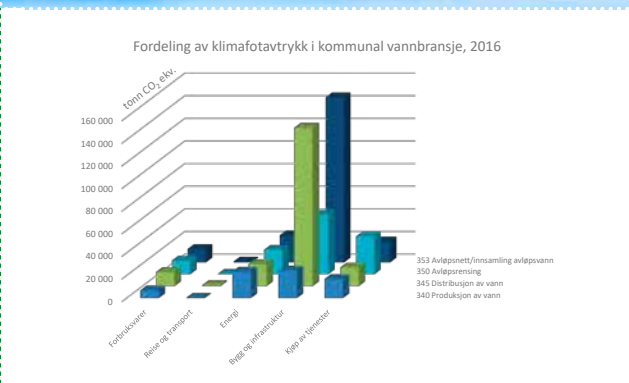




Klimagassutslipp, veiledning for vannbransjen



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



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



Prosjektresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjektresultatene 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 en veiledning for kartlegging og reduksjon av klimafotavtrykket til den kommunale delen av vannbransjen. Med veiledningen følger et rapporteringsverktøy i excel-format som kan benyttes til å beregne klimafotavtrykket til en virksomhet. Tiltak og utslippsfaktorer er dokumentert i rapporten.

Norsk Vann BA

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

Rapportens tittel

Klimagassutslipp, veiledning for vannbransjen

Forfattere

Alexander Borg, Anette Kveldsvik Dejardins,
Hogne Nersund Larsen

Rapportnummer: 251/2019

ISBN 978-82-414-0443-6 (trykt utgave)

ISSN 1504-9884 (trykt utgave)

ISSN 1890-9248 (elektronisk utg.)

Emneord, norsk

Klimagassutslipp, bærekraft, livsløpsanalyser, LCA, klimafotavtrykk

Emneord, engelsk

Greenhouse Gas Emissions, sustainability, life cycle assessment, LCA, carbon footprint

Forord



Norsk Vanns bærekraftstrategi innebærer at vannbransjen skal forvalte og utvikle vann- og avløpsinfrastrukturen på en måte som sikrer rent vann i springen og i naturen, og som bidrar til at Norge når sine bærekraftsmål. Det viktigste enkeltmålet for Norge i tiden framover er utfordringen med å redusere utslippene av klimagasser. Her har også vannbransjen et stort ansvar, og det er derfor et mål at flest mulig virksomheter utarbeider et klimaregnskap for sin virksomhet. Basert på dette skal det utarbeides en plan for reduksjon av bransjens samlede utslipp innen år 2030. Med denne rapporten er det utviklet en metodikk for dette arbeidet.

Norsk Vann har engasjert Asplan Viak som konsulent for oppdraget. Alexander Borg har vært kontaktperson, og Anette Kveldsvik Desjardins og Hogne Nersund Larsen har også deltatt i arbeidet. Hogne Nersund Larsen har vært oppdragsleder for Asplan Viak.

Prosjektet er finansiert av Norsk Vann prosjekt, med støtte fra Miljødirektoratet.

Styringsgruppe for prosjektet har vært:

Mai Riise, HIAS IKS
Kirsti Grundnes Berg, VEAS
Kaj-Werner Grimen, MOVAR IKS
Hanne Rolsdorph, GIVAS IKS
Gunnar Bjørnson, NRA/NRV IKS
Tanja Breyholtz, Vestfold Vann IKS
Julien Jabot, Miljødirektoratet

I forbindelse med utarbeidelse av veiledningen og excel-verktøyet ble det i august 2018 arrangert en workshop med bred deltakelse fra kommuner, leverandører, konsulenter og andre.

Her har også vannbransjen et stort ansvar, og det er derfor et mål at flest mulig virksomheter utarbeider et klimaregnskap for sin virksomhet

Flere kommuner og selskaper har undervegs i prosjektet testet verktøyet, og bidratt med nyttige innspill.

Norsk Vann takker for samarbeidet, og for alle gode innspill til veiledningen. Vi håper at dette verktøyet kan komme til nytte for hele vannbransjen, og at bransjen på denne måten kan bidra til at klimamålene kan nås!

Hamar og Oslo, 25.november 2019

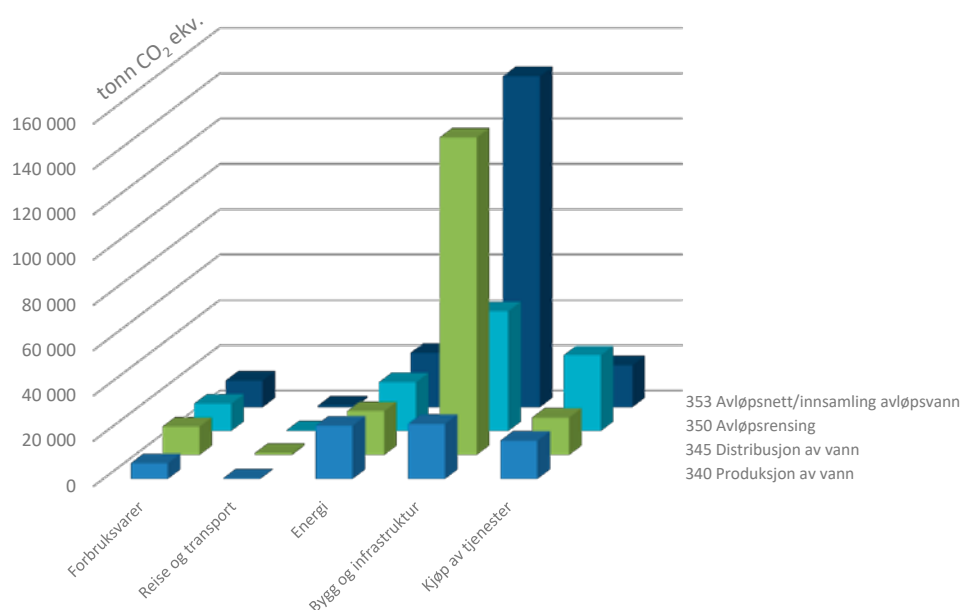
Prosjektleder Arne Haarr, Norsk Vann

Sammendrag

Klimafotavtrykket av den kommunale delen av vannbransjen utgjorde i 2016 om lag 600 000 tonn CO₂ ekvivalenter, over 10 % av det totale fotavtrykket av kommunal virksomhet. Å redusere utslippene fra vannbransjen er derfor en viktig del av arbeidet for klimautslippsreduksjon i offentlig sektor. Det er et betydelig potensiale for reduksjon av klimagassutslipp i denne sektoren, spesielt i tilknytning til drift av vann- og avløpsbehandlingsanlegg og ved utbygging og renovvering av infrastruktur.

Som en del av Norsk Vanns bærekraftstrategi presenterer denne veiledningen et klimagassregnskap for klimafotavtrykk av vannbransjen. Et eget regneark i excel-format brukes til å fylle ut klimaregnskapet. Alle faktorer er dokumentert i veiledningen, og det er utarbeidet en enkel brukerveiledning. Det er også beskrevet en rekke tiltak virksomheter kan vurdere for å redusere sitt klimafotavtrykk.

Fordeling av klimafotavtrykk i kommunal vannbransje, 2016



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@norskvann.no
Website: www.norskvann.no

Author: Alexander Borg, Anette Kveldsvik
Dejardins, Hogne Nersund Larsen

ISBN 978-82-414-0443-6 (printed edition)
ISSN 1504-9884 (printed edition)
ISSN 1890-9248 (electronic edition)

Report no: 251/2019
Report title: Greenhouse gas emissions, a guidance
document for the water sector
Date of issue: 25 November 2019

Summary

The carbon footprint of the municipal branch of the Norwegian water sector was around 600 000 tonnes of CO₂ equivalents in 2016, over 10% of the total carbon footprint of municipal services. Therefore, reducing the carbon footprint of the water sector is an important part of GHG-emissions reduction in the public sector. There is a considerable potential to reduce carbon emissions in this sector, especially considering operations of drinking water and wastewater treatment plants, and with respect to construction and renovation of water infrastructure.

As a part of the sustainability strategy of Norwegian Water, this report serves as a guidance for reporting and reducing the carbon footprint of the Norwegian water sector. A separate reporting tool in excel-format can be used to calculate the carbon footprint. All emission factors are documented in this report, including a simple user manual for the reporting tool. A number of measures for carbon footprint reduction are also proposed.

Forkortelser, begreper og definisjoner

Bærekraftig utvikling – en samfunnsutvikling som imøtekommer dagens forbruksbehov uten å forringe mulighetene for kommende generasjoner til å få dekket sine behov. Begrepet inneholder økonomiske, miljømessige og sosiale rammer.

Klimafotavtrykk – summen av direkte og indirekte klimagassutslipp fra virksomheten, produktet eller systemet.

Klimagassutslipp, direkte – klimagassutslipp som skjer innenfor en virksomhets geografiske område, som forbrenning av fyringsolje til oppvarming eller metanutslipp fra avløpsbehandling.

Klimagassutslipp, indirekte – klimagassutslipp som skjer utenfor en virksomhets geografiske område, som produksjon av elektrisitet, og produksjon og transport av råvarer.

Livsløpsanalyser – analyser som undersøker hele livsløpet til et system, fra utvinning av råvarer og energi, produksjon av produkter, transport, bruk og avhending. Resultater presenteres ved miljøpåvirkningsindikatorer som f.eks klimagassutslipp i CO₂ ekvivalenter.

Vannverk – vannledningsnett, pumpestasjoner og vannbehandlingsanlegg

Vannbehandlingsanlegg – anlegget der selve behandlingen av drikkevannet skjer

Avløpsanlegg – avløpsledningsnett, avløpspumpestasjoner og evt. avløpsrensianlegg

Avløpsrensianlegg – anlegget der selve rensingen av avløpsvannet skjer

Innhold

1. Bakgrunn og mål	9
2. Status for vannbransjen i dag og litteratursøk	10
2.1. Dagens klimagassutslipp fra vannbransjen	10
2.1.1. Direkte klimagassutslipp	10
2.1.2. Vannbransjens klimafotavtrykk	10
2.1.3. Den kommunale vannbransjen - status i dag	11
2.1.4. Vannbehandlingsanlegg	11
2.1.5. Avløpsanlegg	11
2.1.6. Transportsystemer	13
2.2. Tidligere arbeid med klimagassutslipp i vannbransjen	14
3. Klimaregnskap for vannbransjen	15
3.1. Veiledning for klimaregnskapsverktøyet	16
3.1.1. Oppbygning av klimaregnskapet	16
3.1.2. Enkelt klimaregnskap	17
3.1.3. Vann- og Avløpsbehandling - input	18
3.1.4. Transportsystemer	19
3.1.5. Avløpsbehandling N ₂ O & CH ₄	20
3.1.6. Sammendrag	21
3.1.7. Utslippsfaktorer	21
4. Tiltak for å redusere klimagassutslipp fra vannbransjen	22
4.1. Vannbehandling	22
4.1.1. Energiltak	22
4.1.2. Kjemikalier og forbruksmateriell i drift	22
4.2. Transportsystemer	23
4.3. Avløpsbehandling	24
5. Utslippsfaktorer	26
5.1. Energibruk og fjernvarme	26
5.2. Kjemikalier og forbruksvarer	26
5.3. Spesifikke utslippsfaktorer ledningsnett	29
5.3.1. Materialdata	29
5.3.2. Graving av grøft	29
5.4. Dokumentasjon av utslippsfaktorer for metan- og lystgassutslipp fra avløps- og slambehandling	30
5.4.1. Metanutslipp fra avløpsbehandling	30
5.4.2. Metanutslipp i råtnetanker (utråtning)	31
5.4.3. Lystgass-utslipp fra avløpsbehandling	32
5.4.4. Klimagassutslipp fra slambehandling	32
5.4.5. Lagring	32
5.4.6. Kompostering av slam	32
5.4.7. Forbrenning av slam	33
5.4.8. Slam til landbruk	33
5.4.9. Slam til deponi	34
5.4.10. Klimagassutslipp fra oppsamlet, ubehandlet avløpsvann	34
5.4.11. Nitrogenutslipp fra utløp av behandlet avløpsvann	35
Tidligere utgitte rapporter	39

1. Bakgrunn og mål

Norge har forpliktet seg til å redusere utslipp av klimagasser med 40 % innen 2030, og det foreslås at også vannbransjen tar ansvar ved å bidra til å oppfylle denne målsetningen. På bakgrunn av dette har Norsk Vann utviklet en bærekraftstrategi (Norsk Vann 2014) og veiledningen er en videreføring av dette arbeidet.

Hovedmålet i bærekraftstrategien er som følger;

«Norsk vannbransje skal forvalte og utvikle vann- og avløpsinfrastrukturen på en måte som sikrer rent vann i springen og i naturen, og som bidrar til at Norge når sine bærekraftmål.»

Delmål 1 er som følger;

Delmål 1 Klimagasser

- Flest mulig virksomheter skal innen 2020 ha utarbeidet klimaregnskap for sin virksomhet
- Basert på dette skal det utarbeides en plan for reduksjon av bransjens samlede utslipp innen 2030.

Norsk Vann skal i 2017-2018 utarbeide metodikken for dette i samarbeid med nasjonale myndigheter. Det er i tillegg utviklet delmål for energiforbruk, utslipp til vannforekomster, ledningsnettets funksjonalitet, ledningsnettfornyelse og robusthet.

Formålet med veiledningen er å gi virksomheter i vannbransjen oversikt over og mulighet til å redusere sitt klimafotavtrykk gjennom å systematisk rapportere og følge opp sitt klimaregnskap. I kapittel 2 presenteres en oversikt over vannbransjen i dag, samt tidligere arbeid med klimagassutslipp fra vannbransjen i Norden. I kapittel 3 presenteres en brukerveiledning for klimaregnskapsverktøyet. Kapittel 4 beskriver en rekke tiltak vannbransjen kan iverksette for å redusere sitt klimafotavtrykk. Til slutt presenteres en dokumentasjon av alle faktorer benyttet i regnearket i kapittel 5.

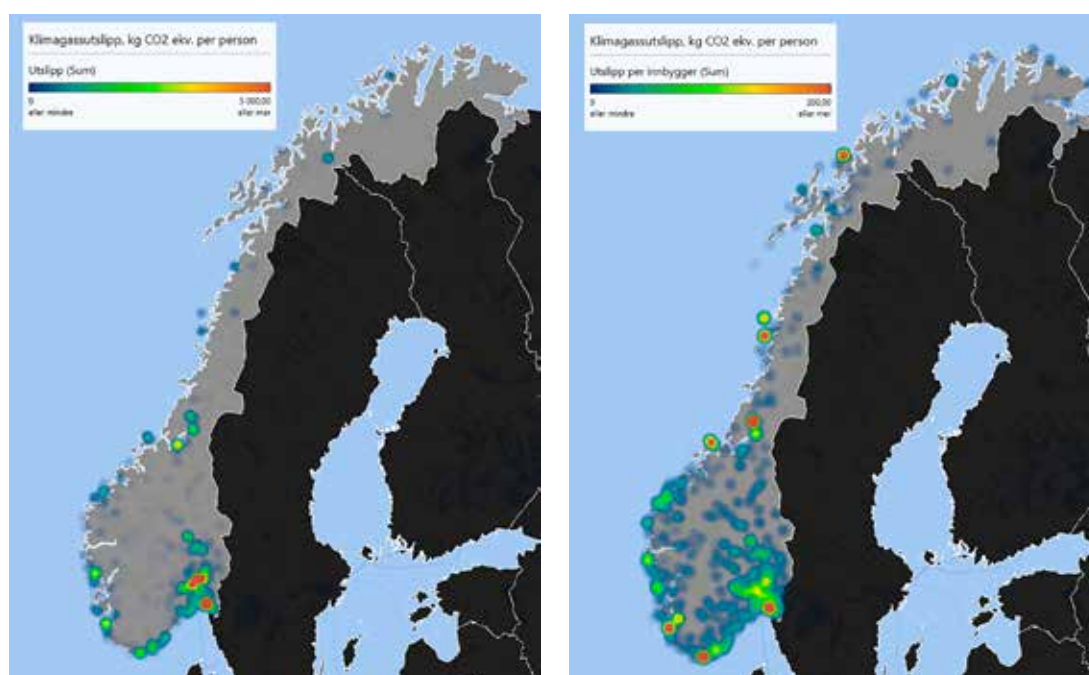
2. Status for vannbransjen i dag og litteratursøk

2.1. Dagens klimagassutslipp fra vannbransjen

I dette kapitlet presenteres først en oversikt over dagens direkte klimagassutslipp fra vannbransjen. Deretter sammenlignes de direkte klimautslippene med dagens klimafotavtrykk fra vannbransjens virksomheter.

2.1.1. Direkte klimagassutslipp

Direkte klimagassutslipp fra kommunal avløpsbehandling utgjorde i 2016, 106 000 tonn CO₂ ekvivalenter.¹⁾ Disse klimagassutslippene rapporteres til miljødirektoratet hvert år og skjer som følge av metan- (CH₄) og lystgassutslipp (N₂O) i avløpsrensprosesser. I tillegg kommer utslipp av metan og lystgass fra noen industrielle avløpsreanlegg, samt lystgassutslipp som følge av gjødsling med avløps slam. Figur 1 viser kommunefordelte klimagassutslipp fra avløpsbehandling for 2016, total per person og per innbygger. Ikke overraskende er det bykommunene som har store punktutslipp, mens mindre kommuner med lavere innbyggertall og eldre anlegg får høye klimautslipp per innbygger.



Figur 1 Kommunefordelte direkte klimagassutslipp fra avløpsbehandling, 2016, totalsum (venstre, tonn CO₂ ekv.) og per innbygger (høyre, kg CO₂ ekv. per person). Data hentet fra Miljøstatus.no.

2.1.2. Vannbransjens klimafotavtrykk

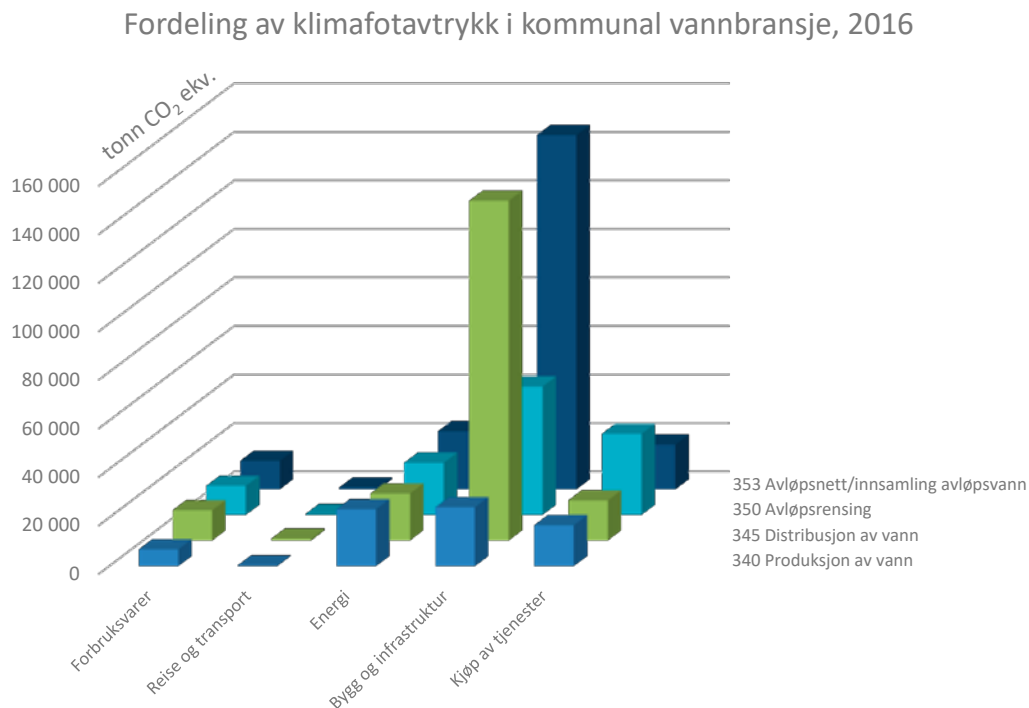
Vannbransjen er ansvarlig for klimagassutslipp ikke bare direkte fra avløpsbehandling, men også indirekte bl.a. fra innkjøpte varer og tjenester, transportbehov og utbygging av ny infrastruktur. Vannbransjens klimafotavtrykk er beregnet med Klimakost-modellen²⁾ basert på kommunenes innrapporterte utgifter fra KOSTRA og viser et totalt klimafotavtrykk på 600 000 tonn CO₂ ekv. i 2016.

Da direkteutslippene og klimafotavtrykket er beregnet med forskjellige metoder er de ikke direkte sammenlignbare, men det kommer tydelig frem at vannbransjen må se utover prosessutslipp fra sin egen virksomhet for å kontrollere klimautslipp de er ansvarlige for. Som innkjøper av varer og tjenester og utbyggere av vann- og avløpsinfrastruktur, har virksomhetene i vannbransjen mulighet til å påvirke klimafotavtrykket sitt utover kun direkteutslipp.

1) <http://www.miljostatus.no/klimagassutslipp-kommuner>

2) www.klimakost.no

Fra Figur 2 ser man at spesielt utbygging av ny infrastruktur medfører et stort klimafotavtrykk i vannbransjen. Bygg og infrastruktur utpeker seg derfor som et viktig fokusområde for reduksjon av vannbransjens klimafotavtrykk³⁾.



Figur 2 Klimafotavtrykk fra kommunal vannbransje per innkjøpskategori og tjenesteområde, 2016, tonn CO₂ ekv.

2.1.3. Den kommunale vannbransjen – status i dag

Her presenteres en kort gjennomgang av tilgjengelig statistikk for vannbehandlingsanlegg, avløpsrensianlegg og transportsystemer fra Statistisk Sentralbyrå. Tallene for kommunal vannforsyning er hentet fra artikkelen «Rent drikkevann til alle» (Statistisk Sentralbyrå 2018b), mens tall for kommunal avløpsbehandling er hentet fra artikkelen «0,6 prosent av spillvannsnettet fornyet» (Statistisk Sentralbyrå 2018a). Statistikken viser at det vil være et betydelig behov for forbedring av spesielt avløpsrensianlegg og vann- og avløpsnettet. Fornyelsesbehovet vil ha stor betydning for fremtidige klimagassutslipp fra den kommunale delen av vannbransjen. Dette understreker viktigheten av klimagassregnskap og miljøstyring i sektoren.

2.1.4. Vannbehandlingsanlegg

Rundt 4,5 millioner av landets innbyggere var tilknyttet de omtrent 1100 kommunale vannbehandlingsanleggene i 2017 (vannbehandlingsanlegg som bare forsyner skoler og barnehager, er ikke tatt med her). 85 prosent av landets befolkning var dermed tilknyttet de kommunale vannbehandlingsanleggene. Tar vi også med private vannbehandlingsanlegg, får vi i overkant av 4,7 millioner innbyggere, fordelt på omkring 1970 vannbehandlingsanlegg.

2.1.5. Avløpsanlegg

I 2016 var det 2685 avløpsanlegg i Norge med en tilknytning på 50 personekvivalenter (pe) eller mer. 86 % av befolkningen som var tilknyttet avløpsanlegg var tilknyttet disse.

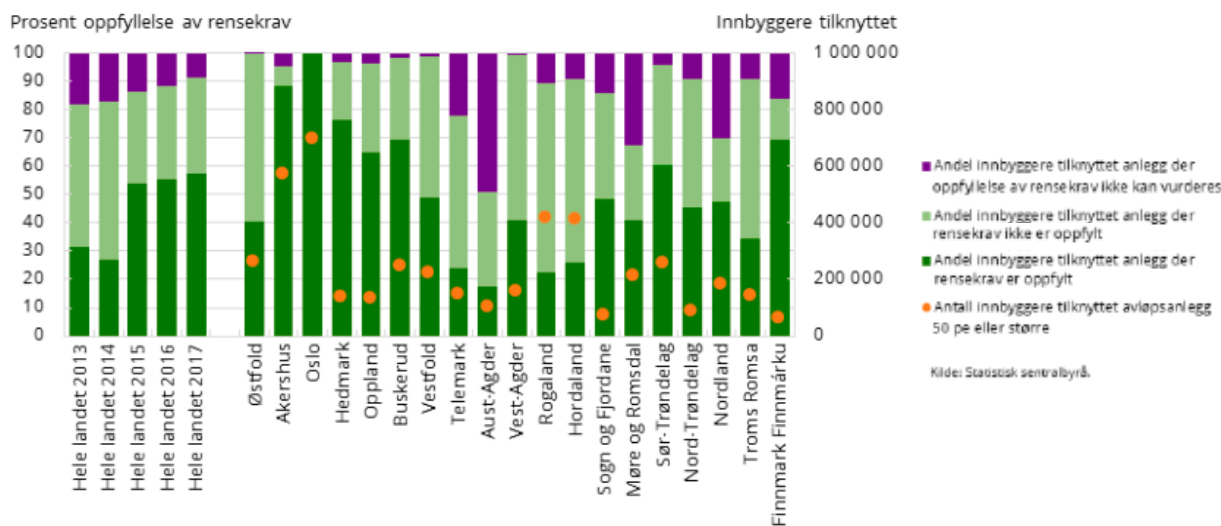
Andel av befolkningen som var tilknyttet avløpsrensianlegg med høygradig rensing (kjemisk og/eller biologisk rensing) var 62 %, mens 22 % var tilknyttet avløpsrensianlegg med mekanisk eller annen type rensing og 2 % var ikke tilknyttet avløpsrensianlegg, men kun avløpsledning som ender i direkteutslipp. De resterende innbyggerne var tilknyttet de om lag 355 000 små avløpsanleggene med tilknytning mindre enn 50 pe.

3) Tallene er beregnet med Asplan Viak sin selvutviklede modell Klimakost, og baserer seg på innrapporterte kostnader i KOSTRA for kommunale vannverk.

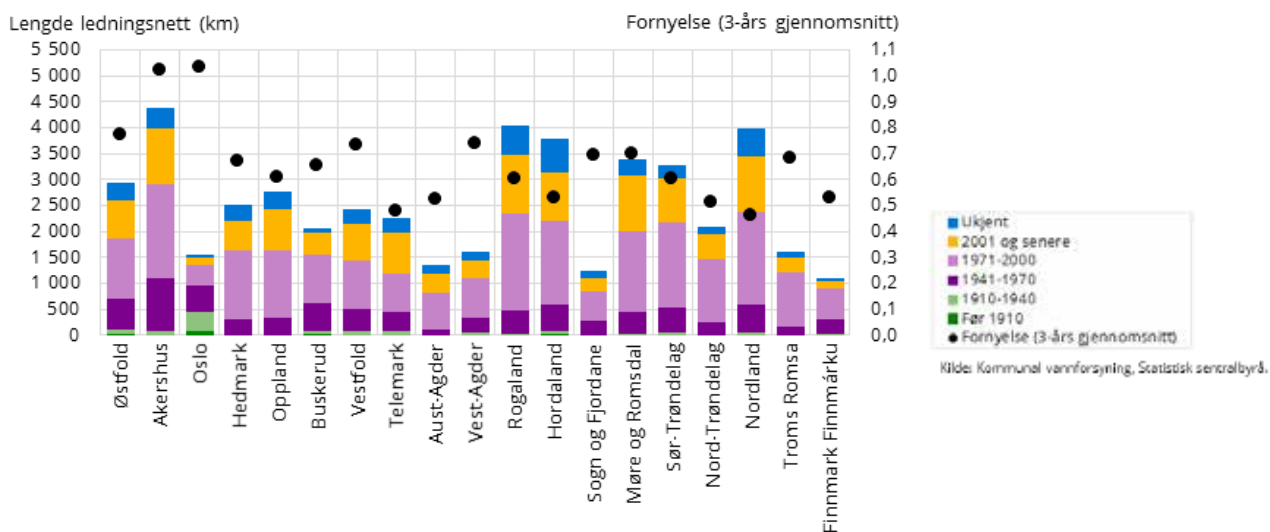
Av avløpsanleggene med tilknytning på minst 50 pe, var 401 anlegg ikke tilknyttet avløpsrenseanlegg, men hadde direkteutslipp av urensset avløpsvann. Tilknytningen til disse direkteutslippene lå på ca. 500 pe per avløpsanlegg, så de kan karakteriseres som relativt små. De resterende 2284 avløpsanleggene var tilknyttet en eller annen form for rensing. Det generelle bildet er at høygradig rensing er mest vanlig på Sør-Østlandet og nordover mot Trøndelag, dels ispedd en del naturbaserte anlegg, mens mekaniske anlegg og urensete utslipp dominerer på Vestlandet og brer seg som et belte nordover langs kysten.

Dersom man ser isolert på avløpsrenseanlegg med kapasitet på 50 pe eller mer, så mottar disse årlig i underkant av 800 millioner m³ med kommunalt avløpsvann.

Det opplyses også om at nærmere 57 % av innbyggerne tilknyttet kommunalt avløpsanlegg med kapasitet på 50 pe eller mer, er tilknyttet et anlegg hvor rensekravene faktisk er oppfylt i 2017. De fleste avvikene gjelder manglende oppfyllelse av fosforkravene.



Figur 3 Prosent oppfyllelse av rensekrav. Fylker 2017.



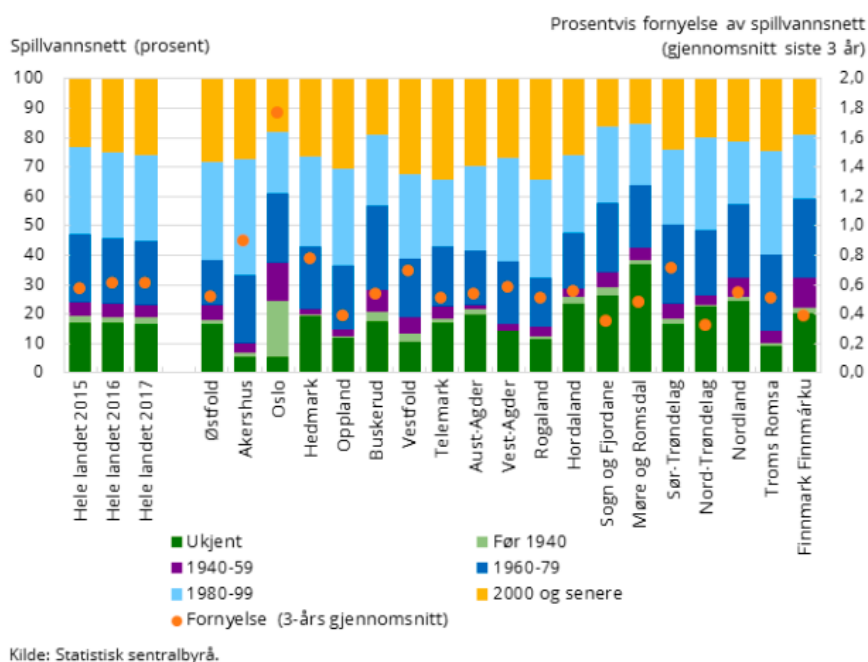
Figur 4 Lengde drikkevannsvnett fordelt på anleggsperiode (kilometer) og 3-års gjennomsnittlig fornyelse (prosent). Fylker 2017.

2.1.6. Transportsystemer

Gjennomsnittlig lekkasjeprosent i det norske drikkevannsnett var på cirka 30 % i 2017, med en gjennomsnittlig fornyelsestakt på 0,66 %. Gitt at dagens fornyelsestakt opprettholdes og ingen nyanlegg etableres i årene framover, vil det ta nærmere 150 år å fornye hele det kommunale vannledningsnett. Det kommunale vannledningsnett utgjorde totalt i overkant av 48100 kilometer i 2017.

Det var totalt omtrent 37 400 kilometer med kommunale avløpsledninger i 2017. Avløpsnett kan deles inn i fellesavløpsledninger for både spill- og overvann, samt separate ledninger for kun spillvann. Fellesavløpsledningene utgjorde 7000 kilometer, og spillvannsledningene utgjorde 30 400 kilometer.

I tillegg til spillvannsledningene kommer 18 300 kilometer med separate overvannsledninger for oppsamling av regnvann fra overflaten, takvann, drensvann etc. Dette gir til sammen 55 700 kilometer med kommunale avløpsledninger i Norge, ikke medregnet private stikkledninger.



Figur 5 Spillvannsnett fordelt på anleggsperiode (2017) og andel fornyet spillvannsnett (høyre akse), gjennomsnitt siste tre år (2015-2017).

2.2. Tidligere arbeid med klimagassutslipp i vannbransjen

Arbeidet som presenteres her danner grunnlaget for klimaregnskapsverktøyet utviklet i sammenheng med denne veiledningen. Det presenteres et utvalg prosjekter som har gitt et viktig kunnskapsgrunnlag for vurderinger rundt klimagassutslipp fra den kommunale vannbransjen i Norge.

Den første omfattende norske studien av klimagassutslipp fra vannbransjen ble utarbeidet på NTNU (Venkatesh and Brattebø 2011). Her ble Oslo brukt som case for å analysere og fremskrive klimagassutslipp fra vannbehandling, transportsystemer og avløpsbehandling. Resultatene er basert på livsløpsanalyser og tar for seg de viktigste innsatsfaktorene i vann- og avløpsbehandlingen.

Omtrent på samme tid utviklet Porsgrunn kommune, Scandinavian Society for Trenchless Technology og Norsk Vann veiledningen «NoDig vs. åpen grøft» (Hansen et al. 2010) i 2011, med en medfølgende miljøkalkulator for reovering, og utbygging av ledningsnett utarbeidet av Asplan Viak og CO₂focus. Miljøkalkulatoren tar for seg kostnadsbesparelser, direkte klimautslipp som følge av anleggsarbeider og klimautslipp fra trafikkforsinkelser. Dette arbeidet ble videreført med Digital VA forvaltning (DiVA) sin klimakalkulator fra 2017⁴⁾ som utvidet beregningene til et livsløpsperspektiv, hvor også utslipp fra produksjon av materialer og transport til byggeplass er inkludert.

Flere kommuner har tatt i bruk klimaregnskap i planlegging av nye vannbehandlingsanlegg, eksempelvis Espeland Vannbehandlingsanlegg i Bergen og Ålesund Vannverk, som har utarbeidet klimaregnskap for konstruksjon og drift av sine vannbehandlingsanlegg.

Noen kommunale vann- og avløpsselskaper har allerede begynt arbeidet med klimaregnskap, som f.eks Hias, som har rapportert på klimafotavtrykk siden 2014.

I Sverige har arbeidet med klimaregnskap for vannbransjen kulminert i et livsløpsbasert klimaregnskapsverktøy for avløpsrensaneanlegg: «Carbon footprint calculation tool for Wastewater Treatment Plants» utviklet av Chalmers universitet.⁵⁾

4) <https://diva-guiden.no/>

5) <https://va-tekniksodra.se/2014/11/carbon-footprint-calculation-tool-for-wwtps-now-available-in-english/>

3. Klimaregnskap for vannbransjen

Målet med et klimaregnskap er å kartlegge de viktigste kildene og driverne bak klimagassutslipp og deretter evaluere mulige tiltak for å redusere disse. Klimagasser er en global utfordring som ikke påvirkes av hvor utslippene skjer, mens tilhørende handlinger og tiltak i stor grad blir gjennomført lokalt. Her er det derfor viktig å skille mellom ulike typer klimaregnskap. Klimaregnskapet for den kommunale vannbransjen er utformet i et klimafotavtrykksperspektiv.

Et geografisk avgrenset utslippsregnskap inkluderer kun direkte utslipp innenfor virksomhetens grenser. Denne typen klimaregnskap blir blant annet benyttet til måling mot nasjonale målsetninger og videre mot internasjonale avtaler, eksempelvis Paris-avtalen.

Et klimafotavtrykk inkluderer både direkte og indirekte klimagassutslipp. Dette betyr at det inkluderer både klimautslipp som skjer innenfor virksomhetens geografiske avgrensning, og klimautslipp som følge av innkjøp av varer og tjenester som virksomheten forbruker, selv om selve klimautslippet skjer utenfor virksomheten.

En viktig metode for å kategorisere utslippskilder og definere avgrensninger er inndelingen i «scope» - på norsk «omfang» (Figur 6 illustrerer inndelingen):

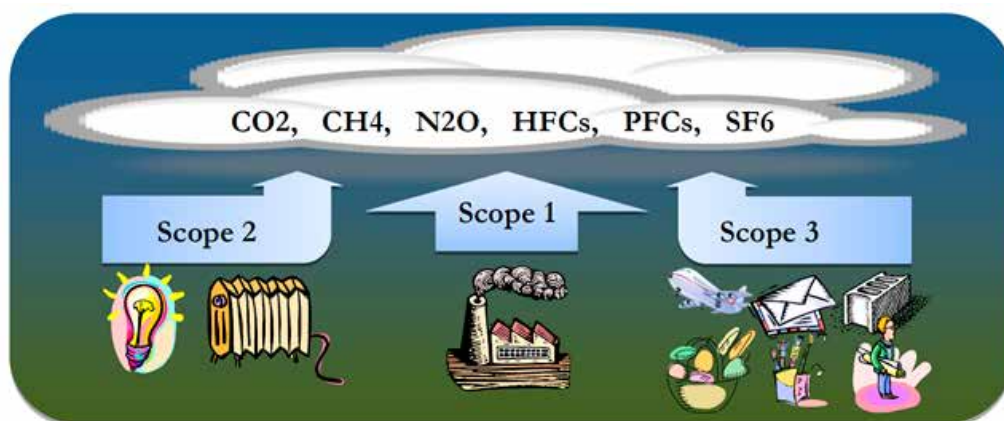
Scope 1: Direkteutslipp som kommer fra kilder innenfor virksomhetens grenser.

Dette kan typisk være fra forbrenning av drivstoff, men også andre prosesser som forårsaker utslipp. For eksempel fra nedbrytning av organisk avfall, prosessutslipp fra avløpsbehandling eller kjemisk industri.

Scope 2: Utslipp fra produksjon og distribusjon av innkjøpt energi.

For eksempel elektrisitet, varme, damp og/eller kjøling.

Scope 3: Utslipp som forårsakes av virksomhetens aktiviteter og innkjøp.



Figur 6 Fordeling av bidrag i et klimafotavtrykk iht. scope-definisjon til GHG protokollen.

Inndelingen i «scope» er blant annet brukt av den velkjente GHG-protokollen⁶⁾

6) www.ghgprotocol.org

3.1. Veiledning for klimaregnskapsverktøyet

Her presenteres en veiledning for klimaregnskapsverktøyet som er utarbeidet til rapporten. Det kan være nyttig å ha klimaregnskapet tilgjengelig mens man går gjennom veiledningen.

3.1.1. Oppbygning av klimaregnskapet

Klimaregnskapet er excel-basert og todelt etter detaljgrad, slik vist i Figur 7. Det detaljerte klimaregnskapet er ytterligere fordelt på tre virksomhetsområder. Hyperlenker mellom fanene gjør det enkelt å navigere til ulike faner i regnearket. Utslippsfaktorer for hvert regneark er dokumentert i egne faner, med mulighet til å benytte egne dokumenterte utslippsfaktorer hvis man har tilgang på disse.



Figur 7 Inndeling av klimaregnskap etter detaljgrad, og virksomhetsområder.

FORSIDE

Klimaregnskap for Vannbransjen	
<p>Dette er et klimarapporteringsverktøy for Vannbransjen utarbeidet av Norsk Vann og Asplan Viak. Her kan du finne klimafotavtrykket for hele din virksomhet. For dokumentasjon og brukerveiledning se Norsk Vann Rapport Klimagassutslipp - veiledning for vannbransjen.</p>	
<p>Virksomhet: _____</p> <p>Analyseår: _____</p>	
Innhold	Beskrivelse
Enkelt klimaregnskap	Hvis du ikke har tilstrekkelig data for din virksomhet, kan du utarbeide et enkelt klimaregnskap her. Hvis du legger inn data i resten av regnearket må du huske å trekke fra kronebeløpet som settes inn i denne fanen
Vannbehandling Vannbehandling - Input Vannbehandling - Resultater	Forbruk av kjemikalier, energi og masser ved vannbehandling
Ledningsnett Transportsystem Vann - Input Transportsystem Avløp - Input Transportsystemer - Resultater	Energiforbruk og utbygging/rehabilitering, ledningsnett vann Energiforbruk og utbygging/rehabilitering, ledningsnett avløp
Avløpsbehandling Avløpsbehandling - Input Avløpsbehandling - Metan og Lystgass Avløpsbehandling - Resultater	Forbruk av kjemikalier, energi og masser Utslippskalkulator for metan og lystgassutslipp fra avløpsbehandling
Resultater Sammendrag	
Utslippsfaktorer Vann og Avløp Ledningsnett Konstanter - metan og lystgassberegninger	Her finner du utslippsfaktorer for alt forbruk, med mulighet til å sette inn egne dokumenterte utslippsfaktorer.

Skriv inn navn på virksomhet og analyseår.

Hyperlenker muliggjør navigering mellom ulike deler av klimaregnskapet

3.1.2. Enkelt klimaregnskap

Det enkle klimaregnskapet benytter kroneverdier for å beregne klimafotavtrykket til virksomheten. Hver virksomhet rapporterer disse data til KOSTRA, og det er dermed enkelt å finne nødvendig grunnlagsdata for klimaregnskapet. Virksomhetene må selv sørge for at kroneverdier er rapportert under riktig kostnadsart i KOSTRA.

OBS! Hvis man rapporterer både enkelt og avansert klimaregnskap kan det forekomme en dobbelttelling. Kostnadsarter som må sjekkes for dobbelttelling er spesielt **forbruksmaterieil** (kjemikalier og filtermasser), **bygg og infrastruktur** (transportsystemer) disse kostnadene som rapporteres separat, trekkes fra i bunnen av dette regnearket.

Grønne stolpediagrammer viser relativ størrelsesorden på utslippsfaktoren.

Resultater oppsummeres i tabell og graf på høyre side.

Røde stolpediagrammer viser relativ størrelsesorden på klima-utslipp.

Kostnader per tjenestefunksjon og kostnadsart settes inn i modellen.

Resultater presenteres per tjenestefunksjon og totalt.

3.1.3. Vann- og Avløpsbehandling - input

I disse fanene kan det spesifiseres utslipp som er spesifikke for vann- og avløpsbehandling. Det er lagt spesiell vekt på energibruk, og forbruk og transport av kjemikalier og filtermasser.

Energi

Her spesifiseres energibruk spesifikt for vannbehandling. Utslippsfaktorer for elektrisitet kan endres i fanen «Vann og avløp - utslippsfaktorer».

Direkteutslipp og karbonfangst

Direkteutslipp av spesielt CO₂ kan forekomme ved vannbehandling i form av CO₂ lekkasje fra lagringstanker eller overforbruk av CO₂ gass. Opptak av CO₂ kan f.eks være karbonatisering av brennkalk tilsatt renseprosess. Det bør undersøkes hvorvidt CO₂ tilsatt i vannet bør karakteriseres som utslipp eller opptak, da det ikke finnes tilstrekkelig data for å fastslå dette per i dag.

Hvis man har totaltall for metan- og lystgassutslipp fra avløpsbehandling kan dette dokumenteres under avløpsbehandling i stedet for å benytte regnearket «Avløpsbehandling - CH₄&N₂O».

Filtermasser

Her spesifiseres mengder for ulike filtermasser som er brukt i renseprosessen. Kun nye tilsatte filtermasser i regnskapsåret føres, for å unngå dobbelttelling fra år til år.

Kjemikalier - felling

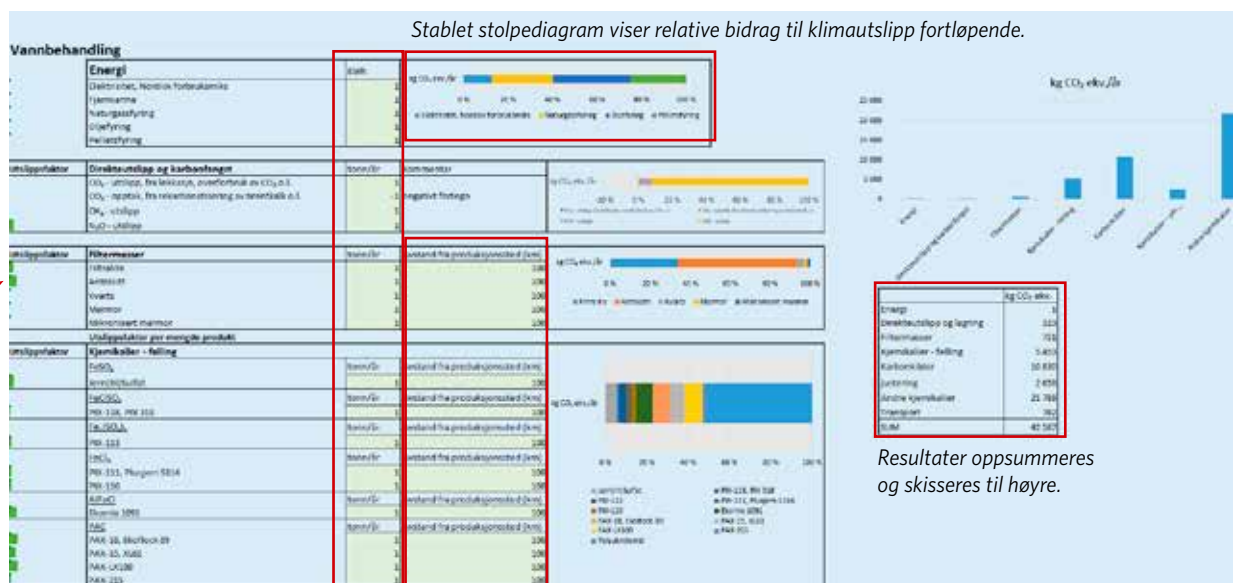
Ulike typer kjemikalier brukt i felling som jernkloridsulfat eller aluminiumsulfat kan settes her. Det er viktig å merke seg at utslippsfaktoren settes per mengde produkt, altså eksempelvis per tonn PIX-18.

Andre kjemikalier

Ulike kjemikalier som flytende klor, saltsyre e.l. kan ha ulike konsentrasjoner. Derfor innsettes det her kun mengde kjemikalie per mengde virkestoff uten vanninnhold, siden det er produksjon av kjemikalet som står for størsteparten av klimafotavtrykket til produktet. Eksempelvis hvis man har brukt 1 tonn flytende klor med 10 % konsentrasjon fyller man ut 0,1 tonn i raden for flytende klor.

Transport

Transport beregnes fortløpende når man setter inn forbruksvarer og transportavstander. I tillegg kan man dokumentere transportutslipp for slam og masser nederst i regnearket.



Grønne stolpediagrammer viser relativ størrelsesorden på utslippsfaktoren.

Forbruk av energi og materialer legges inn i grønne celler.

Transport-avstander for hvert materiale kan spesifiseres.

3.1.4. Transportsystemer

Her innsettes forbruksdata for årlig utbygging, drift og renovering av transportsystemer for vann og avløp. Diametere for ulike typer vann og avløpsledninger er satt, mens materialbruk bestemmes i tabellen: «Materialbruk – ledningsnett». Vanlig materialbruk for ulike vann- og avløpsledninger er vist i «Foreslåtte dimensjoner og materialer». Estimerte innsatsfaktorer per kilometer er hentet fra DiVA sin klimakalkulator.

Klimautslipp fra utbygging, drift og renovering av vann og avløpsnett inkluderer:

- Energiforbruk på anleggene
- Dieselforbruk i anleggsmaskiner
- Materialutslipp fra nye rør og infrastruktur
- Transport av rør og masser.

Beregningsmetode

Kalkulatoren beregner innsatsfaktorer per grøft (f.eks utgravde masser for et fellessystem med vann- og avløpsledning). Disse verdiene blir så fordelt mellom vann og avløp. Eksempelvis vil 1 km separatsystem i regnearket «**Transportsystem – vann**» vise utslipp for 1 vannrør i en trerørsgrøft med overvanns- og spillvannsledninger (1/3 av totalutslippene for grøften). Hvis 1 km separatsystem føres i regnearket «**Transportsystem – avløp**» vil det vise klimautslipp for overvanns- og spillvannledningene i grøften (2/3 av totalutslippene for grøften). For mer detaljerte beregninger av klimagassutslipp fra utbygging og renovering av ledningsnett se DiVA sin Klimakalkulator.

Foreslåtte dimensjoner og materialer	SL	OV	VL	AF
Bullg separatsystem	PVC 100	PP 300	STJ 130	
Bullg fellessystem			STJ 130	BCT 300
Hovedledning separatsystem	PVC 200	PE 600	STJ 200	
Hovedledning fellessystem			STJ 230	BFT 600

Energiforbruk	Vann
Totalt energiforbruk	130000 kWh

Utbygging av ledningsnett, vann		System (km)		
		Separat	Felles	Vannledning
Bullgrøfte	Hoved-/oppstamlingsledning	1	1	1
	Renovering			
Åpen grøft	Hoved-/oppstamlingsledning	1	1	1
	Renovering			
Støperrenovering	Hoved-/oppstamlingsledning	1	1	1
	Renovering			

Materialbruk - ledningsnett	Lengde	100	150	200	250	300	400	600	Avstand til fabrikk
PE	km	1	1	1	1	1	1	1	200 km
PP	km	1	1	1	1	1	1	1	200 km
PVC	km	1	1	1	1	1	1	1	100 km
Støtong	km	1	1	1	1	1	1	1	200 km
GNP	km	1	1	1	1	1	1	1	200 km
Støpejern	km	1	1	1	1	1	1	1	100 km
Rustfritt stål	km	1	1	1	1	1	1	1	200 km

Masser	Verdi	Enhet
Utsprengt masse	2000	m ³
Transportmasse overskuddsmasser	10	km (snitt)

Her vises vanlige materialtyper og rørstørrelser for ulike grøftetyper. Rørstørrelser benyttes til å beregne dieselforbruk fra gravemaskin, mens materialtyper må spesifiseres under «Materialbruk – ledningsnett»

Lengde for utbygging av fellessystem, separatsystem og egne vannledninger spesifiseres i grønne celler.

Bruk av ulike rørmaterialer må spesifiseres her for å få med materialutslipp fra rør. Mengder for utsprengte masser og transportavstand av overskuddsmasser (snitt) spesifiseres nederst i regnearket.

Transportavstander til fabrikk for ulike rørmaterialer settes inn her.

3.1.5. Avløpsbehandling N₂O & CH₄

Fanen «Avløpsbehandling - input» og resultatfanen er tilsvarende som for Vannbehandling. For avløpsbehandling kan man i tillegg beregne metan- og lystgassutslipp basert på modellen beskrevet i kapittel 5.4. Det er varierende detaljeringsgrad på beregningene avhengig av hvilke data virksomheten har tilgjengelig. Mer detaljerte data kan spesifiseres i grønne celler i regnearket.

Dette regnearket er ment som et estimat av lystgass- og metanutslipp fra avløpsbehandling. Miljødirektoratet har beregnet kommunefordelte metan- og lystgassutslipp for avløpsbehandling. Disse data kan finnes på www.miljodirektoratet.no⁷⁾ og supplere de estimerte verdiene i regnearket.

Abbonenter

Antall personekvivalenter tilknyttet ledningsnett med direkteutslipp, privat avløpsrenseanlegg og ledningsnett med avløpsrenseanlegg brukes til å estimere metangassutslipp fra avløpsrenseprosessen. Gjennomsnittlig BOF₅ per personekvivalent er satt til 60 g/pe/dag.

Avløpsbehandling

De fleste avløpsrenseanlegg i Norge benytter aerobe prosesser og har ikke direkte metanutslipp som følge av selve avløpsbehandlingsprosessen. Derfor er metanutslipp fra den biologiske og kjemiske renseprosessen satt til 0. Utslipp fra andre deler av avløpsrenseprosessen spesifiseres lenger nede i regnearket.

Nitrogeninnhold ved utløp og volum av behandlet vann brukes til å estimere lystgassutslipp fra resipient som følge av nitrifiserende bakterier som produserer lystgass fra nitrogenutslipp fra avløpsrenseanlegget.

Beregnete verdier

Modellen regner automatisk ut BOF-verdier og biogassproduksjon avhengig av antall personekvivalenter og om man har råtnetank og biogassutnyttelse. Disse beregnede verdiene kan overstyres hvis man har mer spesifikke data.

Biogass

Mengden metan i biogass er satt til 65% og kan endres i fanen «konstanter CH₄ og N₂O». Både biogass som blir faklet og biogass benyttet til strømproduksjon kan føres under biogass faklet (varm). Biogass som blir kaldfaklet regnes som direkteutslipp av metangass til atmosfæren.

Slambehandling

Metanutslipp fra slamlagring vil være avhengig av lagringstiden. Hvis det er dokumentert ingen metanutslipp fra slamlagring, kan lagringstiden settes til 0.

7) <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/?area=41§or=-2>

4. Tiltak for å redusere klimagassutslipp fra vannbransjen

4.1. Vannbehandling

4.1.1. Energiltak

Energibesparelser i et vannbehandlingsanlegg vil gi direkte klimabesparelser i form av unngått energiproduksjon. Energieffektiviteten kan påvirkes allerede i plan- og designfasen, ved at man for eksempel legger til rette for energiproduksjon ved innløpet. Et annet energiltak er utskifting og optimalisering av pumper. Frekvensomformere kan spare energi ved lavere vannføringer og ved riktig drift kan man forvente en 30 % besparelse mot konstant turtall med struping.

I et UV-anlegg vil energiforbruk fra UV-lamper være et betydelig bidrag til totalt energiforbruk ved anlegget. Det er derfor viktig å ha kontroll på energiforbruket fra disse og bruke UV-lamper med høy energieffektivitet

Energistyring i virksomheter

Et godt styringssystem er en forutsetning for energieffektivitet ved et VA-anlegg. For å kunne sette mål for energieffektivitet må man først fastslå grunnleggende effekt- og energibehov, i første omgang kan dette være basert på benchmark nøkkeltall og anleggets belastninger. Et energioppfølgingssystem (EOS) knyttet til et SD anlegg, med tilstrekkelig antall målepunkter vil bidra til å gjennomføre energisparingstiltak og følge utviklingen av energiforbruket.

Energisparingskontrakter (EPC) bør vurderes, spesielt for VVS-anlegg. I en slik kontrakt får man garanterte energibesparelser fra en leverandør, og løpende kostnadsbesparelser brukes til å finansiere nye energiltak.

For mer informasjon om energistyring av virksomheter se Norsk Vann rapport A194 - «Energiriktig design og prosjektering av avløpsrenseanlegg.»

4.1.2. Kjemikalier og forbruksmateriell i drift

Innføre miljøkrav i anskaffelse av kjemikalier og forbruksmateriell

Som innkjøper av varer og tjenester har virksomheten mulighet til å stille krav til miljøytelsen av forbruksvarer. Ulike kjemikalier har ulike produksjonsmetoder og klimafotavtrykket deres varierer i stor grad. Verktøy som miljøvaredeklarasjoner og livsløpsanalyser kan bidra til å velge det mest klimavennlige produktet på markedet, eller det produktet som er mest kostnadseffektivt for å oppnå ønskede klimareduksjoner.

Bruk av ozon og CO₂ i vannbehandling

Energieffektiv produksjon av ozon ved anlegget vil fjerne transportbehovet og kunne redusere klimafotavtrykket til vannverket. Både produksjon av ozon og CO₂ er betydelige bidragsyttere til klimafotavtrykket av vannbehandling, som betyr at dosering og bruk bør optimaliseres og følges opp.

Redusere transportbehov for forbruksvarer som kalk, oksygen, ozon osv.

Klimautslipp fra transport kan reduseres gjennom transportavstander, effektivisering av transportmidler og bedre kapasitetsutnyttelse av transportmidler. Ved høyt transportvolum bør tog- eller sjøtransport benyttes der det er mulig. Det bør undersøkes om flere vannverk i området kan gå sammen om rammeavtaler for store transportvolumer for å legge til rette for tog- og sjøtransport.

For mer informasjon om planlegging og drift av vannbehandlingsanlegg se rapporter fra Norsk Vann:

- Veiledning i planlegging av vannkilde og vannbehandlingsanlegg (Norsk Vann 2016b)
- Håndbok for driftsoptimalisering av koaguleringsanlegg (Norsk Vann 2012b)
- Veiledning for drift av koaguleringsanlegg (Norsk Vann 2012a)

4.2. Transportsystemer

Gode planer (DiVA metodikken)

Gode hovedplaner og saneringsplaner er en forutsetning for en bærekraftig forvaltning av vann- og avløpsanleggene. Bruk av DiVA metodikken gir en god oversikt over status for vann- og avløpsanleggene og gjør det lettere å investere i riktig ledning til rett tid. Dette betyr at man unngår å sanere ledninger som kunne fungert i noen år til, mens man sanerer ledninger med faktisk behov for sanering, slik at man unngår unødvendig bruk av ressurser på grunn av brudd i ledningsnett med påfølgende avbrudd i vannforsyningen eller akutte utslipp til resipienten. Hvis det er store lekkasjemengder eller fremmedvannmengder i ledningsnettene vil dette også bli håndtert med påfølgende ressursbesparelser. For mer informasjon om forvaltning av ledningsnett se DiVA-guiden.⁸⁾

Strategisk senkning av vanntrykk

Forskning viser at volum av vann tap i distribusjonsnett er proporsjonalt med systemtrykket. Derfor vil reduksjon av vanntrykk i perioder med høy etterspørsel ha en betydelig påvirkning på vannlekkasjemengdene. (Halkijevic, Vukovic, and Vouk 2013)

Inndeleg vannledningsnett i kupert terreng i separate trykksoner

Oftest brukes høyt vanntrykk ut fra pumpestasjonen ved vannforsyning i kupert terreng. Dette gir unødvendig høyt energiforbruk, samtidig som høyt trykk i lavere-liggende områder øker sannsynligheten for rørbrudd. Hydraulisk modellering kan bidra til å analysere systembegrensninger og identifisere mulige løsninger. Flere trykksoner kan kreve flere mindre vannmagasiner for å bryte trykkbølger og for å sikre vanntilførsel ved pumpefeil.

Redusere andelen fremmedvann i ledningsnett

Ved å unngå overvann, innlekket grunnvann, etc. i avløpsnett, reduseres belastningen på pumpene og dermed energibruket. Med redusert volum til behandling kan renseprosessene drives mer effektivt og med lavere forbruk av kjemikalier og energi. Ikke minst kan man unngå, eller evt. utsette, utbygging av renseanlegg. Reduksjon av fremmedvann kan oppnås ved å separere overvann og spillvann, utbedre feilkoblinger, utbedre lekkasjer i felleskummer for spillvann og overvann, koble fra dreneledninger og bekkeinntak, eller ved tetting av utette ledninger. Hver anleggseier bør finne bærekraftig fremmedvannsnivå for sitt anlegg. Dette vil avhenge av lokale forhold som kapasitet i avløps-systemet, nedbørsforhold etc. Her vil det komme en ny rapport fra Norsk Vann i løpet av 2020.

Redusere lekkasjer i vannledningsnett

Sanering av utette vannledninger for å redusere lekkasjemengdene vil redusere behovet for produsert vannmengde, i tillegg til å redusere energiforbruket til pumping. Dermed reduseres fotavtrykket til vannbehandlingsanlegget.

Unngå anaerobe forhold i avløpsnett

Anaerobe forhold i deler av avløpsnett vil medføre produksjon av metangass, som er en kraftig drivhusgass. Det bør derfor sikres tilstrekkelig fall og gjennomstrømming i spillvannnett for å unngå slike soner.

Utslippsfrie anleggsplasser

Utslippsfrie anleggsplasser har blitt et viktig tiltak for reduksjon av direkte klimagassutslipp fra byggeaktiviteter og bør også anvendes ved byggeprosjekter i vannbransjen. DNV GL har i samarbeid med mange private og statlige aktører utarbeidet en veiledning for tilrettelegging av fossilfrie og utslippsfrie løsninger på byggeplassen (Davidsson and Lie 2018). Her beskrives en metode for å etterspørre og gjennomføre fossilfrie løsninger på anleggsplasser, og hvilke teknologier som er tilgjengelige innenfor ulike segmenter av anleggsvirksomheten. Mulige fossilfrie løsninger er:

- **Elektrisitet** – Til oppvarming, uttørring og drift av anleggsmaskiner
- **Fjernvarme** – Til oppvarming og uttørring på anleggsplass
- **Grunnvarme/varmepumpe** – Der slike energiløsninger er planlagt for bygget i drift, kan det vurderes om de også kan benyttes for oppvarming i byggeperioden.
- **Biodrivstoff** (pellets, biodiesel etc.) – Til oppvarming, uttørring og drift av anleggsmaskiner.

8) www.diva-guiden.no

Ved bruk av biodrivstoff bør det gjøres spesifikke beregninger for biodrivstoffet som blir benyttet for å sikre at det ikke fører til negative konsekvenser i form av direkte og indirekte arealbruksendringer.

Bruk av grøftefrie løsninger

Grøftefrie løsninger som strømpereovering og utblokking kan redusere klimagassutslippene fra anleggsarbeider med opptil 90 %. Andre fordeler er reduserte kostnader og anleggstid, samt mindre klimagassutslipp som følge av trafikkulempet. For mer informasjon om grøftefrie løsninger se «NoDig versus åpen grøft. Miljømessige, økonomiske og juridiske betraktninger» (Hansen et al. 2010) samt Norsk Vann Rapport A221/2016 «Smart ledningsfornyelse – bruk av NoDig-metoder.» (Norsk Vann 2016c).

4.3. Avløpsbehandling

Her presenteres noen eksempler på klimatiltak som er spesifikke for avløpsbehandling. For mer detaljert beskrivelse av spesielt energiforbruk ved avløpsbehandling henvises til ny Norsk Vann rapport «Veiledning for dimensjonering av avløpsbehandling» som kommer i løpet av våren 2020.

Mange av tiltakene presentert i kapittel 4.1 Vannbehandling, spesielt innenfor energibruk og forbruksvarer, vil være overførbare til avløpsbehandling.

Utnyttelse av biogass

Avløpsslam kan utnyttes til produksjon av biogass, som kan oppgraderes og benyttes som drivstoff eller til produksjon av elektrisk kraft og varme. Ved produksjon av biogass reduseres transportbehovet for slam som skal transporteres bort fra renseanlegget, som reduserer utslipp av klimagasser fra kjøretøy (lastebiler). I tillegg til å redusere utslipp fra renseanlegget, vil bruk av biogass erstatte fossilt drivstoff fra kjøretøy eller elektrisitets- og varmeproduksjon.

Ressurgjenvinning fra avløpsslam

Avløpsvann og -slam inneholder ressurser som organisk materiale og viktige næringsstoffer som kan gjenbrukes og gjenvinnes.

Ved bruk av avløpsslam til jordbruksformål tilbakeføres organisk materiale, fosfor og nitrogen, men også andre næringsstoffer til det naturlige kretsløpet. Gjødseleforskriften regulerer bruk og kvalitet av organisk gjødsel som skal brukes. Det betyr at alt slam som skal brukes må være hygienisert og stabilisert, og innholdet av tungmetaller må være lavere enn strenge grenseverdier.

Fra renseanlegg med biologiske prosesser kan fosfor gjenvinnes som struvitt, som kan brukes som saktevirkende fosforgjødsel.

En del anlegg bruker kalk som en del av slambehandlingen eller ved avvanning av slam. Klimaavtrykket av kalk er betydelig, og varierer med hvilken type kalk som er brukt. Det bør gjøres spesifikke livsløpsanalyser for å bestemme effekten av at kalkbehandlet avløpsslam til jordbruksformål erstatter konvensjonell kalking av jordbruksarealer, og slik veier opp for økte klimagassutslipp som følge av bruk av kalk til slambehandling.

Installere forbehandlingsmetoder for å øke uttak av næringsstoffer.

Termisk hydrolyse og kjemisk eller mekanisk forbehandling, vil bidra til å minske den endelige slammengden og til å øke metanproduksjonen fra slambehandlingen. Ulike metoder kan bidra til å:

- Øke nedbrytingen av slam som fører til høyere energiutnyttelse og gir mindre volum av gjenværende slammengde.
- Redusert oppholdstid i utrånningstanken, som gjør det mulig å redusere volumet av denne, eller øke kapasiteten til en gitt tank.

Ulike prosesser og teknologier kan bidra til å minske oppholdstiden for slam i utråningstanken, mens energiintensive prosesser som termisk hydrolyse og oksideringsprosesser kan øke utråningshastigheten og mengde biogass produsert. Selv om økt næringsstoffuttak kan medføre høye kostnader for vannbehandlingsanlegget, gir det også mulighet til å øke uttaket av fosfor og nitrogen til landbruksformål (Carrère et al. 2010).

Energigjenvinning ved avløpsbehandlingsanlegg

En del av energien som brukes til behandling av avløpsvann kan gjenvinnes. Et enkelt tiltak for å oppnå energibesparelser på avløpsrensaneanleggene er installasjon av varmepumper som henter termisk energi fra spillvannet. Her hentes termisk energi fra vann som ellers ville gått tapt ved utløpet. Hvis den termiske energien ikke kan benyttes på anlegget, bør det undersøkes om den kan benyttes i området, til f.eks oppvarming av idrettsbaner, skolebygg, etc. For mer informasjon om energigjenvinning i avløpsrensaneanlegg se «Norsk Vann rapport 2019/2016 - Eksempler på implementering av bærekraft i vannbransjen» (Norsk Vann 2016a)

5. Utslippsfaktorer

Her dokumenteres alle utslippsfaktorene som er benyttet i klimaregnskapet. Hovedkildene benyttet for å finne utslippsfaktorer er:

- Ecoinvent v3.4
- DiVA Utslippskalkulator, som er videre basert på No-Dig miljøkalkulator
- Calculation of carbon footprint from Swedish wastewater treatment plants (SVU 12-120).
- ECAM - Energy performance and carbon emissions assessment and monitoring tool
- IPCC 4th assessment report (2006)
- Forskning og utvikling i Asplan Viak, Livsløpsanalyser av vannbehandlingsanlegg.
- EUROSTAT⁹⁾ og ENTSO-E¹⁰⁾ produksjon og importdata

9) <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

10) <https://www.entsoe.eu/data/power-stats/>

5.1. Energibruk og fjernvarme

Klimautslipp fra bruk av fjernvarme er beregnet basert på produksjonstall fra www.fjernkontrollen.no. Disse er koblet til Ecoinvent-prosesser og klimafotavtrykk er beregnet ut ifra dette. I tillegg er klimautslipp fra avfallsforbrenning fordelt mellom avfallsforbrenning og varmeproduksjon etter inntekt, såkalt økonomisk allokering. Klimautslipp fra avfallsforbrenning fordeles 70 % til avfallsforbrenning og 30 % til varmeproduksjon.

Fjernvarmemiksen representerer et nasjonalt snitt. Lokale fjernvarmeprodusenter bør ha spesifikke utslippstall for sin fjernvarmeproduksjon.

Strøm

Det er beregnet norsk og nordisk forbruksmiks for strømforbruk. Disse tallene er basert på produksjons- og importstatistikk fra det norske og nordiske kraftnettet hentet fra Eurostat og ENTSO-E statistikkdatabaser. For å kompensere for år-til-år variasjoner i strømproduksjon er det benyttet et 5 år gjennomsnitt for årene 2014 - 2018. Utslippsfaktorer for strømproduksjonsteknologier er hentet fra Ecoinvent. Dette gir en utslippsfaktor på 36,1 g C₂ ekv./kWh for norsk forbruksmiks og 128 g CO₂ ekv./kWh for nordisk forbruksmiks.

Det er mulig å sette en egendefinert strømmiks i fanen «Vann og Avløp-utslippsfaktorer». Denne bør dokumenteres i tabellen «Strømfaktorer».

5.2. Kjemikalier og forbruksvarer

Det er forsøkt å finne de mest oppdaterte utslippsdata for kjemikalier og forbruksvarer benyttet i vann- og avløpsbehandling. Der produsentdata ikke er tilgjengelig, er det benyttet litteraturtall som et estimat på klimafotavtrykket av kjemikalet. I Ecoinvent databasen er det valgt prosesser som i størst mulig grad reflekterer det geografiske området produktet er produsert i. Geografiske områder og deres forkortelse er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Liste over geografiske områder dekket i Ecoinvent og deres forkortelse

Land	Forkortelse i Ecoinvent
Europeisk gjennomsnitt	RER
Tyskland	DE
Globalt gjennomsnitt	GLO, RoW
Sveits	CH

Tabell 2 Liste over alle utslippsfaktorer for kjemikalier og forbruksmateriell med kildehenvisning

Produkt	Klimafotavtrykk (kg CO ₂ ekv./tonn)	Kilde
Gasser		
Flytende oksygen til ozonproduksjon	170	Ecoinvent v3.4, Oxygen, liquid {RER} air separation, cryogenic, justert for norsk energibruk
CO ₂ til vannbehandling	269	Ecoinvent v3.4, Carbon dioxide, liquid {RER} production, justert for norsk energibruk.
Filtermasser		
Filtralite	254	Ecoinvent v3.4, expanded clay {DE} production
Antrasitt	446	Ecoinvent v3.4, Hard coal {RoW} hard coal mine operation and hard coal preparation
Kvarts	27	Ecoinvent v3.4, Silica sand {DE}
Marmor	12,6	Ecoinvent v3.4, Lime, packed {CH} production
Mikronisert marmor	11	Ecoinvent v3.4 74% Lime, packed {CH} production, 26% Water, ultrapure {RER} production
Transport		
Transport med lastebil	0,163	Ecoinvent v3.4 Transport, freight, lorry, 16-32 metric ton, EURO5 {RER}
Direkteutslipp		
CO ₂ , ikke biogent	1	IPCC (2007)
Metan	25	IPCC (2007)
Lystgass	298	IPCC (2007)
Karbonkilder		
Metanol	669	Ecoinvent v3.4, Methanol {GLO} production
Etanol	1250	Ecoinvent v3.4, Ethanol, without water, in 99,7% solution state, from ethylene {RER} ethylene hydration
Sekundol 70	2146	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
Sekundol 85	2146	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
Mosstanol	1339	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
Eddiksyre	1370	Ecoinvent v3.4, Acetic acid, without water, in 98% solution state {RER} acetic acid production
Glyserin	1910	Ecoinvent v3.4, Glycerine {Europe without Switzerland} esterification of rape oil
Kjemikalier - felling		
Jern(III)Sulfat	304	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
PIX-118, PIX 318	82	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)

Produkt	Klimafotavtrykk (kg CO ₂ ekv./tonn)	Kilde
PIX-113	153	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
PIX-111, Plusjern S314	145	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
PIX-110	145	Data from Kemira. report, U-704, from IVL 2003.
Polyakrylamid	2790	Ecoinvent v.3.4, Polyacrylamide {GLO} production
Ekomix 1091	420	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
PAX-18, Ekoflock 89	455	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
PAX-15, XL61	379	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
PAX-LX100	470	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
PAX-215	110	Data from Kemira. Report, U-735, from IVL 2003
Zetag 8180/7550/8147	2560	Ecoinvent v.3.4
pH-justering/korrosjonskontroll		
Brent kalk (CaO)	1130	Ecoinvent v.3.4, Quicklime, milled, packed {CH} production
Lesket kalk, Ca(OH) ₂	871	Ecoinvent v.3.4, Lime, hydrated, packed {CH} production
Kalsiumkarbonat, CaCO ₃	12,6	Ecoinvent v.3.4, Lime, packed {CH} production
Natriumhydroksid, NaOH 50%	403	Ecoinvent v.3.4, Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {RER} chlor-alkali electrolysis, membrane cell
Natriumhydroksid, NaOH 30%	242	Ecoinvent v.3.4, Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {RER} chlor-alkali electrolysis, membrane cell
Andre kjemikalier		
Aktivert karbon - biogen opprinnelse	1130	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
Aktivert karbon - fossil opprinnelse	3390	Carbon footprint of wastewater treatment plants (2015)
Fosforsyre	1000	Ecoinvent v.3.4, Phosphoric acid, fertilizer grade, without water, in 70% solution state {GLO} market for
Hydrogenperoksid (H ₂ O ₂)	1200	Ecoinvent v.3.4, Hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state {RER} hydrogen peroxide production
Ionebyttesalt	119	Krüger Aqua (2012)
Klor, flytende	1310	Ecoinvent v.3.4, Chlorine, liquid {GLO} production
Klorgass	780	Ecoinvent v.3.4, Chlorine, gaseous {RER} chlor-alkali electrolysis, membrane cell
Litiumklorid	4160	Ecoinvent v.3.4, Lithium chloride {GLO} production
Natriumhypokloritt (NaClO)	2420	Ecoinvent v.3.4, Sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state {RER} sodium hypochlorite production
Natriumthiosulfat	2100	Ecoinvent v3: Chemical, inorganic
Oktanol	353	Approximation in relation to Pentanol in Ecoinvent Database 2.0
Propan	777	Ecoinvent v.3.4, Propane {GLO} extraction, from liquefied petroleum gas
Salpetersyre (HNO ₃)	551	Yara (2010)
Saltsyre (HCl)	1120	Ecoinvent v.3.4, Hydrochloric acid, without water, in 30% solution state {RER} hydrochloric acid production, from the reaction of hydrogen with chlorine
Svovelsyre (H ₂ SO ₄)	10	Ecoinvent v.3.4, Sulfuric acid {RER} production
Vannglass (Natriumsilikat)	929	Ecoinvent v.3.4, Sodium silicate, without water, in 48% solution state {RER} sodium silicate production

5.3. Spesifikke utslippsfaktorer ledningsnett

5.3.1. Materialdata

Data for utslipp fra materialer er hentet fra Ecoinvent v3.4. Vekt og dimensjoner på grøfter er hentet fra ulike datablader for de ulike materialene. Utslippsfaktorer per kilogram for ulike rørmaterialer er gitt i Tabell 3.

Tabell 3 Utslippsfaktorer per kilogram rørmateriale.

Materiale	kg CO ₂ ekv. / kg rør
Betong	0,12
GRP	6,32
PE	2,37
PP	2,30
PVC	2,33
Støpejern	1,59
Rustfritt stål	5,13

Andre faktorer benyttet i beregninger av klimafotavtrykk av ledningsnett er gitt i Tabell 4.

Tabell 4 Faktorer brukt til beregning av klimafotavtrykk av ledningsnett.

Flere faktorer	Verdi	Enhet
Tetthet		
Asfalt	2,4	tonn/m ³
Jord og leire	1,3	tonn/m ³
Pukk	2,8	tonn/m ³
Utslipp		
Pukk	2,8	kg CO ₂ ekv./kg
Asfalt	0,0647	kg CO ₂ ekv./kg
Transport	0,194	kg CO ₂ ekv./tkm

5.3.2. Graving av grøft

Et stort usikkerhetsmoment for klimautslipp fra legging av ledningsnett, er utslipp knyttet til drift av anleggsmaskiner og grøfteutførelse. Forutsetningene er derfor listet opp i denne rapporten. Spesifikke grunnforhold, og andre faktorer som bestemmer fremdrift av grøftekonstruksjon vil variere og det eksisterer per dags dato ikke nok dokumentasjon for å kunne skille på disse i tilstrekkelig grad. Det er imidlertid klart at grøftekonstruksjon utgjør en stor andel av de totale utslipp fra systemet og må derfor inkluderes.

Dieselforbruk fra gravemaskiner utgjør ofte størsteparten av utslipp fra graving av grøft. I beregninger har dieselforbruket en komponent som avhenger av volumet som blir gravd ut og en komponent som avhenger av trasélengden uavhengig av dimensjonene på rørene. Faktorer brukt for det lengdeavhengige dieselforbruket er gitt i Tabell 5. For drivstofforbruk for utgraving av masser er det benyttet en faktor på 1,3 l/m³.

Disse tallene er hentet fra tidligere prosjekter utført av Asplan Viak, og det er klart at drivstofforbruk kan variere ut i fra dette. Vi har sett eksempler på både høyere og lavere drivstofforbruk enn det som er forutsatt her.

Ved utsprenning av grunn er det brukt en utslippsfaktor på 27,3 kg CO₂ ekv./m³. Dette er erfaringstall fra infrastrukturprosjekter hentet fra VegLCA – Statens vegvesen sitt verktøy for livsløpsanalyser av vegprosjekt.

Tabell 5 Dieselforbruk fra grøftarbeider avhengig av lengde på trase, per meter grøft

	Lastebil		Pumper/aggregat		Komprimator		Sum liter/meter
	20 liter/time		3 liter/time		5 liter/time		
	timer/m	liter/m	timer/m	liter/m	timer/m	liter/m	
Graving/Internttransport	0,23	4,6					
Rørarbeider/montasje			0,08	0,24			
Gjenfylling/komprimering					0,01	0,5	
Etterarbeider	0,1	2					
Total liter/meter		6,6		0,24		0,5	7,34

5.4. Dokumentasjon av utslippsfaktorer for metan- og lystgassutslipp fra avløps- og slambehandling

Modell for beregning av metan- (CH₄) og lystgass- (N₂O) utslipp fra avløpsbehandling er hentet fra IPCC (the Intergovernmental Panel on Climate Change) sin veiledning for nasjonale klimagassinventar (Doorn et al. 2006) og Water and Wastewater Companies for Climate Mitigation sin open-source metodologi for beregning av metan- og lystgassutslipp fra vann og avløpsbehandling (WaCClIM 2017). Modellen er supplert med litteratordata for metanutslipp fra avløpsbehandling (Daelman 2014), (Daelman et al. 2012).

5.4.1. Metanutslipp fra avløpsbehandling

Metanutslipp fra avløpsbehandlingsprosessen inkluderer:

- Metanutslipp fra avløpsbehandling, inkludert avløpsbehandling i private anlegg
- Metanutslipp fra anaerob utråtning.
- Metanutslipp er i utgangspunktet basert på antall personekvivalenter tilknyttet avløpsbehandling, BOF₅ (biologisk oksygenforbruk) last per person for Norge, 65 % av innløps-BOF₅ fjernet som slam og 10 % BOF₅ som forblir ubehandlet i utløpet.
- Utslipp fra dårlig lufting i den biologiske prosessen er ikke inkludert.

Andre faktorer som påvirker metanutslipp og kan spesifiseres i regnearket er:

- Type avløpsbehandling
- Faktiske BOF₅-nivåer ved innløp og utløp.
- BOF₅-last fjernet som slam.

Methane emissions correction factor (MCF) for ulike avløpsbehandlingsprosesser er hentet fra IPCC (2006) og vist i Tabell 6.

Tabell 6 Methane emissions correction factor (MCF) og BOF fjernet som slam hentet fra IPCC (2006)

	% BOF fjernet	Methane Correction Factor (MCF)
Biologisk rensing	60 %	0
Kjemisk rensing	60 %	0
Aktiv Slam - God utforming	65 %	0
Aktiv slam - Noen dårlig luftede soner	65 %	0,1
Aktiv slam - Flere dårlig luftede soner	65 %	0,2
Aktiv slam - Dårlig utforming	65 %	0,3
Våtmarker - Surface flow	30 %	0,4
Våtmarker - Horizontal subsurface flow	65 %	0,1
Våtmarker - Vertical subsurface flow	65 %	0,01
Annet	65 %	0,1
Septiktank		0,5
Direkte utslipp		0,1

Metanutslippsfaktor ($\text{kg CH}_4/\text{kg BOF}_5$) er gitt som:

$$EF(WWTP) \text{ CH}_4 = 0,6 * MCF$$

Hvor:

- 0,6 - Maksimal metanproduksjonskapasitet ($\text{kg CH}_4/\text{kg BOF}_5$)
- MCF - tabellverdier

5.4.2. Metanutslipp i råtnetanker (utråtning)

Metanutslipp fra biogassproduksjon styres av to faktorer.

- Mengde biogass produsert i avløpsrenseanlegget.
- Bruk av biogass - avhengig av om det er faklet eller brukt til andre formål.

Hvis biogass blir faklet antas det at 2 % av metangassen ikke blir forbrent, men sluppet ut til atmosfæren. Hvis biogass blir utnyttet antas det ingen metanutslipp til atmosfæren. (WaCCliM 2017)

Input-data

Biogass-produksjon er estimert basert på antall pe tilknyttet avløpsbehandling og BOF_5 laster.

Ytterligere data kan spesifiseres for mer nøyaktig rapportering.

- Volum av biogass produsert i råtnetank
- Volum av biogass som blir utnyttet
- Faktiske BOF_5 laster ved innløp og utløp.

Biogass produsert

$$\text{Biogassprodusert (Nm}^3\text{)} = \text{antall pe med avløpsbehandling} * \text{BOF}_5 \text{ last} * 0,8 * 0,4/1000 * \text{dager}$$

Hvor

- 0,8 - andel flyktige faste stoffer per kg BOF_5 ved innløp, ved et godt operert anlegg hentet fra (Svardal and Kroiss 2011).

Biogass faklet beregnes med følgende formel:

$$\text{Biogass faklet} = \text{biogass produsert} - \text{biogass utnyttet}$$

Metanutslipp fra faking beregnes med følgende formel:

$$\text{Metanutslipp} = (0,02 * \text{biogass faklet}) * 0,59 * 0,66$$

Hvor:

- 0,02 - 2% metantap fra faking
- 0,59 - 59% metangass i biogass
- 0,6 - kg CH₄/Nm³

Metanutslipp fra avløpsrensprosessen

Metanutslipp fra avløpsrensprosessen beregnes med følgende formel:

$$\text{Metanutslipp} = (\text{BOF}_5 \text{ ved innløp} - \text{BOF}_5 \text{ ved utløp} - \text{BOF}_5 \text{ fjernet som slam}) * \text{EF(WWTP)}\text{CH}_4$$

EF(WWTP)CH₄ beregnes ut i fra MCF for avløpsrensprosessen som gitt i Tabell 6.

5.4.3. Lystgass-utslipp fra avløpsbehandling

Utslippsfaktorer er hentet fra (WaCCliM 2017).

N₂O utslipp fra avløpsbehandling

$$\text{N}_2\text{O utslipp} = \text{antall pe tilknyttet avløpsbehandlingen} * 3,2/1000/365 * \text{dager}$$

Hvor:

- 3,2 - N₂O utslippsfaktor (g N₂O/person/år)

5.4.4. Klimagassutslipp fra slambehandling

Slamproduksjon (Våt vekt kg TSS)

$$\text{Slamproduksjon} = (1-0,1) * \text{BOF}_5 \text{ last} * 0,001 * \text{antall pe tilknyttet} \\ \text{avløpsbehandling} * \text{dager} * \text{BOF}_5 \text{ fjernet av avløpsbehandlingsprosess} * 1,176$$

Hvor:

- 0,55 - rate av flyktige suspenderte faste stoffer
- 0,1 - 10% av BOF₅ lasten blir med
- 1,176 - Konverteringsfaktor for totale suspenderte faste stoffer per flyktige stoffer (g TSS/ g VSS)

5.4.5. Lagring

Metanutslipp fra lagring av slam er modellert etter Daelman et al. (2014), hvor maks 5% av metanet i slam blir sluppet ut etter en lagringstid på 20 dager eller mer. 3% av metan i slammene blir sluppet ut etter en lagringstid på 5 til 20 dager, og det regnes null utslipp etter mindre enn 5 dager. Metaninnhold i slam blir beregnet basert på BOF₅ lasten og om det benyttes råtnetank eller ikke.

5.4.6. Kompostering av slam

Utslipp fra kompostering er basert på Daelman et al. (2014), og er avhengig av vanninnholdet i komposten, om komposten er dekket til eller ikke, samt C:N forholdet i komposten.

Metanutslipp (CH₄)

Hvis komposten er dekket til og komposten består av mer enn 55 % faststoff er det null CH₄-utslipp.
Hvis komposten ikke er dekket til og det er mindre enn 55 % faststoff er CH₄-utslipp lik.

$$CH_4 = \text{tørrstoff slam} * \% \text{organisk C i slam} * \% \text{VS} * CH_4 \text{ utslipp for} \\ \text{udekket kompost} * C \text{ til } CH_4 \text{ konverteringsfaktor.}$$

Hvor

- Organisk karbon i flyktig faststoff - 56 %
- Flyktig faststoff i utråtnet slam - 51 %
- Flyktig faststoff i ikke-utråtnet slam - 70 %
- CH₄ utslipp for udekket kompost - 2,5 %
- C til CH₄ konverteringsfaktor - 1,3

Nitrogenutslipp (N₂O)

Hvis C:N rate er større enn 30, eller C:N rate er <30 og komposten består av mer enn 55 % faststoff er nitrogenutslipp lik 0.

Hvis C:N rate < 30 og komposten består av mindre enn 55 % faststoff:

$$N_2O \text{ utslipp} = \text{tørrstoff slam} * \% \text{total N} * N_2O \text{ utslipp for lav C:N} * N \text{ til } N_2O \text{ konverteringsfaktor}$$

- Total N i tørrstoff - 3 %
- N₂O utslipp for lav C:N rate - 1,5 %
- N til N₂O konverteringsfaktor - 1,57

5.4.7. Forbrenning av slam

Utslippsfaktorer er hentet fra (WaCCliM 2017).

Metanutslipp (CH₄)

Det er minimale CH₄ utslipp fra forbrenning av slam.

$$CH_4 \text{ utslipp} = \text{tørrstoff slam} * 0,0000485 \text{ kg } CH_4 / \text{kg tørrstoff}$$

Nitrogenutslipp (N₂O)

Nitrogenutslipp fra forbrenning av slam beregnes med følgende formel:

$$\% \text{total N} * \text{tørrstoff slam} * (161,3 - 0,140 * (\text{forbrenningstemperatur})) * 0,01 * N \text{ til } N_2O \text{ konverteringsfaktor}$$

Hvor

- % total N - 3 %
- Forbrenningstemperatur - 1023 K
- N til N₂O konverteringsfaktor - 1,57

5.4.8. Slam til landbruk

Utslippsfaktorer er hentet fra (WaCCliM 2017).

Metanutslipp (CH₄): Metanutslipp er mulig når slam blir lagret etter stabilisering og før bruk. Disse utslippene er beregnet under lagring av slam.

Lystgassutslipp (N₂O): Det forekommer nitrogenutslipp når nitrogengjødsel, inkludert gjødsel fra slam, spres på jord. Utslippene er større når det er høyere vanninnhold i slammet (<55 % faststoff).

Hvis gjødselens C:N rate >30,

$$N_2O \text{ utslipp} = \text{tørrstoff slam} * \% \text{ total N} * \% \text{ av N som går til } N_2O * N \text{ til } N_2O \text{ konverteringsfaktor.}$$

Hvor

- Total N i ikke-utråtnet slam - 3 %
- Total N i utråtnet slam - 4 %
- % av N til N₂O i finkornet jord - 2,3 %
- N til N₂O konverteringsfaktor - 1,57

5.4.9. Slam til deponi

Utslippsfaktorer er hentet fra (WaCCliM 2017).

Metanutslipp (CH₄)

Utslipp fra slamdeponier er betydelige og vanskelige å kontrollere.

Metanutslipp fra deponert slam i løpet av første 3 år etter deponering:

$$CH_4 \text{ utslipp} = \text{tørrstoff slam} * \% \text{ VS} * \% \text{ organisk C i VS} * 0,9 * C \text{ til } CH_4 \text{ konverteringsfaktor} \\ * CH_4 \text{ i deponigass} * DOCf * \text{dekomponert ila. 3 år}$$

Hvor:

- Organisk karbon i flyktige faste stoffer - 56 %
- Flyktige faste stoffer i utråtnet slam - 51 %
- Flyktige faste stoffer i ikke-utråtnet slam - 70 %
- 0,9 - usikkerhetsfaktor
- C til CH₄ konverteringsfaktor - 1,3
- CH₄ i deponigass - 50 %
- DOCf - dekomponerbar organisk andel av flyktig faststoff - 80 %
- Dekomponert ila. 3 år - 69,9 %

Lystgassutslipp (N₂O):

Slamdeponi vil sannsynligvis være anaerobt eller nært anaerobt, noe som kan føre til N₂O-utslipp hvis C:N raten er mindre enn 30.

$$N_2O \text{ utslipp} = \text{tørrstoff slam} * \% \text{ Total N} * N_2O \text{ utslipp for lav C:N} * N \text{ til } N_2O \text{ konverteringsfaktor}$$

Hvor

- % Total N i ikke-utråtnet slam
- % Total N i utråtnet slam
- N₂O utslipp for lav C:N - 1,5 %
- N til N₂O konverteringsfaktor

5.4.10. Klimagassutslipp fra oppsamlet, ubehandlet avløpsvann

Utslippsfaktorer er hentet fra (WaCCliM 2017).

Klimagassutslipp fra ubehandlet avløpsvann er basert på

- Antall pe som ikke er tilknyttet kommunalt avløpsrensaneanlegg og som ikke har privat avløpsbehandling (f.eks. septiktank).
- Nitrogen- og BOF₅-nivåer i avløpsvannet.

Metangassutslipp (CH₄)

$$CH_4 \text{ utslipp} = (\text{antall pe tilknyttet avløpsnett men ikke avløpsbehandling}) \\ * \frac{BOF}{1000} * \text{dager} * CH_4 \text{ per } BOF_5 * MCF_{dd}$$

Hvor

- BOF₅ - gram/person/dag
- Dager - 365 dager i året
- CH₄ per BOF₅ - 0,6
- MCF_{dd} - metankorreksjonsfaktor for direkteutslipp av avløpsvann - 0,1

Lystgassutslipp (N₂O)

$$N_2O \text{ utslipp} = (\text{antall pe tilknyttet avløpsnett men ikke avløpsbehandling}) \\ * (\text{proteinkonsumpsjon} * \frac{\text{dager}}{365} * N \text{ i protein} * \text{ikke-konsumert protein} \\ * \text{industriell og kommersiell protein} * \text{Effluentkonstant} * N_2ON \text{ til } N_2O)$$

Hvor

- Årlig proteinkonsumpsjon per person - 39,6 kg
- Nitrogenfraksjon i protein - 0,16 kg N / kg protein
- Faktor for ikke-konsumert protein i avløpsvann - 1,1
- Faktor for industriell og kommersiell protein i avløpsvann - 1,25
- Effluentkonstant - 0,005 kg N₂O-N/kg N
- N₂O-N til N₂O - 1,57 kg N₂O/kg N₂O-N

5.4.11. Nitrogenutslipp fra utløp av behandlet avløpsvann

Utslippsfaktorer er hentet fra (WaCCliM 2017).

Lystgassutslipp kan skje indirekte ved utløp av avløpsreanlegg ved hjelp av ulike nitrifiserende og denitrifiserende bakteriekulturer. Dette er direkte koblet til kvaliteten på avløpsreanlegget, da nitrogeninnhold ved utløpet styres av prosessen.

Lystgassutslipp (N₂O)

$$N_2O \text{ utslipp} = \text{Nitrogen ved utløp} * \frac{\text{volum av behandlet avløpsvann}}{1000} * \text{effluentkonstant} * N_2ON \text{ til } N_2O$$

Hvor:

- Nitrogenkonsentrasjon ved utløp - default 20 mg/l
- Effluentkonstant - 0,005 kg N₂O-N/kg N
- Konversjonsfaktor mellom N₂O-N og N₂O - 1,57 kg N₂O/kg N₂O-N

Referanser

- Carrère, H., C. Dumas, A. Battimelli, D. J. Batstone, J. P. Delgenès, J. P. Steyer, and I. Ferrer.** 2010. «*Pretreatment Methods to Improve Sludge Anaerobic Degradability: A Review*» *Journal of Hazardous Materials* 183(1-3):1-15.
- Daelman, Matthijs.** 2014. «*Greenhouse Gas Emissions from Full-Scale Municipal Wastewater Treatment Plants*» Ghent University/Technical University of Delft.
- Daelman, Matthijs, Ellen M van Voorthuizen, Udo G.J.M. van Dongen, Eveline Volcke, and Mark. van Loosdrecht.** 2012. «*Methane Emission during Municipal Wastewater Treatment*» *Water Research* (46):3657-70.
- Davidsson, Sophie and Arne Øvrebø Lie.** 2018. «*Veiledning for tilrettelegging av fossilfrie og utslippsfrie løsninger på byggeplassen*» 1-32.
- Doorn, Michael R. J., Sirintornthep Towprayoon, Sonia Maria Manso Vieira, William Irving, Craig Palmer, Riitta Pipatti, and Can Wang.** 2006. «*Wastewater Treatment and Discharge*» 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 1-28.
- Halkijevic, Ivan, Zivko Vukovic, and Drazen Vouk.** 2013. «*Frequency Pressure Regulation in Water Supply Systems.*» *Water Science and Technology: Water Supply* 13(4):896-905.
- Hansen, Geir Henning, Guttorm Jakobsen, Ola Stedje Hanserud, Arve Hansen, and Naomi Sørdsahl.** 2010. «*NoDig versus åpen grøft miljømessige-, økonomiske- og juridiske betraktninger*»
- Norsk Vann.** 2012a. «*Norsk Vann Rapport A188/2012 – Veiledning for drift av koaguleringsanlegg*»
- Norsk Vann.** 2012b. «*Norsk Vann Rapport A189/2012 – Håndbok for driftsoptimalisering av koaguleringsanlegg*»
- Norsk Vann.** 2014. «*Norsk Vann Rapport Nr. 205 – Bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene*»
- Norsk Vann.** 2016a. «*Norsk Vann Rapport A2019/2016 – Eksempler på implementering av bærekraft i vannbransjen*»
- Norsk Vann.** 2016b. «*Norsk Vann Rapport A216/2016 – Veiledning i planlegging av vannkilde og vannbehandlingsanlegg*»
- Norsk Vann.** 2016c. «*Norsk Vann Rapport A221/2016 – Smart ledningsfornyelse – bruk av NoDig-metoder*»
- Statistisk Sentralbyrå.** 2018a. «*0,6 prosent av spillvannsnettet fornyetv*» Retrieved July 3, 2019 (<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/0-6-prosent-av-spillvannsnettet-fornyet>).
- Statistisk Sentralbyrå.** 2018b. «*Rent drikkevann til alle?*» Retrieved July 3, 2019 (<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/rent-drikkevann-til-alle>).
- Svardal, K. and Helmut Kroiss.** 2011. «*Energy Requirements for Waste Water Treatment*» *Water Science and Technology*.
- Venkatesh, G. and Helge Brattebø.** 2011. «*Energy Consumption, Costs and Environmental Impacts for Urban Water Cycle Services: Case Study of Oslo (Norway)*» *Energy* 36(2):792-800.
- WaCCliM.** 2017. «*Ecam 2.0 – Energy Performance and Carbon Emissions Assessment and Monitoring Methodology*»

TIDLIGERE UTGITTE RAPPORTER

2019	250	Kommunens roller, rettigheter og fremgangsmåter i private utbyggingsområder	2012	194	Energiriktig design og prosjektering av avløpsrenseanlegg	2006	B7	Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring				
	249	Veiledning i nød vannforsyning		193	Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem		149	Tilførsel av industrielt avløpsvann til kommunalt nett. Veiledning				
2018	248	Organic Pollutants in Norwegian Wastewater Sludge	2011	192	Veiledning for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken	2005	148	Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann				
	247	Beste praksis for HMS-arbeid i vannbransjen		191	Rettigheter til uttak av vann til allmenn vannforsyning		147	Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann				
	246	Regulering og organisering av vann- og avløpssektoren i utvalgte europeiske land		190	Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer		146	Bærekraftig vedlikehold. Betraktninger av utvalgte problemstillinger knyttet til langsiktig forvaltning av vannledningsnett				
	244	Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsplan for drikkevann		188	Veiledning for drift av koaguleringsanlegg		B6	Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk				
	243	Verdiforvaltning av vann- og avløpsinfrastruktur		C8	Omdømmeplattform og -strategi		B5	Utslipp fra bilvaskehaller				
	242	Praktiske råd ved valg av ledningsmateriale		187	Kommunal overtakelse av vannverk organisert som andelslag eller samvirkeforetak		B4	Vannkvalitet i ledningsnett - Problemoversikt og status. Forprosjekt.				
	241	Mapping microplastic in Norwegian drinking water		186	Veiledning i omorganisering av andelsvannverk til samvirkeforetak		B3	Kvalitetsheving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag				
	240	UV-desinfeksjon av drikkevann		185	Fett i avløpsnett. Kartlegging og tiltaksforslag		C5	Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen - veiledning				
	B22	Vann og avløp i arealplanlegging og byggesaker		184	Tilsyn med utslipp fra avløpsanlegg innen kommunens myndighetsområde		C4	Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling				
	239	Beregning av bærekraftig lekkasjenivå		183	Veiledning om regulering av VA-tjenester til næringsmiddelindustri		2004	145	Inspeksjonsmanual for avløpssystemer. Del 1 - Ledninger			
	238	Informasjonssikkerhet og skybaserte tjenester		182	Prøvetaking av avløpsvann og slam			144	Veiledning i overvannshåndtering (Erstattet av 162/08)			
	237	Dataflyt for GIS-informasjon i VA-prosjekter		181	Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng			143	Kartlegging av mulig helseisiko for abonnenter berørt av trykkløst vannledning ved arbeid på ledningsnett			
	236	Akseptkriterier - Vurdering av nye og nyrenoverte avløpsledninger ved rørispeksjon		180	Fjernavlesning av vannmålere			142	NORVARs benchmarkingsprosjekt 2004 Presentasjon av målesystem og resultater for 2003 ed analyse av datamaterialet			
	235	Dataflyt		179	Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforskrifter for vann og avløp			B2	PressurePuls for deteksjon av lekkasje på vannledning			
	234	Rørispeksjon av hovedledninger for vann og avløp		B16	Veiledning for kartlegging av energibruk i VA-sektoren			C3	Samarbeid om økt bruk av avløpslam på grøntarealer			
	233	Veiledning for bruk av betongrør og kummer		B15	Vannforskriifens økonomiske konsekvenser for kommunesektoren og avløpsanleggene			2003	141	Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp		
	232	Plastrør for vannforsyning og avløp: Hvordan skal vi oppnå minst 100 års levetid?		C7	Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet				140	NORVARs videre arbeid med slam. Strategisk plan for prosjektvirksomhet, informasjon og kommunikasjon. Forprosjekt		
231	NOMiNOR: Natural Organic Matter in drinking waters within the Nordic Region	178	Grunnundersøkelser for infiltrasjon - mindre avløpsanlegg	139	Erfaringer med klorering og UV-stråling av drikkevann							
230	NOMiNOR: Naturlig Organisk Materiale i Nordiske drikkevann	177	Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer - problemoversikt og status	138	Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekterings tjenester innen VAR-teknikk. Revidert utgave							
2017	229	Sikring av vannforsyning mot tilsiktede uønskede hendelser	176	Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene	137	Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng (Erstattet av 181/2011)						
	228	Tilførsel av industrielt avløpsvann	175	Vann og avløp for nye i bransjen - læreplan. E-læring og samlinger	136	Hygienisk barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?						
	227	Beregning av forurensningsutslipp fra avløpsanlegg	174	Hygienisering av avløpslam. Langtidslagring og enkel rankekompostering. Resultater fra 3 års valideringstesting	135	Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller						
	226	Tømming av slam	173	Veiledning for bruk av støpejernsrør	134	VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (Erstattet av boken Vann- og avløpsrett (2010) og nettportalen va-jus.no)						
	225	Trykkavløp i spredtbygde og urbane strøk	B14	Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren - forprosjekt	B1	Effektive VA-organisasjoner og tilfredse brukere. Forprosjekt						
	224	Eierskap til stikkledninger	B13	Silslam - mengder, behandlingstilstander og bruksområder. Forprosjekt.	C2	Stoff for stoff - kilde for kilde. Kvikksølv i avløpsnett						
	223	Finansieringsbehov i vannbransjen 2016-2040	2009	172	Trykktap i avløpsnett	2002			133	IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning		
	222	Dokumentasjon av utslipp fra avløpsnett		171	Erfaringer med lekkasjekontroll		132		Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR			
	221	Smart ledningsfornyelse - bruk av NoDig-metoder		170	Veileder til god desinfeksjonspraksis		131		Effektivisering av avløpssektoren			
	B21	Utvikling av studietilbud i bachelor i vann- og miljøteknikk		169	Optimal desinfeksjonspraksis fase 2		130		Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg			
B20	Norske tall for vannforbruk med fokus på husholdningsforbruk	168		Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg	129		Rørispeksjon med videokamera. Veiledning/ rapportering hovedledninger					
220	Kritiske ledninger for vann og avløp - klassifisering og tiltaks vurdering	167		Veiledning for kjøp av VA-kjemikalier	C1		Sårbarhet i vannforsyningen					
219	Eksempler på implementering av bærekraft i vannbransjen	166		Tiltak for å bedre fosfor fjerningen på kjemiske renseanlegg	2001		128		Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetstømming av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt			
218	Vann til brannsløkking og sprinkleranlegg	165		Innsamlingsverktøy for vedlikeholdsdata			127	Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene - en samarbeidsmodell				
217	Videreutvikling av beregningsmetodikk for gjenanskaffelsesverdi og investeringsbehov	B12		Drikkevann i media			126	Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie				
2016	215	Tilbakestrømssikring - veiledning til vannverkseiere		2008			164	Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann	125	Mal for forenklet VA-norm		
	214	Forslag til ny sektorlov for vanttjenester					163	Veiledning for innhenting og evaluering av tilbud på analyseoppdrag	124	Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1		
	213	Sikkerhetsstyring for vannbransjen					162	Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering	123	Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter (Utgått)		
	212	Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg					161	Helsemessig sikkert vannledningsnett	122	Proessen ved utarbeidelse av miljømål for vannforekomster. Erfaringer og råd fra noen kommuner		
	211	Erfaringer med ozon-biofiltrering for behandling av drikkevann					160	Driftserfaringer med membranfiltrering	121	Kjøkkenavfallskverner for håndtering av matavfall. Erfaringer og vurderinger		
	210	Veiledning for praktisering av selvkost					159	Håndbok i kildesporing i avløpssystemet	120	Strategi for norske vann- og avløpsverk. Rapport fra strategiprosess 2000/2001		
	2015	209					Veiledning i mikrobiell barriere analyse	158	Termoplastrør i Norge - før og nå	2007	157	Organiske miljøgifter i norsk avløpslam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07
		208					Sikring av kvalitet på ledningsanlegg	B11	Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid - praksis og kjøreregler		156	Veiledning for oljeutskilleranlegg
207		Stikkledninger - ansvar og teknisk utforming	B10	Vannkilden som hygienisk barriere		155	Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren					
206		Biostabilitet i drikkevannnett	B9	Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene		154	Norm for tagkoding i VA-anlegg					
205		Bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene	C6	I veien for hverandre - Samordning av rør og kabler i veigrunnen		153	Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren					
204		Åpne flomveger i bebygde områder	2007	152		Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren	152	Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)				
203		Fra driftsassistanser til regionale vannassistanser		151		Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)	150	Dataflyt - Klassifisering av avløpsledninger				
202		Microbial barrier analysis (MBA) - a guideline		B8		Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren	B8	Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren				
201		Ansaffelser i vannbransjen										
200		Håndtering av overvann fra urbane veger										



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