

# Livssyklusanalysevurdering (LCA) av to ulike scenarioer for Bokerøya renseanlegg, Drammen

Av Kristin Jenssen Sola og Sina Shaddel

Kristin Jenssen Sola (Ph.D) er sivilingeniør i vann- og avløpsteknikk fra NMBU og jobber som prosjektleder i Drammen kommune.

Sina Shaddel (Ph.D) er senior rådgiver i Asplan Viak AS.

Denne artikkelen er basert på en eksamensoppgave i LCA-vurderinger ved NTNU – VB6125 Livsløpsanalyse, gitt av Prof. Angela Daniela La Rosa <https://www.ntnu.edu/employees/angela.d.l.rosa>

## Summary

*Life Cycle Assessments (LCA) of two different scenarios for the Bokerøya wastewater treatment plant, Drammen municipality, Norway:* The anticipated, stricter requirements for wastewater treatment impose necessary measures on many wastewater treatment plants in Norway. For many of these facilities, there are several alternative solutions, and a Life Cycle Assessment (LCA) can be a tool to examine the various available options more closely. An LCA of the Bokerøya wastewater treatment plant reveals that the alternative involving pumping of wastewater to a new regional wastewater treatment plant has a lower environmental impact than the option involving upgrading of the existing facility. Of the materials included in the study, concrete and steel contribute the most to emissions regarding the construction of the treatment plant, and polyethylene (PE) has the highest impact when it comes to the pumping system. Energy and chemical consumption contribute to a significant

portion of the total emissions during the operational phase. To obtain an even more comprehensive decision basis, the analysis should be expanded to include several other impact areas within the sustainability dimensions.

## Sammendrag

Varslede, strengere krav til rensing av avløpsvann tvinger frem nødvendige tiltak på mange avløpsanlegg i Norge. For mange av anleggene finnes det flere ulike alternative løsninger, og en LCA-vurdering kan være ett verktøy for å se nærmere på de ulike løsningene som finnes. En LCA-vurdering av Bokerøya renseanlegg viser at alternativet med overføring til nytt regionalt renseanlegg har lavere miljøbelastning enn alternativet med oppgradering av eksisterende anlegg. Av de materialene som er inkludert i undersøkelsen, bidrar betong- og stålkonstruksjoner mest til utslippene når det gjelder bygging av renseanlegg, og polyetylen (PE) bidrar mest når det gjelder legging av ledningsnett for overføring av avløpsvannet. Energi- og kjemikalieforbruk utgjør en betydelig andel av de totale utslippene i driftsfasen. For å få et enda mer komplett beslutningsgrunnlag bør analysen utvides med flere andre virkningsområder innenfor bærekraftdimensjonene.

## Innledning

Det har de seinere årene vært et økt fokus på kvaliteten i resipientene i Norge og Europa. Eksempelvis har tilstanden i Oslofjorden vært nedadgående i flere år (1). Dette har gitt seg utslag i fiskedød, kraftig reduksjon i forekomst av blåskjell, sterk utbredelse av lurv m.m. (1). Årsakene til forverring i tilstand er antakelig mange, men undersøkelser peker på avløpsvann som et mulig bidrag (1). Avløpsvann inneholder blant annet mye fosfor, nitrogen og biologisk materiale, noe som kan bidra til forringelse av resipientene (2). For å kunne se en bedring i tilstanden i resipientene er det derfor nødvendig å redusere tilførselen av næringsstoffer. Det er sannsynlig at tiltak knyttet til avløpssektoren vil kunne bidra positivt på tilstanden iblant annet Oslofjorden (3).

Avløpsvann i resipienter kommer i hovedsak fra 4 ulike kilder; *utslipp av behandlet* avløpsvann fra offentlige avløpsrensaneanlegg (RA), *utlekking* via utette avløpsrør, *overløpsutslipp* fra avløpsledningsnettet og fra avløpsrensaneanleggene og *utslipp fra private avløpsanlegg*. Utbygging av kommunal infrastruktur med overføring av avløpsvann til offentlige avløpsrensaneanlegg har historisk sett vært foretrukken løsning i de fleste norske byer. Disse avløpsrensaneanlegg tar imot og behandler avløpsvann fra større og mindre områder. Behandlingen spenner fra enkel siling til kompliserte prosesser som går over mange behandlingstrinn.

EUs avløpsdirektiv regulerer utslipp av kommunalt avløpsvann (4). Avløpsdirektivet er implementert i norsk lov gjennom forurensningsforskriften (4). Krav til behandling av avløpsvann settes av Statsforvalter, som hjemler sine krav i Forurensningsloven og Forurensningsforskriften (5). EUs avløpsdirektiv er i disse dager under revisjon. Det er i mange europeiske land registrert nedadgående trend for resipientkvalitet, på samme måte som i Norge (4). Dette har gjort det nødvendig å stramme inn eksisterende krav i avløpsdirektivet. Revidert direktiv er ennå ikke implementert i norsk lovverk, men Miljødirektoratet har likevel varslet norske kommuner om at det vil komme

strengere krav til blant annet rensing av avløpsvann enn det vi har i dag.

Livssyklusvurderinger (LCA) er en metodikk som brukes for å analysere nettopp livssyklusen til både produkter og tjenester. I en LCA skal ideelt sett hele livsløpet inkluderes i en «vugge til vugge»-vurdering, eller en «vugge til grav»-vurdering. En LCA vurdering inkluderer ulike miljøaspekt og ulike miljøpåvirkninger (6).

En LCA-vurdering deles inn i 4 ulike faser (6; 7):

**Fase 1: Hensikt og omfang** (goal and scope), som skal inkludere avgrensninger og detaljeringsgrad til det som skal analyseres.

**Fase 2: Inventaroversikt** (LCI=LifeCycleInventory, input and output), som skal gi en oversikt over hvilke faktorer som må inkluderes i analysen.

**Fase 3: Effektstudie** (LCIA=LifeCycleImpact-Assessment). Påvirkningsfaktorer som kan gi ytterligere informasjon om hvilken miljøpåvirkning de definerte punktene i fase 2 har.

**Fase 4: Tolkning og oppsummering.** Analyse av resultater, konkludering og anbefaling til videre arbeid.

I foreliggende studie er det gjennomført en LCA-vurdering av to ulike scenarier for Bokerøya avløpsrensaneanlegg i Drammen. Scenarioene dreier seg om oppgradering av Bokerøya RA for å imøtekomme renskrav varslet i nytt avløpsdirektiv. Hensikten med studien er å demonstrere en metode som kan brukes som beslutningsstøtte når det skal tas avgjørelser innenfor avløpsområdet.

## Studieområde

Fordi det er varslet strengere krav til rensing av avløpsvann har mange norske kommuner begynt å planlegge for oppgradering av dagens avløpsrensaneanlegg. Drammen kommune er en slik kommune. I Drammen finnes det pr 2023 fire kommunale avløpsrensaneanlegg: Mjøndalen, Muusøya, Solumstrand og Bokerøya. For å møte kravene i det signaliserte direktivet har Drammen kommune vedtatt å legge ned anleggene Mjøn-

dalene, Muusøya og Solumstrand, og å overføres disse til et nytt regionalt rensanlegg, Nordbykollen RA. Det nye anlegget er planlagt å stå ferdig i år 2030. Det er ennå ikke besluttet hva som skal skje med Bokerøya RA. For Bokerøya RA er det gjennomført en mulighetsstudie som vurderer flere ulike alternativer. Mulighetsstudien er utarbeidet i samarbeid med nabo kommunen Asker, som også har et anlegg som trenger oppgradering. For Bokerøya er undersøkt følgende alternativer vurdert; utvidelse av eksisterende anlegg, samarbeide med Asker om etablering av et større anlegg, samt å legge ned Bokerøya og overføre avløpsvannet til Nordbykollen RA. Det er for alle alternativer beregnet investeringskostnader, driftskostnader og totale klimagassutslipp (CO<sub>2</sub>) i bygging- og driftsfase (8).

Kartet i figur 1 angir plassering av Bokerøya RA sammen med plassering av nytt rensanlegg i Nordbykollen.



Figur 1. Oversiktskart som viser plassering av rensanleggene Bokerøya og Nordbykollen

Etter telling av antall person ekvivalenter (pe) innenfor Bokerøya tettbebyggelse, er det slått fast at anlegget faller inn under kapittel 14 i Forurensningsforskriften, som angir de strengeste renskravene til kommunale avløpsanlegg. Det er ifm. nytt EU-direktiv varslet strengere krav til blant annet nitrogenrensning for kapittel 14-anlegg som har utslipp til sårbare resipienter.

For foreliggende undersøkelse er det benyttet tall fra mulighetsstudiens alternativ 1b (oppgradering av Bokerøya) og alternativ 4b (overføring av Bokerøya) (8). Det er ikke i noen av alternativene som vurderes gjennom foreliggende undersøkelse inkludert overføring fra nye avløpssoner, men det antatt at sonene beholdes som de er pr i dag. Dette innebærer at samarbeid med Asker ikke er inkludert i analysen.

## Metode

LCA-vurderingen i denne oppgaven er gjennomført ved hjelp av softwaren SimaPro. SimaPro er et program for LCA-vurderinger som kan hjelpe til med å måle miljøeffekten av produkter og tjenester (9).

## Biblioteker

I analysene som er gjort er følgende biblioteker benyttet i SimaPro:

- Ecoinvent 3 – allocation at point of substitution – system
- Ecoinvent 3 – allocation at point of substitution – unit
- Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – system
- Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit
- Methods

«Ecoinvent» versjon 3 inneholder data fra ulike sektorer, blant annet fra energiproduksjon og byggematerialer. Disse er relevante i de vurderingene som skal gjøres i denne oppgaven.

«Cut of» betyr at primær-produsenten av produktet ikke kan inkludere resirkulering av materialer underveis i prosessen, inn i sitt livsløps-regnskap. Det motsatte er tilfelle ved bruk av «allocation at point of substitution» (10)

I en «system prosess» aggregeres samtlige prosesser opp til en prosess. Dette gir mindre gjennomsliktighet enn i en «unit prosess», hvor hver enkelt prosess vises tydelig. En «unit prosess» gir større mulighet til å følge hvert enkelt bidrag fra hver enkelt enhet (11). Ulempen med å bruke «unit prosess» er at beregningen potensielt vil kunne ta lang tid (11).

I forliggende studie er det benyttet «cut of» samt «system prosess» i de gjennomførte beregningene.

**Beregningsmetoder**

I SimaPro er det mulig å bruke ulike beregningsmetoder. Slutt-punkt beregningene viser hvordan den totale miljøpåvirkninger av et produkt/en tjeneste er. Den slutt-punkt metoden som er brukt i denne studien er ReCiPe 2016 Endpoint (H). Denne metoden er utviklet av RIVM, Radboud University, Norwegian University of Science and Technology og PRé Sustainability. Metoden inneholder globale normaliseringsfaktorer for referanseåret 2010 (12).

Midt-punkt (Midpoint) beregninger ser på påvirkninger tidligere i verdikjeden. Som metode for beregning av midt-punkt-påvirkninger er CML-IA Baseline V3.07 brukt. CML-IA er utviklet av Center of Environmental Science (CML) of Leiden University i Nederland (12). CML guide angir en liste med påvirkningskate-

gorier. Disse er gruppert etter kategorier og tilleggs-kategorier (12).

Hvordan midt-punkt beregninger og slutt-punkt beregninger henger sammen vises i figur 2 (13).

**Hensikt og omfang**

LCA-vurderinger kan på generelt grunnlag brukes som beslutningsverktøy når det skal gjøres teknologiske valg (7). I foreliggende studie er det gjort en LCA-vurdering av to ulike alternativer for Bokerøya RA:

1. Oppgradering av Bokerøya RA for å imøtekomme renskrav varslet i nytt avløpsdirektiv
2. Overføring av avløpsvann fra Bokerøya RA til det nye regionale renseanlegget Nordbykollen RA. Det nye renseanlegget bygges og driftes for å imøtekomme nye renskrav

Hensikten med analysen er å undersøke hvilke av de definerte alternativene som gir minst påvirkning på miljøet. I tillegg skal analysen vurdere i hvilket trinn i hvert alternativ det er mest å hente på å legge om driften/bytte ut komponenter med mer miljøvennlige alternativer. Det er gjort både midtpunkt og slutt-punkt beregninger av begge alternativene.

**Forutsetninger**

Det er i undersøkelsen ikke sett på kostnader, det er bare gjort livsløpsvurderinger. Beregningene inneholder ikke komponenter til selve renseanleggene (ventiler, pumper, rensedier mm) fordi det er antatt at disse vil være helt like i begge alternativer. De komponentene som finnes på Bokerøya pr i dag har brukt opp sin levetid, og det er derfor antatt at alle enkeltdele må skiftes ut.

I den allerede gjennomførte mulighetsstudien er år 2050 brukt som dimensjonerende år. Dette gjelder for begge de vurderte alternativene. Antatt dimensjonerende vannmengde vil i begge alternativer være 120 m<sup>3</sup>/t, altså ca. 1051 x 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/år.

**Systemavgrensninger**

I en LCA-vurdering skal hele livsløpet til et produkt vurderes. Dette inkluderer alle steg fra



Figur 2. Sammenheng mellom midtpunkt beregninger og slutt-punkt beregninger

utvinning av råvarer til avhending/gjenbruk, gjennom produksjon, distribusjon og bruk.

I de alternativene som vurderes gjennom denne studien er det valgt å bruke stål og betong som primære byggeklosser for begge de to bygningsmassene som skal settes opp. Særlig for alternativet med Nordbykollen vil dette være en overestimering i forhold til virkeligheten, hvor det sannsynligvis vil være mulig å utnytte fjellhallene i stor grad. Hvor store forsterkninger som er nødvendig vil bli avdekket gjennom grunnundersøkelser av fjellet. Disse er ennå ikke gjennomført.

Det er beregnet utslipp fra driftsfasen for begge anleggene. Det vil være mulig å drifte et helt nytt anlegg mer effektivt enn et gammelt anlegg, selv om dette oppgraderes. En viktig påvirkningsfaktor for drifting er plassering og utforming av basseng. Tall på utslipp fra driftsfasen er hentet fra Asplan Viaks mulighetsstudie.

### Alternativ 1: Oppgradering av eksisterende anlegg

Dagens anlegg på Bokerøya er for lite for dimensjonerende vannmengde, i tillegg til at det ikke tilfredsstillende kommende krav til rensing av avløpsvann. Anlegget må derfor både utvides og bygges om. Et rensenanlegg består av mange ulike komponenter og prosesser og anleggets omfang og prosesstrinn dimensjoneres etter hvor stor belastning anlegget antas å ha noen år frem i tid.

Alternativ 1 inkluderer:

- Utvidelse av eksisterende anlegg på dagens tomt;
  - Utvidelse/ombygging av eksisterende anlegg
  - Transport av materialer inn
- Drift av anlegget

### Alternativ 2: Overføring til nytt rensenanlegg

Det er besluttet at det regionale rensenanlegget i Drammen skal ligge i Nordbykollen. Nordbykollen består i dag i all hovedsak av fjellgrunn. Det må derfor gjøres omfattende fjellarbeid for å kunne etablere et nytt rensenanlegg der. I tillegg må det gjøres arbeid på tilgrensende arealer som

for eksempel vei. Dersom avløpsvannet fra Bokerøya skal renses i Nordbykollen, må Nordbykollen oppdimensjoneres tilsvarende. Dersom Bokerøya RA skal legges ned må det også etableres et nytt overføringssystem som frakter avløpsvannet fra Bokerøya RA til Nordbykollen RA.

Alternativ 2 inkluderer:

- Utvidelse av allerede planlagt anlegg i Nordbykollen;
  - Utvidelse av fjellanlegg
  - Transport av materialer inn
  - Transport av overskuddsmaterialer ut (fjell)
- Legging av overføringsledninger fra Bokerøya til Nordbykollen;
  - Produksjon av materialer (ledninger og pumpestasjon)
  - Transport av rør/deler til pumpestasjoner
  - Etablering av ledning og pumpestasjon
- Drift av anlegget

## Inventaroversikt (LCI)

Det er hentet ut tall på CO<sub>2</sub> utslipp for driftsfasen for begge alternativer. Disse utslippene inkluderer produksjon av kjemikalier, transport av kjemikalier, strømbruk i selve anlegget og bortkjøring av restfraksjoner og avløps slam. For Nordbykollen er energiforbruk til pumpestasjoner i overføringssystem også inkludert. Det er for begge alternativer antatt at alle komponenter produseres i Norge.

### Alternativ 1: Bokerøya

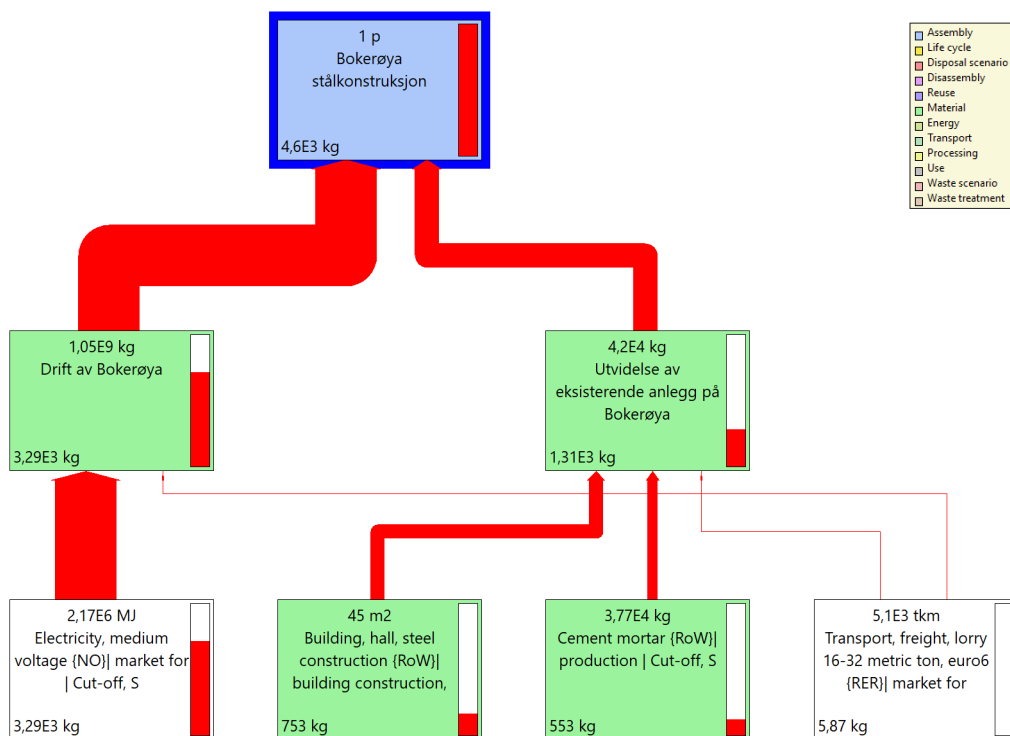
I dette kapittelet gis en oversikt over komponentene som er benyttet i alternativet med oppgradering av Bokerøya RA. Tabell 1 angir de komponentene som er inkludert mens figur 3 viser en oversikt over CO<sub>2</sub> utslipp fra hver enkelt komponent.

### Alternativ 2: Utvidelse av anlegget i Nordbykollen

Tabell 2 angir de komponentene som er inkludert i utvidelse av Nordbykollen samt etablering av overføringssystem, mens figur 4 viser en oversikt over CO<sub>2</sub> utslipp fra hver enkelt komponent.

Tabell 1. Inventaroversikt for alternativ 1.

Rehabilitering av eksisterende renseanlegg på Bokerøya Rensing av 120 m <sup>3</sup> /t avløpsvann. Tilsvarende 1,05 x 10 <sup>9</sup> kg/år	
Input/komponent	Mengde
<b>Bygg</b>	
Volum	2252 m <sup>2</sup>
Bygningsmaterialer, stålkonstruksjon:	Levetid 50 år
- Stål	214 tonn
- Betong	1884 tonn
Transport av bygningsmaterialer	70 km
Anleggsvirksomhet	93338 kg CO <sub>2</sub>
<b>Driftsfase</b>	
Transport: Bortkjøring av slam	24 km, 90 tonn/år
Strømforbruk	602064 kWh/år
Produksjon og transport av kjemikalier	2715 kg CO <sub>2</sub> /år



Figur 3. Oversikt over CO<sub>2</sub> utslipp for hver komponent for utvidelse av eksisterende renseanlegg på Bokerøya

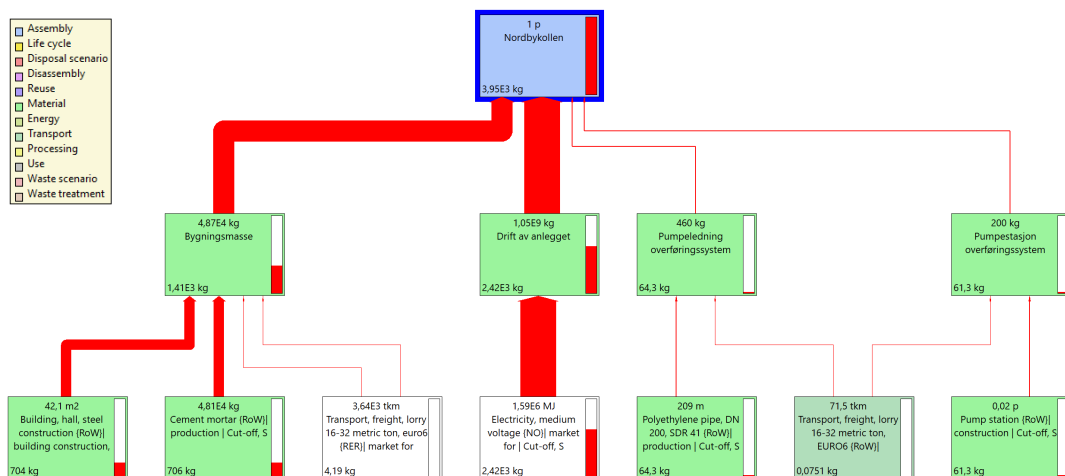
### Effektstudie – Livssyklusanalyse (LCA)

Gjennom livsløpsanalysen er det sett på både slutt punkt beregninger og midtpunkt beregning-

ger. I alle beregningene er det antatt at renseanlegg og overføringssystem, etter at levetiden er brukt opp, i sin helhet går til behandling i kommunalt avfallsanlegg. Det er ikke antatt at

Tabell 2. Inventaroversikt for alternativ 2

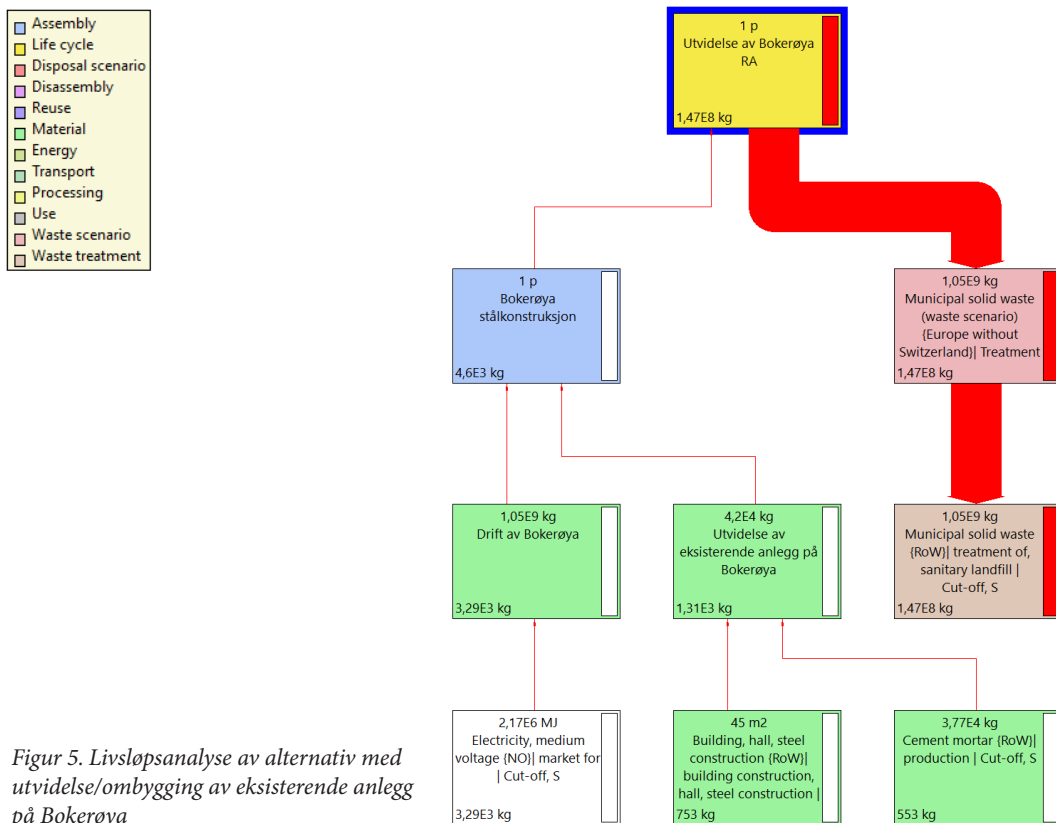
Utvidelse av prosjektert anlegg i Nordbykollen Rensing av 120 m <sup>3</sup> /t avløpsvann. Tilsvarer 1,05 x 10 <sup>9</sup> kg/år	
Input/komponent	Mengde
<b>Bygg</b>	
Volum	2106 m <sup>2</sup>
Bygningsmaterialer stålkonstruksjon:	Levetid 50 år
- stål	32 tonn
- betong	2403 tonn
Transport av bygningsmaterialer	70 km
Anleggsvirksomhet	73973 kg CO <sub>2</sub>
Bortkjøring av sprengte masser	768 tonn, 15 km
<b>Legging av overføringssystem</b>	
PE-ledning	20869 meter/46037 kg. Levetid 100 år
Pumpestasjon	1 stykk/10 tonn. Levetid 50 år
Transport av PE-ledning	125 km
Transport av pumpestasjon	70
Legging av selve ledningen + pumpestasjonen	567 tonn CO <sub>2</sub>
<b>Driftsfase</b>	
Strømførbruk	442490 kWh/år
Produksjon og transport av kjemikalier	2715 kg CO <sub>2</sub> /år


 Figur 4. Oversikt over CO<sub>2</sub> utslipp fra hver enkelt komponent i alternativ med utvidelse av nytt renseanlegg i Nordbykollen

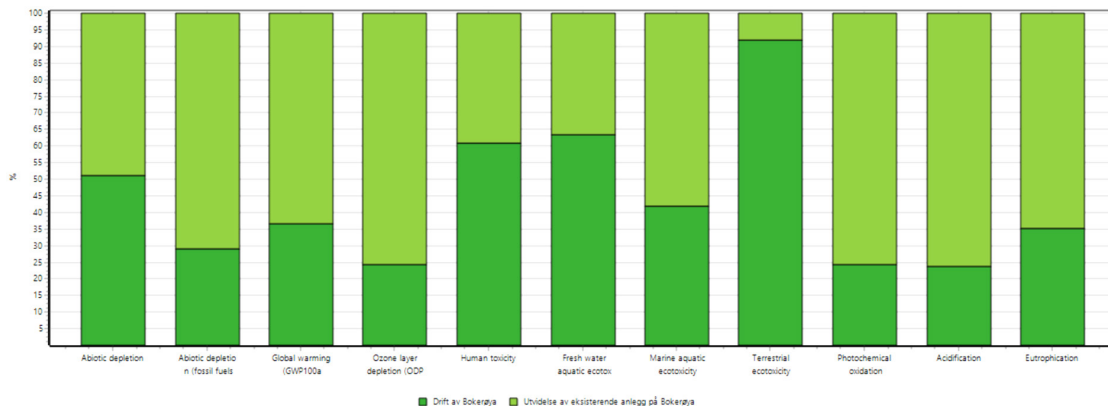
noe av avfallet kan gjenbrukes i andre sammenhenger.

### Bokerøya

Resultat fra SimaPro beregninger for Bokerøya vises i figur 5.



Figur 5. Livsløpsanalyse av alternativ med utvidelse/ombygging av eksisterende anlegg på Bokerøya



Figur 6. Påvirkningskategorier for utvidelse og drift av Bokerøya RA

### Midtpunkt beregninger

I midtpunkt beregningene er metoden CML-IA Baseline V3.07 brukt.

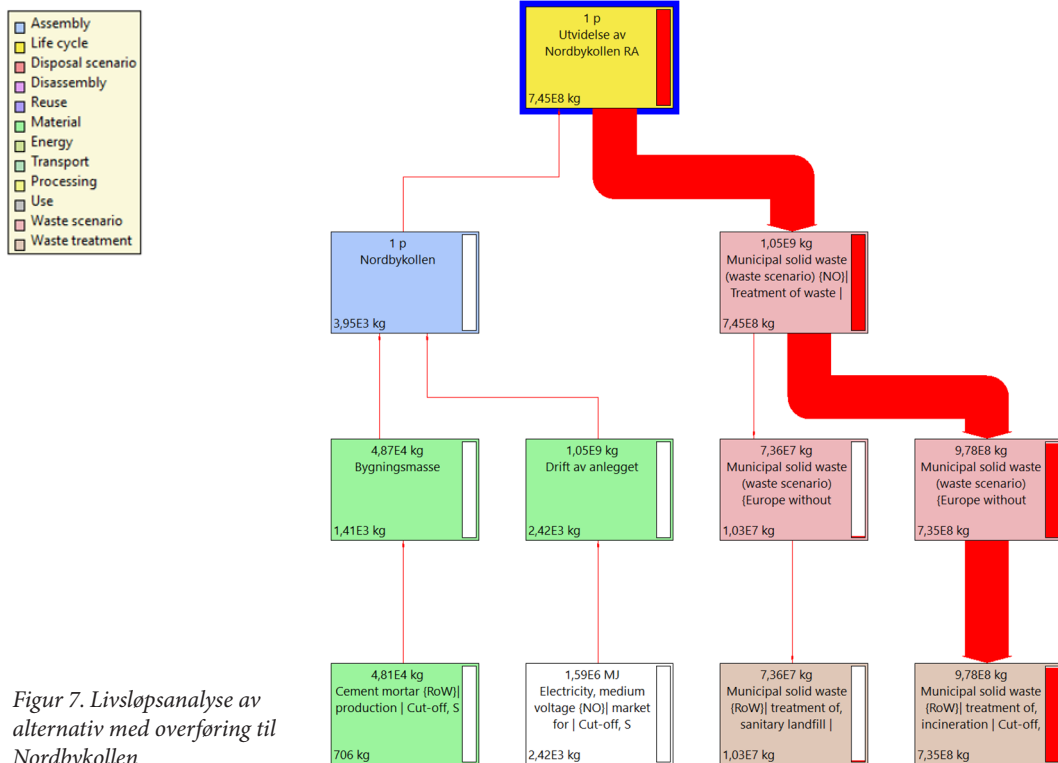
Figur 6 viser hvilke av midtpunkt kategoriene som blir mest/minst påvirket ved ombygging og drift av anlegget.

Ozon-laget, fotokjemisk oksidasjon og forsurening påvirkes mest i negativ retning av utvidelsen av anlegget. Driften av anlegget bidrar mest til påvirkning når det gjelder terrestrisk økotoksitet.

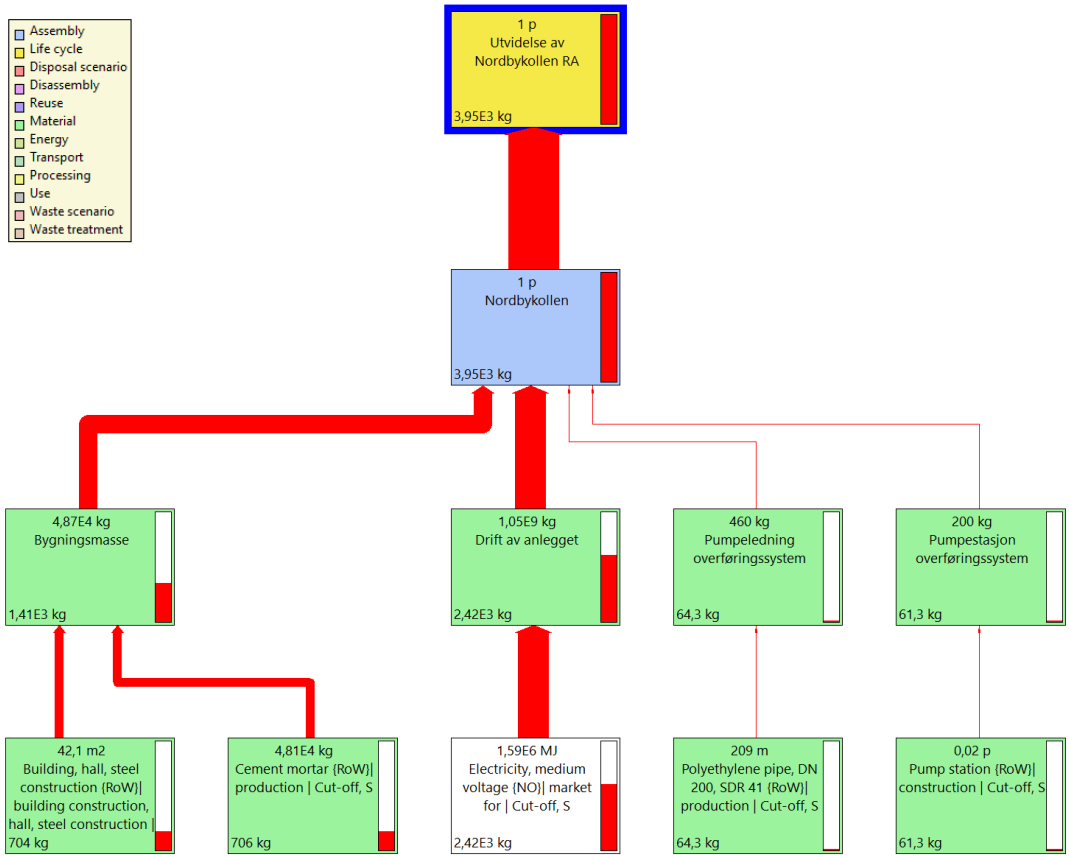


Tabell 5: Slutt punkt beregninger for Bokerøya.

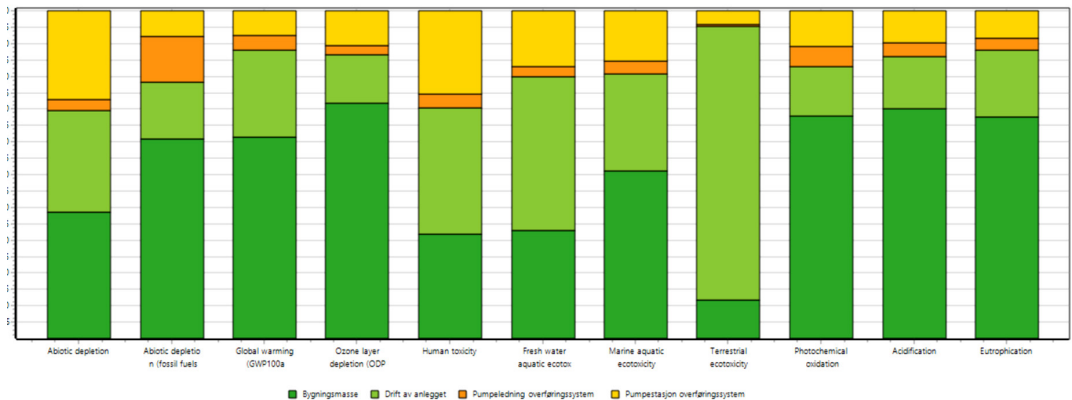
Se	Impact category	Unit	Total	Drift av Bokerøya	Utvidelse av eksisterende
<input checked="" type="checkbox"/>	Global warming, Human health	DALY	0,0425	0,0156	0,0269
<input checked="" type="checkbox"/>	Global warming, Terrestrial ecosystems	species.yr	0,000128	4,72E-5	8,11E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Global warming, Freshwater ecosystems	species.yr	3,5E-9	1,29E-9	2,21E-9
<input checked="" type="checkbox"/>	Stratospheric ozone depletion	DALY	2,6E-5	2,24E-5	3,54E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Ionizing radiation	DALY	7,16E-5	6,55E-5	6,03E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone formation, Human health	DALY	9,55E-5	2,22E-5	7,33E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Fine particulate matter formation	DALY	0,0364	0,00932	0,027
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone formation, Terrestrial ecosystems	species.yr	1,39E-5	3,22E-6	1,07E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial acidification	species.yr	3,48E-5	7,44E-6	2,74E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater eutrophication	species.yr	1,03E-5	4E-6	6,32E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine eutrophication	species.yr	1,81E-9	7,66E-10	1,04E-9
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial ecotoxicity	species.yr	2,5E-6	1,37E-6	1,13E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater ecotoxicity	species.yr	3,12E-6	2,27E-6	8,53E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine ecotoxicity	species.yr	6,04E-7	4,26E-7	1,78E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Human carcinogenic toxicity	DALY	0,0205	0,00751	0,013
<input checked="" type="checkbox"/>	Human non-carcinogenic toxicity	DALY	0,0131	0,0056	0,00746
<input checked="" type="checkbox"/>	Land use	species.yr	2,15E-5	8,7E-6	1,28E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Mineral resource scarcity	USD2013	106	30,2	75,7
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil resource scarcity	USD2013	2,08E3	499	1,58E3
<input checked="" type="checkbox"/>	Water consumption, Human health	DALY	0,0187	0,0185	0,000232
<input checked="" type="checkbox"/>	Water consumption, Terrestrial ecosystem	species.yr	1,4E-5	1,25E-5	1,53E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Water consumption, Aquatic ecosystems	species.yr	2,17E-10	5,37E-11	1,63E-10



Figur 7. Livsløpsanalyse av alternativ med overføring til Nordbykollen



Figur 8. Påvirkninger på utslippene for Nordbykollen uten at avfallsscenario er inkludert.



Figur 9. Påvirkningskategorier for overføring til Nordbykollen

### Slutt punkt beregninger

Slutt punkt beregningene for Bokerøya vises i tabell 5. I tabell 5 er ikke avfallsscenario inkludert.

### Nordbykollen

Resultat fra SimaPro beregninger for Nordbykollen vises i figur 7.

Legging av pumpeledning og etablering av pumpestasjon utgjør en svært liten del av bildet

Tabell 6. Sluttpunktberegninger for Nordbykollen

Se	Impact category /	Unit	Total	Bygningsmasse	Drift av anlegget	Pumpeledning overføringssystem	Pumpestasjon overføringssystem
<input checked="" type="checkbox"/>	Global warming, Human health	DALY	0,0451	0,0279	0,0119	0,00199	0,00334
<input checked="" type="checkbox"/>	Global warming, Terrestrial ecosystems	species.yr	0,000136	8,41E-5	3,6E-5	6,02E-6	1,01E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Global warming, Freshwater ecosystems	species.yr	3,72E-9	2,3E-9	9,83E-10	1,64E-10	2,75E-10
<input checked="" type="checkbox"/>	Stratospheric ozone depletion	DALY	2,07E-5	3,65E-6	1,64E-5	2,47E-7	4,64E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Ionizing radiation	DALY	5,57E-5	6,21E-6	4,81E-5	7,05E-7	7,13E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone formation, Human health	DALY	0,000106	7,55E-5	1,6E-5	4,33E-6	1E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Fine particulate matter formation	DALY	0,0405	0,0273	0,00671	0,00189	0,00455
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone formation, Terrestrial ecosystems	species.yr	1,54E-5	1,1E-5	2,31E-6	6,47E-7	1,46E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial acidification	species.yr	3,73E-5	2,71E-5	5,36E-6	1,5E-6	3,29E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater eutrophication	species.yr	1,18E-5	6,73E-6	2,9E-6	8,66E-7	1,31E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine eutrophication	species.yr	1,91E-9	1,12E-9	5,6E-10	8,83E-11	1,44E-10
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial ecotoxicity	species.yr	3,02E-6	1,15E-6	9,55E-7	1,14E-7	7,95E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater ecotoxicity	species.yr	3,09E-6	8,28E-7	1,66E-6	7,98E-8	5,2E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine ecotoxicity	species.yr	6,04E-7	1,73E-7	3,12E-7	1,59E-8	1,03E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Human carcinogenic toxicity	DALY	0,0229	0,0124	0,00548	0,000369	0,00466
<input checked="" type="checkbox"/>	Human non-carcinogenic toxicity	DALY	0,0146	0,00731	0,00407	0,000503	0,00267
<input checked="" type="checkbox"/>	Land use	species.yr	2,82E-5	1,45E-5	6,27E-6	6,51E-7	6,81E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Mineral resource scarcity	USD2013	115	73,2	22,1	1,71	18,3
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil resource scarcity	USD2013	2,59E3	1,62E3	329	462	185
<input checked="" type="checkbox"/>	Water consumption, Human health	DALY	0,0139	0,000226	0,0136	4,98E-5	4,31E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Water consumption, Terrestrial ecosystem	species.yr	1,13E-5	1,5E-6	9,16E-6	3,09E-7	2,93E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Water consumption, Aquatic ecosystems	species.yr	2,53E-10	1,66E-10	3,92E-11	1,99E-11	2,77E-11

når avfallsscenarioet er inkludert, derfor vises ikke disse to bidragene i figur 7. Dersom det ikke inkluderes et avfallsscenario i beregningene bli sammenhengen seende ut som i figur 8.

### Midtpunkt beregninger

Hvilke miljøkategorier som blir påvirket av de ulike komponentene vises i figur 9.

Ozonlaget blir mest påvirket av bygging av renseanlegget, mens driften av anlegget bidrar mest til påvirkning når det gjelder terrestrisk økotoksisitet. Begge deler er tilsvarende som i alternativet med oppgradering av Bokerøya.

### Sluttpunkt beregninger

Sluttpunkt beregningene for Nordbykollen vises i tabell 6. Her er ikke avfallsscenario inkludert.

### Tolkning og oppsummering

Når det gjelder de bygningsmassene som blir brukt i undersøkelsen bidrar stålkonstruksjoner mest til utslippene. Det er derfor interessant å undersøke om det er mulig å redusere utslippene ved å bruke andre materialer. Dette gjelder for begge alternativer. Ved å sammenligne utslipp fra bygningsmassen er Nordbykollen-alternativet det mest gunstige. I alternativet med Nordbykollen er det dessuten antakelig gjort en over-

estimering av hvor mye stål som er nødvendig. Ved å se nærmere på hvor mye stål som faktisk trengs inne i fjellhallene er det mulig at dette alternativet blir enda gunstigere i forhold til utslipp fra bygningsmaterialer.

Overføringssystemet som er nødvendig i alternativet med Nordbykollen utgjør en meget liten andel av de totale utslippene.

Driften av anleggene utgjør en betydelig andel av de totale utslippene. Alternativet med Nordbykollen kommer mest gunstig ut når det gjelder utslipp i driftsfasen. Det er bruk av strøm som bidrar mest til utslipp i driftsfasen. Dersom anleggene hadde produsert egen strøm, for eksempel gjennom et biogassanlegg, ville dette kunne påvirke de totale utslippene i stor grad.

Det er brukt «cut-off» i alle beregninger som er gjort. Det betyr at avfallsstoffer/avfallsprodukter ikke inkluderes i produksjon av nye materialer. Dersom dette hadde vært inkludert hadde sannsynligvis klimapåvirkningen gått noe ned i begge de vurderte alternativene. Videre er det antatt at anleggene ikke kan gjenbrukes når levetiden er brukt opp. Sannsynligvis vil enkelte komponenter i anleggene kunne gjenbrukes. Dersom det hadde vært tatt høyde for dette vil dette også påvirket klimaavtrykket i positiv retning. Det er heller ikke sett på hvor-

Tabell 7. Eksempler på hva som kan inkluderes i en utvidet alternativvurdering

Bærekraftsdimensjoner	Virkningsområde
Miljø	LCA (gjennomført i foreliggende studie): Utvinning av råmaterialer, bygging og drift, avfallshåndtering
	Vannmiljø - utslippspunkt
Sosiale forhold	Støy
	Belastning for myke og harde trafikanter
	Lukt
Økonomi	Investeringskostnader
	Driftskostnader
Andre forhold	Tidsbruk
	Sårbarhet/Beredskap
	Påvirkning på eksisterende infrastruktur

vidt enkelte av komponentene i dagens Bokerøya kan gjenbrukes. Dersom dette er mulig ville dette alternativet antakelig fremstå som noe mer gunstig enn det de beregningene som er gjort viser.

Et avløpsrenseanlegg er en del av nødvendig infrastruktur for blant annet å ivareta vannmiljøet. Uten tilstrekkelig rensning av avløpsvann vil resipientene bli påvirket i negativ retning. Når det finnes flere ulike måter å ivareta rensning av kommunalt avløp, kan LCA-vurderinger være en viktig del av det beslutningsgrunnlagene som bør utarbeides. LCA-vurderingene kan gi en pekepinn på hvilke alternativ som er mest gunstig i forhold til miljøpåvirkning når anleggene likevel må bygges.

For Bokerøya viser de beregningene som er gjort at det mest gunstige til være å overføre avløpsvannet til regionalt renseanlegg i Nordbykollen.

## Videre arbeid

Analysen som er gjort er en forenkling av virkelighet. Ikke alle påvirkningsfaktorer er inkludert. Det bør derfor gjøres en utvidet analyse som vurderer andre virkningsområder innenfor bærekraftsdimensjonene. Eksempler på hva som bør inkluderes i en utvidet analyse vises i tabell 7.

## Litteratur

- Klima- og miljødepartementet.** Helhetlig tiltaksplan for en ren og rik Oslofjord med et aktivt friluftsliv. [Internett] [Sisert: 21 10 2023.] <https://www.regjeringen.no/contentassets/7e80a758716344cbbb97adc5c7c27f18/t-1571b.pdf>
- Statsforvalteren i Oslo og Viken.** Informasjon fra Miljødirektoratet vedrørende nitrogenrensing. [Internett] [Sisert: 20 10 2023.] <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/fm-oslo-og-viken/miljo-og-klima/informasjon-fra-miljodirektoratet-vedrorende-nitrogenrensing.pdf>
- Klima og miljødepartementet.** [Internett] [Sisert: 20 10 2023.] <https://www.regjeringen.no/contentassets/7e80a758716344cbbb97adc5c7c27f18/t-1571b.pdf>
- Miljødirektoratet.** Om avløpsdirektiv. [Internett] [Sisert: 25 09 2023.] <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/fagmeldinger/2022/desember-2022/eu-direktiv-om-avlop-revideres/>
- Statsforvalteren.** Om Statsforvalteren. [Internett] [Sisert: 25 09 2023.] <https://www.statsforvalteren.no/portal/miljo-og-klima/forurensning/>
- ISO.** ISO online browsing. [Internett] [Sisert: 25 09 2023.] <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14040:ed-2:vl:en>.
- Johnsen, Tommy og Pretlove, Bente.** Bruk av livsløpsanalyser (LCA) for å sikre et bedre beslutningsgrunnlag for sluttbehandling av avfall og slam. VANN. 2, 99.
- Asplan Viak AS.** *Mulighetsstudie - renseløsning for Asker og Drammen.* Sandvika : s.n., 2023.

9. **PRé Sustainability.** About SimaPro. [Internett] [Sitert: 20 10 2023.] <https://simapro.com/about/>

10. **Ecoinvent.** [Internett] [Sitert: 12 10 2023.] <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/system-models/>

11. **PRé Sustainability.** *SimaPro Tutorial.* s.l.: PRé Sustainability B.V., 2023.

12. **SimaPro database manual.** Methods library. [Internett] [Sitert: 17 10 2023.]

<https://simapro.com/wp-content/uploads/2023/07/Data-baseManualMethods.pdf>.

13. **PRé Sustainability B.V.** [Internett] [Sitert: 17 10 2023.] <https://pre-sustainability.com/articles/consider-your-audience-when-doing-lca/>.

## Vann- og miljøteknikk

Vann er verdens viktigste næringsmiddel. Vann handler om trygg og energiøkonomisk vannforsyning og rent vann i krana; om kostnadseffektive og driftsvennlige anlegg. Vann er også noe mer, det er en ressurs for estetiske opplevelser, for lek og rekreasjon. Dessuten skal det temmes.

### Våre tjenester:

Vannbehandling / Vannmiljø / Grunnvarme /  
VA-modellering / Overvannshåndtering / NoDig /  
Forurenset grunn / Skred / VA-transportssystemer /  
Hydrologi og vassdragsteknikk / Avløpsrensing /  
Avfall og renovasjon / VA-planer og forvaltning /  
Grunnvann og hydrogeologi / Ingeniørgeologi

asplanviak.no

Former samfunnet - ser mennesket



asplan  
viak

