanskaffelsesverdi	41
1.4. Utfordringer for dagens og framtidens vannbransje	11	Vedlegg 2	
1.5. Definisjoner	12	Erfaringer fra Oppegård (LTP og DMM)	44
1.6. Hva er riktig fornyelsesbehov?	13	Vedlegg 3.	
2. Evaluering av modell for gjenanskaffelsesverdi	14	DMM - eksempel på input data	45
3. Gjennomgang av data på nasjonalt nivå	15	Vedlegg 4	
3.1. KOSTRA Vann	16	Herz-funksjonen	47
3.2. VREG (MATS)	16	Tidligere utgitte rapporter	51
3.3. Anbefalinger til videre arbeid	17		
4. Foreslått metodikk for å beregne fremtidig investeringsbehov	18		
4.1. Er dagens situasjon god nok?	18		
4.2. Metodikk	19		
5. Fremtidig fornyelsesbehov	22		
5.1. Hvordan fungerer LTP?	22		
5.2. Inndeling av ledningsnett i grupper	23		
5.3. Levetidsestimater for ledningsgruppene	25		
5.4. Resultater fra LTP	27		
5.5. Begrensninger i LTP	28		
5.6. Iterasjonsprosessen	29		
5.7. Tre verktøy i LTP	29		
6. Modell for samlet investeringsbehov som også inkluderer bærekraft	31		
6.1. Hva er metabolisme?	31		
6.2. Hva er DMM og hva kan man gjøre med programmet?	32		
6.3. DMM struktur og resultater	32		
6.4. Prosess for å måle bærekraft (i DMM)	35		
6.5. Analyse av renseanlegg	36		
7. Case - erfaringer	37		
7.1. Oslo kommune	37		
7.2. Oppegård kommune	37		
7.3. Trondheim kommune	37		

1. Introduksjon

1.1. Målet med rapporten

Norsk vannbransje står foran store utfordringer. Et aldrende og tidvis/stedvis forfallende ledningsnett grunnet vedlikeholdsetterslep, befolkningsøkning, klimaeindringer og andre store trender i samfunnet gjør at norske vannverk må ta grep for å sikre norsk vannforsyning for framtiden. For å gjøre dette må man ta i bruk verktøy som kan planlegge for framtiden og samtidig ta hensyn til alle disse utfordringene. Et godt verktøy må også ta hensyn til tilstanden på infrastrukturen slik den er i dag.

Hovedfokuset i prosjektet har vært å teste ut en metodikk som egner seg for VA-verk for å beregne fremtidig investeringsbehov i hele VA-systemet. Målet med metodikken og modellene har vært at de skal kunne anvendes av og på både små og store kommuner, at de skal være uavhengige av størrelsen på ledningsnettene

og renseanleggene, og at de skal være relevante for både vannforsynings- og avløps anlegg.

Metodikken og modellene vil kunne beregne fornyelsesbehov, investeringsbehov, og identifisere de grupper av ledninger som har størst behov for utskifting til enhver tid. I tillegg vil det være mulig for kommuner som ønsker det å vurdere ulike strategier for utskifting av ledningsnett og renseanlegg, og man vil kunne velge strategi basert på bl.a. bærekraften til de analyserte strategiene. Slik kan enhver kommune som har en slik ambisjon, kunne bærekraft-vurdere ulike strategier for investering, og basert på en måling av disse strategiene, velge den mest bærekraftige løsningen. Dette vil også være i tråd med Norsk Vann sin strategiske plattform for norsk vannsektor, slik som lagt fram i (Enander et al., 2014).

1.2. Bakgrunn

De siste årene har det blitt større fokus på tilstand av ledningsnett og anlegg for norsk vann- og avløpssektor. Internasjonal forskning sier at aldrende ledningsnett vil utgjøre en stor trussel mot framtidig vannforsyning og avløpshåndtering (Hukka and Katko, 2015). De går så langt som å si at det er en av de store utfordringene på verdensbasis de neste tiårene. Dette gir grunnlag for bekymring, også i Norge.

RIF ga ut en rapport om tilstanden på norsk infrastruktur, inkludert vann og avløp i 2010 (Rådgivende Ingeniørers Forening, 2010). Denne viste en medium tilstand på drikkevannsforsyning (3 av 5 poeng), og en dårlig tilstand på avløpsanlegg (2 av 5 poeng). I tillegg viste rapporten en mørk utvikling med hensyn til investeringer og utvikling av vann- og avløpsanlegg i framtiden. I 2015 kom det ut en ny State of the Nation rapport (Rådgivende Ingeniørers Forening, 2015) med nye tall for oppgraderingsbehov og en vurdering av framtidsutsikter for infrastrukturen. Drikkevannsanleggene har ifølge rapporten en oppgraderingskostnad på 100 mrd kr, mens avløpsanleggene har en oppgraderingskostnad på 110 mrd kr. Karakter for tilstand var den samme som ved rapporten i 2010, og framtidsutsiktene peker på at man ikke er rustet til å håndtere alle utfordringer for anleggene.

I 2013 ga Norsk Vann ut sin egen rapport om oppgraderings- og investeringsbehov i vann- og avløpssektoren (Ødegård et al., 2013), fra nå av kalt «B17 rapporten» eller bare «B17». Denne rapporten viste et oppgraderingsbehov for VA-anleggene for å oppnå god tilstand, kalt «akseptabel 2012-standard», på hele 200 mrd kr, hvor 124 av disse gjaldt offentlige VA-anlegg (resten gjaldt private). Videre beregnet de et investeringsbehov fram mot 2030 på totalt 290 mrd kr, hvor 186 mrd kr gjaldt offentlige anlegg.

Med bakgrunn i B17, ønsket Norsk Vann å gå videre med et oppfølgingsprosjekt for å forbedre metodikken for utregning av framtidig fornyelses- og investeringsbehov. Denne rapporten er resultatet av dette oppfølgingsprosjektet. Oppfølgingsprosjektet har benyttet seg av to case kommuner (Trondheim og Oppegård) for å teste ut modellene som er foreslått som grunnlag for metodikken i prosjektet.

Hovedgrunnen til at man ønsket å gå videre i et oppfølgingsprosjekt, var å kunne etablere en metodikk som kan benyttes i alle landets kommuner og på nasjonalt nivå for å beregne investeringsbehov. Metodikken som er foreslått er allerede benyttet i mange norske kommuner, og i en rekke byer i Europa og USA for beregning av fornyelses- og investeringsbehov i VA-nett. I tillegg hadde metoden som ble anvendt i B17 noen svakheter, blant annet representert ved:

- Røffe fremgangsmåter
- Store forenklinger
- Tallene var basert på store usikkerheter.

Dermed ønsket man å etablere en metodikk som bedre kan ta hensyn til eksisterende data. En av modellene som er foreslått i dette prosjektet er en modell som er forankret i det internasjonale vitenskapelige miljøet for langtidsplanlegging på strategisk nivå (Herz, 2003, Large et al., 2015, Malm et al., 2012). Modellen er også foreslått som modell på strategisk nivå i Norsk Vann rapporten «Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportssystemer» (Røstum et al., 2013). Denne rapporten kan derfor sees mer på som en forlengelse av rapporten «Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse

av VA-transportssystemer», enn av B17 rapporten. Disse to rapportene i kombinasjon vil sette kommunene meget godt i stand til å planlegge fornyelse av sine ledningsnett på kort og lang sikt. I tillegg vil den andre modellen som er presentert i denne rapporten si noe om vurderinger og investeringsbehov i renseanleggene.

Verktøyene som legges fram i denne rapporten vil kunne benyttes på en slik måte at norske kommuner vil få kontroll på ledningsnettet sitt mhp på hvor mye som bør skiftes ut av ulike ledningsgrupper de nærmeste årene, og 50 år fram i tid. Hensikten må være at kommuner skal få kontroll på investeringsbehovet slik at de ikke skal fornye «i blinde».

1.3. Anbefalinger fra B17 rapporten

B17 rapporten ga en rekke konklusjoner og anbefalinger for videre arbeid. Nedenfor de viktigste, gjengitt direkte fra (Ødegård et al., 2013):

«Det er ikke tvil om at det finnes en rekke metoder og tiltak som kan bidra til å bedre standarden og øke levetiden til et anlegg betraktelig, uten at man behøver å skifte ut hele anlegget med et nytt. Hvis vi la det til grunn, ville kostnaden for oppgradering til akseptabel 2012-standard bli lavere enn ved beregning av oppgradering gjennom utskifting av anlegget. Innenfor rammen av dette prosjektet, har det imidlertid ikke vært mulig å gå i dybden på slike alternative beregninger, men det bør vurderes nærmere i fremtidige studier av investeringsbehov.»

«Mange kommuner og VA-selskap står overfor et investeringsbehov, for å innfri regelverkets krav, sikre en bærekraftig fornyelsestakt for infrastrukturen og for å kunne møte utfordringer som klimaendringer og befolkningsvekst»

«En hovedutfordring i dette prosjektet har vært å fremskaffe et godt nok datagrunnlag for nødvendige beregninger og estimer. Det har vært utfordringer med mangler i statistikken for VA-anleggene, og ikke minst har det blitt avdekket at nasjonal statistikk er svært mangelfull når det gjelder økonomiske forhold. De

nasjonale rapporterings- og statistikkssystemene KOSTRA og VREG/MATS bør gjennomgås i lys av erfaringene fra dette prosjektet, med sikte på forbedringer.»

«Det bør på sikt drøftes om en omforent metodikk og nasjonal statistikk helt eller delvis kan erstatte behovet for rapporten»

«Det hadde vært ønskelig å komme lenger i utviklingen av et nasjonalt verktøy for beregning av langsiktig investeringsbehov for bransjen som helhet og for den enkelte kommune og VA-selskap.»

Metodikken som presenteres i denne rapporten tar, i motsetning til metoden i B17, hensyn til om man ønsker å benytte No-dig løsninger eller utskifting av ledninger. Det vil være en kostnadsforskjell på disse to løsningene og de vil gi ulik innvirkning på bærekraften til anlegget. Modellen vil samtidig kunne være det verktøyet som B17 rapporten etterspør (nasjonalt verktøy), et verktøy som kan benyttes av den enkelte kommune og som kan benyttes på nasjonalt nivå.

1.4. utfordringer for dagens og framtidens vannbransje

Når man skal beregne det framtidige investeringsbehovet er det en rekke faktorer som spiller inn og som man bør ta hensyn til. For det første er det viktig å analysere kvaliteten og tilstanden på ledningsnett slik det er i dag. Dette beskrives nærmere i kapittel 4.1. Dagens tilstand, sammen med databasen for ledningsnettene, er grunnlaget for å beregne fornyelse. Om ledningsanleggene er i forfall (underskudd på fornyelse opp til nå) eller ikke er med på å bestemme fornyelsesbehovet framover, spesielt de første 20 årene. Det er også en rekke eksterne faktorer som vil påvirke behovet for fornyelse i de neste 50 årene. Slik eksterne faktorer kan for eksempel påvirke tilstanden på selve ledningsnett, eller det påvirke planleggingsfasen, eller det kan påvirke kravene som settes til ledningsnettene. De følgende utfordringene er noe man blant annet bør ta hensyn til ved planlegging av framtidig investeringsbehov:

- Forfall av VA-anlegg truer tjenestetilbudet dersom en ikke er i forkant med planleggingen (strategisk, taktisk, operativ)
- Klimaendringer gir store utfordringer både for vann og avløp. Disse kan påvirke den tjenesten som ledningsnettene skal utføre (større mengder vann i avløpsnett) eller påvirke selve ledningsnettene (frost/tine sykluser og kalde frostperioder vil kunne øke den mekaniske påvirkningen på ledninger)
- Utbygging av annen infrastruktur (veg, bane, bydeler). I hvor stor grad vil man og bør man planlegge fornyelse sammen med annen infrastruktur? Koordinering av fornyelse kan redusere kostnader, men man fornyer da ofte ikke de verste ledningene som har størst behov for utskifting.
- Endrede myndighetspålagte krav. (for eksempel Vannforskriften). Disse kan sette nye krav til VA-anleggene. For eksempel kan det stiller strengere krav til utslipp fra avløpsnett slik at disse må forbedres.
- Sterkere søkelys på bærekraft, redusert energibruk og ressurs gjenvinning. Krav rundt dette vil nok komme sterkere i tiden framover, noe som gjør at vannverkene må forbedre driften og fornyelsen av sine VA-anlegg. Forbedret fornyelsesplanlegging blir en stor del av dette.
- Infrastrukturene blir stadig mer komplekse, for eksempel mer bruk av IKT og Smarte ledningsnett. Slike løsninger gjør at man får flere hjelpemidler til fornyelse av ledningsnett, men kompliserer samtidig driften av ledningsnettene.
- Demografiske endringer. Byer vil stort sett få en stor befolkningsøkning i de nærmeste tiårene. Dette vil øke utfordringene med fornyelse av ledningsnett. Hvor mye skal bygges nytt og hvor mye skal fornyes/fortettes? Dette bør man ta hensyn til ved beregning av investeringsbehov.
- Samfunnets økte krav til VA-systemene. VA systemene er en kritisk infrastruktur som skal fungere 24 timer i døgnet 7 dager i uka. Dette øker kravene til at man planlegger fornyelse på en optimal måte.
- Behov for innovasjon. Lik all annen infrastruktur er VA-anleggene og driften og fornyelsen av disse i behov for innovasjon om man skal møte de framtidige utfordringene på en god måte og samtidig være en bærekraftig bransje.
- Teknologisk utvikling. Utvikling av mer effektive og mindre kostbare løsninger.
- Stadig vanskeligere for kommunene å rekruttere kvalifisert arbeidskraft. Det kan være vanskelig for vannbransjen å rekruttere kvalifisert personell. Med dette i bakhodet bør man etablere og benytte seg av gode verktøy, blant annet slik som presenteres i denne oppgaven.

1.5. Definisjoner

I denne rapporten snakkes det om både fornyelsesbehov og investeringsbehov. Det snakkes også om bærekraft, bærekraftig utvikling og bærekraftige strategier. For en mer inngående beskrivelse av disse begrepene henvises det til (Røstum et al., 2013) og (Enander et al., 2014). For at det ikke skal være noen misforståelser av hva det snakkes om i denne rapporten definerer vi derfor kort følgende:

Fornyelse: Med fornyelse mener man utskiftning/rehabilitering av ledningsnett. En ledning blir ny når den enten blir renover (No-dig) eller skiftet ut. Hvis deler av en ledning blir skiftet ut/renover, eller om det utføres punktreparasjoner, telles dette ikke som en ny ledning, men som vedlikehold av eksisterende ledning.

Fornyelsesbehov: Den årlige lengden man bør fornye av ledningsnett sitt (oppgitt i km eller m). Dette varierer fra år til år. Summert fornyelsesbehov over for eksempel de neste 50 år gir den totale lengden man bør fornye gjennom denne perioden.

Fornyelsesrate: Den årlige lengden man bør fornye av ledningsnett sitt sammenlignet med den totale lengden på hele ledningsnett. Fornyelsesraten oppgis dermed i prosent (%).

Enhetskostnader: Dette er kostnaden i kroner for å fornye 1 meter av en ledning. Denne kostnaden varierer for type man bruker for å fornye ledningen. Renoveringsmetoder har gjerne en lavere enhetskostnad enn utskiftning.

Investeringsbehov ledningsnett: Dette er den årlige kostnaden man må betale for å fornye ledningsnett i henhold til fornyelsesbehovet. Denne beregnes ved å multiplisere fornyelsesbehov (x antall meter per år) med enhetskostnader (kroner/meter). Summert investeringsbehov over for eksempel de neste 50 år gir den

totale mengden penger man bør investere gjennom denne perioden for å opprettholde eller forbedre kvaliteten på ledningsnett.

Bærekraft: Bærekraft er å minimalisere den negative påvirkningen VA-systemene har på miljøet, økonomi og samfunnet som helhet (det sosiale aspektet). Denne minimaliseringen må også realiseres under fornyelse av renseanlegg og ledningsnett. En bærekraftig løsning er med på å opprettholde de behovene som dagens generasjon har fra VA-anleggene, uten å gå utover neste generasjons evne til å opprettholde sine egne behov fra VA-anleggene.

Bærekraftig utvikling: Dette er bærekraft med et livssyklus perspektiv. Dette betyr at man måler bærekraften til for eksempel ledningsnett over tid (eksempel 50 år), eller at man måler bærekraften til ulike fornyelsesstrategier over tid for å velge de mest bærekraftige løsningene. Bærekraften kan måles ved at man for eksempel anvender indikatorer for bærekraft.

Indikatorer: En indikator viser om en løsning eller en strategi eller lignende påfører ledningsnett en redusert, en økt eller en vedlikeholdt ytelse. En indikator kan for eksempel være lekkasjerate i vannledningsnett. Om lekkasjeraten øker eller minker over tid viser om en rehabiliteringsstrategi fungerer for å forbedre ledningsnettets bærekraft.

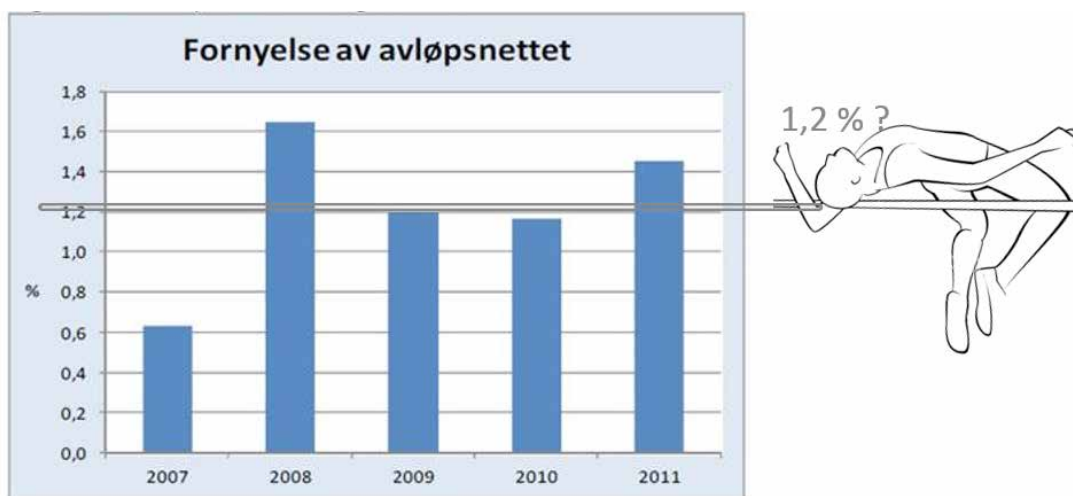
Bærekraftig strategi: En strategi er en viss type løsning man velger for å fornye ledningsnett sitt. Strategier forklares nærmere senere i rapporten. Man kan velge å sammenligne ulike strategier for å se hvem som er mest bærekraftig. Man bruker da indikatorer for å måle strategiene mot hverandre.

1.6. Hva er riktig fornyelsesbehov?

Det store spørsmålet man må finne ut av for å kunne beregne framtidig investeringsbehov er «hva er riktig fornyelsesbehov»? Det første man må ha klart rundt dette er at fornyelsesbehov varierer fra sted til sted, det vil si at det er bestemt av lokale forhold slik som alder og sammensetning av ledningsnett, vannkvalitet over tid, kvalitet på grøfter ved legging, tidligere fornyelsesrater, grunnforhold etc. I tillegg varierer fornyelsesbehovet over tid. Variasjonen over tid er ikke konstant, og den varierer stort sett i takt med store utbyggingsprosjekter i fortiden, og kvaliteten på disse utbyggingene. Denne variasjonen av fornyelsesbehov i takt med fortidens utbygging kalles «demografisk ekko». Modellen som er anbefalt til å beregne fornyelsesbehov er i stand til å identifisere disse demografiske ekkoene og når deres fornyelsesbehov slår inn i framtiden. Fornyelsesbehov

varierer dermed med hensyn på både sted og tid. Det er derfor viktig at man anvender modeller som klarer å fange opp disse forskjellene.

Figur 1 illustrerer nettopp hvordan fornyelsesbehov kan variere over tid for et gitt norsk vannverk. Hvor høyt bør man «hoppe»? Bør man fornye 1,2 % årlig, eller mer, eller mindre? Over tid vil gjennomsnittet for fornyelsen for eksempel falle på en fornyelsesrate på 1,2 %. Om man beregner en nasjonal fornyelsesrate, vil denne være representativ for det gjennomsnittlige fornyelsesbehovet og bør ikke benyttes ned på lokalt nivå i vannverkene. Det anbefales at hvert enkelt vannverk utfører en egen analyse for å beregne sitt spesifikke fornyelsesbehov.



Figur 1. Illustrasjon av et varierende fornyelsesbehov over tid.

2. Evaluering av modell for gjenanskaffelsesverdi

I B17 rapporten er det vist en tabell/regneark for beregning av gjenanskaffelsesverdi. Den er brukt i Molde og Drammen. For Trondheim er det lagt inn data, men resultatene er ikke verifisert av Trondheim kommune. Her gjengis noen kommentarer basert på erfaringer i de ulike kommunene. Regnearkene er vist i vedlegg 1.

Molde kommune:

Molde har brukt B17-varianten og fylt inn tall og beregnet gjenanskaffelsesverdi på (svimlende) 4 milliarder. Tallene brukes ikke spesifikt i forbindelse med økonomi, men brukes i dialog med omverden, politisk nivå, mot styret og internt i egen omdømmebygging. Tallet har vært veldig nyttig og har forenklet arbeidet med å overbevise styrende organ om at pengebruken vår er riktig.

Drammen kommune:

Drammen har beregnet gjenanskaffelsesverdi for vann- og avløpsanlegg i kommunen basert på data fra Glitrevannverket, Norsk Vann Rapport B17/2013 samt erfaringstall for kostnader. Vann- og avløpsanleggene i Drammen kommune består av vannkilder, vannbehandlingsanlegg, distribusjonssystem for vann (ledninger, høydebassenger og pumpestasjoner), transportsystem for avløpsvann (ledninger, pumpestasjoner og overløp), rense- og slambehandlingsanlegg og resipient.

Drammen kommune (DK) eier 49 % av Glitrevannverket. Det vil si at alle vannkilder, dammer, overføringsledninger, pumpestasjoner, behandlingsanlegg for vann og høydebassenger tilhørende Glitrevannverket eies 49 % av DK. For å beregne gjenanskaffelsesverdi for vannbehandlingsanlegg ble formlene fra B17 benyttet:

- Store anlegg $\geq 50000 \text{ m}^3/\text{døgn}$ = $456,93 * \text{LN}(\text{m}^3/\text{døgn}) - 4777$
- Mellomstore anlegg $50000-5000$ = $0,0682 * (\text{m}^3/\text{døgn})^{0,7}$
- Små anlegg ≤ 5000 = $1,3364 * (\text{m}^3/\text{døgn})^{0,1981}$

Det er registrert 812 069 meter med kommunale ledninger totalt, det vil si VL, SL, OL og AF. Det antas at det ligger to ledninger i hver grøft: $812069/2 = 406034$ m med ledningsgrøft, hvor 4 5% (182715 m) vann og 55 % - (223318 m) avløp. Det er 11 pumpestasjoner som DK eier 100 % og 8 pumpestasjoner hvor det eies 49 %. DK eier et høydebasseng 100 %, og 49 % av 11 høydebassenger til Glitrevannverket.

Drammen kommune eier to avløpsrenseanlegg: Solumstrand (biologisk- kjemisk rensing) og Muusøya (kjemisk rensing). For å beregne gjenanskaffelsesverdi for renseanlegg ble formlene fra Norsk Vann Rapporten benyttet. Drammen kom fram til at å gjenanskaffe Solumstrand RA ville koste kr 168 000 000, noe som erfaringsmessig virker veldig lite. Drammen bruker derfor 300 000 000 kr i stedet, basert på erfaringstall og således sikrere. Det ble også antatt at gjenanskaffelsesverdi for Muusøya RA er kr 120 000 000 (erfaringstall).

Trondheim kommune:

Her er innrapporterte tall fra KOSTRA og GeminiVA og enhetskostnader fra B17 brukt til å lage en overslagsberegning. Resultatet er ikke verifisert av Trondheim kommune (TK). Tall for kilder og dammer er høyst usikre. Det samme gjelder behandlingsanlegg og renseanlegg hvor de beregnede verdiene er altfor lave. I likhet med erfaringene fra Drammen er det usikkerhet knyttet til formlene for beregning av verdier for anleggene.

Konklusjon er at det må jobbes videre med modellen, kanskje spesielt med den delen som gjelder vannbehandlingsanlegg og avløpsrenseanlegg.

3. Gjennomgang av data på nasjonalt nivå

I prosjektets første del har datamengde og kvalitet av data på nasjonalt nivå blitt gjennomgått for å se om dette er godt nok grunnlag for å beregne fornyelse og investeringer på nasjonalt nivå. Dette kapittelet tar dermed for seg kun data på nasjonalt nivå og sier ikke noe om datatilgang på lokalt nivå hos kommunene, som i de fleste tilfeller vil være av mye høyere kvalitet og detaljeringsgrad enn det som gjengis i dette kapittelet. Det er fokusert på at man skal anvende data for fornyelse på strategisk nivå, det vil si langtidsfornyelse av ledningsnett. Datagrunnlag er hentet fra to kilder, KOSTRA (Kommune-Stat-Rapportering, Statistisk sentralbyrå) og MATS (Mattilsynets TilsynsSystem) som er en videreføring av VREG (Vannverksregisteret, Folkehelseinstituttet). I det etterfølgende brukes VREG og MATS om hverandre.

For drikkevannsnettet har man i Norge data i MATS, KOSTRA og i de kommunale databasene. For avløpsnettet har man data kun i KOSTRA og i de kommunale databasene. Ca. 80 % av vannledningene i MATS finner man igjen i KOSTRA. Dette vil si at rapporteringen til MATS er bedre enn rapporteringen til KOSTRA. I MATS er det vannverkene som registrerer data, mens det er kommunene som registrerer data i KOSTRA (1700 vannverk vs 428 kommuner). Dette viser med en gang at det er et stort sprik i kvaliteten og tilgangen på mengde data i disse databasene.

I tillegg samler bedreVANN (tidligere bedreVA) inn data fra kommuner og interkommunale selskaper. Dettagelsen i BedreVANN er basert på frivillig deling av data i motsetning til KOSTRA og MATS som er et krav fra myndighetene. Man kan derfor anta at kvaliteten på data i bedreVANN sannsynligvis er bedre enn i KOSTRA og MATS. I 2014 var det 81 kommuner som deltok i innsamling av data for bedreVA. Disse kommunene hadde til sammen ca. 3 millioner innbyggere, noe som viser at dette er en sammensetning av mange av de

største kommunene i Norge med hensyn på befolkning. De deltagende kommunene representerer ikke nødvendigvis landsgjennomsnittet. Mange av de små kommunene er ikke med i bedreVANN, sannsynligvis grunnet mangel på ressurser til å utføre slike oppgaver. Erfaringene fra bedreVANN viser også at de nasjonalt innsamlende data i MATS og KOSTRA er av dårlig kvalitet.

BedreVANN er et godt verktøy for å formidle sammenhengen mellom standarden på tjenestene, investeringsbehov og utvikling av kostnadene til politikerne. Med bedreVANN kan kommunene/IKS måle egen resultatutvikling over tid, både standard og kostnader. Med bedreVANN er det enkelt for kommunene/IKS å ta i bruk Norsk Vanns måle- og vurderingssystem for å dokumentere effektivitet samt tilby innsyn som sikrer tillit til vannsektoren i Norge. Alle data som blir rapportert til KOSTRA og Mattilsynets MATS som inngår i målesystemet, blir importert til bedreVANN for å unngå dobbeltrapportering.

Deltakerkommunene/IKS får målt effekten av tiltakene som gjennomføres. Disse gir et grunnlag for prioritering av videre arbeid med utvikling av vanntjenester til god standard på et riktig kostnadsnivå. Verktøyet passer for både store og små kommuner. Norsk Vanns ambisjon er at alle medlemskommunene/IKS skal ta i bruk verktøyet. Mange kommuner har gitt ansvaret for deler av tjenesteproduksjonen til interkommunale selskap. Norsk Vanns måle- og vurderingssystem vurderer også tilstanden for disse uavhengig.

Tabell 1 viser hva som er tilgjengelig av data i de ulike databasene. Tabellen viser helt klart at en direkte opplasting av data fra kommunenes databaser til en nasjonal database ville gitt store fordeler med hensyn på oversikt av ledningsnett på nasjonalt nivå.

Datakilde	Vann	Avløp
VREG	Materialgrupper, aldersgrupper	Ikke aktuelt
KOSTRA	Aldersgrupper Fornyet lengde, utskiftet lengde	Aldersgrupper for avløpsledninger dys felles+spillvann Nylagt spillvann, fornyet lengde spillvann
GeminiVA	Material, alder, dimensjon for hver ledning. Eksempler på inndeling i grupper er vist i tabell 2	Material, alder, dimensjon for hver ledning; også for overvann. Eksempler på inndeling i grupper er vist i tabell 3

Tabell 1. Sammenligning av hvilke data som er tilgjengelig i ulike databaser på nasjonalt og lokalt nivå. GeminiVA er brukt som eksempel på database som brukes i Trondheim kommune. Noen kommuner bruker andre typer databaser for sine ledningsnett.

For å illustrere hva som finnes av data i KOSTRA og VREG har vi laget en kort sammenstilling av data for vannledningsnettet i de neste kapitlene.

3.1. KOSTRA Vann

Data er hentet fra KOSTRA 2013. Tabell 2 viser aldersfordelingen av de data som er registrert for hele vannledningsnettet i Norge. Man kan identifisere lengde av ledninger som er lagt i de ulike perioder. Man vet derimot ikke noe om materialfordelingen i de ulike periodene.

Installasjonsperiode	Lengde [km]	Andel
LENGDE FØR 1910 (km)	317.2	0.8 %
LENGDE 1910- 1940 (km)	1345.3	3.5 %
LENGDE 1941- 1970 (km)	7624.2	20.0 %
LENGDE 1971- 2000 (km)	18663.0	48.9 %
LENGDE ETTER 2000 (km)	6755.7	17.7 %
LENGDE UKJENT ALDER (km)	3481.9	9.1 %
Sum	38187.2	

Tabell 2. Aldersfordeling i hele Norges vannledningsnett

3.2. VREG (MATS)

Data om vannledningsnettet er hentet fra «MATS-VREG 2013 3 Transportsystem». Her er material og anleggsår oppgitt hver for seg. Det er altså ingen opplysning om når de ulike materialene er lagt. Man kan gjøre en generell fordeling av material på årstallsgruppene med bakgrunn i kunnskap om hvilke materialer som normalt ble installert i de ulike tidsperioder. Dette vil være en grov tilnærming til virkeligheten, og det anbefales at dette ikke brukes som en metode for å beregne investeringsbehov på nasjonalt nivå.

Tabell 3 og Tabell 4 angir fordelingen av vannledningsnett på materialer og på installasjonsperioder. Man kan se at den totale lengden av vannledninger som er registrert er 47 530 km, mot 38 187 km som er registrert i KOSTRA. Det er dermed en stor forskjell på hvordan data registreres i disse to databasene.

Materiale	Lengde [km]	andel
LENGDE ASBEST- SEMENT (m)	2284.027	4.8 %
LENGDE JERN STÅL (m)	14783.950	31.1 %
LENGDE PVC (m)	16635.410	35.0 %
LENGDE PE (m)	11011.460	23.2 %
LENGDE GUP (m)	184.834	0.4 %
LENGDE ANNET (m)	1509.426	3.2 %
LENGDE UKJENT MATERIALE (m)	1121.674	2.4 %
sum	47530.780	

Tabell 3. Materialfordeling i hele Norges vannledningsnett

Installasjonsperiode	Lengde [km]	Andel
LENGDE FØR 1910 (km)	326.198	0.7 %
LENGDE 1910- 1940 (km)	1373.233	3.0 %
LENGDE 1941- 1970 (km)	9028.690	19.6 %
LENGDE 1971- 2000 (km)	22837.480	49.6 %
LENGDE ETTER 2000 (km)	8641.406	18.8 %
LENGDE UKJENT ALDER (km)	3853.624	8.4 %
Sum (perioder)	46060.630	
Ekstra	1470.155	
Sum	47530.780	

Tabell 4. Aldersfordeling i hele Norges vannledningsnett

3.3. Anbefalinger til videre arbeid

Gjennomgangen av KOSTRA og VREG data har avdekket flere feil ved innrapporterte data. Når kommunene må rapportere inn data manuelt kan dette føre til menneskelige feil. Slike feil fører til grove feil i datagrunnlaget som igjen vil føre til grove feil når man skal beregne framtidig investeringsbehov på nasjonalt nivå. Data som er tilgjengelige på nasjonalt nivå er per i dag derfor ikke gode nok (har bl.a. for lav detaljeringsgrad) til at de kan benyttes til å beregne fornyelse i LTP. Norske kommuner har derimot stort sett tilgang til de data som trengs for å kjøre LTP. Lokalt er det derfor per i dag tilgang til nok data for å kjøre modellen for langtids fornyelse- og investeringsbehov, LTP.

Innsamling av data på nasjonalt nivå må forbedres, både med hensyn på mengde data som samles inn og detaljeringsgraden av data. Det må samles inn mere informasjon om ledningsnettene på ledningsnivå. Man vet blant annet ikke hvilke ledningsmaterialer som har blitt lagt til hvilke tidspunkt. Når man ikke vet dette er det vanskelig å utføre noen analyser og modellering for framtiden. Om det samles inn mer detaljert data på ledningsnivå vil man kunne bruke disse nasjonale databasene til å beregne fornyelsesbehov og investeringsbehov på nasjonalt nivå. Dette vil heve kunnskapen for VA-Norge mange hakk.

Som en videre anbefaling for å få dette gjennomført, anbefales det at det opprettes muligheter for en automatisk overføring av data fra databaser i kommunene til en nasjonal database. Om en slik overføring vil kunne gjøres automatisk, for eksempel en gang i året, vil dette lette arbeidet for kommunene som ikke trenger å sende inn dataen på et spesielt format, og det vil øke detaljeringsgraden. I tillegg vil en automatisk overføring av data fjerne feilkilden som oppstår under manuell innrapportering av data. Dermed vil dataen som samles inn i en nasjonal database være bedre kvalitetssikret enn den data som er tilgjengelig i KOSTRA og VREG i dag. Dette vil gi et bedre grunnlag for riktig beregning av framtidig fornyelse- og investeringsbehov på nasjonalt nivå.

En forbedret database på nasjonalt nivå vil også blant annet gi forskere en mye bedre og lettere tilgang på datamateriale. Slikt datamateriale vil kunne være et godt grunnlag for å utvikle VA-systemene i Norge.

4. Foreslått metodikk for å beregne fremtidig investeringsbehov

Ved utarbeidelsen av en hovedplan for vann eller avløp er det langsiktige investeringsbehovet et viktig element. Et dårligere avløpsnett vil redusere transportkapasiteten, øke faren for flom og belaste miljøet med utlekking. I tillegg fører en økt innlekking til en ytterligere reduksjon av nettkapasiteten og en økning i rensekostnader. Et aldrende vannledningsnett øker faren for brudd og lekkasjer og dermed fare for forurensing av drikkevannet. Et dårlig ledningsnett med stor lekkasjeandel forårsaker i tillegg merkostnader for vannbehandling og gjentatte reparasjoner av ledninger. Det er derfor viktig å gjøre en vurdering av dagens tilstand på ledningsnettene og få kontroll over de virkelige framtidige fornyelsesbehovene. Investeringskostnadene vil beregnes på bakgrunn av enhetspriser og hvilken strategi man velger for å fornye ledningsnettene sine. En strategi med en stor andel av no-dig metoder benyttet i fornyingen vil for eksempel ha et lavere investeringsbehov enn en strategi med en stor andel av utskifting. En strategi hvor man koordinerer utskiftning med annen infrastruktur og koordinerer utskiftning av vann- og avløpsledninger

sammen, vil ytterligere redusere investeringskostnadene. Derimot, så kan slike strategier gi høyere kostnader på lengere sikt grunnet at tilstanden på ledningsnettene kan forverres. For å vite de framtidige investeringskostnadene er det derfor viktig å også gjøre en grundig undersøkelse av alternative strategier for å finne de beste løsningene.

For å få gode tall på det framtidige investeringsbehovet i norske VA-systemer er det to ting som står sentralt; gode grunnlagsdata og gode modeller. Prosjektet har fokus på å anvende og kombinere de best tilgjengelige modellene for å beregne investeringsbehov. Det er også i den sammenheng tatt en gjennomgang av data på nasjonalt nivå og foreslått forbedringer for innsamling av data (se forrige kapittel). Når man har gode nok ledningsdata og driftsdata både på lokalt og nasjonalt nivå, er det første spørsmålet man bør spørre seg; «hvordan er situasjonen i ledningsnettene i dag?»

4.1. Er dagens situasjon god nok?

Et første steg i en prosess for å beregne investeringsbehov er å vurdere dagens tilstand på VA-anleggene. For ledningsnettene vil man kunne benytte seg av overvåkning av ledningsnett og beregninger, data analyse, eller av mer omfattende verktøy for å vurdere nåværende tilstand. For alle tilgjengelige verktøy for å utføre tilstandsvurdering av ledningsnett henvises det til Norsk Vann rapport «Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportssystemer» (Røstum et al.,

2013). I denne rapporten fokuseres det på metoder som kan gi en oversikt over tilstanden på hele ledningsnett i et strategisk perspektiv.

Tabell 5 viser en oversikt over metodene som kan benyttes for å vurdere tilstanden til ledningsnett. Disse metodene baserer seg på å benytte eksisterende data i databaser for ledningsnettene.

Tabell 5. Metoder for å vurdere dagens tilstand av ledningsnett for vann og avløp

Metode	Beskrivelse
Overvåkning og beregninger	En overvåkning av ledningsnettene kombinert med beregninger vil vise mengde lekkasje på drikkevannsnett, og mengde innlekking på avløpsnett. Disse verdiene vil gi en pekepinn på den nåværende tilstanden til ledningsnettene.
Dataanalyse	Feilrater på drikkevannsnett og rater for tilstopping på avløpsnett gir også en pekepinn på tilstanden til ledningsnettene. Om man beregner disse for ulike grupper av ledninger vil man kunne identifisere «problemgrupper». En analyse av disse over tid vil vise en forbedring eller forverring av tilstanden på ledningsnettene.
Analyseverktøy	Analyseverktøy som GompitZ (Sægrov, 2006) for avløp eller LEYP/Casses (Sægrov, 2005) for drikkevann, kan benyttes for å vurdere tilstanden på ledningsnettene.

Lekkasjeprosent og feilrater på drikkevannsnett, og innlekking og tilstoppinger på avløpsnett bør overvåkes over lengere tid. Om man beregner slike tall årlig vil man kunne identifisere en forbedring eller en forverring av ledningsnettene. Disse vil da brukes til å vurdere om de

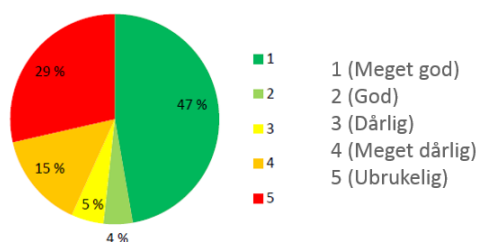
metodene og strategiene som anvendes i fornyelsen fungerer, og de vil være grunnlag for å si noe om bærekraften til de.

Om man ønsker å benytte seg av mer omfattende verktøy som ikke bare analysere data, men som også modellerer framtiden for ledningsnettene, kan man ta i bruk GompitZ for avløp og LEYP/Casses for drikkevann. GompitZ estimerer en fordeling av ledninger i avløpsnettet på de ulike klassene i henhold til Norsk Vann rapport «Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger» (Bernhus et al., 2007). Basert på fordeling av ledninger i de ulike klassene kan man vurdere dagens tilstand på ledningsnettet. Basert på denne tilstandsvurderingen kan man vurdere om tidligere rehabiliteringsrater har vært gode nok eller for dårlige. En samme type analyse kan gjøres for drikkevannsnettene med programmet Casses som kjører en feilanalyse på ledninger kalt LEYP. Programmet beregner sannsynlighet for ledningsbrudd på drikkevannsledninger i et korttids perspektiv.

Hvor omfattende dette behovet beregnes viser om tidligere rehabiliteringsrater har vært gode nok eller for dårlige. Om analysen viser at en stor mengde ledninger har høy sannsynlighet for ledningsbrudd de nærmeste årene kan dette være en indikasjon på en for lav tidligere rehabiliteringsrate.

Figur 2 er en illustrasjon på hvordan en analyse med GompitZ kan vise hvordan avløpsledninger fordeles mellom de 5 tilstandsklassene. I dette eksempelet er hele 29 % av ledningene i tilstandsklasse 5, som tilsier ubrukelig tilstand. Dette indikerer at tidligere fornyelsesrate har vært for lav og at det er behov for en forhøyet fornyelsesrate de første årene av neste rehabiliteringsplan grunnet dette.

- Tilstand avløpsledninger
- Lekkasje vann %



Figur 2. Illustrasjon av hvordan tilstanden på avløpsledninger kan fordeles mellom de 5 klassene, basert på Norsk Vann rapport (Bernhus et al., 2007).

4.2. Metodikk

Metodikken som foreslås i denne rapporten er først og fremst basert på to modeller. Disse modellene heter LTP (Long Term Planning) og DMM (Dynamic Metabolism Model). De kombinerer beregning av fornyelsesbehov med en bærekraftvurdering av ulike løsninger for framtiden. Kort forklart kan modellene beskrives slik:

- LTP (Long Term Planning) er en modell som brukes for å beregne framtidig fornyelsesbehov (for eksempel i en tidshorisont på 50-100 år) av ledningsnett for vann og avløp. Nødvendig investering på bakgrunn av beregnet fornyelsesbehov kan også beregnes hvis man legger inn verdier for enhetskostnader av fornyelse.

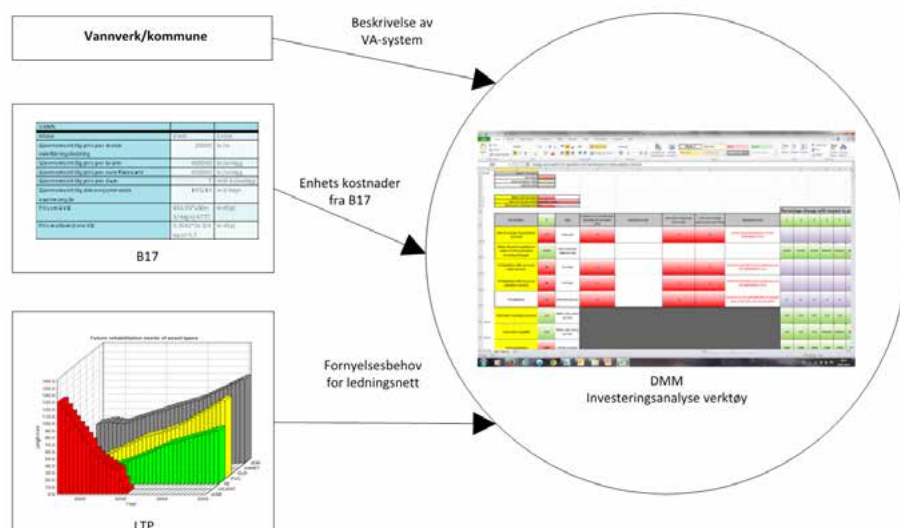
- DMM (Dynamic Metabolism Model) er en excel-basert metabolisme modell som kan beregne drift- og vedlikeholdskostnader og kapitalkostnader for komponenter i den urbane vannsyklusen. Modellen har muligheter for store analyser eller mindre analyser, alt etter vannverkets ønsker og behov.

Figur 3 illustrerer konseptet som presenteres i denne rapporten for anbefalt metodikk. Figuren viser en oversikt over modellene og koblingen mellom disse. Nederst til venstre har vi modellen LTP som kan kjøres som en enkeltstående modell eller den kan kjøres sammen med DMM. Resultatene fra LTP er framtidig

fornyelse- og investeringsbehov. Om man ønsker å benytte seg av DMM modellen, kan disse resultatene brukes som input data til DMM. Andre input data til DMM modellen er en generell beskrivelse av VA-systemet og enhetskostnader for renseanlegg fra B17 rapporten. Enhetskostnader er et viktig grunnlag for å kunne beregne framtidig investeringsbehov i renseanlegg. Disse enhetskostnadene bør derfor kvalitetssikres. Enhetskostnader for oppgradering, fornyelse etc. av renseanlegg anvendes i DMM for å vurdere ulike løsninger opp mot hverandre og finne de mest bærekraftige tiltakene, også med hensyn på økonomi.

Metodikken for å beregne framtidig investeringsbehov er derfor basert på to modeller og data fra B17 rapporten. Man kan velge å kjøre kun LTP modellen som fungerer kun for ledningsnettene. Om man ønsker en bredere analyse av strategier med hensyn til bærekraft og om man ønsker å vurdere investeringsbehovet i renseanlegg bør man benytte seg av DMM modellen. Denne modellen må ha input fra vannverkene i form av en beskrivelse av VA-systemet, den må få enhetskostnader fra B17 rapporten for ulike deler av renseanleggene, og den må få beregnede tall for nødvendig fornyelse og investeringer i ledningsnettene fra LTP.

Figur 3 Oversikt av kobling mellom de forskjellige verktøy.



Metodikken som presenteres i dette kapittelet, og som er illustrert i Figur 3, er tilpasset de norske kommunenes ulike ambisjonsnivå, og deres ulike tilgang på ressurser og data. Metoden er dermed tilpasningsdyktig for hver enkelt kommunes ønsker. Ambisjonsnivå for modellering av framtidig investeringsbehov deles på bakgrunn av modellene inn i tre nivå. Det presiseres her at de fleste kommuner vil legge seg på ambisjonsnivå 1 eller 2 som benytter seg av LTP modellen. Dette nivået er tilstrekkelig for å beregne framtidig investeringsnivå, og har også muligheten til å sammenligne ulike strategier og vurdere bærekraften av disse på et overordnet nivå. Ambisjonsnivå 3 innebærer at man tar i bruk DMM modellen som har et mye høyere behov for inngangsdata enn LTP. Denne modellen er derfor forbeholdt de kommuner med ambisjoner om å vurdere og måle bærekraftige løsninger på et mye høyere detaljeringsnivå. Det presiseres at man må hente inn en god del data for å ta i bruk denne modellen. For de som

ønsker å benytte seg av DMM modellen anbefales det at man setter seg dypere inn i rapporter skrevet om modellen og dens bruk, blant annet i EU prosjektet TRUST. Disse rapportene er åpent tilgjengelige på nettsiden for TRUST prosjektet, <http://www.trust-i.net/>.

AMBISJONSNIVÅ 1

På nivå 1 har man den enkleste løsningen, som vil kunne være aktuell for svært mange små kommuner i Norge med lite tilgjengelige ressurser og hvor datatilgangen ikke er så omfattende. Løsningen er å anvende det mest sentrale verktøyet i LTP, kalt Rehabilitation Strategy Manager (RSM). Når vi referer til LTP, er det først og fremst dette verktøyet vi referer til. Verktøyet beregner framtidig fornyelses- og investeringsbehov og man kan beregne de framtidige behovene uten å gå noe nærmere inn på ulike strategier og en vurdering av bærekraften av disse.

AMBISJONSNIVÅ 2

På nivå 2 kan man benytte seg av flere verktøy som er innebygget i LTP programmet. Disse to verktøyene kalles Rehabilitation Scenario Writer (RSW) og Rehabilitation Strategy Evaluator (RSE). RSW benyttes for å konstruere ulike framtidige scenarier. RSE brukes for å vurdere ytelsen til de strategiene man vurderer når man kjører RSM. RSE er dermed et verktøy for å måle bærekraften til ulike strategier med hensyn på ulike framtidige scenarier. Alle disse tre verktøyene forklares nærmere i neste kapittel.

AMBISJONSNIVÅ 3

På nivå 3 inkluderer man verktøyet DMM i modelleringen. Her er det et større behov for data enn på nivå 1 og nivå 2, men dette gir da også en større mulighet for å kjøre ulike analyser. Hovedhensikten med programmet er å vurdere ulike strategier og kombinasjoner av strategier for å løse en rekke ulike framtidige scenarier. Programmet måler bærekraften til de valgte strategiene med utvalgte indikatorer. Brukeren kan selv velge hvilke indikatorer man ønsker å benytte seg av. Programmet har fokus på miljø, men har også flere indikatorer som går på økonomi. For å vurdere ulike løsninger i renseanleggene og utføre bærekraftvurderinger rundt fornyelse av renseanlegg, må man ta i bruk DMM.



5. Fremtidig fornyelsesbehov

Ledningsnettet utgjør 90 % av gjenanskaffelsesverdiene og en har derfor i prosjektet foreslått å anvende en eget modul for å beregne fremtidig fornyelsesbehov for vann og avløpsnettet. Valgt modul for dette er LTP/KANEW. LTP verktøyet ble videreutviklet for bruk i Europa gjennom EU prosjektet CARE-W (Sægrov, 2005). Det har siden blitt utviklet i Tyskland under navnet KANEW. Siste versjon av KANEW er mer avansert enn LTP i den form at det inneholder muligheter for et større antall analyser, og det er implementert en kobling mellom den strategiske og taktiske planleggingen i programmet. For de grunnleggende funksjonene som gjelder gruppeinndeling, levetider og beregning av fornyelse og investeringer fungerer LTP og KANEW likt. LTP modellen baserer beregning av framtidig fornyelsesbehov på en statistisk funksjon som kalles Herz funksjonen. En gjennomgang av denne er vist i Vedlegg 4.

Prosjekter med LTP (KANEW) kan utføres av SINTEF, mens selve programmet er tilgjengelig fra www.3sconsult.de (Tyskland).

Over 20 norske kommuner har gjennomført analyser med LTP for å beregne framtidig investeringsbehov. Noen byer er allerede på sin andre iterasjon, dvs. at de bruker programmet for andre gang for å gjøre en ny analyse. Det er anbefalt å kjøre nye analyser ved jevne mellom rom (eks. hvert 10 år) for å gå gjennom forutsetningene på nytt og eventuelt forbedre modelleringen. At programmet brukes for andre gang av flere norske kommuner er et tegn på at det er godt mottatt og at resultatene gir kommunene gode grunnlag for beslutninger. Modellen, eller modeller av samme type er også vel anvendt i Europa og USA. I Norsk Vanns «Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transport-systemer» (Røstum et al., 2013) blir LTP presentert som et verktøy for beregning av framtidig fornyelse, og investeringsbehov som følge av planlagt fornyelse. Modellen tar hensyn til ulike scenarier for fornyelse, og den skiller på om man fornyer ledningsnettet med utskiftning eller med no-dig metoder, noe som ikke ble tatt hensyn til ved beregning av investeringsbehov i B17 rapporten (hvor kun utskiftning ble lagt til grunn).

LTP er en modell på overordnet nivå, på ledningsnettnivå, som betyr at databehovet ikke er så stort for å være i stand til å kjøre en analyse. Figur 4 gir informasjon om data som programmet må ha som input for å kunne kjøre en analyse for nødvendig framtidig utskifting. For å kunne beregne framtidig investeringsbehov er det i tillegg behov for data om enhetspriser for de fornyelsesmetoder man ønsker å benytte seg av. Disse må oppgis i kroner/meter.

LTP er en meget anvendelig modell da den er en generisk modell, noe som betyr at den ikke tar hensyn til om vi jobber med avløpsnett eller drikkevannsnnett. Den kan til og med anvendes på pumper, ventiler eller kummer, eller andre deler i VA-systemene som man har mange av og som kan grupperes. LTP kan anvendes på både små og store nett og er derfor anvendelig på nasjonalt nivå eller på de minste kommuner, så lenge at man har nødvendig data.

- **LTP - nødvendig input data for ledninger:**

- Material
- Lengde
- Anleggsår
- (Driftsdata er ikke en nødvendig input til modellen, men bør brukes når man konstruerer ledningsgruppene)

- **Anvendelse av LTP:**

- Drikkevannsnnett og avløpsnett
- Små og store nett (små og store kommuner)
- Kan brukes lokalt (kommuner) og nasjonalt – størrelse på ledningsnett er ingen begrensning

Figur 4. Nødvendig input data for kjøring av LTP og generell info om anvendelse.

Som sagt så er metodologien som anvendes i LTP enkel. Dette betyr derimot ikke at dette ikke er en god modell. Modellens enkelhet er både dens styrke (lite behov for data, gir god oversikt) og dens svakhet (Nøyaktighet avhenger mye av input data, og kan derfor variere). Modellen er ikke så «data-hungrig» som andre modelleringsverktøy i bransjen, noe som betyr at den kan anvendes av de fleste kommuner i Norge som har en oppdatert database for ledningsnettene sine. Det må også sies at de vannverk som har anvendt metoden i Norge liker den på grunn av den oversikten man får over ledningsnettene sine, og at man kan få en kontroll over det årlige fornyelsesbehovet.

Modellen i LTP er bygget på en modelleringsmetode som kalles for «cohort survival models». Denne skal vi se litt nærmere på.

5.1. Hvordan fungerer LTP?

LTP er bygget på en type modeller som kalles for «cohort survival models». Dette er en generisk type modell som deler en populasjon, i dette tilfellet ledningsnettet, inn i grupper. Når gruppene er definert, vurderer man individuelt levetiden til hver enkelt gruppe. Levetiden kan også beskrives som overlevelse. Denne tilnærmingen til modellering stammer fra demografi, hvor modellene brukes til å forutsi endringer i befolkningsøkning basert på statistikk om dødelighet og fødsler.

Modellen er også en «top-down» modell, som betyr at man ser på ledningsnettet i sin helhet, i motsetning til «bottom-up» modeller som ser på enkeltledninger og bygger seg opp til ledningsnettnivå. Top-down modeller gir dermed ikke detaljerte resultater på ledningsnett-nivå, men de er anbefalt for modellering på strategisk nivå av det internasjonale forskningsmiljøet (Herz, 2002). Da LTP er en top-down modell starter man med å dele opp ledningsnettet i grupper. Målet er å lage gruppene så homogene som mulig med hensyn på forventet framtidig utvikling. De ledningene man putter i en gruppe bør ha noenlunde forventet likt overlevelsesmønster. For å dele opp gruppene anvender man kunnskap fra forskning, erfaring fra de som sitter i kommunene, og man bruker de data man har tilgjengelig i ledningsdatabaser. Statistikk fra ledningsdata, blant annet feilstatistikk for drikkevannsledninger, kan gi pekepinn på grupper av ledninger som har større problemer enn andre. Hvilke kriterier man normalt bruker for å dele ledningene i gruppe forklares nærmere i neste kapittel.

Når man har delt ledningene i homogene grupper må man vurdere levetiden til disse gruppene. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 5.3. Nå har man en inndeling av ledningsnettet i grupper som har en definert forventet framtidig levetid. Den forventede levetiden til en ledningsgruppe er grunnlaget for å produsere såkalte overlevelsesfunksjoner. Sammen med ledningsdata fra databasen bestemmer disse overlevelsesfunksjonene det årlige fornyelsesbehovet, da de hjelper å identifisere den årlige lengden av ledninger for hver enkelt ledningsgruppe som når sin forventede levetid. På bakgrunn av dette kalles slike modeller for «cohort survival models». Med «Cohort» menes her grupper av ledninger. Når man har disse dataene på plass i modellen, kan man også benytte seg av enhetskostnader for fornyelse for å beregne det årlige investeringsbehovet. På bakgrunn av nødvendig årlig fornyelse for hver enkelt ledningsgruppe og enhetskostnadene for fornyelse, beregner LTP et årlig fornyelsesbehov. Fornyelsesbehovet er fordelt på ledningsgruppene og er summert opp til en total årlig sum. Da investeringene er fordelt på ledningsgruppene har man grunnlag for å si noe om hvilke grupper av ledninger man bør fokusere sine investeringer gjennom ulike tidsperioder.

5.2. Inndeling av ledningsnett i grupper

Vann- og avløpsnettet består av ledninger fra ulike perioder, av forskjellige materialer, varierende kvalitet og med ulike anleggsmetoder og standarder. I dag er det særlig ledninger som ble lagt før 1965 som forårsaker de største problemene, selv om det mange steder er problemer med nyere ledningsanlegg (for eksempel ledninger fra byggeboomen som varte til slutten av 70-tallet). Ledninger ble tidligere installert uten tilfredsstillende skjøt-tetting og dette har skyld i en betydelig andel av inn- og utlekkingen. Lavere bruddlast og dårlig armering fører til hyppige svikt på gamle betong- og leirledninger. Noen ganger ser man likevel gamle ledninger som er i veldig god stand. Dette kan være ledninger som har fått ligge uforstyrret, uten stor last, med lite slitasje, etc. Det er nemlig ikke slik at alle ledninger brytes ned likt. Hvis vi studerer en gruppe ledninger lagt et bestemt årstall, ser vi store variasjoner på tilstanden i dag. Dette kan statistisk beskrives med levetidskurver. Et eksempel på dette er vist på Figur 11. Den enkleste metoden for å vurdere utskiftningsbehovet er å skifte ut den til enhver tid eldste ledningen. Dette er ingen heldig metode, fordi man ikke tar hensyn til levetidskurven.

Den store utfordringen ved en langsiktig investeringsstrategi er altså å vurdere aldringen av de forskjellige ledningene på en riktig måte. Ideelt sett kunne man beregne nedbrytingen av hver enkel ledning hvis alle forholdene er kjent til det minste detalj over hele levetiden. Disse dataene finnes ikke og er heller ikke økonomisk hensiktsmessig å registrere. Ved vurdering av det langsiktige utskiftningsbehovet er det heller ikke nødvendig å kjenne tilstanden til den enkelte ledningen til enhver tid. Målet er å gruppere ledninger som forventes å eldre på omtrent samme måte, eller som har en del felles nedbrytningsvariable (homogene ledninger). For disse gruppene må man produsere en aldringskurve som bestemmes på grunnlag av foreliggende data om tilstand. Figur 5 gir en oversikt over parametere som man ofte bruker for å dele inn ledningene i grupper.

- Materiale
- Diameter
- Leggeår – Konstruksjonsperiode
- Produksjonsstandard
- Overvåkning og tilstandsvurdering
- Statistikk over feil på ledninger
 - Vannledninger: bruddstatistikk
 - Avløpsledninger: driftsforstyrrelser
- Grunnforhold
- Skjøtetype
- Spesiell (viktige) type ledninger, for eksempel overføringsledninger
- Andre spesifikke forhold

Figur 5. Oversikt over parametere som ofte brukes for å dele inn ledningene i grupper.

Den vanligste måten å gruppere ledningene på er å ta utgangspunkt i materialet som gruppe. Dette er ikke alltid tilstrekkelig, da det for eksempel finnes utallige typer betongrør, og man har ofte en stor erfaringsforskjell på plastrør lagt før og etter 1980. Derfor er standarden som røret er produsert under, også et viktig kriterium for å gruppere ledninger. Denne standarden sier noe om kvaliteten på røret som ble produsert og gir oss en pekepinn på ledningens kvalitet og forventede levetid. Et annet viktig aspekt er i hvilken konstruksjonsperiode ledningene ble lagt. Spesielt ser man at ledninger lagt etter 2.verdenskrig og opp til 1965 sliter med mange feil. Årsaken til dette kan man normalt finne i måten ledningene ble lagt i grøftene på. Etter krigen bygget man ut store områder i stor hastighet. Kvaliteten på grøftene ble derfor ikke god, noe som har ført til at ledningene fra denne perioden er utsatt for mer feil enn ledninger lagt før krigen og etter 1965. Kvaliteten på produksjonen av både ledninger og grøfter er derfor viktig informasjon for å kunne dele opp ledningene i gode og homogene grupper.

Noen ganger deler man et materiale inn etter diameteren. Ved noen materialer i vannledningsnettet opplever man at små diametere har en høyere bruddrate/feilrate enn større diameter. Dette er som oftest knyttet opp mot veggtykkelsen, da små diameter naturlig har en tynnere vegg enn store diametere. Dette fører til hurtigere gjennomtæring ved små diameter. For avløpsnett kan små diameter føre til oftere driftsforstyrrelser fordi de tettes lettere når tilstanden ikke er god, enn ved store ledninger med dårlig tilstand.

Generelt kan man si at parametere/aspekter ved ledningene som har stor innvirkning på hvordan en gruppe av ledninger oppfører seg (eksempel; støpejernsledninger som ligger i marin leire, eller betongledninger med en dårlig type skjøter), bør tas hensyn til ved inndeling i grupper. Driftsdata om ledninger kan tas i bruk som hjelpemiddel for å dele ledningsnettet inn i grupper. Driftsdata om blant annet feil/brudd på drikkevannsledninger kan analyseres nærmere for å indentifisere «problem» ledninger. Disse ledningene kan da deles inn i en egen gruppe. Man ser gjerne at duktile støpejernsrør lagt før 1978/1980 har en mye høyere bruddrate enn rør av denne typen lagt etter dette tidspunktet. Dette skyldes en endring av produksjonsstandard. Man begynte ikke med innvendig beskyttelse av duktile støpejernsledninger før rundt 1978-1980. Rør av denne typen lagt etter dette tidspunktet vil være mye mer motstandsdyktig mot indre korrosjon og vil derfor ha en lavere bruddrate/feilrate.

- **Drikkevannsledninger:**
 - **Bruddstatistikk:**
 - Sammenligne bruddstatistikk basert på anleggsperioder
 - Sammenligne bruddstatistikk basert på små og store diametere
- **Avløpsledninger**
 - Driftsforstyrrelser
 - Videoinspeksjon – materialer og tilstand

Figur 6. Hjelpemiddel fra driftsdata kan tas i bruk når man konstruerer gruppene.

Tabell 6 gir en beskrivelse av de mest benyttede gruppene av ledninger for vann- og avløpsnett i Norge. Den første inndelingen skjer som oftest på bakgrunn av materiale. Neste steg er å dele inn med hensyn på diameter, konstruksjonsperiode, produksjonsstandard eller noe annet. Man ser av tabellen at et materiale noen ganger kan deles inn etter diameter, mens det samme materialet andre ganger kan deles inn etter anleggsår. Denne inndelingen tas som oftest individuelt i de ulike kommunene/byene, som har sine egne erfaringer med de ulike materialene. Denne lokale erfaringen er med på å bestemme hvilken inndeling som er aktuell. Dermed deler man samme materialer noen ganger på forskjellige måter.

Tabell 6. De mest benyttede gruppe-inndelingene av ledninger i vann- og avløpsnett i Norge.

Vannledninger	Avløpsledninger
Asbest sement ledninger deles ofte inn etter diameter da man opplever flere feil på små diametere.	Betong lagt før 1945. Ujevn kvalitet, men ofte god kvalitet på legging.
Grått støpejern deles ofte inn etter diameter da man kan oppleve flere feil på små diametere	Betong lagt 1945-1970. Ujevn kvalitet på ledninger, og ofte dårlig kvalitet på legging. Gruppen er ofte utsatt for mye skader.
Grått støpejern behandles ofte som en egen gruppe	Betong lagt 1970-1979. Økning av produksjonskvalitet og mye bedre legging enn foregående gruppe. Mye mindre feil på denne gruppen enn eldre betongrør.
Duktilt støpejern deles ofte inn med hensyn på diametere fordi man opplever flere feil på små diametere	Betong lagt fra og med 1980. Disse rørene har svært god kvalitet grunnet moderne produksjonsstandard.
Duktilt støpejern deles ofte inn på bakgrunn av ulik produksjonsstandard. Fra og med 1978/1980 ble disse rørene produsert med innvendig korrosjonsbeskyttelse. De deles derfor ofte i grupper før og etter 1978 eller 1980. (Årstallet kan variere)	PE rør behandles ofte som en egen gruppe. Om man har gamle PE rør så deles de gjerne inn før/etter 1977.
PE rør behandles ofte som en egen gruppe. Om man har gamle PE rør så deles de gjerne inn før/etter 1977.	PVC deles ofte inn på bakgrunn av ulik produksjonsstandard. Rundt 1977 ble det en endring i produksjonsstandard for plastledninger, noe som førte til at kvaliteten på ledningene ble mye bedre.
PVC deles ofte inn på bakgrunn av ulik produksjonsstandard. Rundt 1977 ble det en endring i produksjonsstandard for plastledninger, noe som førte til at kvaliteten på ledningene ble mye bedre.	Ledninger av glassfiber kan behandles som en egen gruppe. Glassfiberledninger fikk derimot en øking i ringstivhet fra 1984, om man ønsker å dele inn før/etter dette.
Ledninger av stål kan behandles som en egen gruppe.	Materialer man ikke har så mange ledninger av samles gjerne sammen i en egen gruppe, slik man gjør for drikkevannsledningene.
Ledninger av glassfiber kan behandles som en egen gruppe. Glassfiberledninger fikk derimot en øking i ringstivhet fra 1984, om man ønsker å dele inn før/etter dette.	
Ofte har man ikke så mange ledninger av stål og glassfiber. Man samler da gjerne disse sammen med de andre materialer man har svært lite av i ledningsnettet sitt. De utgjør en egen gruppe.	

Eksempel på inndeling av et drikkevannsnett i grupper vises i Figur 7. Eksempel på inndeling av avløpsnett i grupper vises i Figur 9.

Gruppenr	Navn	Materialkode
1	AAS1	AAS tom 150 mm
2	AAS2	AAS > 150 mm
3	SJG1	SJG tom 100 mm
4	SJG2	SJG > 100 tom 150 mm
5	SJG3	SJG > 150 mm
6	SJK1	SJK tom 150 mm
7	SJK2	SJK > 150 mm
8	PVC1	PVC tom 1980
9	PVC2	PVC etter 1980
10	PE	PE ledninger
11	REST	Ukjent, MCU, MGA, MST, RDEL, REM, GUP og RSM

Figur 7. Eksempel på inndeling av et vannledningsnett i grupper

5.3. Levetidsestimater for ledningsgruppene

Etter inndeling av ledninger i grupper er fastlegging av aldringskurven det viktigste skrittet. Dette skrittet er også det som ofte er forbundet med den største usikkerheten. Et annet navn for aldringskurve er overlevelseskurve eller overlevelsesfunksjon. For hver enkelt ledningsgruppe estimerer man en forventet levetid. For å gjøre dette bestemmer man levetider for tre ulike verdier:

- 100%: Alle de opprinnelige ledningene er fortsatt i drift. Inntil dette tidspunktet utføres det ingen fornyelse av ledningene, kun punkt reparasjoner og andre driftsmetoder.
- 50 %: Halvparten av de opprinnelige ledningene er fortsatt i drift, resten er rehabilitert. Dette tidspunktet angir den gjennomsnittlige levetiden for gruppen.
- 10%: 90 % av de opprinnelige ledningene er fortsatt i drift, resten er rehabilitert. De opprinnelige ledningene som fortsatt er i drift utgjør de mest holdbare ledningene av hver enkelt gruppe, og er derfor forventet å ha en lang levetid.

For hver av disse tre tallene angir man to tall, en pessimistisk antagelse og en optimistisk antagelse. Dette gir et intervall, noe man kan kalle et utfallsrom. Basert på 10, 50 og 100 % verdiene får man da to grafer, én for pessimistisk antagelse av levetid og en for optimistisk antagelse av levetid. Som ordene antyder, er den pessimistiske antagelsen den korteste levetiden man forventer at en ledningsgruppe skal kunne overleve. Den optimistiske antagelsen er den lengste levetiden man forventer at en ledningsgruppe skal kunne overleve. Basert på disse verdiene (de er input til LTP modellen) beregner LTP programmet den gjennomsnittlige/mest sannsynlige levetiden for ledningsgruppen. Det er den gjennomsnittlige forventede levetiden som gjengis i levetidskurvene slik man kan se av Figur 11 og Figur 10.

Et viktig men vanskelig aspekt er å bestemme hva levetiden egentlig betyr for avløpsledninger, og hva som er definisjonen av feil på en slik ledning. For vannledninger kan feil defineres ved antall ledningsbrudd, lekkasjer, og andre ting som medfører at kundene ikke får nok og godt vann. Avløpsledninger som har brudd, inn- og utlekking, sedimenter eller andre feiltyper kan likevel fungere tilfredsstillende under de fleste forholdene, og det er derfor ikke så entydig hva som defineres som en feil. I de fleste land (også i Norge) har det derfor blitt innført et system som definerer tilstandsklasser for avløpsrør. Klassene baserer seg på CCTV undersøkelser av avløpsnettets med observasjoner av forskjellige typer feil og graderinger, se (Bernhus et al., 2007). Ved bruk av slike tilstandsklasser kan levetiden defineres som overgang til en bestemt tilstandsklasse (for eksempel at ledningen er «død» når den kommer til tilstandsklasse 4, og man må iverksette renoveringstiltak). Andre parametre man kan benytte seg av i avløpsnett er mengde innlekking eller antall tilstoppinger/tilstopningsrate. En analyse av disse kan bidra i å gi en pekepinn på tilstanden for ledningsnettets som utgangspunkt for videre analyse. Alle disse analysene kan hjelpe vannverkene i å anslå levetider for ledningsgruppene sine.

Figur 8 er et eksempel på levetider for grupper i et vannledningsnett. Figur 9 gir eksempel på levetider for grupper i et avløpsnett. Disse er kun ment som eksempler. Man kan ikke gi en generell anbefaling for levetid av ledninger på landsbasis da dette blir altfor generelt. Levetid for grupper må avgjøres på lokalt nivå. Lokal kunnskap om de ulike rørmaterialer er viktig. Det anbefales derimot at det etableres en database på nasjonalt nivå som kan samle erfaring fra alle kommuner rundt forventet levetid og faktisk opplevd levetid for alle mulige grupper av ledninger. Om man starter arbeidet med en slik database nå, kan man sitte på en mengde

gode data rundt faktisk levetid av ledninger om 30-50 år. Slik data vil være en gullgrube for videre arbeid rundt dette emnet.

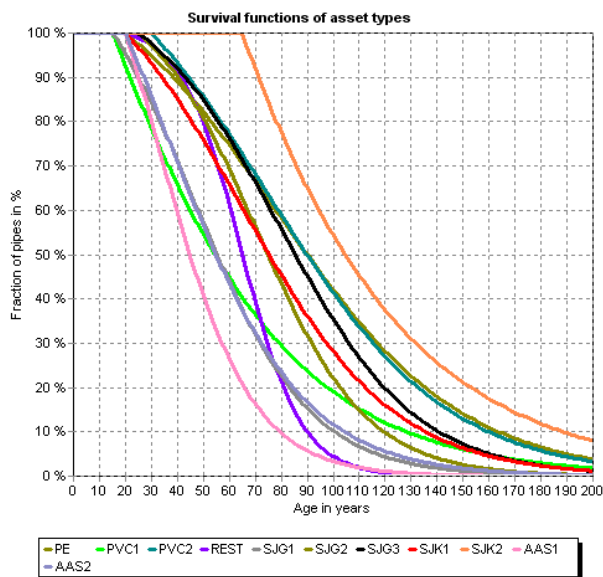
Gruppe	Materialer	100 %	50 %	10 %
PE	Alle PE ledninger	40-60	100-150	150-200
PVC1	PVC før 1977	25-35	60-80	90-120
PVC2	PVC fra 1977	40-60	80-120	150-200
SJG1	Grått støpejern små dim	40-60	100-150	150-200
SJG2	Grått støpejern store dim	70-90	130-150	150-200
SJK1	Duktilt støpejern uten beskyttelse	30-50	70-90	130-150
SKJ2	Duktilt støpejern med beskyttelse	70-90	130-150	160-200
AAS	Asbestledninger	20-30	40-60	60-90
REST	Andre materialer	60-80	100-140	150-200

Figur 8. Eksempel på levetider for ulike ledningsgrupper i et vannledningsnett.

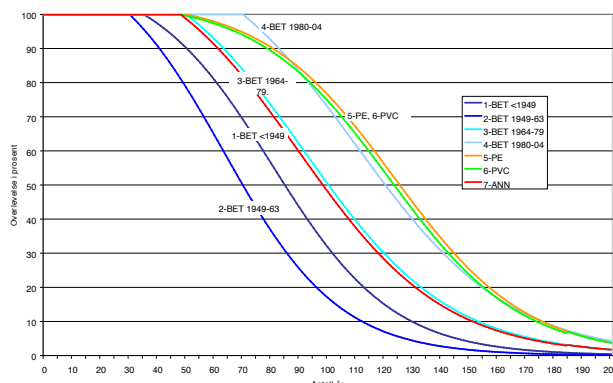
Gruppe	Materialer	100 %	50 %	10 %
BET1	Betong før 1949	30-40	80-90	120-140
BET2	Betong 1949-1963	25-35	60-80	90-120
BET3	Betong 1964-1979	40-60	80-120	125-175
BET4	Betong 1980-	60-80	100-140	150-200
PE	Alle PE ledninger	40-60	100-150	150-200
PVC	Alle PVC ledninger	40-60	100-150	150-200
Annet	Andre materialer	40-60	80-120	125-175

Figur 9. Eksempel på levetider for ulike ledningsgrupper i et avløpsnett.

Ved at man bruker pessimistisk og optimistisk levetids-estimat, sier man noe om usikkerheten i beregningene. Usikkerheten er illustrert ved avstanden/intervallet mellom de to tallene. Forventet verdi for levetid ligger mellom de pessimistiske og optimistiske verdiene. På grunnlag av disse levetidsdata beregnes overlevelses-funksjoner i LTP. Figur 10 viser overlevelsesfunksjoner for hver gruppe i et vannledningsnett basert på et midlere/medium anslag av levetid. Figur 11 viser det samme for et avløpsnett. Disse kurvene benyttes sammen med data om ledningsnettets (gruppe, lengde, anleggsår) til å beregne det årlige fornyelsesbehovet. Data om ledningsnettets sier hva man har av ledninger, og overlevelseskurvene gir programmet beskjed om hvor mange meter som skal skiftes ut årlig (basert på en viss mengde av hver gruppe som når sin forventede levetid hvert år).



Figur 10. Eksempel på levetidskurver for grupper i et vannledningsnett



Figur 11. Eksempel på levetidskurver for grupper i et avløpsnett.

5.4. Resultater fra LTP

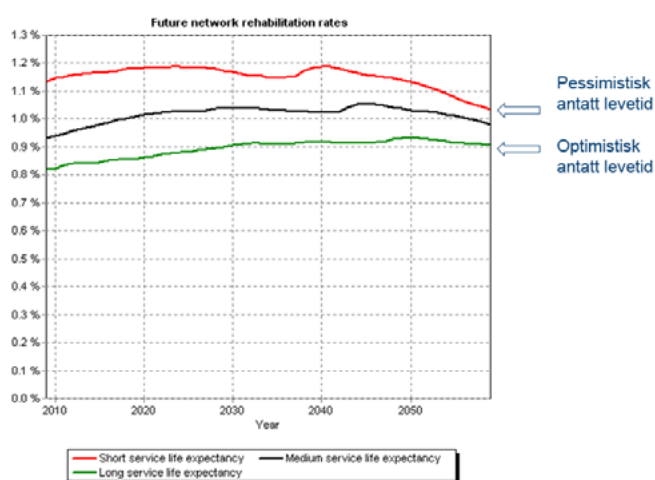
De pessimistiske og optimistiske verdiene i Figur 8 og Figur 9 brukes i programmet til å beregne en medium verdi, som anses som den mest sannsynlige levetiden. Disse verdiene benyttes så til å beregne framtidig nødvendig fornyelsesrate eller fornyelseslengde. Disse tre ulike nivåene av fornyelsesbehov er illustrert i Figur 12, hvor den svarte grafen i midten representerer medium verdi. Hvilket nivå man legger seg på (pessimistisk, medium, optimistisk) når man planlegger framtidig fornyelse avhenger mye av hvilket nivå av risiko man ønsker å legge seg på. Dette valget er et strategisk valg som avgjøres blant annet av hvor mange

punktreparasjoner man godtar på en ledning før den må fornyes. Om man godtar et høyere antall reparasjoner, betyr dette at man også legger seg på et risikonivå som er litt høyere. Kort forklart kan man skille mellom pessimistisk og optimistisk levetid med hensyn på risiko slik:

- I. Optimistisk levetid: Ledningene lever lengere. Man godtar flere reparasjoner per ledning. Risiko nivået øker. Man har høye driftskostnader, men lavere investeringskostnader.
- II. Pessimistisk levetid: Ledningene lever kortere. Man godtar færre reparasjoner per ledning. Risiko nivået er mindre. Man har lave driftskostnader, men investeringskostnadene er høyere.

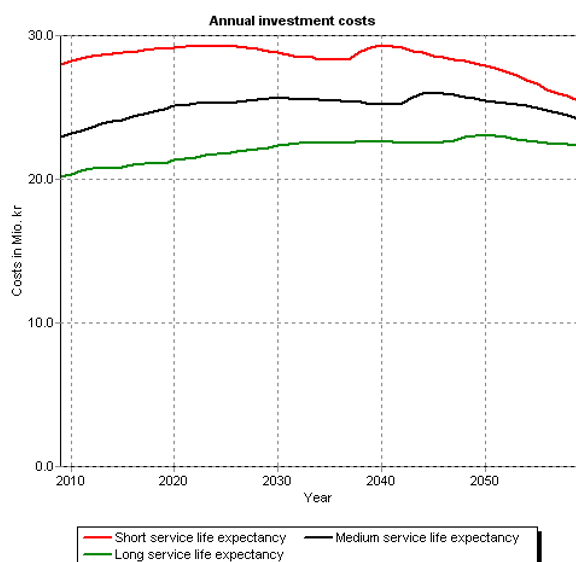
Det normale blant kommuner er å legge seg på medium antatt levetid da dette er det mest sannsynlige. Om man legger seg midt mellom vil man også mest sannsynlig få en god balanse mellom drift- og investeringskostnader og man vil ha et nivå av risiko man vil kunne leve med. Dette avhenger jo selvfølgelig av at man ikke har for store usikkerheter i antagelsene om levetid av gruppene. Om man bommer på de antagelsene, bommer man også på antagelsen om risiko-nivå.

Om man er begrenset av budsjettet, kan man derimot være nødt til å legge seg på optimistisk antatt levetid og fornye mindre enn det man kanskje har behov for. Da er man tvunget til å leve med en høyere risiko. Man må da benytte sitt driftsbudsjett for å redusere risikoen til et nivå man kan leve med.

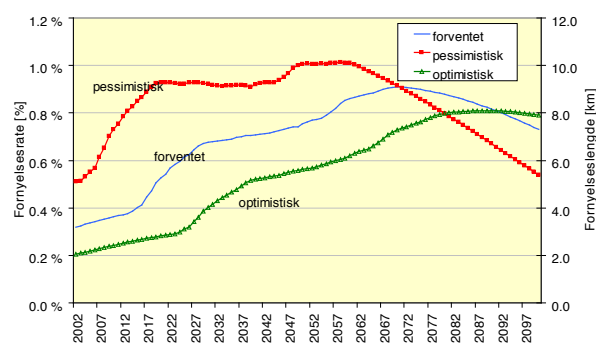


Figur 12. Forventet framtidig fornyelsesrate for et ledningsnett. Det er gitt rater basert på optimistisk, medium og pessimistisk antatt levetid.

Figur 13 har brukt forventet fornyelsesrate/mengde som er beregnet i Figur 12 til å beregne investeringskostnader. Her er det benyttet lengde per år og kostnader per meter for rehabilitering for å beregne de nødvendige investeringene. Figur 12 viser et noenlunde jevnt fornyelsesbehov framover, i motsetning til Figur 14, som viser et økt fornyelsesbehov framover. Noe annet man kan se av Figur 14 er at en optimistisk antagelse av levetid vil gå over i et høyere fornyelsesbehov enn for pessimistisk antagelse av levetid innen 2080. Så langt fram i tid er det knyttet stor usikkerhet ved, men det er likevel sannsynlig at dette er en riktig antagelse. Om man antar en optimistisk levetid betyr dette at utskiftningsbehovet blir forskjøvet fram i tid i forhold til en pessimistisk antatt levetid. Ved den pessimistiske antatte levetiden kommer behovet for utskiftning tidlig i prognoseperioden.

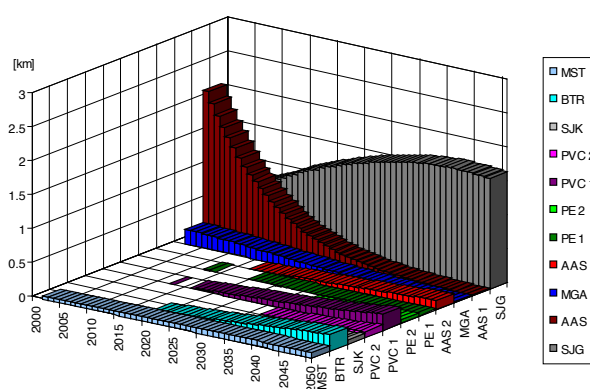


Figur 13. Forventet framtidig investeringskostnader for et ledningsnett. Det er gitt kostnader basert på optimistisk, medium og pessimistisk antatt levetid.



Figur 14. Eksempel på framtidig forventet fornyelsesrate og fornyelseslengde. Disse er angitt basert på optimistisk, medium (angitt som «forventet» i denne figuren) og pessimistisk antatt levetid.

Figur 15 viser det framtidige rehabiliteringsbehovet fordelt på de ulike ledningsgruppene istedenfor bare å vise det for hele nettet. Dette gir en bedre illustrasjon av hvilke gruppe man bør rehabilitere i den første perioden, og hvilke man bør fokusere på senere. Man ser blant annet at asbestsement-ledningene bør skiftes ut årlig med ca 2 km i starten med gradvis nedtrapping til ca 0,5 km etter 15 år, mens ledningene i grått støpejern vil ha et økende, men stabiliserende, behov for utskifting. I Figur 12 til Figur 14 er behovene akkumulert for alle ledningsgruppene slik at man for tallene på ledningsnett-nivå.



Figur 15. Langtidsbehov for rehabilitering av vannledninger (km/år/ledningsklasse)

5.5. Begrensninger i LTP

En prognostisering av utskiftningsbehovet har selvfølgelig sine begrensninger og jo lengre man vil se i fremtiden jo større er usikkerheten. Usikkerheten kan deles inn i to typer. Den ene er feil ved beregningsgrunnlaget og den andre er fremtidige forandringer i systemet. Den første kategorien inneholder feil og manglende data som material og anleggsår, utilstrekkelige rørinspeksjoner, mangler i systemet for å lage tilstandsklasser og ikke minst den måten man ekstrapolerer fordelingen av tilstandsklasser eller vurderer overlevelsesfunksjoner.

Den andre kategorien kan ha enda større påvirkning av utskiftningsbehovet. Kravene til avløpssystemet vil endre seg over tid, for eksempel til utlekking og overløpsmengder. Befolkningstallet kan endre seg annerledes enn forventet og lastene på ledninger forandres ved byggetiltak og trafikkøkning. En omlegging fra felles til separatsystem vil naturlig nok ha en stor påvirkning på utskiftningsbehovet.

En annen usikkerhet knytter seg til at det stadig tas i bruk nye metoder som kan utsette en utskiftning av hele ledningen.

5.6. Iterasjonsprosessen

For å redusere usikkerheten i LTP analysene og forbedre estimeringen av framtidige fornyelsesbehov, anbefales det at det gjennomføres en ny LTP analyse med jevne mellomrom. Slike intervall bør ikke være lengere enn 10 år. Gjennom disse 10 årene vil man tilegne seg nye data og nye erfaringer som man kan benytte for å forbedre de valgene man tar i LTP. Man kan blant annet måle effekten av de tiltakene man gjør på ledningsnett. Man kan velge seg ut indikatorer slik som lekkasjeprosent eller feilrater på drikkevannsnett og innlekking eller tilstopningsrater på avløpsnett. Utviklingen av disse indikatorene over tid vil si noe om effekten til rehabiliteringstiltakene. Det er dermed en måling av strategien man har valgt.

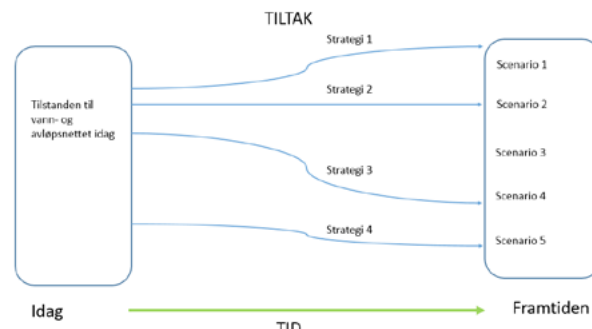
I tillegg til å måle effekten har man tilgang til mer driftsdata og lengere erfaring rundt utviklingen av de ulike ledningsgruppene. All denne erfaringen og all ekstra data må man ta hensyn til når man gjør en ny vurdering av ledningsgrupper og av levetider.

En ny kjøring av LTP bør gjøres minimum hvert 10 år. Hver prosess er en iterasjon hvor man bruker den kunnskapen man har opparbeidet seg for å forbedre neste steg i prosessen. Kommuner som har gjort dette over flere periode vil innse at de har lært mye nytt om sitt ledningsnett, og at de nye estimeringene av levetid nok vil være forbundet med mindre usikkerhet enn de var ved første modellering.

5.7. Tre verktøy i LTP

Framtiden, som det er hensikten at vi skal modellere i LTP, er usikker. Derfor er det et behov for å se på ulike framtidige scenarier og ulike løsninger/tiltak for fremtiden. Ulike tiltak kaller man for strategier. En optimal planleggingsprosess tar derfor hensyn til at fremtiden er usikker ved å se på flere mulige framtider (scenarier) og flere mulige strategier for å løse de framtidige problemene på best mulig måte.

Figur 16 illustrerer denne prosessen. Til venstre har man tilstanden til vann- og avløpsnettene slik de er i dag. Til høyre har man fremtiden, representert ved ulike scenarier. For å komme seg fra i dag til fremtiden må man gå gjennom én av flere strategier. Strategiene viser ulike veier for å nå samme mål; en bærekraftig framtidig VA-infrastruktur.



Figur 16. Illustrasjon av metodologi for utvelging av best strategi for å løse framtidige utfordringer

For å se hvilke tiltak som fungerer best for de ulike framtidige scenariene er det behov for måle effekten av de. Vi trenger derfor et verktøy for å måle ytelsen til de ulike strategiene for ulike framtidige scenarier. Dette kan gjøres ved å anvende indikatorer, men det er også et verktøy i LTP som er laget for denne hensikten. LTP består av tre verktøy for å utføre nettopp denne type analyser. Disse tre verktøyene er (det er henvist til disse verktøyene i kapittel 4.2):

- RSM: Rehabilitation Strategy Manager
- RSW: Rehabilitation Scenario Writer
- RSE: Rehabilitation Strategy Evaluator

Disse tre verktøyene er en måte å løse fremtiden på akkurat som vist i Figur 16. Verktøyene er en realisering av denne illustrasjonen. For å skjønne hvordan disse verktøyene fungerer sammen forklares derfor hvert enkelt verktøy nærmere.

RSM Rehabilitation Strategy Manager

RSM er hovedverktøyet. Det representerer strategiene i Figur 16

Figur 16. Det er dette verktøyet som beregner framtidig fornyelse- og investeringsbehov og som er presentert i kapittel 5. Med dette verktøyet kan man bygge ulike strategier for rehabilitering. Slike strategier kan for eksempel baseres på:

- Prosent av no-dig metoder benyttet i fornyelse vs. prosent av utskiftning benyttet
- Andel fornyelse som er koordinert med annen infrastruktur, for eksempel veier. En slik koordinering vil senke kostnadene slik at man får utført mere fornyelse, men det vil kunne øke gjennomsnittsalderen på ledningsnett da man ofte ikke får skiftet de ledningene som har størst behov ved slike strategier.
- Hvor mange reparasjoner skal man godta før man velger å fornye en ledning? Dette er et strategisk valg som er nærmere forklart i kapittel 5.4.

Dette er bare eksempler på hvordan man kan velge strategi. Det er mange ulike måter å sette opp en strategi på, og alle vil ha ulik påvirkning på framtidig bærekraft og de framtidige scenarier.

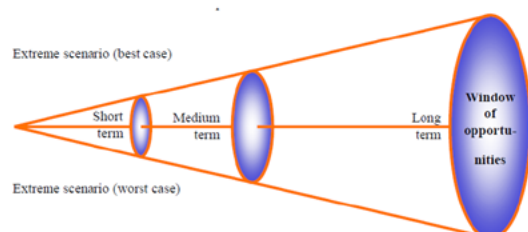
RSW Rehabilitation Scenario Writer

Dette verktøyet produserer scenarier for å beskrive ulike potensielle framtider. Dette verktøyet representerer scenarioene/framtiden i Figur 16. Man kan velge hvor mange scenarier man ønsker å ha i sin analyse, men det normale er tre scenarier. Disse tre utgjør da en pessimistisk, en medium og en optimistisk framtid. Man kan velge hvilke kriterier man ønsker å bruke for å beskrive framtiden. Noen av disse kriteriene kan være befolkningsutvikling, effekter av klimaendringer etc.

Verktøyet er bygget slik at det undersøker selv at et scenario ikke er selvmotsigende, det vil si at det sjekker kriteriene opp mot hverandre før kriterier godtas. Dette er en god kvalitetssikring av scenario-bygging.

Scenariene bygges slik at de analyserer framtiden som en kjegleform, se Figur 17. Det vil si at jo lenger man kommer i framtiden, jo større blir intervallet mellom «best-case» (lys framtid) og «worst-case» (mørk framtid) scenario. Dette er en normal utvikling i og med at usikkerheten øker med et økende tidsperspektiv. En slik analyse av framtiden åpner et vindu av muligheter, et intervall som har et utfallsrom mellom ytterpunktene. Dette betyr at framtidens virkelighet bør falle mellom disse ytterpunktene, men at den mest sannsynlige framtidige utviklingen følger medium utvikling som ligger langs den sentrerte linjen. Man kan se av figuren av utfallsrommet øker fra «short-term» til «medium-term» og «long-term». Dette gjør det vanskeligere å forutsi hvordan framtiden er om 50 år enn hva den er om 25 år. Usikkerheten og utfallsrommet øker betraktelig med et økt tidsperspektiv.

Scenario method: funnel into the future



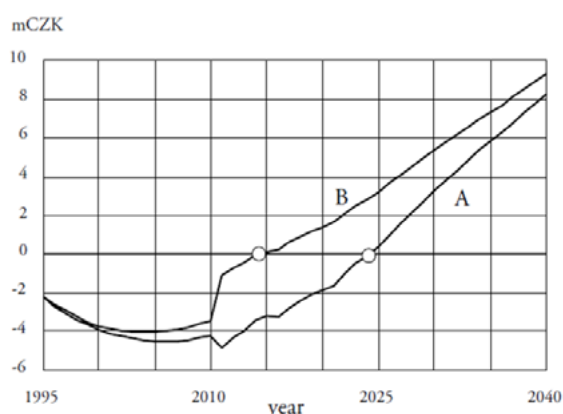
Figur 17. Scenariobygging i RSW verktøyet.
(Figur hentet fra Herz, 2003)

RSE Rehabilitation Strategy Evaluator

Dette verktøyet ligger utenfor Figur 16. Det er et verktøy som måler alle strategier opp mot alle scenario. Man velger ut sett av indikatorer som man måler med. Slike indikatorer kan for eksempel være lekkasjerate eller feilrate for drikkevannsledninger, eller det kan være «break-even» år, det vil si det året gevinsten er like høy som de totale kostnadene. Etter dette vil man gå i pluss på grunn av rehabiliteringstiltakene da gevinsten vil være høyere.

Strategiene måles to og to mot hverandre ved hjelp av et multikriterie verktøy. Hver enkelt strategi gis en poengsum og så blir alle strategiene rangert. De beste strategiene rangeres høyest. De har scoret best mot de framtidige scenariene når man gjør en total vurdering for alle scenarier.

Figur 18 er en sammenligning av to strategier med hensyn på «break-even» år. Man ser at man når et «break-even» punkt hele 10 år tidligere med strategi B enn med strategi A. Slike målinger er en måte å måle den økonomiske bærekraften og effektiviteten til strategiene.



Figur 18: «Break-even» år for to forskjellige strategier.
Figur hentet fra (Herz, 1998).

6. Modell for samlet investeringsbehov som også inkluderer bærekraft

Modellen som presenteres i dette kapittelet er forbeholdt de kommuner som ønsker å legge seg på ambisjonsnivå 3, i henhold til kapittel 4.2. Modellen har et stort behov for input data og det må utføres en del forundersøkelser for å hente inn relevante og gode data. Om man legger seg på ambisjonsnivå 3 må man gjøre en dypere og bredere studie enn det som er presentert i denne rapporten. Denne rapporten er ment å gi en innføring i metodikken. Om man velger å anvende denne modellen vil den kunne gi gode resultater som gir omfattende grunnlag for beslutningstaking.

EU prosjektet TRUST ble ferdigstilt i 2014 (TRUST, 2014). Prosjektet hadde fokus på bærekraft i den europeiske vannsektoren. TRUST står for «TRAnsition to the Urban water Services of Tomorrow», som betyr at man vektlegger løsninger for framtiden. Figur 19 gir en illustrasjon av prosjektets hensikt, som er å bistå byer i en overgang fra dagens tilstand til en ønsket blå-grønn tilstand i framtiden, nærmere bestemt 2040.

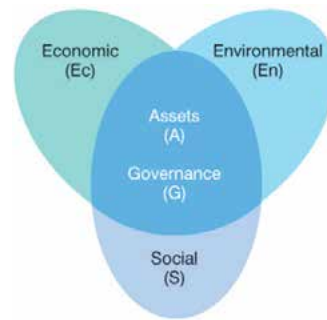


Figur 19. TRUST «Transition of the urban water services of tomorrow». Figur hentet fra (Alegre et al., 2012).

Figur 19 kan relateres til Figur 16. For å komme til en optimal framtid som vist i Figur 19, må man se på framtidige mulige scenarier som kan oppstå. Det er mot disse forskjellige mulige framtidene man må planlegge.

Da prosjektet hadde fokus på bærekraft var en av de sentrale oppgavene i prosjektet å definere hva bærekraft betyr for vannbransjen i Europa. (Alegre et al., 2012) gir et rammeverk for vurdering av bærekraft i det urbane vannsystemet. En standard definisjon av bærekraft sier at man oppnår en bærekraftig utvikling der man tar like godt hensyn til alle de tre dimensjonene av bærekraft, som er økonomi, miljø og det sosiale aspektet. I tillegg til disse har (Alegre et al., 2012) derimot også inkludert aspektene «Assets» og «Governance», se Figur 20. «Assets» representerer komponentene i VA-systemene,

og «Governance» representerer forvaltningen av disse og hvordan et vannverk styres. TRUST sin definisjon av bærekraft sier så at god kvalitet på «assets» og god ledelse og styring av VA-organisasjonen må ligge til grunn for at en bærekraftig utvikling skal kunne oppnås. Derfor er «Assets» og «Governance» illustrert som sentrum av bærekraft-sirkelen.



Figur 20. Tilnærmingen til bærekraft for den europeiske vannsektoren i henhold til TRUST prosjektet. Figur hentet fra (Alegre et al., 2012).

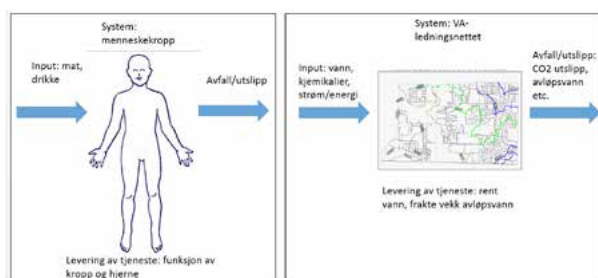
Norsk Vann har også utgitt en rapport om bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene, se (Enander et al., 2014). Norsk Vann ønsker at bærekraftig utvikling skal fungere som vannbransjens strategiske plattform for den retningen og de valgene som sektoren må ta framover. Norsk Vann rapporten referer også til EU prosjektet TRUST. For mer inngående informasjon om bærekraft i vannbransjen henvises det til å lese disse to rapportene.

6.1. Hva er metabolisme?

Uttrykket metabolisme kommer fra det medisinske fagområdet som omhandler kroppens inntak og omsetning av næringsstoffer, og utskilling avfallsstoffer. Dette illustreres i Figur 21. En annen beskrivelse av metabolisme er analyse av den totale materialflyten inn i og ut av et system. Menneskekroppen trenger mat og drikke for at den skal fungere i det daglige. Menneskekroppen tar opp de næringsstoffene den har behov for og sender de rundt i kroppen. Noe energi lagres, mens annen energi brukes til å utføre oppgaver. Restproduktet fra denne prosessen er avfall/utslipp til omgivelsene.

Dersom en anvender denne metaforen på vann- og avløpssystemet trengs det innsatsfaktorer i form av energi, kjemikalier, strøm etc. for at systemet skal fungere. Det som kommer ut av systemet er CO₂-utslipp, utslipp til resipienter etc. I systemet, som kan være menneskekroppen, VA-systemet eller hvilket som helst annet system med de samme rammebetingelser, skjer det en prosess, en metabolisme. Prosessen tar opp og anvender input for å levere en tjeneste. I denne

prosessen produserer systemet avfall og utslipp til omgivelsene. Disse utslippene kan kvantifiseres og man kan vurdere effekten av dem. Dermed har man en kobling mellom input og output fra systemet. Størrelsen på disse verdiene og effekten av å øke, minke eller endre input kan måles. Dermed har man et verktøy for å måle bærekraften til et system basert på hva man putter inn i det. Det man putter inn er bestemt av ulike løsninger og ulike strategier. Det er derfor også et godt verktøy for å sammenligne effekten av ulike løsninger og strategier.



Figur 21. VA-systemets metabolisme sammenlignet med menneskekroppens metabolisme.

En slik metabolisme-modell utvikles for hver enkelt case ved å legge inn relevante lokale data. Metabolisme-modellen beregner effekten av input data på utvalgte indikatorer for bærekraft. Disse indikatorene kan velges basert på hva man ønsker å måle, for eksempel lekkasjerate eller CO₂-utslipp. Resultatet er en sammenligning av hvordan indikatorene varierer fra den nåværende verdien over perioden man analyserer. Dette kan man gjøre for ulike caser/strategier.

Tallene som benyttes for input til VA-anleggene, og de verdiene man får for avfall/utslipp sier dermed noe om systemets bærekraft.

6.2. Hva er DMM og hva kan man gjøre med programmet?

DMM, som står for Dynamisk Metabolisme Modell, er en brukervennlig modell basert på metabolismeprinsippet og skal bistå vannverk i å velge de mest bærekraftige løsninger og strategier. DMM er dermed et beslutningsstøtteverktøy som analyserer metabolismen (materialflyten) i VA-systemet. Modellen er basert på Microsoft Excel for å være både anvendelig og brukervennlig. DMM er tilgjengelig fra NTNU, institutt for vann- og miljøteknikk, <http://www.ntnu.no/ivm>.

Modellen er basert på at man legger inn enhetsverdier for ulike deler av VA-systemet, basert på hva man

ønsker å analysere. Om man kun ønsker å analysere ledningsnett for drikkevann er dette mulig. Da legger man inn verdier relatert til drikkevannssystemet og eventuelt nødvendige tilleggs parametere. Alle inputverdier skal inn i én enkelt Excel fil.

Modellen er bygget slik at man kan se på og sammenligne ulike alternativer for tiltak. Denne modellen er, slik som RSW i LTP, bygget slik at man kan konstruere ulike framstillinger av framtiden, såkalte scenarier. Dermed kan man måle effekten av ulike tiltak for ulike strategier. Ønsket framtidig nivå på VA-systemet gis av kommunens ambisjonsnivå. Modellen kan dermed tilpasses den enkeltes kommunes nivå med hensyn på ambisjoner, ressurser, størrelse etc.

Resultatene fra modellen gis i resultatfiler som presenterer tidsserier av de indikatorer man ønsker å se på. Indikatorene måler effekten av de ulike tiltakene. Tidshorisonten for modelleringen (hvor lang fram i tid man ønsker å modellere) gis av brukeren i hvert enkelt tilfelle.

Man kan kort oppsummere mål og fremgangsmåte for DMM med følgende:

Målet med DMM: Å tilby et verktøy for å analysere metabolismen og miljømessige påvirkninger av materialflyten i et urbant vannsystem, og å undersøke framtidige strategier og alternativer for tiltak.

Fremgangsmåte:

- Man utvikler modellen for hver enkelt case ved å legge inn data for de deler av VA-systemet man ønsker å analysere. Om man for eksempel ønsker å analysere vannforsyningssystemet må man legge inn relevant data for kilde, renseanlegg og vannledningsnett.
- DMM beregner utvalgte indikatorer for bærekraft. Indikatorene er valgt av brukeren.
- Sammenligning av hvordan indikatorene varierer fra den nåværende verdien over perioden man analyserer
- Dette kan man gjøre for ulike tiltak/strategier
- Man kan også gjøre det for ulike scenarier (ulike framstillinger av den usikre framtiden)

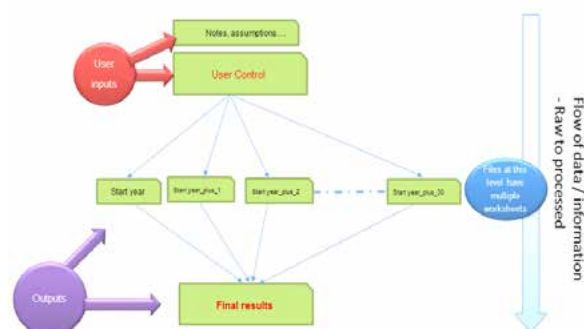
6.3. DMM struktur og resultater

DMM er basert på Excel-filer, hvor man legger inn data i en fil og får resultater i årsvise filer. Programmet er delt opp for de ulike deler av VA-systemene, som betyr at man har egne deler for nedbørfelt og kilde, renseanlegg for drikkevann, ledningsnett for drikkevann, ledningsnett for avløpsvann, og avløpsrenseanlegg. Fordi program-

met er delt opp slik, kan man velge å benytte de delene man selv ønsker å utføre en analyse av. For eksempel kan man velge og bare vurdere ledningsnett for vann og avløp om man ønsker å beregne investeringsbehov kun for ledningsnettene.

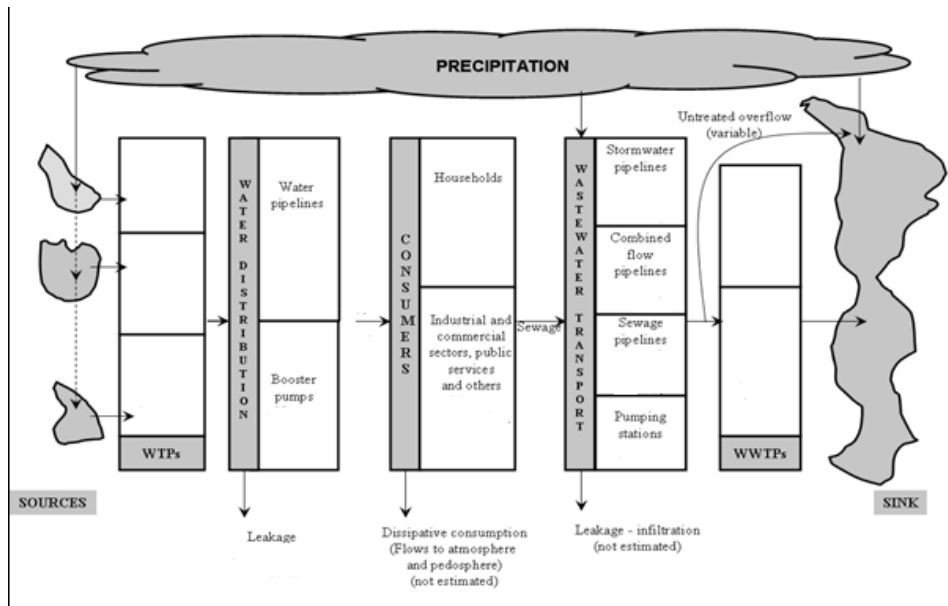
All input av data for VA-systemene gjøres i en fil som kalles «User control», se Figur 22. Denne Excel-filen ansees som input filen hvor all data for modelleringen registreres. Før man starter modelleringen må man vurdere tidsaspektet for prognosen, som betyr at man må vurdere hvor langt fram i tid man skal vurdere tiltak og effekter av disse. Om man ønsker å analysere 30 år fram i tid, må man opprette 30 resultatfiler utenom input-filen, én fil for hvert år. I tillegg eksisterer det en resultat-fil for startåret for analysen. Disse filene illustreres i linje to i Figur 22. Dette betyr at DMM genererer et resultat for hvert år av analyseperioden. Resultatene fra alle de enkelte resultat filene importeres automatisk inn i en separat resultatfil, illustrert ved «Final results» i figuren. Denne filen gjengir resultatet for analysen over hele prognoseperioden.

STRUCTURE OF THE DMM (Excel files with multiple worksheets)



Figur 22. DMM modellens struktur

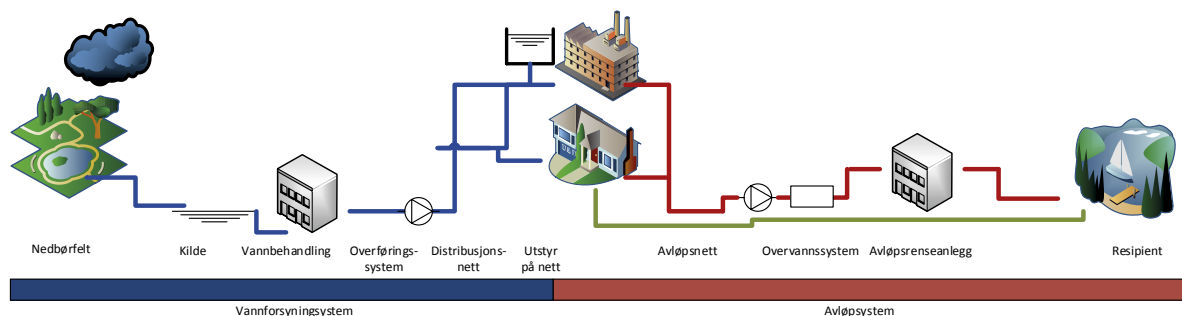
I starten av analysen henter man inn generelle data om VA-systemet som skal analyseres. Disse data og andre forutsetninger for analysen gjengis i en egen fil, i henhold til Figur 22. De data man legger inn for VA-anleggene gjengis i en figur-oversikt over VA-systemet, se Figur 23 (denne figuren har ingen verdier gjengitt). Figuren er delt opp i drikkevannskilde, vannbehandling, vandrdistribusjon, kunder og forbruk, avløpsnett, avløpsbehandling og resipient.



Figur 23. Oversikt over VA-systemet. Input data til DMM.

DMM er bygget slik at den kan beregne investeringskostnader for hver enkelt komponent i VA-systemet og aggregere kostnadene opp til by-nivå per år eller for en gitt tidsperiode og tidshorisont. Ut fra alle komponentene i et VA-system, representert ved

Figur 24, kan man velge ut de deler og komponenter man ønsker å analysere. Det er dermed en prosess som er lett å skreddersy den enkeltes kommunes behov. Et eksempel på noen typiske input data er vist i vedlegg 3. Det finnes tilsvarende data for andre deler av VA-systemet (f eks renseanlegg).



Figur 24. Hovedkomponentene i VA-systemet.

Når man har bygget modellen (lagt inn alle input data) og kjørt analysen for prognose-perioden får man ut resultatene på ulike former. Resultatene kan leses av grafer eller av tabeller. Eksempel på en resultatgraf er gjengitt i Figur 25. Denne figuren gjengir variasjonen for en rekke indikatorer over tid for en gitt strategi (som inkluderer en rekke bestemte tiltak). Tiden er den samme som prognoseperioden. Indikatorene får en initial normalisert verdi, som er den verdien indikatoren har i dag. Den normaliseres til verdien 1. Dermed blir det lett å måle indikatorene over tid i henhold til den initiale verdien på 1.

Indikatorene beregnes av programmet. De er resultatet etter modelleringen og brukes for å vurdere de ulike strategiene. Valgene en kommune tar med hensyn på rehabiliteringsstrategi baserer seg på indikatorene. Input data som brukeren må putte inn er ulike rehabiliteringsstrategier og scenarier for framtiden.

Eksempelen viser at verdien av de fleste indikatorer vil gå ned over tid, noe som betyr at den målte strategien har en positiv effekt på indikatorene. Normalt sett vil

man ikke måle sine strategier opp mot så mange indikatorer som er gjengitt i denne figuren. Noen av de oppgitte indikatorene her er:

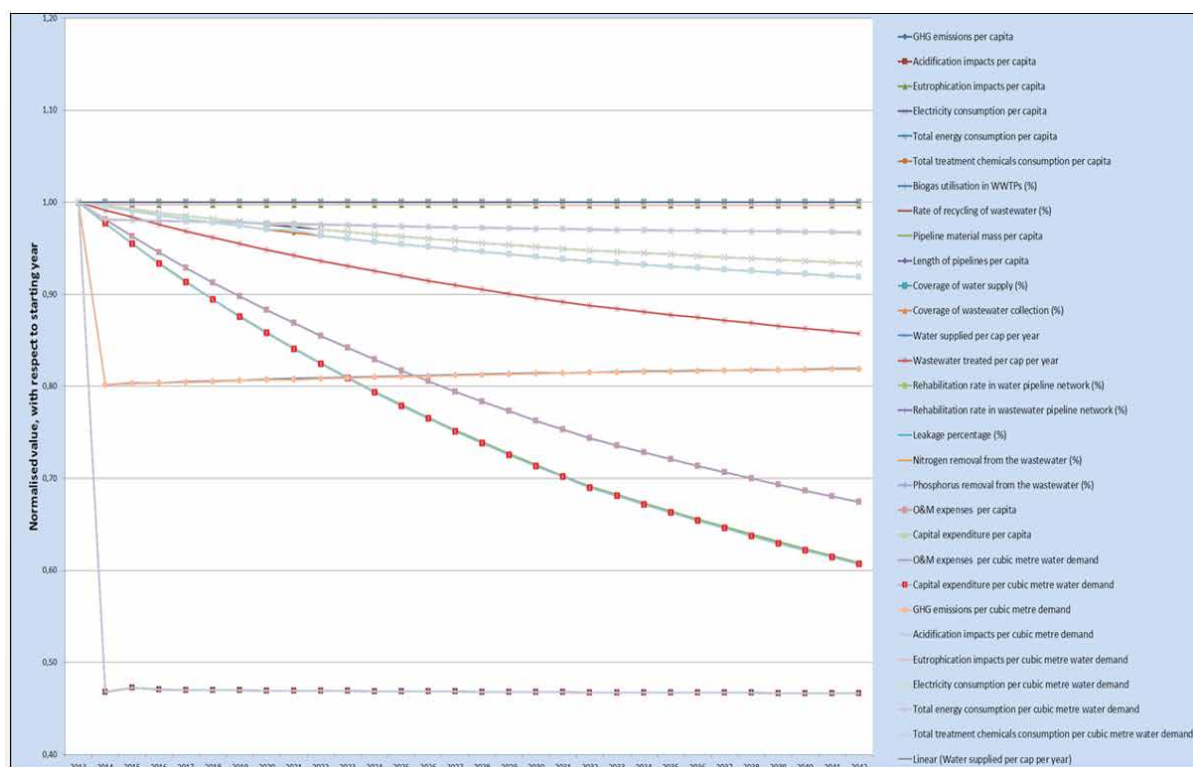
- Drivhusgassutslipp per person
- Påvirkning på eutrofiering per person
- Energiforbruk per person
- Totalt kjemikalieforbruk i renseanlegg per person
- Lekkasjeprosent
- Prosent nitrogen- og fosforfjerning fra avløpsvann

Denne figuren har i tillegg oppgitt verdien for noen tiltak i figuren, slik som :

- Drift- og vedlikeholdsutgifter per person
- Investeringskostnader per person

Tiltakene oppgis gjerne i samme figur for å se den visuelle sammenhengen mellom de tiltakene man gjør og den effekten de har på indikatorene.

Når indikatorene beregner utslipp per person er det tatt hensyn til en befolkningsøkning eller befolkningsreduksjon, slik at dagens verdier og de fremtidige verdiene er direkte sammenlignbare.



Figur 25. Eksempel på en resultat-graf fra DMM.

6.3.1. Konklusjon DMM

Det anbefales at DMM-modellen benyttes som standard for å beregne totalt investeringsbehov med fokus på bærekraft både på lokalt og nasjonalt nivå. Det presiseres at bruk av DMM-modellen er for de kommuner som ønsker å ta det neste steget innen bærekraft modellering. Da DMM er en modell basert på Excel er den enkel å bruke og behovet for inngangsdata er ikke stort, men det avhenger selvfølgelig av omfanget av analysen (hvor stor del av VA-systemet man ønsker å analysere). Modellen klarer fint å jobbe med store mengder data og vil derfor gi et godt resultat på nasjonalt nivå.

DMM er et godt verktøy for både små og store kommuner og vil gi gode resultater for investeringsbehov og bærekraftvurderinger på lokalt nivå.

6.4. Prosess for å måle bærekraft (i DMM)

Det er etablert en prosess i DMM for å måle bærekraften til ulike løsninger for et bestemt VA-system. Prosessen er en viktig del av modellen og er basert på tre steg. De samme tre stegene kan identifiseres i de tre verktøyene i LTP (RSM, RSW, RSE), noe som viser at dette er en etablert prosess i det vitenskapelige miljøet for hvordan man best mulig kan planlegge for en usikker framtid. De tre stegene er som følger:

1. Scenarier – Dette er input til modellen og er en type data som brukeren (vannverkene) ikke har kontroll over selv. Man bygger scenarier for ulike beskrivelser av hvordan fremtiden kan se ut (med hensyn på klima, befolkning, politikk, økonomi, krav til VA-tjenester etc.). Scenarier er noe vannverkene ikke kan kontrollere, men noe som de må forholde seg til fordi de påvirker VA-systemene.
2. Tiltak/Strategier – Dette er input til modellen og er en type data som brukeren (vannverkene) har kontroll over selv i og med at de vurderer selv hvilke rehabiliterings strategier som skal vurderes. Her beskriver man ulike strategier og konkrete tiltak for å løse de framtidige problemene. Tiltak er noe vannverkene selv kan kontrollere og som de utvelger basert på hva forventes å få best utslag for VA-systemet.
3. Indikatorer – Dette er output (resultater) fra modellen. De måler effekten av tiltakene for de ulike fremtidige scenarier. Indikatorer velges ut individuelt av hvert enkelt vannverk. Modellen beregner verdien av indikatorene over tid, for eksempel årlige verdier for de neste 50 årene.

DMM er dermed bygget opp etter den samme prosessen som er illustrert i Figur 16. I modellen kan et vannverk definere et sett av tiltak/strategier. Disse tiltakene kan analyseres hver for seg eller kombineres. Samtidig defineres det en rekke ukjente framtider gjennom scenarier. Indikatorer som man vil måle med velges så ut for hver enkelt case. DMM har en rekke indikatorer innebygd som man kan velge blant. Noen av disse er gjengitt i Figur 25. Indikatorene vil hjelpe sluttbrukeren å velge riktige (de mest bærekraftige) tiltakene for å løse framtidens (og nåværende) problemer i VA-systemet. Om man for eksempel måler:

- drift og vedlikeholdsutgifter per innbygger
- investeringskostnader
- lekkasjeprosent

over tid vil man få et grunnlag for å si hvordan kombinasjonen investeringskostnader/drift- og vedlikeholdskostnader påvirker tilstanden til ledningsnett, her representert ved lekkasjeprosent. Ved å måle dette kan man finne en optimal strategi med hensyn på investering vs. drift og vedlikehold for å minimere vannlekkasjer i drikkevannsnettet.

6.5. Analyse av renseanlegg

DMM kan blant annet vurdere hvor lenge det er økonomisk nyttig å drifte et renseanlegg sammenlignet med å fornye det. Dette gir en vurdering av når det er fornuftig å investere i nytt utstyr. Samtidig som man kan vurdere kostnader kan man også vurdere den miljømessige tilstanden til renseanlegget. Med DMM kan man dermed gjøre en vurdering av renseanleggets bærekraft både med hensyn på miljømessig ytelse og med hensyn på økonomisk drift.

Direkte økonomiske kostnader for å fornye et renseanlegg må hentes inn fra B17 rapporten, se Figur 3. B17 gjengir total kostnad for store, mellomstore og små renseanlegg. Disse kostnadene må tilpasses til hvert enkelt tilfelle og brukes inn i DMM som kostnad for å investere i nye anlegg. Driftskostnader må også hentes inn i hvert enkelt tilfelle. Med disse kostnadene kan man gjøre en vurdering av når det er økonomisk fornuftig å fornye anleggene. Miljømessige aspekter brukes også i denne vurderingen da et aldrende renseanlegg vil øke den miljømessige belastningen. Man må da i hvert enkelt tilfelle gjøre utføre en vektning av miljømessige parametere vs. økonomiske parametere som vil fungere som beslutningsgrunnlag.

Enhetskostnadene fra B17 rapporten er kun tilgjengelig på renseanlegg-nivå. Det bør utarbeides et dokument hvor disse enhetskostnadene er tilgjengelig på komponentnivå, slik at man kan vurdere bærekraften (økonomisk del) av å skifte ut komponenter i renseanlegget (for eksempel filter eller UV-aggregat) istedenfor et total fornyelse av hele renseanlegget. Kostnader på komponent-nivå vil helt klart forbedre mulighetene man har for å optimalisere investeringsplanleggingen av renseanlegg.

7. Case - erfaringer

7.1. Oslo kommune

Gjennom TRUST prosjektet ble DMM modellen anvendt på VA-systemet i Oslo, se (Venkatesh et al., 2014). Rapporten gir et godt innblikk i hvordan modellen kan benyttes og hva den gir av resultater. I rapporten er det også noe tilbakemelding fra Oslo kommune på modellen og dens anvendelighet.

7.2. Oppegård kommune

I tillegg ble DMM modellen testet ut på data fra Oppegård kommune i dette prosjektet. En work-shop ble avholdt 5.mai 2015. Hensikten med denne casen var at modellen skulle testes ut på en norsk kommune som kunne gi sin tilbakemelding på modellen, dens resultater og dens anvendelighet. Tilbakemeldingen fra Oppegård kommune på DMM modellen, som er basert på deres erfaring fra testingen og gjennomgangen, er gjengitt i sin helhet i Vedlegg 2. I dette kapitlet er det gitt en oppsummering av den samme tilbakemeldingen. I Oppegård ble LTP modellen også anvendt og testet for å få en tilbakemelding. Tilbakemeldingen er gjengitt i sin helhet i samme vedlegg. Den oppsummeres ikke i dette kapitlet. LTP ansees som en velfungerende og akseptert metode for langtids strategisk planlegging av fornyelsesbehov på internasjonal og nasjonal basis. DMM er derimot en mye nyere type modell som ikke har like lang fartstid i vannbransjen. Det er derfor noe mer usikkert hvordan vannverk vil reagere på en slik modell. Derfor gjengis tilbakemeldingen om DMM i dette kapitlet.

Oppegård kommune poengterer at bruken av DMM kunne vært enklere om man kunne få resultatfilene inn i samme Excel fil som input filen. I dagens DMM er disse i ulike Excel filer. I tillegg er det én Excel fil for hver enkelt år i prognose perioden. Oppegård mener at DMM er et verktøy som er godt rustet til å håndtere alle problemene rundt framtidig investeringsbehov, men poengterer at programmet i den sammenheng har behov for en del input data. DMM beskrives som et program som gir god oversikt (brukervennlig) og at illustrasjonene som brukes er lette å forstå.

Oppegård påpeker at en kombinasjon av LTP og DMM for å beregne framtidig investeringsbehov er en god modell-pakke, men at bruken av DMM kan forenkles ved for eksempel at noen sentrale verdier som kan

generaliseres i norsk vannbransje kan fylles inn og brukes som standard. Disse verdiene må det eventuelt bli enighet om blant brukerne. Om det fylles inn slike verdier kan det redusere barrieren blant kommuner å ta i bruk verktøyet da det forenkler noe av datainnsamlingen. De synes også at verktøyene gir gode illustrasjoner for hvor mye av ledningsnett som bør skiftes ut til enhver tid, for ulike grupper av ledninger. Dermed gir det også en indikasjon på om de ligger på riktig nivå i dagens investeringer og fornyelser i ledningsnettene.

Oppegård påpeker et ønske om at uthenting av data til DMM, eventuelt også LTP, bedre kan kobles mot KOSTRA, VREG etc., det vil si de rapporteringskanalene som kommunene jobber opp mot. Det første steget vil være å gjengi i selve DMM modellen hvor data kan hentes fra, eks. KOSTRA eller VREG. Det neste steget vil være å koble DMM, eventuelt også LTP, direkte mot disse rapporteringskanalene. Om man gjør det kan data automatisk lastes opp fra eks. KOSTRA, VREG eller BedreVANN rett inn i DMM. En slik forenkling av prosessen vil gjøre verktøyene mye mer anvendelige i norsk vannbransje.

Oppegård foreslår videre at det lages instruksjonsvideoer som en brukerveiledning for LTP og DMM. Disse kan gjøres offentlig tilgjengelige, eks. via Youtube. Slike videoer vil også bidra til at barrieren for å ta i bruk verktøyene blir lavere.

7.3. Trondheim kommune

Trondheim kommune har tidligere erfaringer med bruk av LTP, derfor ble work-shopen 21.mai 2015 konsentrert om bruk av DMM. De utfører for tiden en omfattende testing av modellen (via PhD på NTNU), noe som viser at de ønsker å teste ut modellen og de legger ressurser i å hente inn data etc.

Trondheim kommune har brukt LTP i forbindelse med hovedplanarbeid for både vann og avløp. Utfordringen er at en stor del av fornyelsen skjer i forbindelse med andre utbyggingsprosjekter. Disse ledningene fornyes altså før de «går ut på dato» pga forfall. Det reelle fornyelsesbehovet er derfor større enn det som LTP gir. Dette tillegget kan det være vanskelig å angi.

8. Oppsummering og konklusjon

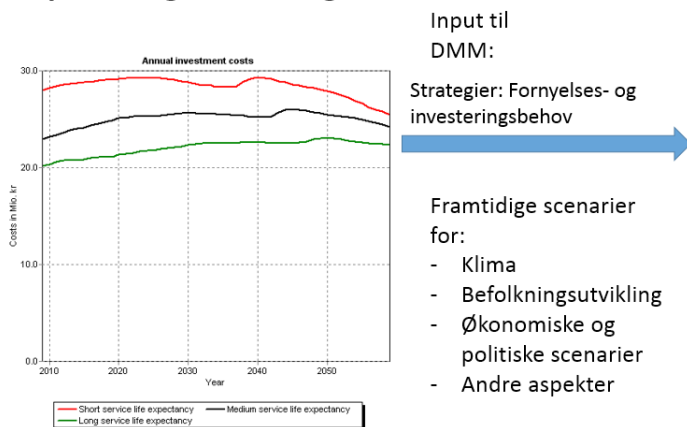
Dette er en metodikk hvor man kan utføre beregning av investeringsbehov med mulighet for å velge de mest bærekraftige løsninger for fremtiden. Man har tre forskjellige nivå av ambisjoner for modellering innen denne metodikken, se kapittel 4. En metodikk basert på disse modellene er derfor tilpasset alle behov og alle ambisjoner, fra den minste til den største kommune. Metodikken kan derfor også anvendes på nasjonalt nivå.

Metodikken i denne rapporten, som er basert på modellene LTP og DMM, vil være grunnlaget for å etablere en nasjonal metodikk for beregning av investe-

ringsbehov i vannbransjen, som kan benyttes både på lokalt og nasjonalt nivå. Dette er også hensikten med dette prosjektet. LTP er en modell som allerede er benyttet en rekke ganger på nasjonalt og internasjonalt nivå med stor suksess.

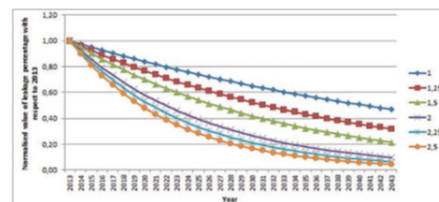
Prosjekter med LTP (KANEW) kan utføres av SINTEF, mens selve programmet er tilgjengelig fra www.3sconsult.de (Tyskland). DMM er tilgjengelig fra NTNU, institutt for vann- og miljøteknikk, <http://www.ntnu.no/ivm>.

LTP: modell for beregning av fornyelses- og investeringsbehov.



Modell for å beregne investeringsbehov
- kan vurdere ulike strategier

DMM: evaluering av ulike strategier/tiltak



Modell for å evaluere bærekraften til ulike tiltak
- verktøy til hjelp for å ta de riktige beslutninger

Figur 26. Konsept/metodologi for å beregne framtidig investeringsbehov i norske VA-system.

Metodikken som presenteres i denne rapporten, og som er illustrert i Figur 3, er tilpasset de norske kommunenes ulike ambisjonsnivå, og deres ulike tilgang på ressurser og data. Metoden er dermed tilpasningsdyktig for hver enkelt kommunes ønsker. Ambisjonsnivå for modellering av framtidig investeringsbehov deles på bakgrunn av modellene inn i tre nivå. Det presiseres her at de fleste kommuner vil legge seg på ambisjonsnivå 1 eller 2 som benytter seg av LTP modellen. Dette nivået er tilstrekkelig for å beregne framtidig investeringsnivå. Ambisjonsnivå 1 baserer seg på å beregne fornyelse og investering ved hjelp av LTP. På ambisjonsnivå 2 tar man i bruk to andre verktøy i LTP for å vurdere effekten av ulike strategier i fremtiden. På denne måten kan man på en enkel måte måle bærekraften av de ulike rehabilite-

ringsstrategiene. På ambisjonsnivå 3 tar man i bruk DMM sammen med LTP. I DMM kan man utføre en bredere og mer detaljert bærekraftvurdering av rehabiliteringsstrategier og se på effekten av ulike potensielle framtider (scenarier).

DMM modellen har et stort behov for input data og det må utføres en del forundersøkelser for å hente inn relevante og gode data. Om man legger seg på ambisjonsnivå 3 må man gjøre en dypere og bredere studie enn det som er presentert i denne rapporten. Det anbefales at DMM-modellen benyttes som standard for å beregne totalt investeringsbehov med fokus på bærekraft både på lokalt og nasjonalt nivå. Det presiseres at bruk av DMM-modellen er for de kommuner som

ønsker å ta det neste steget innen bærekraft modellering. Da DMM er en modell basert på Excel er den enkel å bruke og behovet for inngangsdata er ikke stort, men det avhenger selvfølgelig av omfanget av analysen (hvor stor del av VA-systemet man ønsker å analysere). Modellen klarer fint å jobbe med store mengder data og vil derfor gi et godt resultat på nasjonalt nivå.

DMM er et godt verktøy for både små og store kommuner og vil gi gode resultater for investeringsbehov og bærekraftvurderinger på lokalt nivå. DMM er bygget slik at den kan beregne investeringskostnader for hver enkelt komponent i VA-systemet og aggregere kostnadene opp til by-nivå per år eller for en gitt tidsperiode og tidshorisont. Ut fra alle komponentene i et VA-system, representert ved Figur 24, kan man velge ut de deler og komponenter man ønsker å analysere. Det er dermed en prosess som er lett å skreddersy den enkeltes kommunes behov.

For de fleste kommuner må det søkes ekstern bistand for å benytte seg av modellene, i alle fall ved første-gangsbruk. Det viktigste for kommunene er å jobbe med sine data og kvalitetssikre disse.

Arbeidet med prosjektet har vist at det er potensiale for en rekke forbedringer, både innen datagrunnlag og modelleringen. Som en hovedkonklusjon kan det nevnes at datainnhenting og bearbeiding på nasjonalt nivå må forbedres mange hakk for at slik data skal være brukelig for å beregne investeringsbehov. Det må jobbes for å forbedre arbeidet med datainnsamling i rapporteringskanalene. Dette er nærmere forklart i kapittel 3. I tillegg er det et ønske om at modellene kan kobles nærmere opp mot disse rapporteringskanalene når data blir på godt nok nivå. Om modellene har en slik kobling vil en automatisk overføring av data ha mange fordeler, blant annet:

- Hurtigere innlasting av data, mindre tidsbruk på denne delen av programmet
- Mindre feilkilder på grunn av automatisk innlasting av data
- Flere vil ta i bruk programmene fordi det ikke er koblet mye tidsforbruk ved dem, og fordi man får noe ekstra resultater ut av ressursene man allerede legger inn i rapporteringen

Referanser

- ALEGRE, H., CABRERA, E., HEIN, A. & BRATTEBØ, H. 2012. Framework for sustainability assessment of UWCS and development of a self-assessment tool - D 31.1. TRUST - *Transitions to the urban water services of tomorrow - European Union Seventh Framework Programme (FP7)*.
- BERNHUS, C., NILSSEN, O., MOSEVOLL, G. & HANSEN, A. 2007. Dataflyt - Klassifisering av avløpsledninger - R150. Norsk Vann rapport.
- ENANDER, L., FJELDHUS, K. & GYLLENHAMMAR, A. 2014. Bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene. Norsk Vann rapport. Norsk Vann.
- HERSETH, S. K. 2010. *Nå er det vannkrise i Bergen* [Online]. dagbladet.no: Dagbladet. Available: <http://www.dagbladet.no/2010/02/16/nyheter/innenriks/vann/bronner/10421383/> [Accessed 20.04 2015].
- HERZ, R. Developing Rehab Strategies For Drinking Water Networks. 9th International Conference on Durability of Materials and Components, 2002 Brisbane Australia. irbnet.de.
- HERZ, R. K. 1998. Exploring rehabilitation needs and strategies for water distribution networks. *J Water SRT - Aqua*, 47, 275-283.
- HERZ, R. K. 2003. Software for strategic network rehabilitation and investment planning. *Water Intelligence Online*.
- HUKKA, J. J. & KATKO, T. S. 2015. Appropriate Pricing Policy Needed Worldwide for Improving Water Services Infrastructure. *JOURNAL AWWA*, 107, 1.
- LARGE, A., LE GAT, Y., ELACHACHI, S. M., RENAUD, E., BREYSSE, D. & TOMASIAN, M. 2015. Improved modelling of 'long-term' future performance of drinking water pipes. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*
- MALM, A., LJUNGGREN, O., BERGSTEDT, O., PETTERSSON, T. J. & MORRISON, G. M. 2012. Replacement predictions for drinking water networks through historical data. *Water research*, 46, 2149-2158.
- RØSTUM, J., BRUASET, S., DESJARDINS, A. K. & HANSEN, A. 2013. Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportssystemer. Norsk Vann Rapport.
- RÅDGIVENDE INGENIØRERS FORENING 2010. State of the Nation. RIF.
- RÅDGIVENDE INGENIØRERS FORENING 2015. Norges tilstand 2015 - State of the Nation. RIF.
- SÆGROV, S. (ed.) 2005. CARE-W - *Computer Aided Rehabilitation of Water Networks*, London: IWA Publishing.
- SÆGROV, S. (ed.) 2006. CARE-S - *Computer Aided Rehabilitation of Sewer and Storm Water Networks*, London: IWA Publishing.
- TRUST. 2014. *TRansitions to the Urban Water Services of Tomorrow (TRUST)* [Online]. European Union project. Available: <https://www.trust-i.net/>.
- VENKATESH, G., SÆGROV, S. & BRATTEBØ, H. 2014. Scenario 2040 for Oslo as model city D34.2. *EU prosjekt TRUST*
- ØDEGÅRD, J., PERSSON, M. & BAADE-MATHIESEN, T. 2013. Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren. Norsk Vann Rapport. Norsk Vann.

Vedlegg 1

Eksempler på gjenanskaffelsesverdi

Eksempler på beregning av gjenanskaffelsesverdi for VA-anlegg (Molde, Drammen og Trondheim)

Gjenanskaffelsesverdi på vann- og avløpsanlegg i Molde			Basert på Norsk Vanns mal. Juni 2013		
Vann					
Kategori	Indikator	Navn	Kvantum	Pris / enhet	Kalk. kostnad
Kilder	Lengde overføringsledn.	Moldevann	2 950	2 000	5 900 000
	Lengde overføringsledn.	Bårdsdalsvann	0	2 000	0
	Lengde overføringsledn.	Bergsvann	685	2 000	1 370 000
	Lengde overføringsledn.	Kloppavann	2 883	2 000	5 766 000
	Pris per overflatevann	Moldevann	1	400 000	400 000
	Pris per overflatevann	Bårdsdalsvann	1	400 000	400 000
	Pris per overflatevann	Bergsvann	1	400 000	400 000
	Pris per overflatevann	Kloppavann	1	400 000	400 000
Dammer	Snittpris per dam	Alle	6	7 000 000	42 000 000
Sum kostn kilder + dammer					56 636 000
Behandlingsanlegg	Snittkostn mellomstore anlegg	Hindalsrøra	1	67 458 996	67 458 996
		Hjelset	1	23 912 391	23 912 391
Sum kostn behandling					91 371 386
Ledninger (distribusjon)	Lengde sjøledning	meter	17 728	1 000	17 728 000
	Landleddning	meter	245 982	6 000	1 475 892 000
	Trykkred ventiler	antall	28	250 000	7 000 000
Sum ledninger					1 500 620 000
Pumpestasjoner	Pris per pumpestasjon	Ant. P.stasjoner	15	3 000 000	45 000 000
Høydebasseng	Pris per m³ volum	Ant. H-basseng	7 441	2 000	14 882 000
Sum verdi komm. vannverksanlegg					1 708 509 386
Avløp					
Ledninger (transport)	Ant. meter landleddning	Alle typer	322 500	6 000	1 935 000 000
Sjøledninger	Lengde sjøledning	meter	2 722	10 000	27 220 000
Sum kostn ledningsnett					1 962 220 000
Pumpestasjoner	Stykkpris per pumpestasjon	Antall p-stasjoner	25	200 000	5 000 000
Overløp	Stykkpris per overløp	Antall overløp	54	400 000	21 600 000
Sum transport					1 988 820 000
Renseanlegg	= RA2 * 0,8	RA1	0.800		42 582 332
	Reli verdi	RA2	1.055	50 453 000	53 227 915
	RA3	RA3	1.000	5 966 000	5 966 000
	Slamavskillere	Som Dragarøra	11	2 983 000	34 617 715
	Ødegård minirensanl.	Som Dragarøra*2	1	5 966 000	5 966 000
Sum rensing					142 359 962
Utslipp til resipient	Ant. utslipp	Ant. Utslipp	20		
	Snitt m ledning / utslipp	Ant. m. utslippsl.	135	8 000	21 600 000
Sum rensing og utslipp					163 959 962
Sum verdi komm. avløpsanlegg					2 152 799 962
Sum vann og avløp	Komm. anlegg				3 861 309 348

Gjenanskaffelseserdi på vann- og avløpsanlegg i Drammen					
Vann					
Kategori	Indikator	Navn	Kvantum	Pris / enhet	Kalk. Kostnad =
Kilder	Lengde overføringsledn.	Glitre	76 900	20 000	753 620 000
DK eier 49% av	Lengde overføringsledn.	Røysjø	19 400	20 000	190 120 000
Glitrevannverket	Lengde overføringsledn.	Sylling	1 800	20 000	17 640 000
	Lengde overføringsledn.	Sætervann	12 400	20 000	121 520 000
	Lengde overføringsledn.	Bremsa	6 500	20 000	63 700 000
Totalt					1 146 600 000
	Pris per overflatevann	Glitre	1	4 000 000	1 960 000
	Pris per overflatevann	Røysjø	1	4 000 000	1 960 000
	Pris per overflatevann	Sylling	1	4 000 000	1 960 000
	Pris per overflatevann	Sætervann	1	4 000 000	1 960 000
	Pris per overflatevann	Bremsa	1	4 000 000	1 960 000
Totalt					9 800 000
Sum kostn kilder					1 156 400 000
Dammer	Snittpris per dam	Glitre	1	7 000 000	3 430 000
DK 49%	Snittpris per dam	Røysjø	1	7 000 000	3 430 000
	Snittpris per dam	Sætervann	1	7 000 000	3 430 000
	Snittpris per dam	Bremsa	1	7 000 000	3 430 000
Totalt dammer					13 720 000
Behandlingsanlegg	Kost store anlegg, ≥ 50000	Glitre-Landfall, 155520 m3/døgn	1	71 056 976	34 817 918
DK eier 49%	Kost mellomstore anlegg, 50000-5000	Glitre -Kleivdammen, 17280 m3/døgn	1	63 105 177	30 921 536
	Kost mellomstore anlegg	Røysjø, 12960 m3/døgn	1	51 595 030	25 281 265
	Kost mellomstore anlegg	Sætervann (reservekilde), 12528 m3/døgn	1	50 385 038	24 688 668
	Kost små anlegg ≤ 5000	Sylling, 777.6 m3/døgn	1	4 995 687	2 447 886
Sum kostn behandling					118 157 273
Ledninger (distribusjon)					
	Landedning	meter	182 715	20 000	3 654 300 000
	Trykkred ventiler	antall	46	250 000	11 500 000
Sum ledninger					3 665 800 000
Pumpestasjoner	Pris per pumpestasjon	Ant. P.stasjoner (100%)	11	3 000 000	33 000 000
		eier 49%	8	3 000 000	11 760 000
Sum pumpestasjoner					44 760 000
Høydebasseng	Pris per m³ volum	Ant. H-basseng 100% -1	30	2 000	60 000
		DK eier 49% av 11	41 475	2 000	82 950 000
Sum høydebasseng					83 010 000
Sum verdi komm. vannverksanlegg					5 081 847 273
Avløp					
Ledninger (transport)	Ant. meter landleddning	Alle typer	223 318	20 000	4 466 360 000
Pumpestasjoner	Stykkpris per pumpestasjon	Antall p-stasjoner	65	3 000 000	195 000 000
Overløp	Stykkpris per overløp	Antall overløp	68	1 500 000	102 000 000
Sum transport					4 763 360 000
Renseanlegg	Antall RA	antall	2.000		
	Antall innbyggere tilknyttet RA, pe	pe	66.000		
	Andel kommunale anlegg	prosent	100		
	Antall innbyggere tilknyttet anlegg med biologisk kjemisk rensing, Solumstrand	pe	46 000		
	Pris				300 000 000
	Antall innbyggere tilknyttet anlegg med kjemisk rensing	pe	20 000		
	Pris				120 000 000
Sum rensing					420 000 000
Sum verdi komm. avløpsanlegg					5 183 360 000
Sum vann og avløp	Komm. anlegg				10 265 207 273

Gjenanskaffelsesverdi på vann- og avløpsanlegg i Trondheim			NB! Ikke verifiserte tall (kun eksempel)		
Vann					
Kategori	Indikator	Navn	Kvantum	Pris / enhet	Kalk. kostnad
Kilder	Lengde overføringsledn.	Jonsvannet	3 000	20 000	60 000 000
	Pris per overflatevann	Jonsvannet	1	400 000	400 000
Dammer	Snittpris per dam		1	7 000 000	7 000 000
Sum kostn kilder + dammer					67 400 000
Behandlingsanlegg	Snittkostn store anlegg	Viva			
Kommentar: altfor lav verdi på behandlingsanlegg	pris (Mkr)=456.93*ln(Qdim)-4777	Qdim (m3/døgn)	129 600		602 075 030
Sum kostn behandling					602 075 030
Ledninger (distribusjon)	Lengde kulvert 0.1 %	meter	799	40 000	31 960 000
	Lengde tunnel 0.2 %	meter	1 598	40 000	63 920 000
	Landleidning 80 %	meter	639 360	7 500	4 795 200 000
	Landleidning 20 %		159 840	11 250	1 798 200 000
	Trykkred ventiler	antall	124	250 000	31 000 000
Sum ledninger					6 720 280 000
Pumpestasjoner	Pris per pumpestasjon	Ant. P.stasjoner	22	3 000 000	66 000 000
Høydebasseng	Pris per m³ volum	m3	89 000	2 000	178 000 000
Sum verdi komm. vannverksanlegg					7 633 755 030
Avløp					
Ledninger (transport)	Ant. meter landleidning	Spillvann, fellesvann	712 800	7 500	5 346 000 000
		Overvann	466 400	7 500	3 498 000 000
	Lengde kulvert 0.1 %	meter	713	40 000	28 512 000
	Lengde tunnel 0.2 %	meter	1 426	40 000	57 024 000
	Lengde store ledninger > 1000 mm	kostnadspåslag pr m	117 920	0.5	442 200 000
Sum kostn ledningsnett					9 371 736 000
Pumpestasjoner	Stykkpris per pumpestasjon	Antall p-stasjoner	52	2 000 000	104 000 000
Overløp	Stykkpris per overløp	Antall overløp	64	400 000	25 600 000
Fordrøyningsbasseng	Stykkpris per basseng		20	200 000	4 000 000
Sum transport					9 505 336 000
Renseanlegg	kjemisk rensing	LARA - ant.innb	52 696		
Kommentar: altfor lave verdier på renseanlegg	pris=51857*innb*0.75*2/3				120 240 111
	annen rensing	HRA - ant.innb	109 966		
	pris=530*innb+2000000				60 281 980
	prosentkostnad for slambehandling		0.20	180 522 091	36 104 418
Sum rensing					216 626 509
Utslipp til resipient	Ant. utslipp	Ant. Utslipp	4		
	Snitt m ledning / utslipp	Ant. m. utslippsl.	200	8 000	6 400 000
Sum rensing og utslipp					223 026 509
Sum verdi komm. avløpsanlegg					9 728 362 509
Sum vann og avløp	Komm. anlegg				17 362 117 539

Trondheim kommune anslår gjenanskaffelsesveriden for sine anlegg til 600 Mkr for VIVA, 800 Mkr for LARA og 800 MKr for HØRA.

Vedlegg 2

Erfaringer fra Oppegård (LTP og DMM)

Is it applicable (anvendelig/brukelig)? (Y/N, why?)	
LTP Yes, data input is easy and the illustration/graphs are informative.	DMM Yes, but maybe it would be easier to work with the single file input book (user control) by dividing it into different sheets, that correspond to the different assets/subsystems, like general info and raw water sources, WTP, WWTP, pipe network, economy etc.
Is it suitable for the purpose of calculating future investment needs? (Y/N, why?)	
LTP Yes, it is a good and fast way to give an overview over the state of the network with a minimum of data input. Good illustration of expected future needs of rehabilitation.	DMM Yes, needs a large amount of input data, but it is easy to adapt data input to given or future boundaries or foci. It is an absolutely suitable tool for calculating future investments.
DMM: DMM is designed for macroscopic planning. Do you see any important aspect which is missing? Do you feel satisfied about the overview that it gives? Is it clear? DMM gives a good overview and illustrations are easy to understand.	
Overall (LTP + DMM): Does it cover the most relevant aspects of calculating investment needs? What could be added? Yes, maybe some fields should be filled out with general/average values that fit for Norwegian costs in the DMM User control sheet. With LTP we found for 1986 a high peek of pipes. That gives us the opportunity to investigate these pipes further to find their real age.	
Overall (LTP +DMM): Does it give Oppegård the data it needs for taking decisions regarding investments? Is it a good decision support tool? What could be added? VAR tries to coordinate future rehabilitation of pipes with Vei and Park, who are responsible for the maintenance of roads. Would it be an idea to add age/traffic/life time of roads in the calculations? I know that spatial data are not provided, but it could show synergies of such cooperation. The programs give us the opportunity to generate understandable figures to explain the current state of the infra-structure and future needs to decision makers and the public.	
Overall (LTP + DMM): Is it understandable and easy to use? What could be improved? Yes, the programs are easy to use. Improvements see under the other questions.	
Other comments? (about the tools, the workshop itself, suggestions....?) Please feel free to express yourself! 1. Municipalities are reporting annually to different control institutions like Kostra, KOS etc. A comment where to obtain different input data by linking it to the different reports could be a great help for users. 2. A instruction video can help to explain input, use and function of DMM and LTP.	

Vedlegg 3.

DMM – eksempel på input data

Beskrivelse av tabellen

Part of system	Angir del av systemet
#	Henviser til aktuell rad i input filen
Variable	Angir hvilken verdi som etterspørres
Unit	Angir enhet
Value	Eksempel på verdi

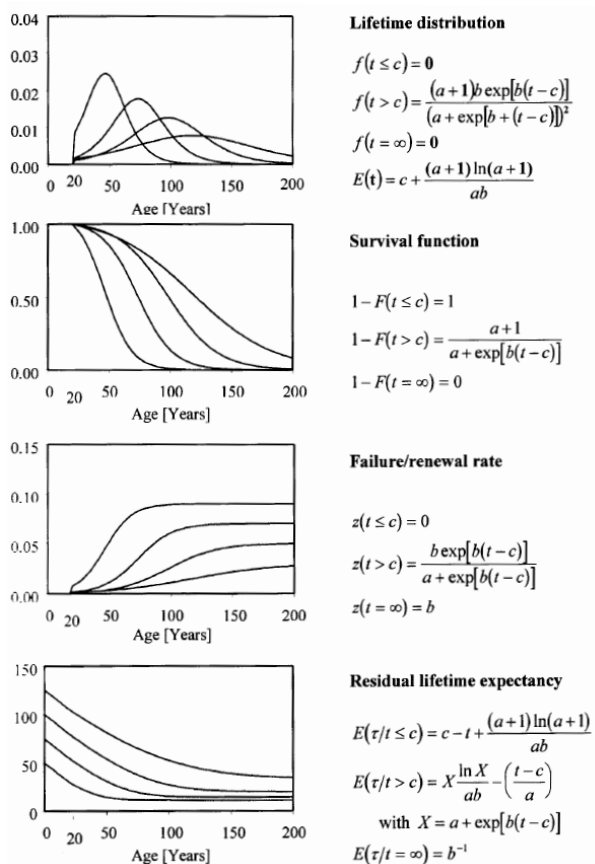
Part of system	#	Variable	Unit	Value
General info	7	What is the start year?		2015
General info	8	Name of city and country		
General info	9	Surface area (drainage zone)	square km	35
Raw water sources upstream	31	Percentage of raw water extracted from source A	%	100
Raw water sources upstream	32	Percentage of raw water extracted from source B	%	0
Raw water sources upstream	33	Percentage of raw water extracted from source C	%	0
Raw water sources upstream	34	Percentage of raw water extracted from source D	%	0
Water treatment plants	42	Total electricity consumed at WTPs per cubic metre of water demand	kWh per cubic metre of water eventually supplied	0.52
Water treatment plants	46	Imported water for further treatment from outside the municipal limits as percentage of total water supplied	%	0
Water treatment plants	62	Annual investments in WTPs	MNOK (real-currency, adjusted for inflation)	4,4
Water treatment plants	63	Annual Depreciation (WTPs)	MNOK (real-currency, adjusted for inflation)	2,734
Water treatment plants	64	Annual interest payments (WTPs)	MNOK (real-currency, adjusted for inflation)	0,88
Pan-systemic	65	Cost of electricity sourced from grid by system as a whole	NOK per kWh	0,67
Water treatment plants	68	Expenses on maintenance at WTPs	MNOK	12,625
Water distribution system	88	Energy consumption for operation and maintenance of water pipeline network	Litres of diesel	
Water distribution network	90	Leakage percentage from water pipelines	%	50
Water distribution network	91	Length of small water pipes installed	metres	
Water distribution network	92	Length of medium water pipes installed	metres	
Water distribution network	93	Length of large water pipes installed	metres	
Water distribution network	94	Length of small water pipes rehabilitated	metres	
Water distribution network	95	Length of medium water pipes rehabilitated	metres	
Water distribution network	96	Length of large water pipes rehabilitated	metres	
Water distribution network	99	Length of small water pipes retired from network	Metres	
Water distribution network	100	Length of medium water pipes retired from network	Metres	
Water distribution network	101	Length of large water pipes retired from network	Metres	
Water distribution network	119	Total length of small pipelines in water pipeline network at end of year	metres	16 238
Water distribution network	120	Total length of medium pipelines in water pipeline network at end of year	metres	77 174
Water distribution network	121	Total length of large pipelines in water pipeline network at end of year	metres	30 970
Water distribution network	133	Pumping stations in operation	number	5
Water distribution network	134	Annual investments into water distribution system	MNOK per year	6,98
Water distribution network	135	Depreciation (water distribution system)	MNOK per year	2,343

Part of system	#	Variable	Unit	Value
Water distribution network	136	Annual interest payments (water distribution system)	MNOK per year	2,18
Water distribution network	138	Maintenance expenses on water distribution system	MNOK per year	
Wastewater transport system	140	Sewage entering the wastewater pipeline network, per year	million cubic metres	3,5
Wastewater transport system	141	Net exfiltration from the wastewater pipeline network, per year	million cubic metres	2,5
Wastewater transport system	142	Wastewater delivered to WWTPs for treatment	million cubic metres	3,5
Wastewater transport system	143	Wastewater bypassed untreated to the sink	million cubic metres	0
Wastewater transport system	144	Energy consumption for operation and maintenance of wastewater pipeline network	Litres of diesel	
Wastewater transport system	145	Length of small wastewater pipes installed	metres	
Wastewater transport system	146	Length of medium wastewater pipes installed	metres	
Wastewater transport system	147	Length of large wastewater pipes installed	metres	
Wastewater transport system	148	Length of small wastewater pipes rehabilitated	metres	
Wastewater transport system	149	Length of medium wastewater pipes rehabilitated	metres	
Wastewater transport system	150	Length of large wastewater pipes rehabilitated	metres	
Wastewater transport system	151	Infiltration into wastewater pipelines	million cubic metres per year	
Wastewater transport system	153	Length of small wastewater pipes retired from network	metres	
Wastewater transport system	154	Length of medium wastewater pipes retired from network	metres	
Wastewater transport system	155	Length of large wastewater pipes retired from network	metres	
Wastewater transport system	174	Total length of small pipelines in wastewater pipeline network at end of year	metres	79 756
Wastewater transport system	175	Total length of medium pipelines in wastewater pipeline network at end of year	metres	25 900
Wastewater transport system	176	Total length of large pipelines in wastewater pipeline network at end of year	metres	5 237
Wastewater transport system	188	Pumping stations in operation	Number	6
Wastewater transport system	189	Annual investments into wastewater distribution system	MNOK per year	6,4
Wastewater transport system	190	Depreciation (wastewater distribution system)	MNOK per year	2,197
Wastewater transport system	191	Annual interest payments (wastewater distribution system)	MNOK per year	1,839
Wastewater transport system	193	Maintenance expenses on wastewater distribution system	MNOK per year	20,735
Wastewater treatment plants	248	Annual investments in WWTPs	MNOK (real-currency, adjusted for inflation)	
Wastewater treatment plants	249	Annual Depreciation (WWTPs)	MNOK (real-currency)	0,3115
Wastewater treatment plants	250	Annual interest payments (WWTPs)	MNOK (real-currency)	0,49
Wastewater treatment plants	251	Expenditure on treatment chemicals by WWTPs	MNOK	0,66
Wastewater treatment plants	252	Expenses on maintenance at WWTPs	MNOK	5,121

Vedlegg 4 Herz-funksjonen

Herz-funksjonen - matematikken bak modellen

Herz-funksjonen beskrives visuelt med overlevelseskurvene/levetidskurvene illustrert i Figur 11 og Figur 10. Disse kurvene er beregnet av Herz-funksjonen med levetidsantagelsene som input data. Herz-funksjonen baserer seg på at i en gruppe av komponenter vil det gå en stund før man får «utdøing». For VA-systemet referer utdøing til det tidspunktet da en ledning blir ny, enten via renovering eller utskiftning. Når man når det punktet i tid da noen av ledningene begynner å «dø ut», vil man etter hvert få en akselerasjon av mengde ledninger som dør ut, som betyr at helningen på kurven øker. Dette vil raskt stabilisere seg i rate som holdes noenlunde jevnt for en lang tidsperiode. Helningen på denne kurven avgjør i stor grad hvor fort den største delen av ledningsgruppen «dør ut». Når man flesteparten av ledningene er «utdødd», sitter man igjen med de mest motstandsdyktige ledningene. Disse ledningene vil dø ut gjennom en lengere periode, noe som gjør at overlevelseskurven flater ut. Dette skjer fordi hastigheten på nedbrytningsprosessen av disse gamle ledningene reduseres.



Figur 27. De matematiske funksjonene i LTP.

Figur gjengitt fra (Herz, 2002).

TIDLIGERE UTGITTE RAPPORTER

2016	217	Videreutvikling av beregningsmetodikk for gjenanskaffelsesverdi og investeringsbehov
	2015	215 Tilbakestrømssikring – veiledning til vannverkseiere
	214	Forslag til ny sektorlov for vanntjenester
2015	213	Sikkerhetsstyring for vannbransjen
	212	Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg
	211	Erfaringer med ozon-biofiltrering for behandling av drikkevann
2014	210	Veiledning for praktisering av selvkost
	209	Veiledning i mikrobiell barriere analyse
	208	Sikring av kvalitet på ledningsanlegg
2014	207	Stikkledninger – ansvar og teknisk utforming
	206	Biostabilitet i drikkevannsnett
	205	Bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene
2014	204	Åpne flomveger i bebygde områder
	203	Fra driftsassistanter til regionale vannassistanser
	202	Microbial barrier analysis (MBA) – a guideline
2013	201	Anskaffelser i vannbransjen
	200	Håndtering av overvann fra urbane veger
	199	Etablering av gode VA-løsninger i spredt bebyggelse
2013	198	Organiske miljøgifter i norsk avløps slam – Resultater fra undersøkelsen i 2012/13
	197	Avløpsanlegg Vurdering av risiko for ytre miljø
	196	Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportsystemer
2013	195	Sikkerhet og sårbarhet i driftskontrollsystemer for VA-anlegg
	B19	Varmepumper i drikkevannsforsyningssystem
	B18	Kranvannets kokebok for kommunikasjon
2012	B17	Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren
	194	Energikriktig design og prosjektering av avløpsrenseanlegg
	193	Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem
2012	192	Veiledning for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken
	191	Rettigheter til uttak av vann til allmenn vannforsyning
	190	Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer
2012	188	Veiledning for drift av koaguleringsanlegg
	C8	Omdømmeplattform og -strategi
2011	187	Kommunal overtakelse av vannverk organisert som andelslag eller samvirkeforetak
	186	Veiledning i omorganisering av andelsvannverk til samvirkeforetak
	185	Fett i avløpsnett. Kartlegging og tiltaksforslag
2011	184	Tilsyn med utslipp fra avløpsanlegg innen kommunens myndighetsområde
	183	Veiledning om regulering av VA-tjenester til næringsmiddelindustri
	182	Prøvetaking av avløpsvann og slam
2011	181	Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng
	180	Fjernavlesning av vannmålere
	179	Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforskrifter for vann og avløp
2011	B16	Veiledning for kartlegging av energibruk i VA-sektoren
	B15	Vannforskriftens økonomiske konsekvenser for kommunesektoren og avløpsanleggene
	C7	Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet
2010	178	Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg
	177	Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status
	176	Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene
2010	175	Vann og avløp for nye i bransjen – læreplan. E-læring og samlinger
	174	Hygienisering av avløps slam. Langtidslagring og enkel rankekompostering. Resultater fra 3 års valideringstesting
	173	Veiledning for bruk av støpejernsrør
2010	B14	Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren – forprosjekt
	B13	Silslam – mengder, behandlingssløsninger og bruksområder. Forprosjekt.
2009	172	Trykktap i avløpsnett
	171	Erfaringer med lekkasjekontroll
	170	Veileder til god desinfeksjonspraksis
2009	169	Optimal desinfeksjonspraksis fase 2
	168	Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg
2009	167	Veiledning for kjøp av VA-kjemikalier
	166	Tiltak for å bedre fosforfjerningen på kjemiske renseanlegg
	165	Innsamlingsverktøy for vedlikeholdsdata
2008	B12	Drikkevann i media
	164	Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann
	163	Veiledning for innhenting og evaluering av tilbud på analyseoppdrag
2008	162	Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering
	161	Helsemessig sikkert vannledningsnett
	160	Driftserfaringer med membranfiltrering
2008	159	Håndbok i kildesporing i avløpssystemet
	158	Termoplastrør i Norge – før og nå
	B11	Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid – praksis og kjøreregler
2008	B10	Vannkilden som hygienisk barriere
	B9	Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene
	C6	I veien for hverandre – Samordning av rør og kabler i veigrunnen
2007	157	Organiske miljøgifter i norsk avløps slam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07
	156	Veiledning for oljeutskilleranlegg
	155	Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren
2007	154	Norm for tagkoding i VA-anlegg
	153	Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren
	152	Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren
2007	151	Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)
	150	Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger
	B8	Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren
2007	B7	Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring
	149	Tilførsel av industrielt avløpsvann til kommunalt nett. Veiledning
2006	148	Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann
	147	Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann
	146	Bærekraftig vedlikehold. Betrakninger av utvalgte problemstillinger knyttet til langsiktig forvaltning av vannledningsnett
2006	B6	Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk
	B5	Utslipp fra bilvaskehaller
	B4	Vannkvalitet i ledningsnett – Problemoversikt og status. Forprosjekt.
2006	B3	Kvalitetsheving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag
	C5	Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen – veiledning
	C4	Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling
2005	145	Inspeksjonsmanual for avløpssystemer. Del 1 – Ledninger
	144	Veiledning i overvannshåndtering (Erstattet av 162/08)
	143	Kartlegging av mulig helserisiko for abonnenter berørt av trykkløst vannledning ved arbeid på ledningsnett
2005	142	NORVARs benchmarkingsprosjekt 2004 Presentasjon av målesystem og resultater for 2003 ed analyse av datamaterialet
	B2	PressurePuls for deteksjon av lekkasje på vannledninger.
	C3	Samarbeid om økt bruk av avløps slam på grøntarealer
2004	141	Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp
	140	NORVARs videre arbeid med slam. Strategisk plan for prosjektvirksomhet, informasjon og kommunikasjon. Forprosjekt
	139	Erfaringer med kloring og UV-stråling av drikkevann
2004	138	Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk. Revidert utgave
	137	Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng (Erstattet av 181/2011)
	136	Hygienisk barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?
2004	135	Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller
	134	VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (Erstattet av boken Vann- og avløpsrett (2010) og nettstedet va-jus.no)
2003	B1	Effektive VA-organisasjoner og tilfredse brukere. Forprosjekt
	C2	Stoff for stoff – kilde for kilde. Kvikksølv i avløpsnett
	133	IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning
2003	132	Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR
	131	Effektivisering av avløpssektoren
	130	Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg
2003	129	Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering hovedledninger
	C1	Sårbarhet i vannforsyningen
2002	128	Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetsmåling av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt
	127	Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene – en samarbeidsmodell
	126	Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie
2002	125	Mal for forenklet VA-norm
	124	Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1
	123	Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter (Utgått)
2002	122	Prosessten ved utarbeidelse av miljømål for vannforekomster. Erfaringer og råd fra noen kommuner
	121	Kjøkkenavfallskverner for håndtering av matavfall. Erfaringer og vurderinger
	120	Strategi for norske vann- og avløpsverk. Rapport fra strategiprosess 2000/2001
2001	119	Omstruktureringer i VA-sektoren i Norge En kartlegging og sammenstilling
	118	Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR- teknikk (Erstattet av 138/04)
	117	VA-juss. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (Erstattet av 134/03)
2001	116	Scenarier for VA-sektoren år 2010
	115	Pumping av avløps slam. Pumpetyper, erfaringer og tips
	114	Nødvendig kompetanse for drift av vannbehandlingsanlegg. Læreplan for driftsoperatør vann
2001	113	Nødvendig kompetanse for drift av avløpsrenseanlegg. Læreplan for driftsoperatør avløp
	112	Erfaringer med nye renseløsninger for mindre utslipp
2000	111	Eksempel på driftsinstruks for silanlegg. Cap Clara i Molde kommune
	110	Veileder i konkurranseutsetting. Avtaler for drift og vedlikehold av VA-anlegg
	109	Resultatindikatorer som styringsverktøy for VA-ledelsen
2000	108	Data for dokumentasjon av VA-sektorens infrastruktur og resultater
	107	Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Teknisk veiledning. Foreløpig utgave
	106	Effektiv bruk av driftsinformasjon på renseanlegg/mal for rapportering
2000	105	Sjekkliste plan- og byggeprosess for silanlegg
	104	Nordisk konferanse om nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning 1999
	103	Returstrømmer i renseanlegg. Karakterisering og håndtering
2000	102	Oppsummering av resultater og erfaringer fra forsøk og drift av nitrogenfjerning ved norske avløpsrenseanlegg
	101	Status og strategi for VA-opplæringen
	100	Kvalitet, service og pris på kommunale vann- og avløpstjenester
1999	99	Veiledning i dokumentasjon av utslipp
	98	Kvalitetssystemer for VA-ledninger. Mal for prosessen for å komme fram til kvalitetssystem som tilfredsstiller kravene i revidert plan- og bygningslov
	97	Slamforbråning (VA-forsk 1999-11). (Samarbeidsprosjekt med VAV)
1999	96	Rist- og silgods - karakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger
	95	Veileder for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken (Erstattet av 192/12)
	94	Nettverksamarbeid mellom NORVAR, driftsassistanter og kommuner
1998	93	Videreutvikling av NORVAR. Resultatet av strategisk prosess 1997/98
	92	Informasjon om VA-sektoren – forprosjekt
	91	Vurdering av «slamfabrikk» for Østfold



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no