

Resipientvurdering Sandefjord

Vurdering av miljøtilstand og miljøpåvirkning i
resipientene



cc Bjoertvedt File:Sandefjordfjorden ytre IMG 5271 holtskjær lykt.JPG - Wikimedia Commons

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Sandefjord Kommune
Tittel på rapport: Resipientvurdering Sandefjord
Oppdragsnavn: Resipientvurdering Sandefjord
Oppdragsnummer: 641407-01
Utarbeidet av: Ingrid Hjorth, Lena Solli Sal, Kamilla Skaalsveen
Oppdragsleder: Lena Solli Sal
Tilgjengelighet: Åpen

Forord

Asplan Viak har utarbeidet en resipientvurdering for Sandefjord på oppdrag fra Sandefjord kommune. Rapporten er utarbeidet av Ingrid Hjorth, med bidrag fra Lena Solli Sal og Kamilla Skaalsveen. Sofie Nystrand, Liva Mørenskog Luth-Hanssen og Kjell Christian Zimmermann Børresen i Sandefjord kommune har bidratt med grunnlagsdata og verdifulle innspill.

Tønsberg, 06.03.2024

Ingrid Hjorth

Lena Solli Sal

01	6. mar. 2024	Nytt dokument	IH	LSS
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	4
1. Innledning	8
1.1. Bakgrunn	8
1.2. Formål og omfang	8
2. Situasjonsbeskrivelse - tettbebyggelse og renseanlegg	9
2.1. Tettbebyggelse	9
2.2. Avløpssystem og renseanlegg	10
3. Forurensningskilder	18
3.1. Nedbørfelt og geografisk avgrensning	18
3.2. Vassdrag og miljøpåvirkning fra jordbruk og avløp	19
3.3. Forurensningsbidrag fra ulike sektorer	20
3.4. Oppsummering om forurensningskilder i nedbørfeltet til fjordene	25
4. Miljøforhold i resipientene	27
4.1. Topografi	27
4.2. Nedbørfelt og ferskvannstilførsler	28
4.3. Saltholdighet og temperatur	28
4.4. Strømningsforhold	30
4.5. Økologisk og kjemisk tilstand	33
4.6. Oppsummering av resultater fra miljøovervåkning	34
4.7. Naturmangfold	45
5. Brukerinteresser	48
5.1. Bading og rekreasjon	48
5.2. Fiskeri	49
5.3. Jordbruksvanning	50
5.4. Drikkevann	51
6. Miljøpåvirkning fra kommunale utslipp	52
6.1. Transport av avløpsvann i resipienten - modellering og vurdering av innblandingssoner	52
6.2. Miljøpåvirkning i Sandefjordsfjorden-ytre: nærstasjoner og gradienter	59
6.3. Miljøpåvirkning fra overløpsutslipp	61

7.Framtidig utvikling og behov for utslippsbegrensninger for å nå miljømålet	70
7.1. Utvikling i tilførte avløpsmengder til Enga RA	70
7.2. Kan klimaendringer øke fjordens sårbarhet?	71
7.3. Framtidige utslipp av organisk stoff	72
7.4. Framtidige utslipp av nitrogen	74
7.5. Framtidige utslipp av fosfor	76
8.Konklusjon og anbefalinger	78
9.Referanser	79

Sammendrag

Avløpssystem og utslippsmengder

Enga RA renser avløpsvann fra tettbebyggelsen Sandefjord og noen omkringliggende områder. Renset avløpsvann føres til ytre deler av Sandefjordsfjorden, til 45 meters dyp. Sandefjord kommune bygde ut renseanlegget med nytt biologisk trinn (MBBR) i perioden 2020-2023. Biotrinnet ble satt i prøvedrift sensommer/høst 2023. Denne resipientvurderingen er et underlag for søknad om ny utslippstillatelse.

Enga RA hadde et utslipp på 3,4 tonn fosfor/år og 204 tonn nitrogen/år i perioden 2020-2022 (i perioden før nytt biotrinnet ble satt i drift). Det er anslått at utslippet utgjør 31 % av fosfortilførslene og 66 % av nitrogentilførslene til Sandefjordsfjorden. I tillegg er det utslipp av urensset avløpsvann fra overløp og lekkasjer på nettet – anslagsvis 1,5 tonn fosfor/år og 10 tonn nitrogen/år. Totalt bidrar dermed kommunalt avløpsvann med ca. 44 % av fosfortilførslene og 69 % av nitrogentilførslene til fjorden.

Miljøtilstanden i Sandefjordsfjorden og Ytre Oslofjord

Miljøovervåking i Sandefjordsfjorden i perioden 2019-2022 (1; 2) viser at miljøtilstanden i vannmassene er *god*. Konsentrasjonen av næringssalter og klorofyll a har tilsvart *svært god* økologisk tilstand i overvåkningsperioden. Oksygen og siktedyp indikerer *god* økologisk tilstand, og samlet miljøtilstand for vannmassene er dermed klassifisert til *god*.

Samtidig ble miljøtilstanden mhp. nedre voksegrense for makroalger klassifisert til *dårlig* i 2021 (1). Én stasjon i Sandefjordsfjorden-ytre er med i Fagrådets overvåkningsprogram for Ytre Oslofjord, og på denne stasjonen er det beskrevet en negativ utvikling med reduksjon i nedre voksedyp og bortfall av enkeltarter. Sedimentasjon/nedslamming og mangel på egnet bunnssubstrat er beskrevet som en sannsynlige forklaringer på den dårlige tilstanden på denne stasjonen.

Undersøkelse av bløtbunnsfauna på fire stasjoner i Sandefjordsfjorden-ytre i 2018, viste *god* økologisk tilstand på alle stasjoner.

Ytre deler av Oslofjorden overvåkes årlig gjennom Økokystprogrammet. Resultatene for planteplankton, næringssalter og oksygen har vist hhv. *svært god* og *god* økologisk tilstand i perioden 2020-2022, på stasjoner utenfor Sandefjordsfjorden. Siktedyp ble klassifisert til *moderat* tilstand.

NIVA og Havforskningsinstituttet utredet behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord i 2022 (3). I utredningen ble utviklingstrender i tilførsler og miljøparametere i ulike deler av Ytre Oslofjord gjennomgått. Rapporten peker på flere bekymringsfulle utviklingstrekk i Ytre Oslofjord generelt:

- Reduksjon i nedre voksegrense for makroalger. Trenden har vedvart fra 1940 til «i dag». Årsaken er trolig dårligere lysforhold i vannmassene og nedslamming.
- Store forekomster av trådalger
- Overkonsentrasjon av nitrogen i flere deler av fjorden, sammen med økt temperatur, som vil bidra til en forverring av fjordmiljøet. Rapporten peker på at det har vært en overkonsentrasjon av nitrat og nitritt fra Drammensfjorden og ut til Rauer (2017-2019).
- Negativ trend i oksygenforholdene fra Breiangen og helt ut til Torbjørnskjær.
- Områder med oksygenfattige bunnforhold har også dårligere miljøtilstand mhp. bløtbunnsfauna.

Fortynning, innblanding og innlagring av avløpsvann i resipienten

For å vurdere innlagring, fortynning og miljøpåvirkning i nærsone til utslippet fra Enga RA, er det gjort en modellering ved hjelp av programvaren Visual Plumes (4). Resultater fra modelleringen, indikerer at utslippet fra Enga RA, under de fleste forhold, vil innlagres på dypt vann (30-40 meter). I perioder, særlig vinterstid, kan avløpsvannet komme høyere opp i vannsøylen og innblandes i det produktive overflatelaget.

Innlagring skjer få meter fra utslippspunktet. På vegen mot innlagringsdypet oppnås en fortynning på mellom 60 og 220 ganger (gjennomsnitt i utslippsskyens tverrsnitt). I perioder med middels utslippsrate og middels strømhastighet i resipienten – altså under forhold som antas å være representative for «normalen» - oppnås stort sett en fortynning på 100-300 ganger.

For fosfor er innblandingssonen der kystvanns-grenseverdien mellom god og moderat tilstand overstiges, svært begrenset (få meter fra utslippspunktet). For nitrogen trengs større fortynning før utslippet når grenseverdien mellom god og moderat. Beregninger indikerer at nødvendig fortynningsgrad ikke vil oppnås i primærfortynningen på veg mot innlagringsdypet. Etter innlagring vil avløpsvannet fortsatt fortynnes i vannmassene, men dette vil skje saktere. Det er ikke gjort mer storskala modellering for å anslå innblandingssonen for nitrogen.

Merk at grenseverdiene for nitrogen og fosfor i resipient gjelder for konsentrasjonen i overflatelaget (0-10 meter). Under de fleste forhold, vil avløpsvannet innlagres dypere enn dette. Ved dyp innlagring vil utslippet i liten grad bidra direkte til overkonsentrasjoner av nitrogen og fosfor i overflatelaget, i nærsone til utslippspunktet. Under forhold der avløpsvannet kommer høyt opp i vannsøylen, særlig vinterstid, kan utslippet gi en målbar gradient med høyere konsentrasjon av nitrogen og fosfor i nærheten av utslippspunktet.

Miljøpåvirkning fra utslippet i Sandefjordsfjorden-ytre

- Resultater fra årlig overvåkning i Sandefjordsfjorden i perioden 2019-2022 tyder på at utslippet fra Enga RA har liten innvirkning på miljøtilstanden i vannmassene.

- Miljøtilstanden mhp. makroalger (maksdypindeks) i Sandefjordsfjorden-ytre har blitt klassifisert til moderat og dårlig de siste årene (1). Kun én stasjon i vannforekomsten har blitt undersøkt- Der er ikke grunnlag for å kvantifisere hvilken effekt utslippet fra Enga RA har på makroalger. Årsaken til dårlig tilstand er sannsynligvis kompleks, og henger sammen med substratkvalitet, partikkelforurensning og nedslamming, vannkvalitet og siktedyp. Reduksjon i nedre voksegrense for makroalger er en trend som gjelder generelt for Ytre Oslofjord, og dårligere lysforhold og nedslamming er pekt ut som viktige årsaker (5).
- Undersøkelse av bløtbunnsfauna i 2018 (6) viste god økologisk tilstand på fire undersøkte stasjoner. Den sørligste stasjonen, som hadde størst avstand til utslippet fra Enga RA, hadde noe høyere artsrikhet enn de tre andre stasjonene, som befinner seg innen en radius på 500 meter fra utslippspunktet. Det er ikke mulig å fastslå årsaken til dette, men utslippet fra Enga RA kan ha en lokal påvirkning på bløtbunnsfaunaen. Merk at undersøkelsen ble gjennomført for å følge med på miljøpåvirkning og tilstand ved Beinskjæra dumpeområde, ikke for å vurdere konkret miljøpåvirkning fra det kommunale utslippet. Siden miljøtilstanden ble klassifisert til god, ser det likevel ut til at utslippet har liten miljøpåvirkning på bløtbunnsfaunaen i Sandefjordsfjorden.
- Kobber og sink er de tungmetallene som har høyest *overkonsentrasjon* i renset avløpsvann, sammenliknet med grenseverdier i kystvann. Tilgjengelige data fra undersøkelse av kobber og sink i Sandefjordsfjorden, indikerer ingen tydelig miljøpåvirkning fra utslipp av disse tungmetallene.

Miljøpåvirkning fra overløpsutslipp

Sandefjord kommune har gjennomført en miljørisikovurdering for overløpsutslipp. Utpekte overløpspunkter med utslipp til Sandefjordsfjorden, Mefjorden, Lahellefjorden/Tønsbergfjorden, Virikbekken, Haslebekken og Rovebekken er vurdert nærmere i denne resipientvurderingen. Samtlige av de vurderte overløpsutslippene utgjør en *risiko* for negativ påvirkning på vannmiljø, sårbare naturtyper eller brukerinteresser. Overløp til Haslebekken er sannsynligvis det overløpspunktet som har størst påvirkning på økologisk tilstand i vannforekomst.

Miljøpåvirkning i 2050 og behovet for utslippsbegrensninger for å nå miljømålet

Framtidige avløpsmengder til Enga RA er framskrevet til årene 2030, 2040 og 2050, for to ulike alternativer:

- A) Videreføring av dagens løsning i Sandefjord. Enga RA vil fortsatt ta imot avløpsvann fra geografiske områder som i dag er tilknyttet renseanlegget (Sandefjord rensedistrikt).
- B) Overføring av avløp Vårnes, Fossnes, Andebu og Bekkevika (Færder kommune), til Enga RA.

Begge scenarier innebærer en økning i avløpsmengdene som føres til Enga RA. I kapittel 8 beskrives framtidige utslippsmengder for nitrogen, fosfor og organisk stoff, basert på framskrivninger i avløpsmengdene og ulike rensekrav. I kapittel 8 diskuteres også framtidig miljøpåvirkning i resipient som følge av endrede utslippsmengder.

Selv om vannmassene i Sandefjordsfjorden-ytre ikke viser tydelige tegn miljøpåvirkning fra eksisterende utslipp, har det vært en bekymringsverdig utvikling i Sandefjordsfjorden og Ytre Oslofjord de senere årene, knyttet til reduksjon av nedre voksegrense for makroalger og begroing av trådalger. Årsaken til dette er kompleks. Det forventes videre at klimaendringer vil gjøre fjorden mer sårbar. For at ikke miljøbelastningen på Sandefjordsfjorden skal øke i trinn med økende avløpsmengder, anbefales følgende:

- Utslippt av organisk stoff fra Enga RA bør ikke øke, sammenliknet med utslippene i 2022. Rensegraden bør være tilstrekkelig til å veie opp for økt tilknytning til renseanlegget.
- Enga RA bør oppgraderes med trinn for nitrogenrensing.
- Økt renseeffekt for fosfor, sammenliknet med dagens renseeffekt på 90 %, er sannsynligvis ikke et kostnadseffektiv tiltak.
- Det bør gjennomføres tiltak for å redusere utslipp fra overløp og lekkasjer fra avløpsnett.

I tillegg bør reduksjon i overløpsutslipp til Haslebekken, som renner ut i Mefjorden, prioriteres høyt.

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Sandefjord kommune har nylig oppgradert Sandefjord renseanlegg, som også blir kalt Enga renseanlegg (heretter kalt Enga RA) til sekundærrensing, og renseanlegget er under prøvedrift. I tillegg er kommunen i gang med å planlegge trinn for nitrogenrensing ved anlegget. Denne resipientvurderingen er et grunnlag for kommunens søknad om ny utslippstillatelse for avløpssystemet.

1.2. Formål og omfang

Denne resipientvurderingen gir en vurdering av miljøpåvirkning fra dagens utslipp fra renseanlegget, prioriterte overløp og andre forurensningskilder som f.eks. jordbruk og industri til resipientene, og en vurdering av utvikling framover i tid. Resipientvurderingen omfatter følgende tema:

- *Miljøtilstand i resipient:* I denne resipientvurderingen er eksisterende data fra vannovervåkning i Sandefjordsfjorden og andre vannforekomster som potensielt kan påvirkes, gjennomgått. Data er eksportert fra vannmiljødatabasen, i tillegg til at rapporter fra ulike undersøkelser er gjennomgått. Informasjon fra offentlige databaser om naturmangfold er også innhentet.
- *Miljøpåvirkning i nærsone til utslippspunktet for renseanlegget:* Utslippspunktets egnethet er vurdert ut ifra miljøtilstand i resipienten inkludert nærsone, samt informasjon fra modellering av fortykning og innlagring av utslipp.
- *Vurdering av miljøpåvirkning fra overløpsutslipp:* Sandefjord kommune har gjennomført en risikovurdering for alle overløpsutslipp. Denne omfatter nødoverløp fra avløpspumpestasjoner og regnvannsoverløp på nettet. Basert på denne, er det valgt ut noen prioriterte overløp som er nærmere vurdert i denne resipientvurderingen. De prioriterte overløpene er valgt ut ifra resipient, utslippsmengder (fra avløpsmodell) og utslippspunkt, samt eventuelle opplysninger om naturverdier, badeplasser og miljøtilstand i nærheten av utslippene.
- *Vurdering av hvordan utslippet påvirker mulighetene for å oppnå miljømålet:* Forholdet til fastsatte miljømål er vurdert ut ifra opplysningene om miljøtilstand i resipient, beregninger basert på utslippsmengder og modellering av fortykning og innlagring i resipient. Andre kilder til utslipp er også inkludert i vurderingen. Utslippsmengder er framskrevet til 2040 og 2050 for å vurdere miljøpåvirkning fremover i tid.
- *Påvirkning på brukerinteresser:* Brukerinteresser som bading, rekreasjon og fiske, er vurdert ut ifra opplysninger fra kommunen og offentlig tilgjengelig informasjon.

2. Situasjonsbeskrivelse – tettbebyggelse og renseanlegg

2.1. Tettbebyggelse

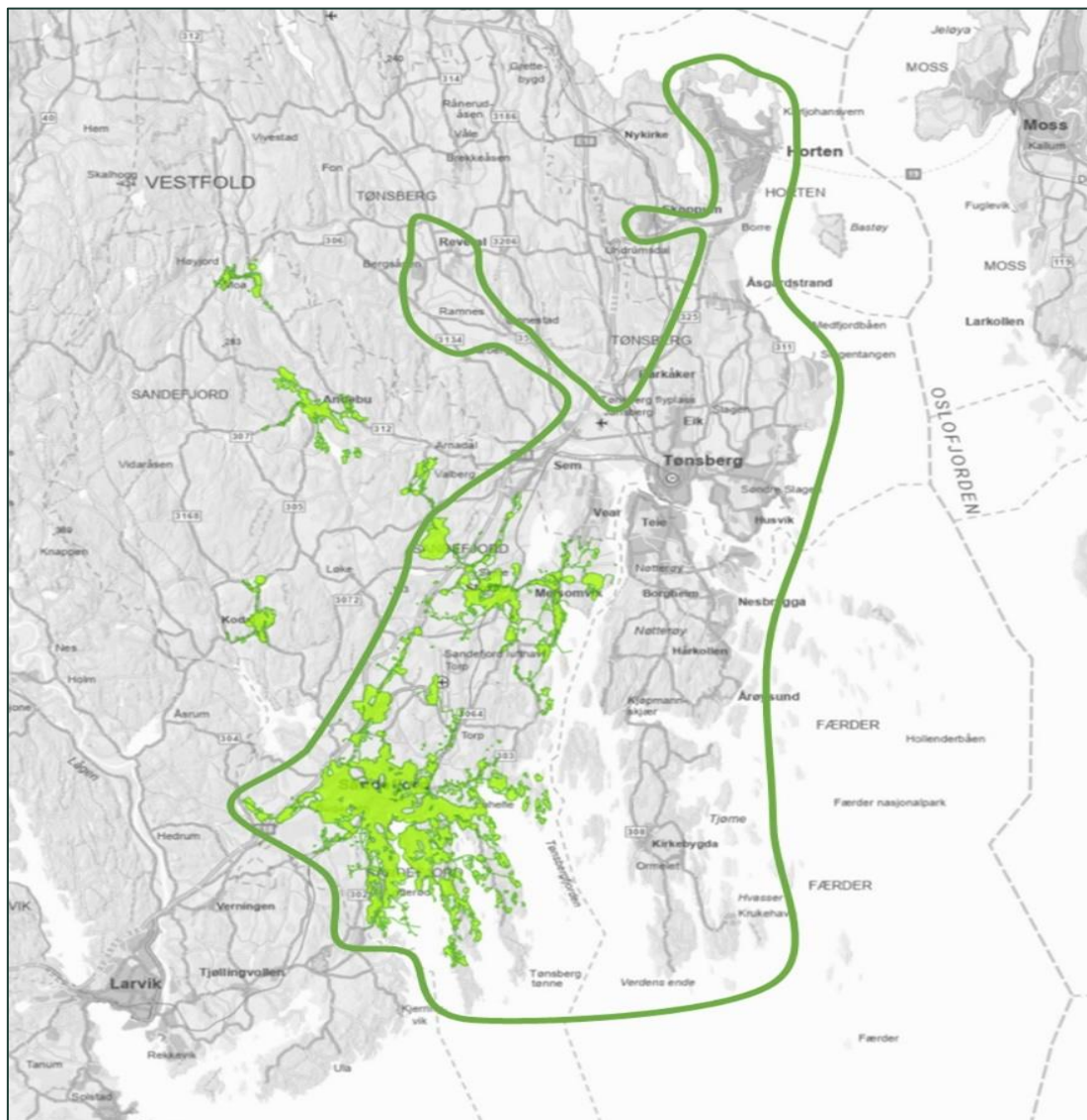
Tettbebyggelsens størrelse er avgjørende for hvilke krav som stilles til avløpsrensing. Begrepet tettbebyggelse er definert i forurensningsforskriftens § 11-3:

«En samling hus der avstanden mellom husene ikke er mer enn 50 meter. For større bygninger, herunder blokker, kontorer, lager, industribygg og idrettsanlegg, kan avstanden være opptil 200 meter til ett av husene i hussamlingen. Hussamlinger med minst fem bygninger, som ligger mindre enn 400 meter utenfor avgrensningen i første og andre punktum, skal inngå i tettbebyggelsen. Avgrensningen av tettbebyggelse er uavhengig av kommune- og fylkesgrenser.

Dersom avløpsvann fra to eller flere tettbebyggelser, som nevnt i første ledd, samles opp og føres til ett felles renseanlegg eller utslippssted, regnes tettbebyggelsene som én tettbebyggelse.»

Sandefjord kommune har gjennomført en kartlegging/GIS-analyse for å definere tettbebyggelsens utstrekning i henhold til definisjonen i forskriften. Innenfor Sandefjords kommunegrense er det gjort en detaljert kartlegging av tettsteder med nøyaktige beregninger av folketall. Utenfor kommunegrensa er det gjort enklere, skjønsmessige vurderinger ut ifra hver kommunes innbyggertall og avløpsledningsnett til de andre kommunene.

Med nevnte definisjon av tettbebyggelse, er Sandefjord en del av en større tettbebyggelse som strekker seg fra og med Horten i nord, til og med Hem i Larvik i sør. I denne tettbebyggelsen bor det rundt 200 000 innbyggere. Tettbebyggelsens utstrekning er vist i Figur 2-1. Lysegrønne arealer er detaljerte avgrensninger av tettstedene innenfor Sandefjord kommune (kilde: SSB). Mørkegrønt omriss skisserer grovt utstrekningen til tettbebyggelsen som strekker seg over flere kommuner fra Horten til Larvik.



Figur 2-1: Tettbebyggelsen som Sandefjord er en del av, er kartlagt etter gjeldende forskrift av Sandefjord kommune i 2024. Tettbebyggelsen strekker seg fra og med Horten i nord, til og med Hem i Larvik i sør. Tettbebyggelsen har rundt 200 000 innbyggere.

2.2. Avløpssystem og renseanlegg

2.2.1. Rensedistrikt

Sandefjord rensedistrikt dekker det aller meste av tettstedet Sandefjord, og noen omkringliggende områder. Sandefjord lufthavn er også tilknyttet det offentlige spillvannsnettet. Ledningsnettet består av 265 km spillvannsledninger og 65 km fellesledninger for spillvann og overvann. Det er ca. 60 spillvannspumpestasjoner i rensedistriktet.

Tabell 2-1 viser informasjon om tilførsler fra rensedistriktet til Enga RA i perioden 2020-2022. I skrivende stund er ikke årsrapport for 2023 ferdigstilt, derfor mangler noe data fra dette året.

Tabell 2-1: Antall pe og tilførte mengder vann og næringsstoff fra rensedistriktet til Enga RA (7) (8) (9).

	2020	2021	2022	2023
Tilknyttede pe - befolkning Sandefjord	46 005	46 305	47 418	47 418
Tilknyttede pe - befolkning Larvik (Hem)	631	631	631	566
Tilført pe - (NS 9426, $f_{maks} = 2$)	79 971	80 568	77 800	
Vannmengde tilført inkl. overløp [m ³]	10 684 502	8 410 350	8 119 890	
Tot-P [tonn]	28,1	29,3	30,1	
Tot-N [tonn]	223	219	221	
BOF ₅ [tonn]	932,5	935	898	
KOF [tonn]	3 018	2 693	2 422	

2.2.2. Enga RA

Gjeldende utslippstillatelse er gitt av Fylkesmannen i Vestfold og er datert 15.05.2007 (revidert tillatelse, 2007/4662).

Renseanlegget har følgende rensekrav:

- Fosfor: Det er et krav om 90 % renseeffekt for fosfor
- Organisk stoff: Krav om rensing av organisk stoff (sekundærrensing) utløses dersom det skjer en vesentlig endring i tilført avløpsmengde eller kapasitet på renseanlegget. Kravene til sekundærrensing er:
 - BOF₅-mengden i avløpsvannet skal reduseres med minst 70 % eller ikke overstige 25 mg O₂/l ved utslipp.
 - KOF_{CR}-mengden i avløpsvannet skal reduseres med minst 75 % eller ikke overstige 125 mg O₂/l ved utslipp.

2.2.2.1 Utslipp av nitrogen, fosfor og organisk stoff

Tabell 2-2 viser informasjon om utslippsmengder, konsentrasjoner og renseeffekt ved Enga RA i perioden 2020-2022. Merk at rensresultatene delvis er fra perioden da Enga RA ble bygd ut med biologisk trinn, og det var i en periode også reduserte rensekrav for organisk stoff.

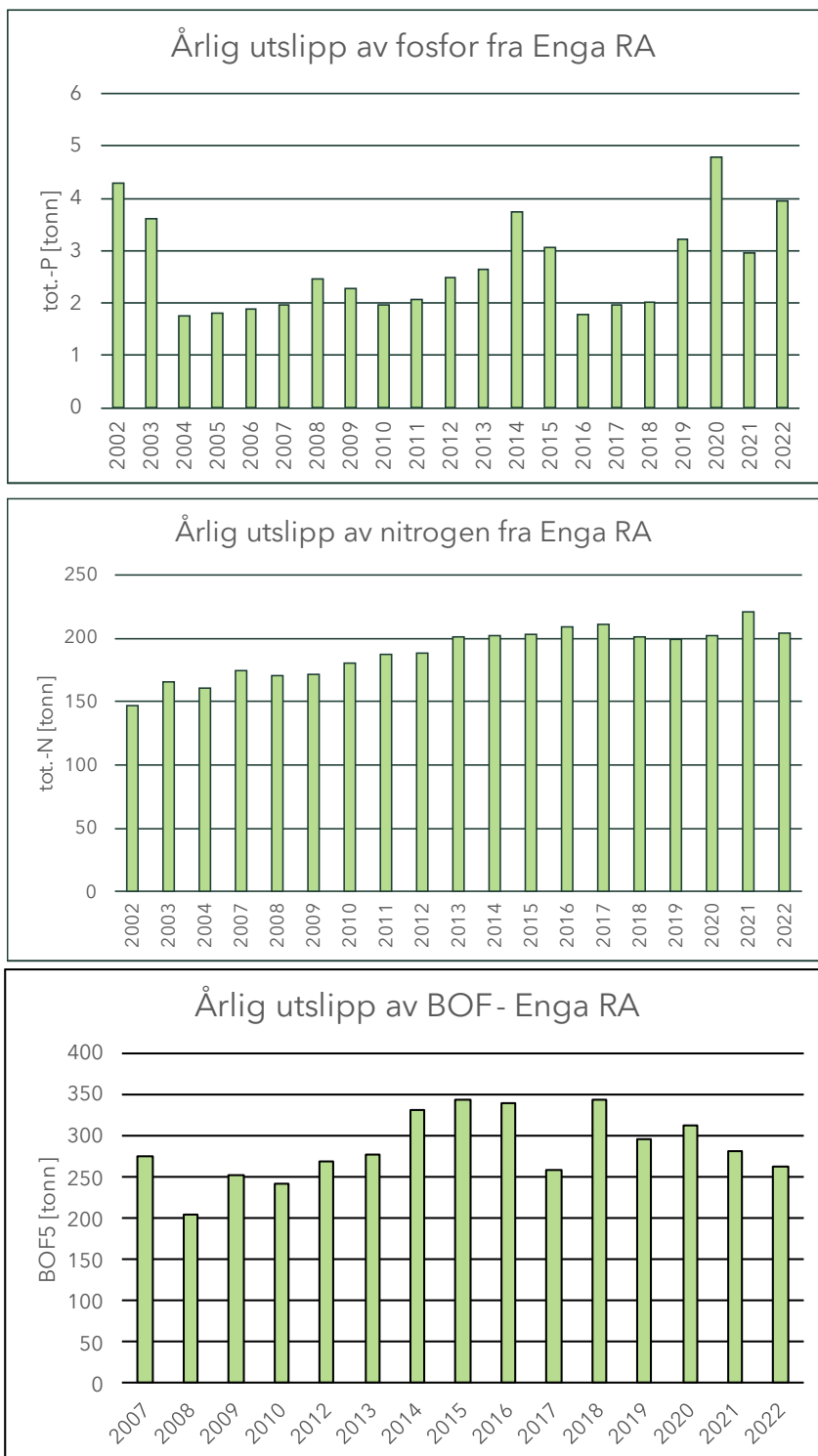
Tabell 2-2: Utslipp fra Enga RA i perioden 2020-2022 (7) (8) (9). Beregningen av renseeffekt inkluderer vann i overløp og mottatt septikslam ved anlegget.

	Parameter	Tot-P	Tot-N	BOF ₅	KOF
2020	Utslipp (tonn)	4,9	202,7	314	1005
	Utslippskonsentrasjon (mg/l)	0,3	24,9	31	86
	Renseeffekt (%)	82,7	9,2	66,3	66,7
2021	Utslipp (tonn)	2,6	216,9	268	679
	Konsentrasjon (mg/l)	0,3	34,2	36,8	90
	Renseeffekt (%)	91,3	0,8	71,3	74,8
2022	Utslipp (tonn)	2,7	193,7	223	603
	Konsentrasjon (mg/l)	0,3	29	32,7	85
	Renseeffekt (%)	90,9	12,2	75,1	75,1

Sandefjord kommune bygde ut renseanlegget med nytt biologisk trinn (MBBR) i perioden 2020-2023. Biotrinnet ble satt i prøvedrift sensommer/høst 2023. Prøvetaking i prøvedriftsfasen indikerer at renseanlegget renser godt på organisk stoff: i snitt 89 % på KOF og 92 % på BOF₅, basert på seks prøver. For fosfor har rensegraden vært over 90 % og i henhold til kravet på 5 av 6 prøver. Det er forventet noe varierende renseresultater i en prøvedriftsfase.

Enga RA har i dag svært liten renseeffekt for nitrogen. Sandefjord kommune planlegger å etablere rensing på rejektivannet fra biogassproduksjonen ved renseanlegget. Dersom løsningen etableres, forventes en økning i renseeffekt på opptil 20 prosentpoeng for nitrogen.

Årlige utslipp av fosfor og nitrogen i perioden 2002-2022, og BOF₅ i perioden 2007-2022 er vist i Figur 2-2.



Figur 2-2: Årlige utslippsmengder av fosfor, nitrogen og BOF₅ fra Enga RA.

2.2.2.2 Utslipp av miljøgifter

Tabell 2-3 gir informasjon om utslippsmengder og utslippskonsentrasjoner av tungmetaller. Sammenliknet med grenseverdier for tungmetaller i kystvann (Veileder M608 (10)), er det kobber og sink som har den høyeste «overkonsentrasjonen». Konsentrasjonen i rensset avløpsvann tilsvarer tilstandsklasse V *svært dårlig* for disse tungmetallene, sammenliknet med grenseverdiene for kystvann. Konsentrasjonen av arsen

og bly ligger innenfor tilstandsklasse III *moderat*, sammenliknet med grenseverdier for kystvann. Merk at de refererte grenseverdiene ikke gjelder for rensset avløpsvann, men brukes her til å gi en indikasjon på forurensningspotensial. Forurensning med tungmetaller er nærmere diskutert i kapittel 4.6.3 og kapittel 6.2.4.

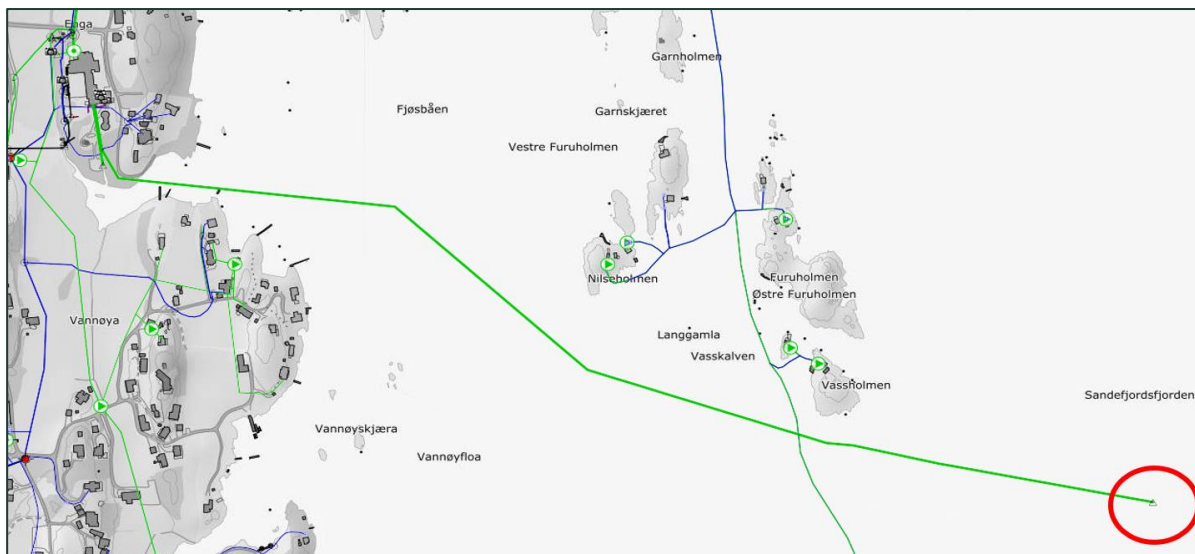
Tabell 2-3: Informasjon utslipp og utslippskonsentrasjoner av tungmetaller fra Enga RA. Hentet fra årsrapporter fra renseanlegget (7) (8) (9). Utslippskonsentrasjonen er sammenliknet med grenseverdier for konsentrasjon i kystvann (10), og fargene indikerer klassene god (grønn), moderat (gul) og svært dårlig (rød). Merk at disse grenseverdiene ikke gjelder for konsentrasjonen i avløpsvann, men er kun benyttet her for å gi en indikasjon på forurensningspotensial. For kadmiom, krom og kvikksølv lå konsentrasjonen i de fleste prøvene under laboratoriets deteksjonsgrense og beregninger er gjort ut ifra halvparten av deteksjonsgrensen – for disse stoffene gjenspeiles ikke faktiske utslipp.

		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
2020	Midlere utløpskonsentrasjon (µg/L)	0,77	0,039	0,47	58,3	0,003	3,05	2,07	193
	Utslipp (kg/år)	10,90	0,554	7,49	836	0,037	42,9	28,5	2721
2021	Midlere utløpskonsentrasjon (µg/L)	0,69	0,015	0,25	45,0	0,003	2,25	3,22	173
	Utslipp (kg/år)	5,35	0,124	2,06	350	0,021	17,3	23,9	1372
2022	Midlere utløpskonsentrasjon (µg/L)	0,61	0,022	0,64	40,5	0,003	2,42	2,40	196
	Utslipp (kg/år)	4,43	0,158	4,06	315	0,033	18,6	18,3	1592

Sandefjord kommune tar også prøver for analyse av organiske miljøgifter iht. forurensningsforskriften, bl.a. bromerte flammehemmere, PAH og PCB. Det rapporteres årlig om utslippsmengder for disse forbindelsene. Et problem er imidlertid at konsentrasjonene i prøvene for de fleste stoffer og i de fleste prøver er under deteksjonsgrensen til laboratoriet. Praksis er da å regne ut middelkonsentrasjoner og utslippsmengder ved bruk av halvparten av deteksjonsgrensen. Dette gir ikke et riktig bilde av utslippene. Disse dataene gjengis derfor ikke i denne rapporten, og det er ikke gjort utslippsberegninger og -vurderinger for organiske miljøgifter i denne resipientvurderingen.

2.2.3. Utslippspunkt og - arrangement

Renseanlegget har utslipp til Sandefjordsfjorden ytre via en 800 mm og ca. 1670 m lang utslippsledning (Figur 2-3). Utslipppet er på ca. 45 m dybde. Ledningen er etablert med en diffusor som er 22 meter lang. Før diffusoren er ledningsdiameter innsnevret til en diameter på 500 mm. Enden av røret er montert med endelokk som dekker 25 % av åpningen. På diffusoren er det seks hull med avstand på 3,25 meter, og hvert hull har en diameter på 180 mm.



Figur 2-3: Plassering av utslippsledning og utslippspunkt (markert i rød sirkel) for Enga RA. Renseanlegget er synlig i øvre, venstre hjørne. Kilde: Gemini, kommunens kartverk.

2.2.4. Overløp fra nettet

Det finnes ikke sikre data om totale overløp og lekkasjer fra spillvannsnettet. I årsrapport for renseanlegget, rapporteres det årlig om fosforutslipp som følge av overløp. Dette er usikre data beregnet ut ifra en hydraulisk avløpsmodell. Dataene er gjengitt i Tabell 2-4.

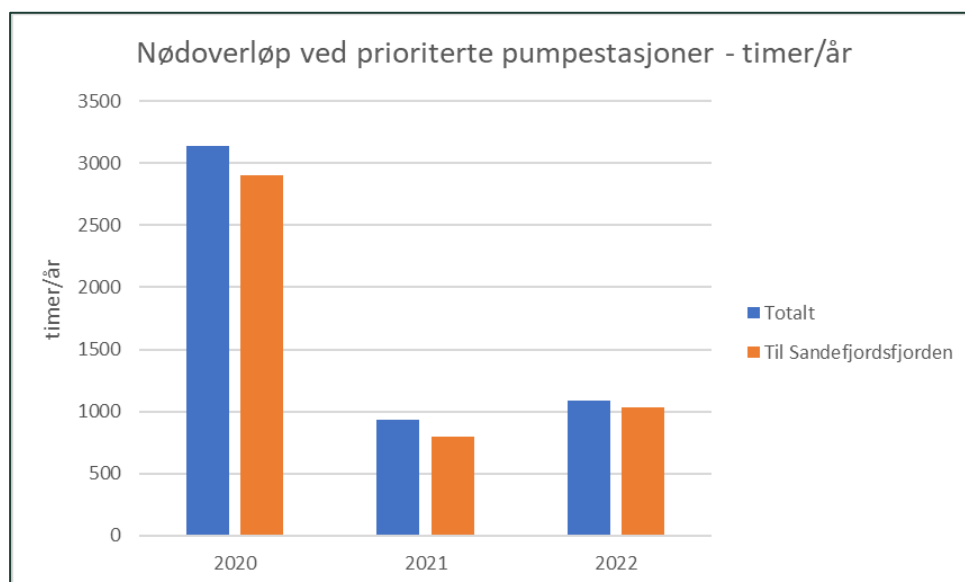
I årsrapporter for renseanlegget er også totale tap fra avløpsnettet, inkludert lekkasjer, beregnet ut ifra differansen mellom det som mottas av nitrogen og fosfor på renseanlegget, og det som teoretisk sett skulle blitt mottatt fra tilknytningen i rensedistriktet. Disse beregningene viste totale tap på 3,5 tonn fosfor og 22 tonn nitrogen i 2022. Sandefjord kommune oppdaget nylig at beregningene av teoretisk forurensningsproduksjon og totale tap i årsrapportene er gjort på grunnlag av et overestimert pe-bidrag på 7 500 fra industriavløpet fra Grans Bryggeri. Dette vil derfor korrigeres i årsrapportene fra og med årsrapporten for 2023. Dersom tilsvarende beregning gjøres med justert fosfor-pe fra industri på 2000, blir teoretisk tap fra nettet på 0,3 tonn fosfor i 2022. Kommunen bør foreta en mer detaljert pe-beregning for rensedistriktet etter NS 9426, for å få en sikrere beregning av teoretisk spillvannsproduksjon og totale tap fra nettet.

Kommunen har også gjort et nytt estimat for tap fra ledningsnettet, beregnet etter metodikk beskrevet i Nibio-rapport (Vol.9, nr.16, 2013), der utlekking beregnes utfra fordeling av avløpsledningsnettes alder. Beregningen gav et estimat for lekkasjer og nødoverløp fra nettet på ca. 1000 kg P/år. Merk at estimatet er usikkert.

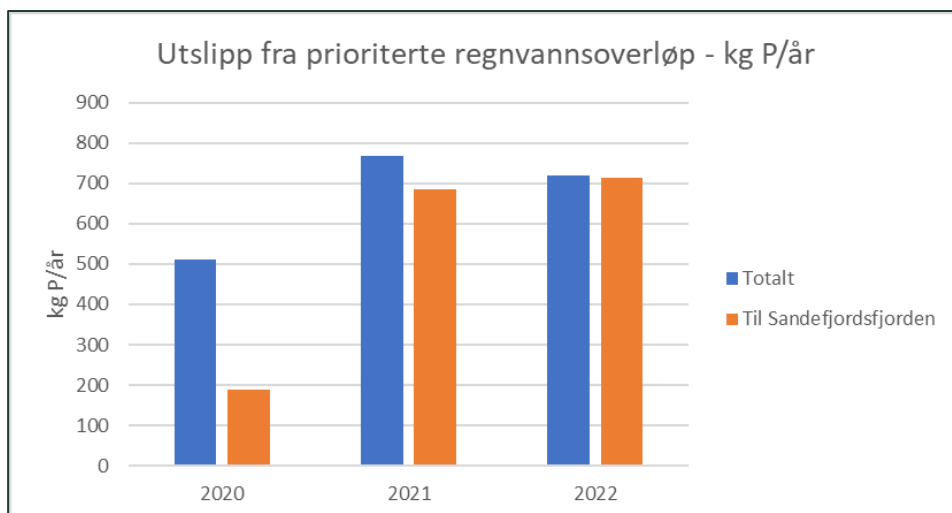
Tabell 2-4: Informasjon om overløp og tap fra spillvannsnett, hentet fra årsrapporter for rensesanlegget (7) (8) (9). Totale tap fra ledningsnett beregnet i årsrapporter, er sannsynligvis gjort på grunnlag av et overestimert pe-bidrag fra industri, noe som gir for høye tapsverdier. Disse verdiene er derfor satt i parentes. For 2022 er det også vist en alternativ beregning av totale tap, basert på bl.a. alderen til ledningsnett.

		Tot-P (kg)	Tot-N (kg)
2020	Utslipp fra overløp på nettet (hydraulisk modell)	519	
	Totale tap i ledningsnett - årsrapport	(5 700)	(19 000)
2021	Utslipp fra overløp på nettet (hydraulisk modell)	768	
	Totale tap i ledningsnett - årsrapport	(4 600)	(24 000)
2022	Utslipp fra overløp på nettet (hydraulisk modell)	720	
	Totale tap i ledningsnett - årsrapport	(3 500)	(22 000)
	Totale tap - nytt estimat basert på metodikk i Nibio-rapport (Vol.9, nr.16, 2013) + tap fra regnvannoverløp	1 720	11 524

Sandefjord kommune har kartlagt overløpsspunkter av miljømessig betydning ved å gjennomgå overløpsspunkter, og deres respektive utslippspunkter. Figur 2-4 og Figur 2-5 viser overløpsstatistikk for hhv. prioriterte regnvannsoverløp og prioriterte nødoverløp ved pumpestasjoner. For regnvannsoverløpene vises beregnet fosforutslipp (fra avløpsmodellen). For nødoverløp på pumpestasjoner finnes kun data om registrerte overløpstimer.

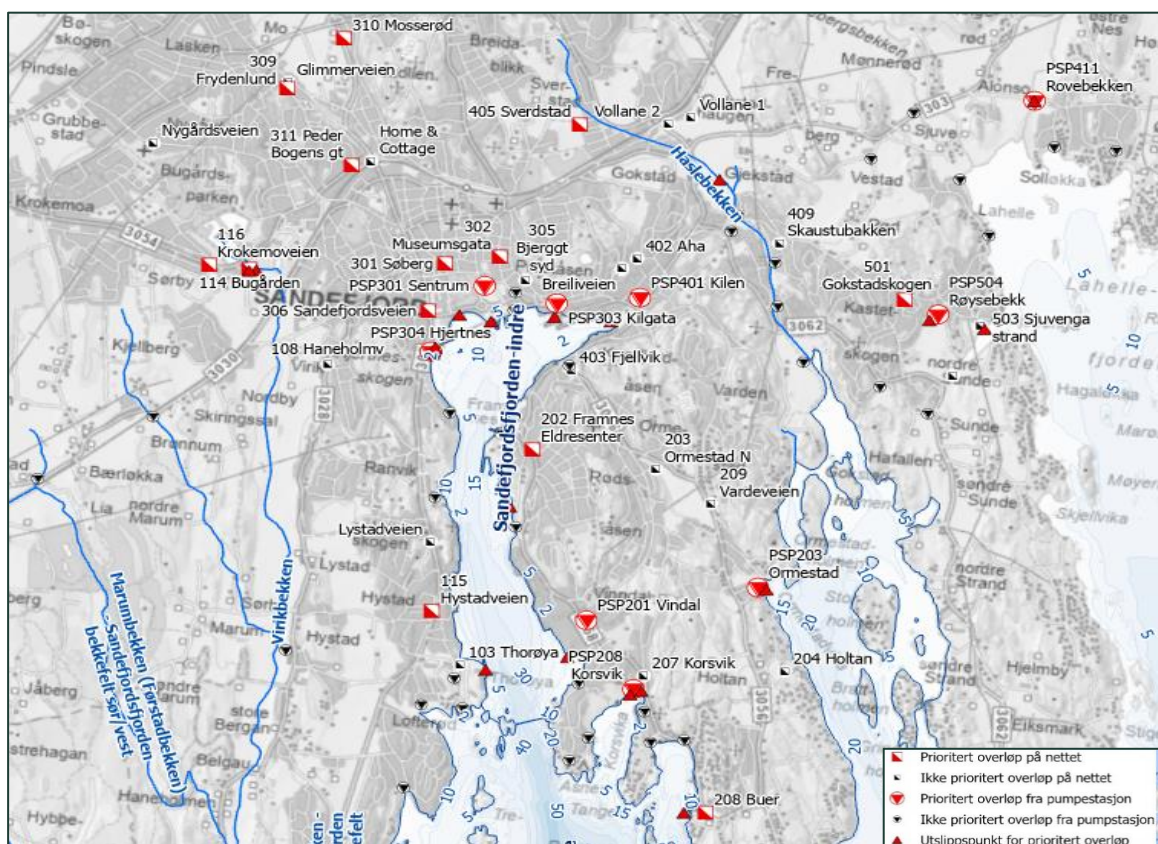


Figur 2-4: Fosforutslipp fra prioriterte regnvannsoverløp i perioden 2020-2022, totalt og i nedbørfeltet til Sandefjordsfjorden.



Figur 2-5: Antall timer med nødoverløp ved prioriterte avløpspumpestasjoner, i perioden 2020-2022, totalt og i nedbørfeltet til Sandefjordsfjorden. Overløp som føres til Sentrum pumpestasjon er også medberegnet.

Kartet i Figur 2-6 viser prioriterte regnvannsoverløp og prioriterte nødoverløp fra pumpestasjoner i rødt.



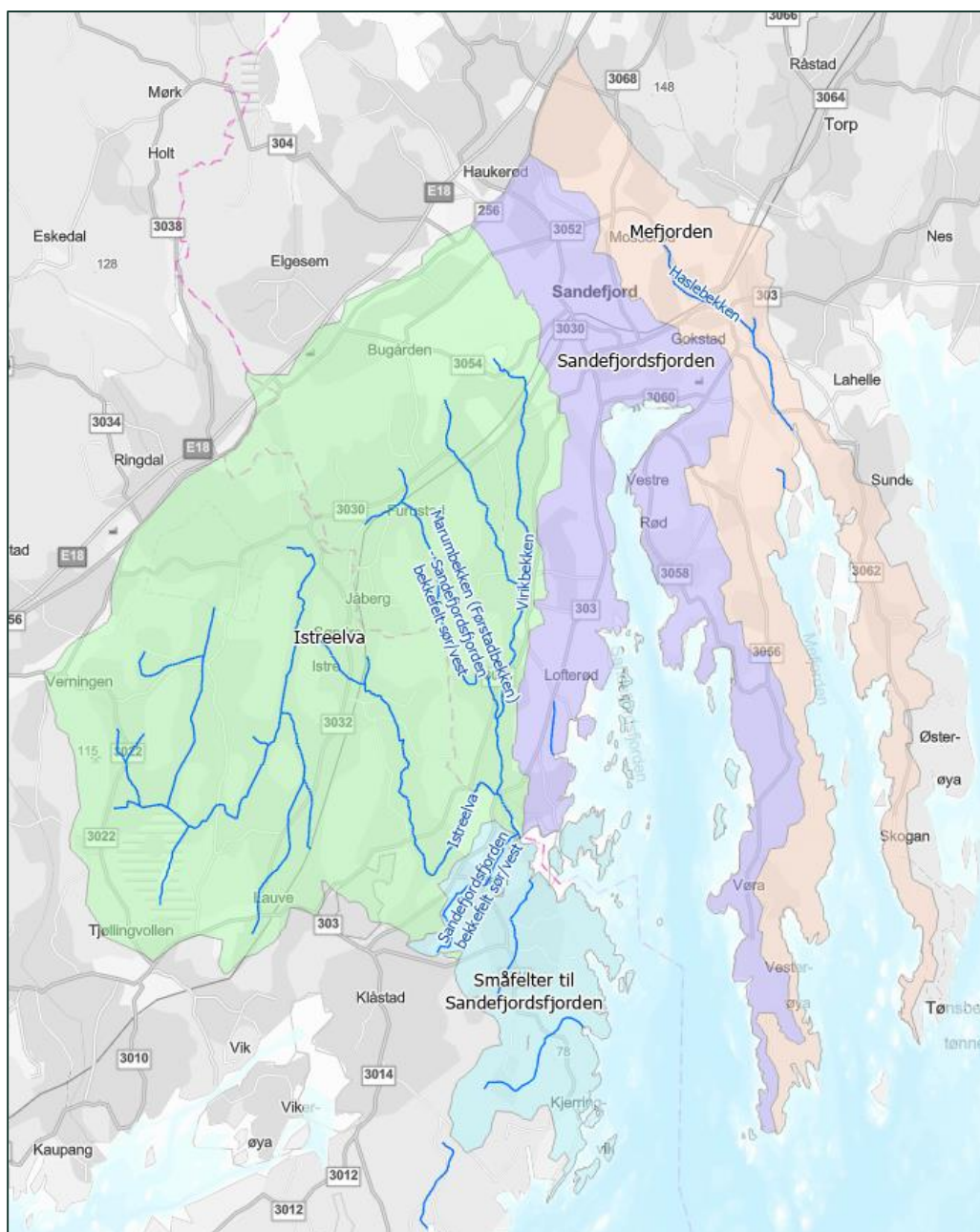
Figur 2-6: Prioriterte overløp (regnvannsoverløp og pumpestasjoner med nødoverløp), samt utslippspunkter for prioriterte overløp.

3. Forurensningskilder

3.1. Nedbørfelt og geografisk avgrensning

Figur 3-1 viser nedbørfelter til Sandefjordsfjorden og Mefjorden. Aktiviteter og utslipp fra disse nedbørfeltene er vurdert for å kvantifisere forurensningsbidrag til resipientene.

Mefjorden er resipient for overløp og er derfor tatt med i oversikten.



Figur 3-1: Nedbørfelter til Sandefjordsfjorden og Mefjorden

3.2. Vassdrag og miljøpåvirkning fra jordbruk og avløp

Tabell 3-1 viser vannforekomster som drenerer til Sandefjordsfjorden og Mefjorden, med informasjon om økologisk tilstand og påvirkning fra avløp og jordbruk. Merk at informasjon om påvirkningsgrad er hentet fra Vann-nett, som hovedsakelig er basert på skjønnsmessige vurderinger fra Statsforvalter, og ikke kvantifiserte bidrag.

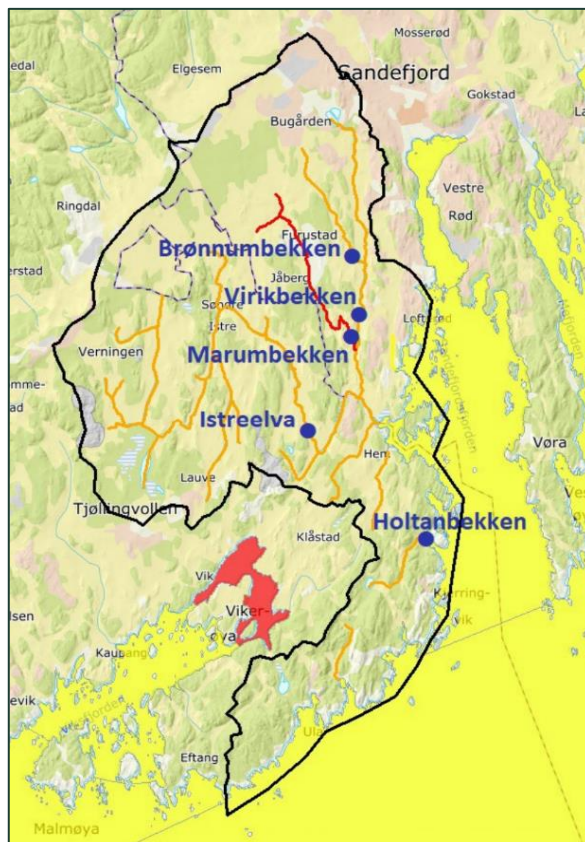
Tabell 3-1: Vannforekomster i området og påvirkning fra kommunalt avløp, spredt avløp og jordbruk. Informasjonen om økologisk tilstand og påvirkningsgrad er hentet fra Vann-Nett.no, i tillegg er det supplert med opplysninger om kommunalt avløp

Vannforekomst	Økologisk tilstand	Kommunalt avløp	Spredt avløp	Jordbruk
Engabekken - Sandefjordsfjorden bekkefelt (015-452-R)	Moderat	Ikke registrert, men ligger langs kommunal spillvannsledning - potensiell påvirkning	Liten påvirkning	Stor påvirkning
Haslebekken (015-223-R)	Svært dårlig	Punktutslipp fra regnvannsoverløp middels grad	Liten påvirkning	Stor påvirkning
Istreelva (015-445-R)	Dårlig	Ikke registrert. Lite kommunalt nett i denne delen av vassdraget	Middels påvirkning	Stor påvirkning
Marumbekken (015-449-R)	Dårlig	Ikke registrert, men det er kommunalt nett i øvre del av bekken - trolig liten grad av påvirkning	Middels påvirkning	Stor påvirkning
Sandefjordsfjorden bekkefelt sør/vest (015-439-R)	Dårlig	Ikke offentlig spillvannsnett	Middels påvirkning	Stor påvirkning
Virikbekken (015-448-R)	Dårlig	Ikke registrert, men det er utslipp fra kommunalt spillvannsnett - anslår middels påvirkning (11).	Middels påvirkning	Stor påvirkning

3.3. Forurensningsbidrag fra ulike sektorer

De neste delkapitlene gir en oversikt over forurensningsbidrag fra ulike sektorer. Informasjonen er i stor grad hentet fra ulike forurensningsregnskap som har blitt utarbeidet tidligere, for ulike nedbørfelter som drenerer til Sandefjordsfjorden og Mefjorden:

- NIVA beregnet kilder til nitrogen til Sandefjordsfjorden og Mefjorden for perioden 2016-2018, basert på Teotil-modellen (5). Teotil beregner avrenning for regine-enheter, basert på bl.a. arealklasser, avrenningskoeffisienter og vannføring.
- Nibio beregnet fosforutslipp i nedbørfeltet til Istreelva i 2022, med bl.a. modellene Agricat og Webgis avløp (11). Nedbørfeltet er vist i Figur 3-2. Agricat beregner jord- og fosfortap fra jordbruksarealer basert på bl.a. erosjonsrisiko, jordarbeiding og fosforinnhold i jord. Erosjon i elve- og bekkeløp ble ikke medberegnet i regnskapet fra Nibio i 2023.
- Norconsult beregnet nitrogen og fosforutslipp i nedbørfeltet til Sandefjordsfjorden og Mefjorden i 2013 (12). Selv om disse beregningene er av eldre dato, er de brukt til sammenlikning med nyere fosforberegninger for Istreelva. Norconsult tok utgangspunkt i Agricat-modellen, men beregnet også tilførsler fra elveløpserosjon i beregningen av bakgrunnsverdier.



Figur 3-2. Oversiktskart Istreelva-Ula nedslagsfelt fra Nibios forurensningsregnskap fra 2023 (11).

3.3.1. Jordbruk

Store deler av nedbørfeltet til Sandefjordsfjorden er dekket av marin leire (70 % i Istrevassdraget), og Marumbekken, Istreelva og Virikbekken har alle rundt 20 % leirdekningsgrad i nedbørfeltene. Landbruket har lang tradisjon i området og store deler av arealene er godt egnet til dyrking. Det dyrkes erosjonsutsatte vekster på store deler av området, som korn, potet og grønnsaker, i tillegg til at fosfortallet i jorda er svært høyt som følge av tilført mineral- og husdyrgjødsel. Trender i jordbruksdriften gjennom siste to tiår

viser at gras- og grønnsaksareal har økt, mens kornarealet har gått ned. Samtidig har antall husdyr (og tilført mengde husdyrgjødsel) økt, i tillegg til økende fosforstatus i jorda (11).

Tabell 3-2 gir en oppsummering av nitrogen- og fosforbidrag fra jordbruk til Sandefjordsfjorden, basert på de ulike forurensningsregnskapene nevnt innledningsvis i dette kapittelet

I Istrevassdraget-Ula (11) utgjør jordbruksareal om lag 35 % av det totale arealet. I en kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor estimerte Nibio (11) at det tilføres i gjennomsnitt 5,2 tonn fosfor til Istrevassdraget pr. år, hvorav jordbruket utgjør den største kilden (84 %). Ca. 60 % av det biotilgjengelige fosforet til Istrevassdraget (0,7 tonn/år) kommer fra jordbrukskilder. Utredningen tok imidlertid ikke for seg områdene rundt Sandefjord og arealer øst for fjorden som drenerer til Sandefjordsfjorden. Dette gir trolig et lite underestimat på totale tilførsler fra jordbruk. Vi regner fremdeles tallene som relevante ettersom arealene som ikke er hensyntatt i Nibios beregninger, i hovedsak består av tettbebygde og urbane områder. Det er heller ingen registrerte vannforekomster i form av bekker eller elver som drenerer til Sandefjordsfjorden fra disse områdene.

For sammenlikning, viser Tabell 3-2 også tall fra Norconsults forurensningsregnskap fra 2013.

I forbindelse med utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord beregnet NIVA tilførsler av nitrogen fra ulike kilder til blant annet Sandefjordsfjorden (5). Tilførslene er estimert ved bruk av TEOTIL-modellen og er beregnet for perioden 2016-2018. Ifølge modellen bidrar jordbruket med 67 tonn totalnitrogen til Sandefjordsfjorden pr. år, som tilsvarer 21 % av tilførslene.

Tabell 3-2. Tilførsler av totalfosfor og biotilgjengelig fosfor fra jordbruk til Sandefjordsfjorden fra Istrevassdraget-Ula beregnet av Nibio i 2023, samt nitrogentilførsler fra jordbruk i hele Sandefjordsfjordens nedbørfelt beregnet av NIVA (5). Prosent (%) angir andelen tilført fra jordbruk sammenliknet med totale tilførsler fra det respektive nedbørfeltet.

Nedbørfelt	Kildehenvisning	Total fosfor		Biotilgj. Fosfor		Total nitrogen	
		kg/år	%	kg/år	%	tonn/år	%
Istrevassdraget	Nibio 2023 (11)	4 403	84	749	60	-	-
Sandefjordsfjorden og Mefjorden	Norconsult 2013 (12)	4 727	45	1 686	37	119	37
Sandefjordsfjorden	NIVA 2022 (5)	-	-	-	-	67	21
Mefjorden	NIVA 2022 (5)	-	-	-	-	16,5	74,6
Skjønnsmessig utpekt grunnlag for beregninger for Sandefjordsfjorden i denne rapporten		5 000		1 000		70	

3.3.2. Utslipp fra private avløpsanlegg

I Istrevassdraget bidrar private avløp, ifølge Nibio 2023 (11), med 5 % av de totale fosfortilførslene. Av det biotilgjengelige fosforet står privat avløp for omtrent 18 %. Kartleggingen viser at det var ca. 680 husstander med privat avløp i nedbørfeltet, hvorav 71 % ikke hadde avløpsløsning som tilfredsstiller krav om 90 % fosforrensing.

I forurensningsregnskapet for Vestfold, som ble utarbeidet av Norconsult i 2013 (12) var imidlertid beregnede tilførsler til Sandefjordsfjorden (og Mefjorden) fra private avløpsanlegg om lag 1 tonn høyere enn estimerer fra Nibio fra 2023. Dette trolig som følge av at nedslagsfeltet i regnskapet fra 2013 også inkluderte arealer som er dominert av boliger og fritidsbebyggelse rundt Sandefjord. Det ble også estimert at private avløpsanlegg stod for 3,3 % av tilført nitrogen, tilsvarende 11 tonn/år.

NIVAs kildeberegninger for nitrogen for perioden 2016-2018, indikerte at private avløpsanlegg står for 1,9 % av utslippene til Sandefjordsfjorden og 3,1 % av utslippene til Mefjorden (5).

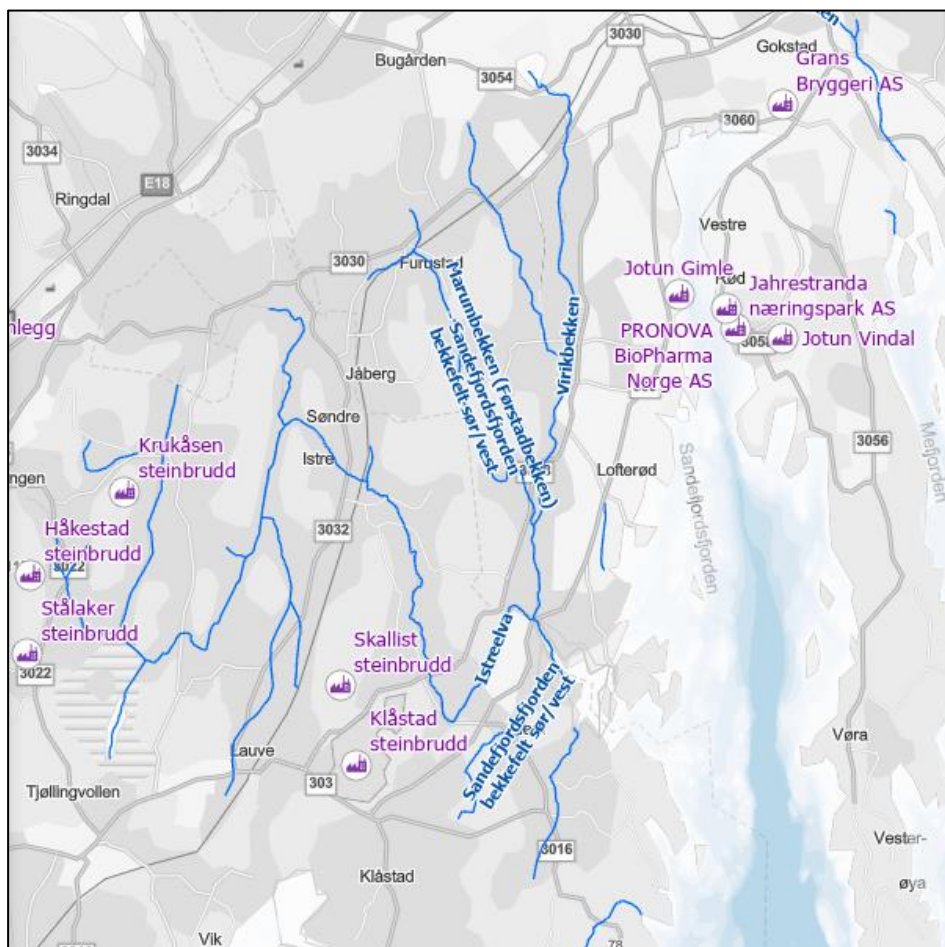
Tabell 3-3. Tilførsler av totalfosfor, biotilgjengelig fosfor og totalnitrogen fra private avløpsanlegg til Sandefjordsfjorden fra 2013 beregnet av Norconsult for Statsforvalteren i Vestfold (12). Prosent (%) angir andelen tilført fra jordbruk sammenliknet med totale tilførsler fra nedbørfeltet.

Nedbørfelt	Kilde-henvisning	Total fosfor		Biotilgj. Fosfor		Total nitrogen	
		kg/år	%	kg/år	%	tonn/år	%
Istrevassdraget	Nibio 2023 (11)	277	5	222	18	-	-
Sandefjordsfjorden og Mefjorden	Norconsult 2013 (12)	1289	12,2	1031	22,8	10,6	3,3
Sandefjordsfjorden	NIVA 2022 (5)	-	-	-	-	5,9	1,9
Mefjorden	NIVA 2022 (5)	-	-	-	-	0,69	3,1
Skjønnsmessig utpekt grunnlag for beregninger for Sandefjordsfjorden i denne rapporten		700		600		5,9	

3.3.3. Industri

Kartet i Figur 3-3 viser landbasert industri i området rundt Sandefjordsfjorden, som er registrert som «aktive» i Miljødirektoratets database.

Tabell 3-4 viser en oversikt over industribedrifter i området.



Figur 3-3. Aktiv, landbasert industri, markert med type virksomhet. Kilde: Miljødirektoratets datasett Utslipp fra landbasert industri (04.12.2023).

Det er fire kjemiske industribedrifter i nedbørfeltet til Sandefjordsfjorden. BASF AS Sandefjord hadde utslipp av 259 tonn KOF, 3,76 tonn totalnitrogen og 0,27 tonn totalfosfor i 2022. De øvrige tre kjemiske industribedriftene hadde ikke registrerte utslipp til vann i 2022.

Grans bryggeri, som er en næringsmiddelbedrift, hadde registrerte utslipp av 69,7 tonn BOF₅ i 2022, men disse går via offentlig avløpsnett og er derfor ikke et direkte utslipp til resipient. Belastningen fra Grans bryggeri til fjorden er medberegnet i utslippene fra Enga RA.

I nedbørfeltet til Sandefjordsfjorden er det også flere steinbrudd med utslipp av larvikittstøv (steinstøv) og totale hydrokarboner (THC, olje), se Tabell 3-4.

Tabell 3-4. Informasjon om industribedrifter i området rundt Sandefjordsfjorden, hentet fra Norskeutslipp.no.

Bedrift	Utslipp av	Utslippspunkt
Næringsmiddelindustri		
Grans bryggeri AS	Organisk stoff. Utslippstall fra 2022: 69,7 tonn BOF ₅ Avløpsvannet ledes til Enga RA, ingen direkte utslipp til fjorden	Offentlig avløpsnett til Enga RA med utslipp i Sandefjordsfjorden
Kjemisk industri		
Jotun Gimle	Vaskevann, utslipp fra renseanlegg (KOF) og olje. Ingen registrerte utslipp til vann i 2022.	Avløpsledningen for prosessavløp skal føres ut i Sandefjordsfjorden, 60 m fra land og til 20 m dyp. Kjølevannet føres ut i Sandefjordsfjorden.
Jotun Vindal	Ingen registrerte utslipp til vann i 2022	Bedriften skal ikke slippe ut prosessavløpsvann. Vaskevann skal leveres til godkjent mottak for behandling. Kjølevannet skal ledes via kommunalt overvannsnett til Sandefjordsfjorden.
Jahrestranda næringspark AS	KOF (dikromat), fettstoffer. Ingen registrerte utslipp til vann i 2022.	Prosessavløpsvannet skal føres ut i Sandefjordfjorden via eksisterende dykkede avløpsledning. Kjølevannet føres ut i Sandefjordsfjorden.
BASF AS Sandefjord	KOF (dikromat), fettstoff, nitrogen og fosfor. Utslipp av 259 tonn KOF, 3,76 tonn totalnitrogen og 0,27 tonn totalfosfor i 2022	Prosessavløpsvannet skal føres ut i Sandefjordfjorden via eksisterende dykkede avløpsledning. Kjølevannet føres ut i Sandefjordsfjorden.
Mineralsk industri		
Klåstad Steinbrudd	Larvikittstøv – steinstøvholdig vann og olje (THC). Ingen registrerte utslipp til vann i 2022	Bekk til Istreelva og bekk til Viksfjord
Skallist steinbrudd	Vann med larvikittstøv og olje (THC). Ingen registrerte utslipp til vann i 2022	Skallistbekken til Istreelva
Stålaker steinbrudd	Vann med larvikittstøv og olje (THC). Utslipp av suspendert stoff (tørrstoff) i 2022 på 0,07 tonn.	Håkestadbekken til Istreelva
Håkestad steinbrudd	Vann med larvikittstøv og olje (THC). Utslipp av suspendert stoff (tørrstoff) i 2022 på 1,6 tonn.	Håkestadbekken til Istreelva
Krukåsen steinbrudd	Larvikittstøv. Utslipp av suspendert stoff (tørrstoff) i 2022 på 0,11 tonn.	Bekk til Istreelva

3.3.4. Bakgrunnsavrenning

I kilderegnskapet som ble utarbeidet av Nibio for Istrevassdraget i 2023 ble det beregnet at om lag 50 % av Istreelvas nedbørfelt består av skog og utmark. Disse arealene bidrar med noe avrenning av fosfor (186 kg/år), men det meste har lav biotilgjengelighet (11). I TEOTIL-beregninger for 2016-2018 estimerte NIVA at bakgrunnsavrenningen står for om lag 16 tonn nitrogen til Sandefjordsfjorden pr. år.

Tabell 3-5. Tilførsler av totalfosfor og biotilgjengelig fosfor fra bakgrunnsavrenning til Sandefjordsfjorden fra Istrevassdraget-Ula beregnet av Nibio i 2023, samt nitrogentilførsler fra hele Sandefjordsfjordens nedbørfelt beregnet av NIVA. Prosent (%) angir andelen tilført.

Nedbørfelt	Kilde-henvisning	Total fosfor		Biotilgj. fosfor		Total nitrogen	
		kg/år	%	kg/år	%	tonn/år	%
Istrevassdraget	Nibio 2023 (11)	186	4	21	2	-	-
Sandefjordsfjorden og Mefjorden	Norconsult 2013 (12)	251	2,4	30	0,7	6,9	2,2
Sandefjordsfjorden	NIVA 2022 (5)	-	-	-	-	15,7	5
Mefjorden	NIVA 2022 (5)	-	-	-	-	3,7	16,7
Skjønnsmessig utpekt grunnlag for beregninger for Sandefjordsfjorden i denne rapporten		200		25		16	

3.4. Oppsummering om forurensningskilder i nedbørfeltet til fjordene

Tabell 3-6 viser en sammenstilling av bidrag fra ulike forurensningskilder til Sandefjordsfjorden, basert på informasjon fra foregående delkapitler.

For kommunalt avløp, er utslipp beregnet som gjennomsnittet for perioden 2020-2022, basert på data fra årsrapporter for renseanlegget. Se kap. 3.2.2 for en nærmere beskrivelse av disse dataene.

Informasjonen om overløp og tap på nettet er usikker. For å komme fram til nitrogenutslipp fra regnvannsoverløp (som ikke er beregnet med kommunens avløpsmodell) er det gjort grove anslag ut ifra typisk forhold mellom nitrogen og fosfor i kommunalt avløpsvann på N:P = 6,7 (13).

For lekkasjer fra nettet, er beregninger fra kommunen basert på metodikk i Nibio-rapport (Vol.9, nr.16, 2013) benyttet, jfr. kap. 3.2.4. Deler av rensedistriktet har løsmasser som kan gi noe infiltrasjon, men totalt sett er nok tilbakeholdelsen liten. Det er gjort et fratrekk på 20 % for fosfor og 10 % for nitrogen for å ta høyde for noe infiltrasjon. Dette er også grove anslag.

Ellers er tallene som kommer fram i Tabell 3-6 hentet fra foregående delkapitler.

Tabell 3-6. Sammenstilling av bidrag fra ulike forurensningskilder til Sandefjordsfjorden. Bidrag fra avløp er gjennomsnittet for årene 2020-2022.

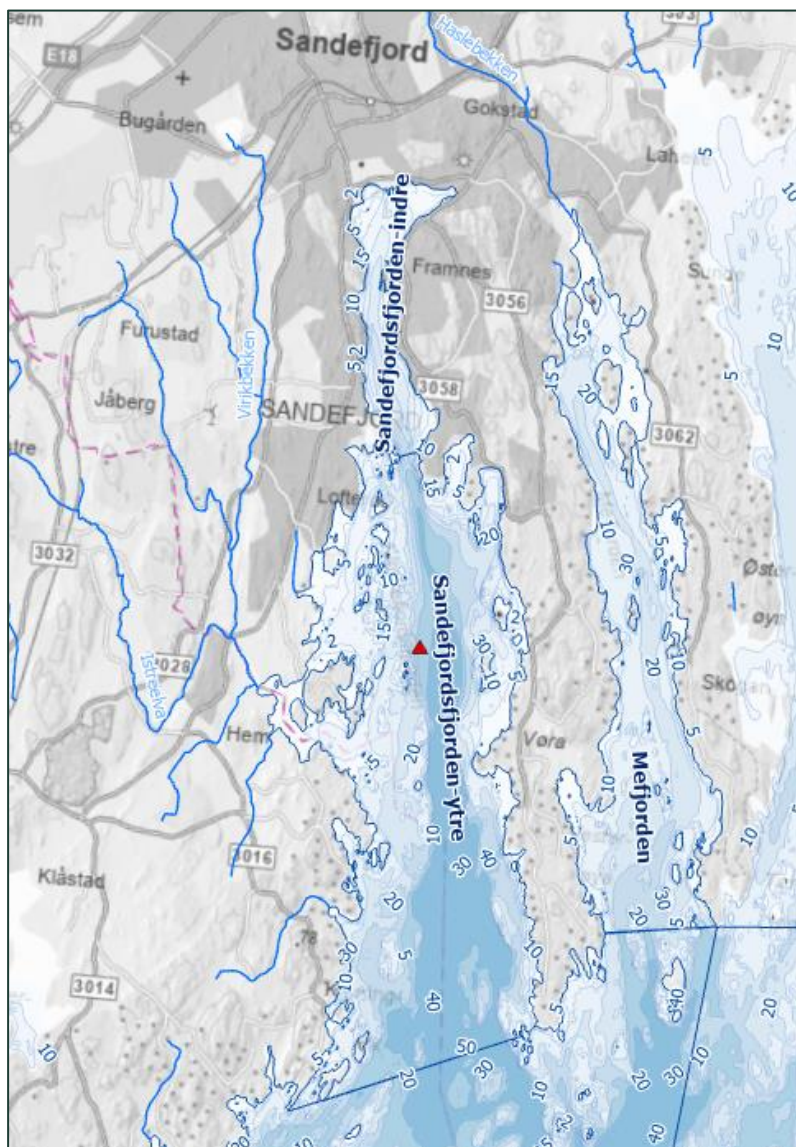
Kilde	Total fosfor		Total nitrogen	
	kg/år	%	tonn/år	%
Kommunalt avløp	3 400	31	204	66
Kommunalt avløp - overløp på nettet	670	6	4,5	1
Kommunalt avløp - lekkasjer og øvrige tap	800	7	6	2
Spredte avløp	700	6	6	2
Jordbruk	5 000	45	70	23
Industri	300	3	4	1
Bakgrunnsavrenning	200	1,8	16	5
Sum	11 077	100	311	100

4. Miljøforhold i resipientene

4.1. Topografi

Sandefjordsfjorden er inndelt i to vannforekomster, Sandefjordsfjorden indre og Sandefjordsfjorden ytre. Også Mefjorden inkluderes i denne resipientvurderingen, fordi det er utslipp fra et prioritert overløp til Mefjorden. Figur 4-1 viser vannforekomstene på kart.

Utslipet fra Enga RA slippes ut i Sandefjordsfjorden ytre. Grensen mellom indre og ytre deler av Sandefjordsfjorden er ved Trangsholmene, der Sandefjordsfjorden har en innsnevring i det ca. 200 meter brede sundet mellom Trangsholmene og fastlandet. Fra Trangsholmene og sørover skråner sjøbunnen jevnt nedover til 50-60 meters dyp i området utenfor utslippet fra Enga RA. Deretter øker dybden til ca. 85 meter utenfor Kvernberget, som er det dypeste området i fjorden.



Figur 4-1: Dybdeforhold i Sandefjordsfjorden og Mefjorden. Utslipet fra Enga RA er vist med rød trekant.

Sør for Mefjorden og Sandefjordsfjorden er vannforekomsten Svenner-Rauer. Det er ingen tydelig terskel i forbindelsen mellom Sandefjordsfjorden og Svenner-Rauer. Dette området har dybde på rundt 50 meter, men iblandet mange skjær og grunner. I overgangen mellom Mefjorden og Svenner-Rauer er det noe grunnere dybdeforhold og tydeligere terskel på ca. 30 meters dyp.

Tabell 4-1 gir informasjon om dybdeforhold og vannvolumer i Sandefjordsfjorden og Mefjorden.

Tabell 4-1: Informasjon om Sandefjordsfjorden, topografi og dybdeforhold. Gjennomsnittsdyp og maksdyp er beregnet ut ifra dybdedata på 50 meters grid (14).

Vannforekomst	Areal (km ²)	Anslått volum (hm ³)	Maks dyp (m)	Gjennomsnittlig dyp (m)
Sandefjordsfjorden indre	1,6	15	37	9,3
Sandefjordsfjorden ytre	14	360	94	25,6
Mefjorden	6,9	100	44	15,2

4.2. Nedbørfelt og ferskvannstilførsler

Figur 3-1 viser nedbørfelter og elvevannsforekomster til Sandefjordsfjorden og Mefjorden. Tabell 4-2 viser beregnet normalavrenning fra de ulike nedbørfeltene.

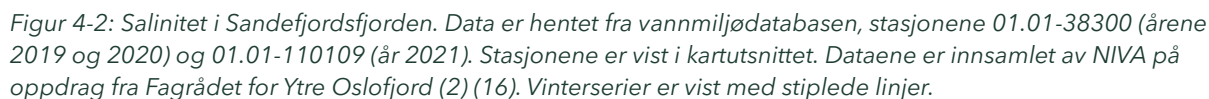
Istreelva er det største vassdraget med utløp til Sandefjordsfjorden. I tillegg er det flere småbekker på vestsiden av Sandefjordsfjorden som renner ut i ytre deler av fjorden. I indre deler av Sandefjordsfjorden er vannveiene vesentlig endret som følge av urban utvikling og etablering av overvannssystemer. Det er mange overvannsutløp fra Sandefjord by til indre deler av Sandefjordsfjorden. Til Mefjorden er Haslebekken det største vassdraget.

Tabell 4-2: Nedbørfelter og avrenning til Sandefjordsfjorden i Mefjorden. Tilpasset og beregnet på grunnlag av informasjon fra NVE Regime-enheter (15).

Navn	Areal (km ²)	Normalavrenning (l/s)
Istreelva	45	666
Sandefjordsfjorden	17	225
Ulike småfelter til Sandefjordsfjorden	7,5	98
Mefjorden	16	132

4.3. Saltholdighet og temperatur

Sandefjordsfjorden er noe ferskvannspåvirket, og det er et brakkvannlag i overflaten som er mer tydelig om sommeren enn om vinteren. Ferskvannsavrenningen til Sandefjordsfjorden er relativt liten, og den vertikale sjiktningen med lavere saltholdighet i overflaten er ofte svak. Figur 4-2 viser dataserier for saltholdighet fra to stasjoner i ytre deler av fjorden. I sommerhalvåret er saliniteten typisk mellom 20 og 25 psu i overflaten, mens fra ca. 20 meters dyp er saliniteten typisk >30 psu. I dypet er saliniteten mellom 33 og 35 psu. Figur 4-3 viser temperatursjiktningen i fjorden, fra de samme måleseriene som er presentert for saltholdighet.



4.4. Strømningsforhold

Figur 4-4 viser generelle strømforhold i Skagerrak og ytterst i Oslofjorden. Kyststrømmen dreier fra nordvestlig retning langs Jylland over i sørvestlig retning ned langs norskekysten.

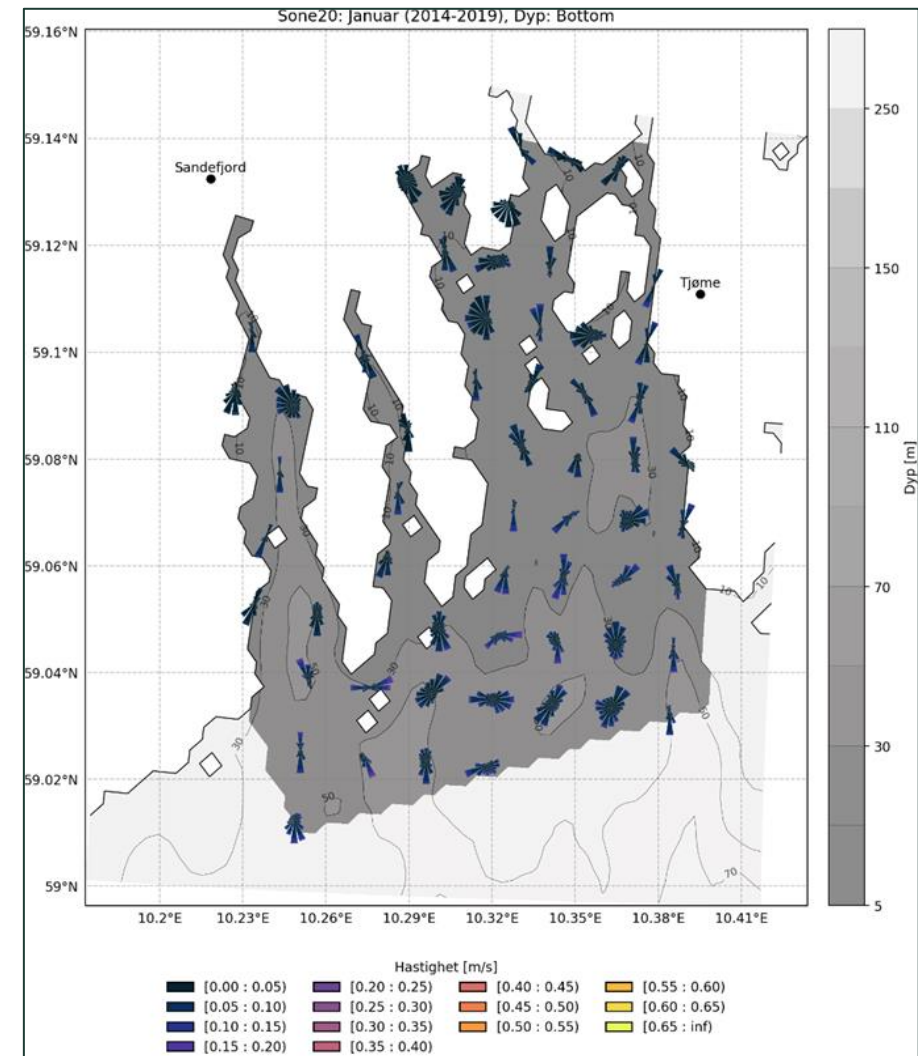
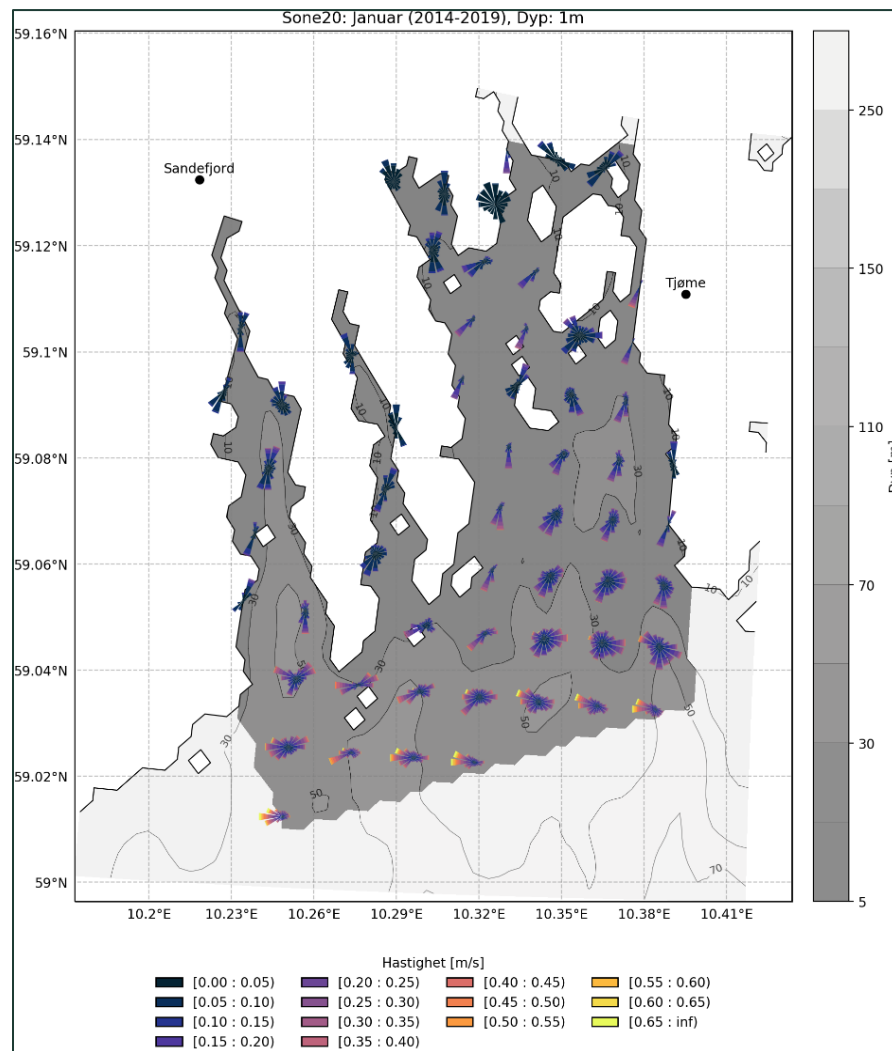
Det har blitt utført strømningsmålinger i Sandefjordsfjorden i flere omganger. DNV utarbeidet i 2009 en sammenstilling av strømningsmålinger i *indre* deler av fjorden, der hensikten var å belyse erosjon og potensial for spredning av forurenset sediment (17). Det har også blitt gjennomført strømningsmålinger i forbindelse med utslipp fra Pronova Biopharma (18). Generelt ser det ut til å være en svak netto hovedtransport innover fjorden langs land på østsiden og utover fjorden på vestsiden. DNV beskriver strømforholdene slik:

«Generelt indikerer resultatene en overflatestrøm innover (nord) i fjorden der hvor den utvider seg etter Tranga mens strømmen går utover (sør) i dypere vannlag. I innerste deler av fjorden ser det ut som om strømmen går innover på østsiden av fjorden og ut på vestsiden. Det er mulig at det er en strømvirvel i indre deler av fjorden.»

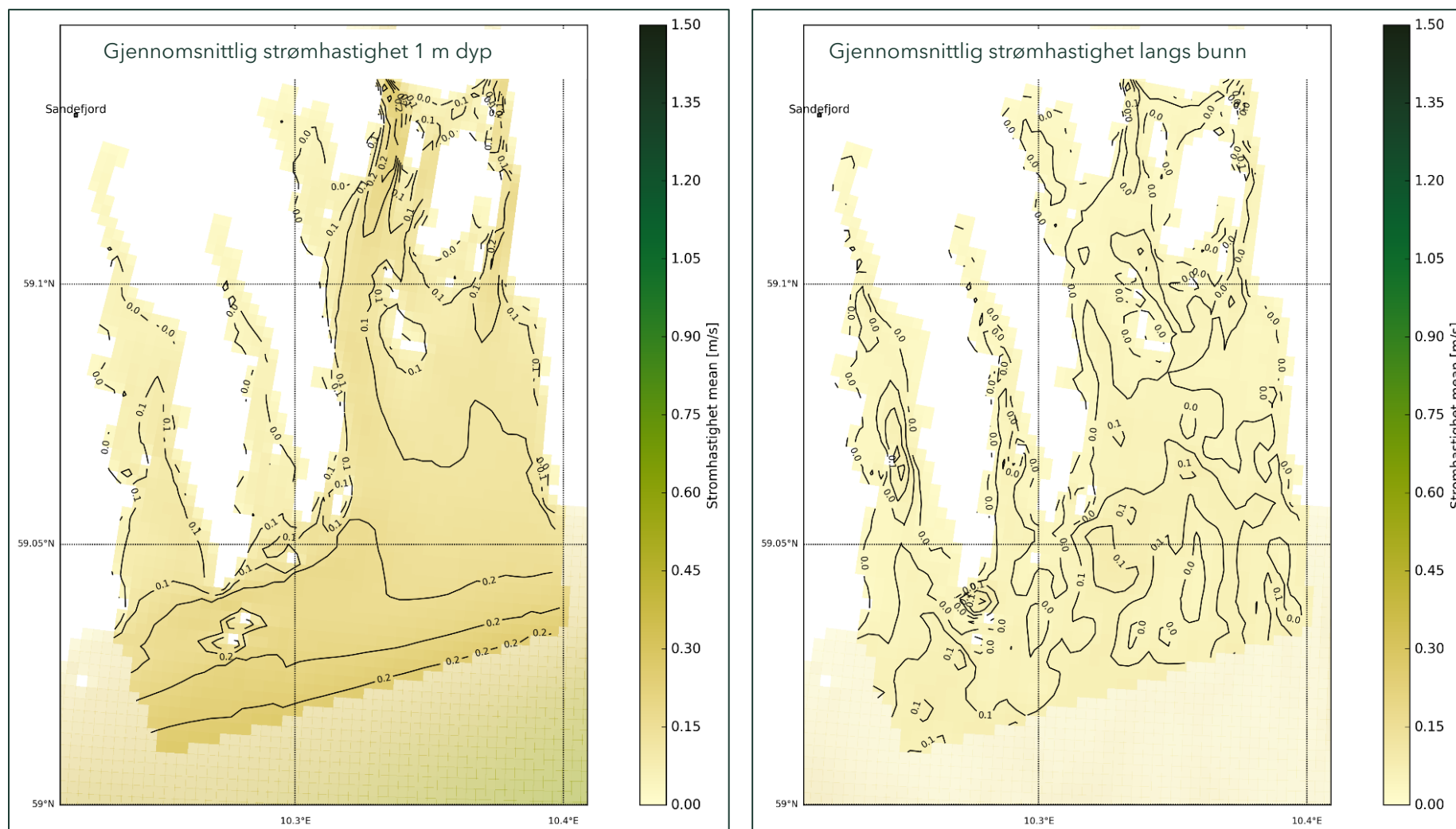
Vi er ikke kjent med at det er gjort strømningsmålinger i *ytre* deler av Sandefjordsfjorden. Figur 4-5 og Figur 4-6 viser modellerte strømningsdata fra Fjord-Os prosjektet. Dominerende strømretning er varierende. Det foregår en betydelig vannutveksling med vannmassene i Oslofjorden. I området ved utslippet fra Enga RA, kan strømmen både være i sørlig og nordlig retning. Strømhastigheten er generelt lav.



Figur 4-4: Midlere strømbilde i Skagerrak og ytterst i Oslofjorden. Hentet fra (51).



Figur 4-5: Modellerte strømningsroser for overflatestrøm og bunnstrøm, januar. Figurene er hentet fra FjordOs-prosjektet (19)



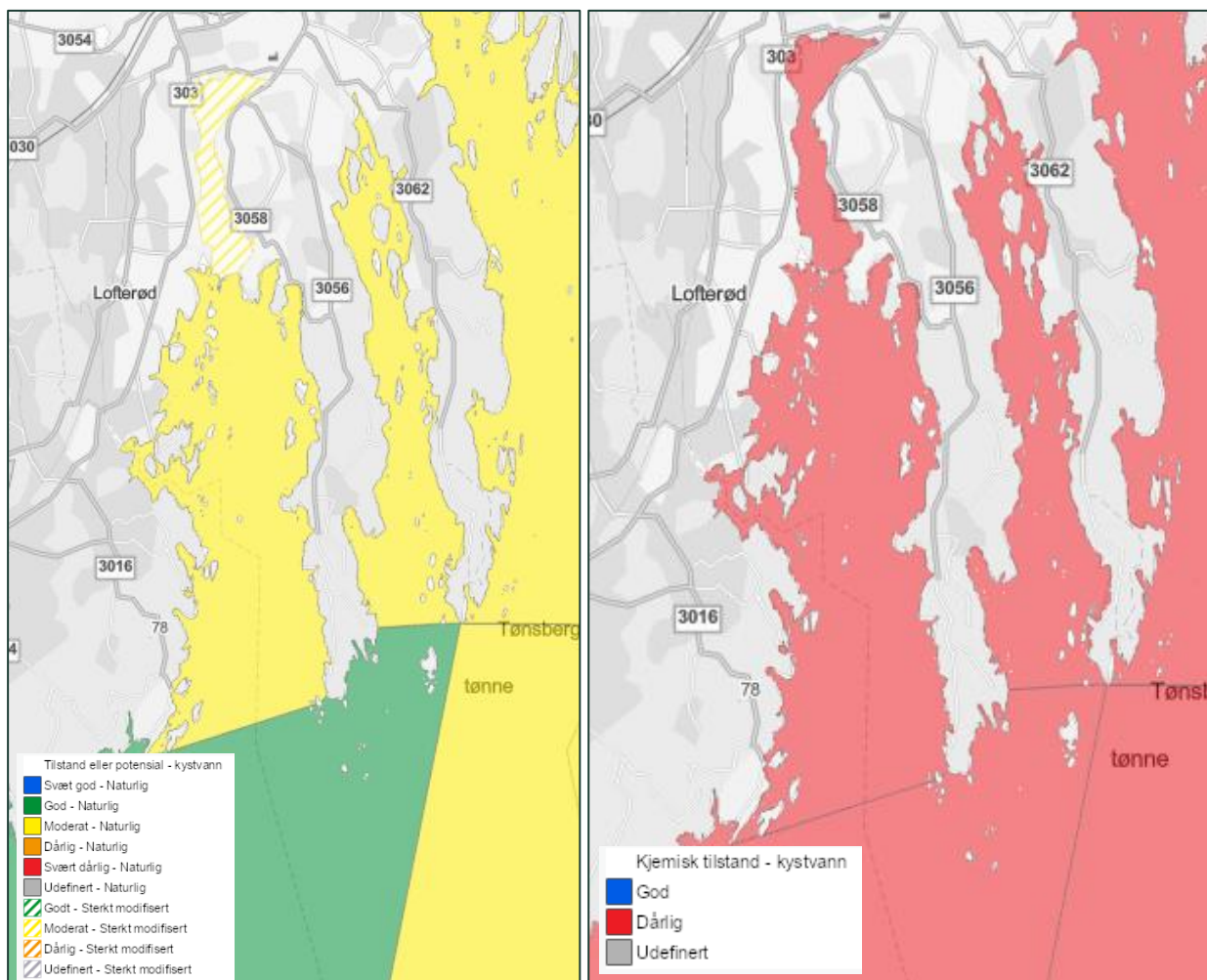
Figur 4-6: Modellert gjennomsnittlig strømshastighet for overflatestrøm og bunnstrøm, januar måned. Figurene er hentet fra FjordOs-prosjektet (19)

4.5. Økologisk og kjemisk tilstand

Tabell 4-3 gir en oppsummering av informasjon fra Vann-Nett.no, om miljøtilstand i Tønsbergfjordens vannforekomster og grunnlaget for tilstandsklassifisering. Figur 4-7 viser økologisk og kjemisk tilstand i kystvannsforekomster på kart.

Tabell 4-3: Oppsummering om miljøtilstand og kvalitetselementer i Sandefjordsfjorden, Mefjorden og Svenner-Rauer. Informasjon fra Vann-Nett.no 22.01.2024 (20).

Vannforekomst	Miljøtilstand (økologisk/kjemisk)	Grunnlag for klassifisering i Vann-Nett	Presisjon i tilstandsklassifiseringen (økologisk/kjemisk)
Sandefjordsfjorden indre 0101040200-1-C	Moderat økologisk potensial/dårlig	Bunnfauna indikerer moderat økologisk tilstand. Forhøyede konsentrasjoner av PAH-forbindelser, TBT og kvikksølv indikerer dårlig kjemisk tilstand.	Lav/middels
Sandefjordsfjorden ytre 0101040200-2-C	Moderat/dårlig	Makroalger (maksdypindeks) indikerer moderat økologisk tilstand. Forhøyede konsentrasjoner av PAH-forbindelser, bly og kvikksølv indikerer dårlig kjemisk tilstand. (Merk at det også er registrert høy konsentrasjon av fosfor i Vann-nett, klassifisert til dårlig. Datagrunnlaget for denne klassifiseringen bør gjennomgås, da det ser ut til å ligge inne et par usannsynlige målepunkter som trekker opp gjennomsnittet mye. Overvåkningsdata fra fagrådet for Ytre Oslofjord indikerer ikke forhøyet fosforkonsentrasjon, jfr. neste delkapittel.)	Høy/middels
Mefjorden 0101040100-C	Moderat/dårlig	Bunnfauna indikerer moderat økologisk tilstand. Forhøyede konsentrasjoner av PAH-forbindelser og TBT indikerer dårlig kjemisk tilstand.	Høy/middels
Svenner - Rauer 0101000031-C	God/dårlig	Makroalger (maksdypindeks) indikerer god økologisk tilstand. Forhøyede konsentrasjoner av PFOS, TBT og PAH-forbindelser indikerer dårlig kjemisk tilstand.	Høy/middels



Figur 4-7: Klassifisering av økologisk (venstre) og kjemisk (høyre) tilstand i Sandefjordsfjorden, Mefjorden og utenforliggende fjordområde.

4.6. Oppsummering av resultater fra miljøovervåkning

4.6.1. Overvåkning av eutrofieringsrelevante kvalitetselementer

4.6.1.1 Sandefjordsfjorden-ytre

Overvåkning ved Fagrådet for Ytre Oslofjord

Fagrådet for Ytre Oslofjord har overvåket ytre deler av Oslofjorden siden 2001, i programperioder på fem år. I perioden 2019-2023 er det NIVA som gjennomfører overvåkingen. Årsrapport for 2021 er foreløpig den nyeste utgitte årsrapporten fra overvåkingen (1). I tillegg har NIVA utarbeidet en rapport med resultater fra undersøkelser i de frie vannmassene for 2022 (21).

Programmet omfatter undersøkelser av vannmasser (klorofyll a, næringssalter, oksygen) og hardbunn (bl.a. nedre voksedyp for makroalger). Figur 4-8 viser stasjoner i Sandefjordsfjorden som har blitt undersøkt de siste årene. Stasjonene SF1 og SF3 er stasjoner for undersøkelser i vannmassene. SF1 ble skiftet ut med SF3 fra 2021, men data fra disse er rapportert samlet i årsrapport for overvåkingen (1). Stasjonene har hhv. 400 og 1400 meters avstand fra utslippspunktet til Enga RA. Stasjonene G8 og G9 er stasjoner for undersøkelser på hardbunn/i fjæra. Stasjon G9 er egentlig innenfor vannforekomsten Sandefjordsfjorden-indre, men inkluderes i dette delkapittelet fordi det er praktisk å omtale resultater fra Fagråds-overvåkingen samlet.

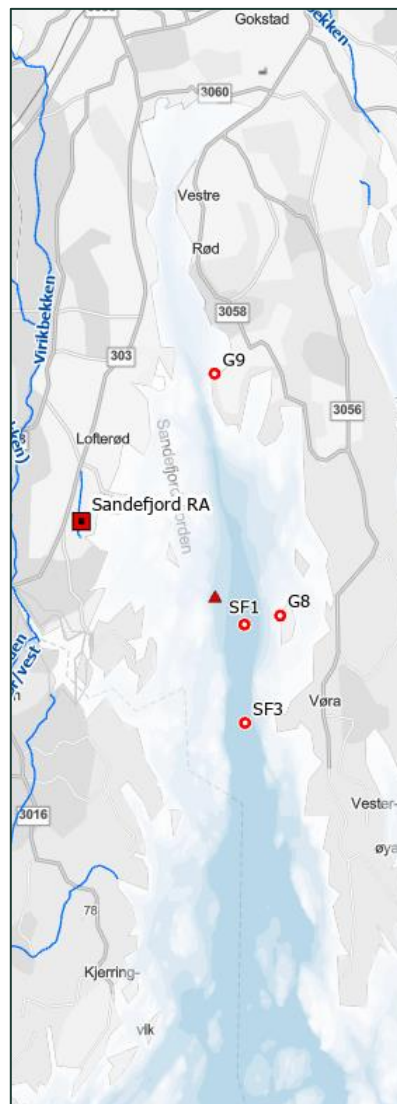
Tilstand i vannmassene

Tilstanden mht. klorofyll-a og næringssalter har vært svært god i perioden 2018-2020. For å gi et bilde av utvikling over tid, viser Tabell 4-4 resultater fra perioden 2001-2020, hentet fra (16). Rapporten beskriver «ingen betydelige endringer» de siste årene.

Tabell 4-4: Resultater fra undersøkelser i vannmassene i Sandefjordsfjorden-ytre, i perioden 2001-2020.

Konsentrasjoner i µg/L.

Årstall		P90 Kifa		Sommer				Vinter		
		Klorofyll a	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4	Tot-N	NO3	Tot-P	PO4
2001 - 2003		4.10	283.23		24.42					
2002 - 2004		3.90	253.04		14.75	8.75				
2003 - 2005		1.67	223.62		20.42					
2004 - 2006										
2005 - 2007		1.64								
2006 - 2008										
2007 - 2009		4.40								
2008 - 2010			238.30		14.16					
2009 - 2011		6.94	239.01	9.15	13.60	2.47				
2010 - 2012		5.02	230.86	9.69	12.61	2.69				
2011 - 2013		5.02	248.64	7.85	12.61	3.27	265.75	93.14	22.68	15.64
2012 - 2014		3.38	266.70	2.48	13.10	3.25	291.77	109.90	22.47	16.60
2013 - 2015		3.38	268.74	2.85	13.58	3.08	296.71	119.74	24.91	17.40
2014 - 2016		3.52	253.55	2.64	12.95	2.33	320.94	127.62	24.42	16.67
2015 - 2017		4.31	228.94	7.66	14.45	2.43	280.05	112.45	24.40	16.78
2016 - 2018		3.98	222.58	10.79	14.05	2.64	275.64	107.20	23.61	16.24
2017 - 2019		3.94	227.17	12.21	14.15	2.57	251.42	91.97	21.31	14.67
2018 - 2020		2.87	199.60	6.88	11.36	1.87	273.31	103.73	21.48	15.13



Figur 4-8: Stasjoner som har blitt undersøkt ifb. overvåking av ytre Oslofjord de senere årene. SF1 ble skiftet ut med SF3 fra 2021, men data fra disse er rapportert samlet i årsrapport for overvåkingen (1).

Makroalger

Nedre voksedyp for makroalger ved stasjon G8 Hellesøy, indikerte dårlig økologisk tilstand i 2021 (1). I den dypere delen av dykkertransektene, ble det observert mye finkornet sediment. I rapporten beskrives sedimentasjon/nedslamming og mangel på egnet bunnsubstrat, som en sannsynlig faktor som begrenser vekst av fastsittende alger.

Det har vært en negativ utvikling for makroalger på stasjon G8 (Figur 4-9).

Tilstandsreduksjonen ved denne stasjonen vises både i utvikling i nedre voksedyp og ved bortfall av enkeltarter i observasjonene. Merk at stasjonen er preget av vekslende bunnsubstrat, noe som kan gi varierende resultater fra år til år, på grunn av avvikende transektretninger mellom årene. Varierende substratkvalitet har sannsynligvis gitt dårligere tilstand for nedre voksegrense i 2021 (1).

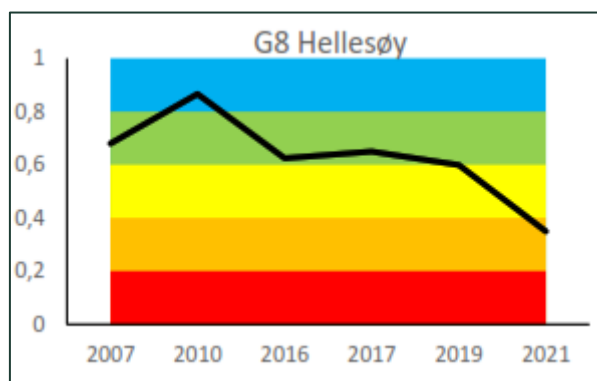
Ved stasjon G9 ble det gjort rammeundersøkelse i fjæra, og ikke fjæresoneundersøkelse med beregning av maksdypindeks for klassifisering av økologisk tilstand. Tilstanden på G9 er derfor ikke klassifisert. Stasjonen hadde en høy forekomst av opportunistiske alger, som typisk favoriseres av høy næringstilførsel. Ved denne stasjonen ble det observert mye andefugl og fugleavføring. Merk at det også er et overløpsutslipp i dette området, jfr. omtale i kap. 6.3.1.1.

Beinskjæra dumpeområde - miljøundersøkelser av bløtbunnsfauna i 2018

NIVA gjennomførte undersøkelser av bløtbunnsfauna i 2018 (6). Hensikten med undersøkelsen var å kartlegge tilstanden i sedimentene ved Beinskjæra dumpeområde, samt å styrke datagrunnlaget for klassifisering av miljøtilstanden i vannforekomsten Sandefjordsfjorden-ytre.

Dumpeområdet befinner seg ved de to indre stasjonene som ble undersøkt (Figur 4-10), ca. 400 meter nord for utslippet fra Enga RA.

Resultatene fra undersøkelsen, indikerte god økologisk tilstand mht. bløtbunnsfauna, på alle undersøkte stasjoner. Resultatene tydet på at bunnfaunaen ved dumpeområdet ikke var særlig påvirket av dumping.



Figur 4-9: Utvikling i nedre voksedyp over tid ved stasjon G8 Hellesøy. Figuren er hentet fra (1).

Den ytterste (sørligste) stasjonen i undersøkelsen hadde noe høyere artsrikhet enn de tre andre stasjonene lenger inn i fjorden. Dette *kan* skyldes at de tre indre stasjonene er noe påvirket av utslippet fra Enga RA, men dette kan ikke fastslås. Merk at undersøkelsen ble gjennomført for å følge med på miljøpåvirkning og tilstand ved Beinskjæra dumpeområde, ikke for å vurdere konkret miljøpåvirkning fra det kommunale utslippet.

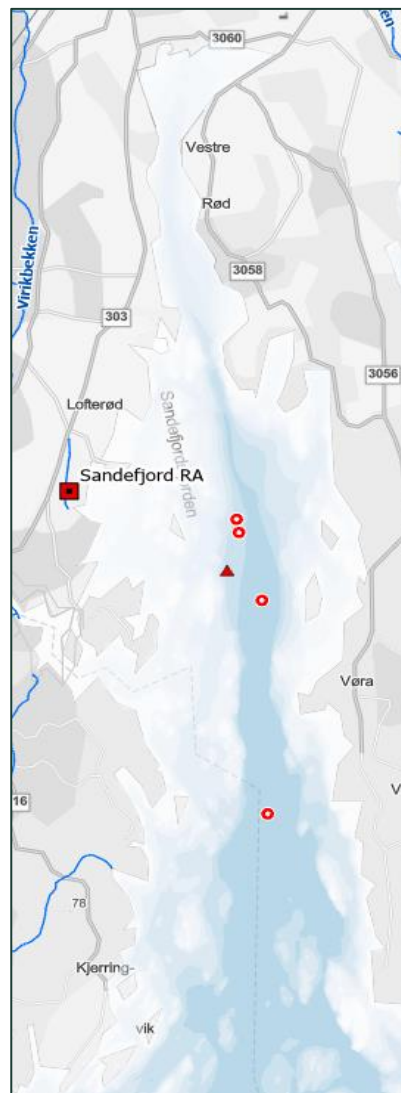
Konsentrasjonen av organisk stoff i sediment tilsvarte moderat og dårlig. Konsentrasjonen var noe høyere på de to sørlige stasjonene enn på de to nordlige stasjonene. Organisk innhold i sediment inngår ikke i den økologiske tilstandsklassifiseringen av bløtbunnsfauna, men brukes som en støtte for å tolke resultater for bløtbunnsfaunaen. Ifølge rapporten var likevel ikke TOC-konsentrasjonen i sedimentet «spesielt høyt», men andelen finstoff i prøvene var ganske lav, dermed blir normalisert organisk karbon (TOC63) en del høyere enn om sedimentet hadde vært mer finkornig.

Oppsummering - overvåkning i Sandefjordsfjorden-ytre
Tabell 4-5 gir en oppsummering av resultater fra overvåkingen i Sandefjordsfjorden-ytre.

Samlet sett klassifiseres tilstanden i vannmassene til god. Næringssalter og klorofyll a har indikert svært god tilstand de siste årene, mens siktedyp og oksygen har indikert god tilstand (1).

For makroalger i fjæresonen, klassifiseres tilstanden til dårlig mht. nedre voksegrense. Det er lite sammenheng mellom tilstanden i vannmassene og den på hardbunn i fjæra. Sedimentasjon/nedslamming og varierende substratkvalitet er sannsynligvis årsaken til dårlig tilstand for nedre voksegrense (1).

Miljøtilstanden mhp. bløtbunnsfauna var god på fire undersøkte stasjoner i 2022 (6).



Figur 4-10: Undersøkte bløtbunnsstasjoner i 2018 (6)

Tabell 4-5: Oppsummering av undersøkte parametere og kvalitetselementer i Sandefjordsfjorden-ytre. Informasjonen er hentet fra Fagrådet for Ytre Oslofjord sin overvåkning i perioden 2019-2022 (21) (16) (1), samt bløtbunnsundersøkelser fra i forbindelse med Beinskjæra dumpeområde i 2018 (6).

	Parameter	Tilstand	Periode	Stasjon
Vannmasser				
	Klorofyll-a	Svært god	2019-2020	SF3/SF1
sommer	Tot-P	Svært god	2019-2022	SF3/SF1
	PO ₄	Svært god	2019-2022	SF3/SF1
	Tot-N	Svært god	2019-2022	SF3/SF1
	NO ₃ +NO ₂	Svært god	2019-2022	SF3/SF1
	NH ₄	Svært god	2021-2022	SF3/SF1
vinter	Tot-P	Svært god	2019-2021	SF3/SF1
	PO ₄	Svært god	2019-2021	SF3/SF1
	Tot-N	Svært god	2019-2021	SF3/SF1
	NO ₃ +NO ₂	Svært god	2019-2021	SF3/SF1
	NH ₄	Svært god	2021	SF3/SF1
	Oksygen	God	2019-2021	SF3/SF1
	Siktedyp	God	2021	SF3/SF1
	Samlet tilstand vannmasser	God	2019-2021	SF3/SF1
Hardbunn				
	Nedre voksegrense	Dårlig	2021	G8
Bløtbunnsfauna				
	nEQR bløtbunnsfauna-indekser	God	2018	Fire stasjoner
	Organisk karbon i sediment (TOC63)	Moderat-dårlig	2018	Fire stasjoner

*Organisk innhold i sediment inngår ikke i den økologiske tilstandsklassifiseringen av bløtbunnsfauna, men brukes som en støtte for å tolke resultater for bløtbunnsfaunaen.

4.6.1.2 Sandefjordsfjorden-indre

I 2017-2018 ble det gjennomført omfattende mudring og tildekking av forurenset sediment i indre Sandefjordsfjord. I perioden 2019-2022 ble det gjennomført miljøovervåkning (22). Overvåkingen ble innrettet for følge med på miljøgift-situasjonen i indre fjord, men det ble også gjort undersøkelser som kan si noe om den generelle miljøtilstanden i fjorden.

Undersøkelse av bløtbunnsfauna på tre stasjoner i indre fjord i 2022, indikerte god økologisk tilstand. Det meste av bløtbunnsfaunaen ble sannsynligvis utradert under tiltaket i 2017-2018 – status i 2022 var at bløtbunnsfaunaen var på god veg til å rekolonisere fjordbunnen igjen. Innholdet av organisk stoff i sedimentet var lavt (svært god).

Oksygenkonsentrasjonen har vært noe varierende. I 2022 ble det målt oksygenkonsentrasjoner tilsvarende moderat økologisk tilstand.

Visuelle biologiske undersøkelser ved Stubb og Kilen viste «liten endring fra 2019 til 2022», og det er beskrevet «lite vegetasjon og lav diversitet (22)». Disse observasjonene kan imidlertid ikke brukes til å klassifisere av økologisk tilstand.

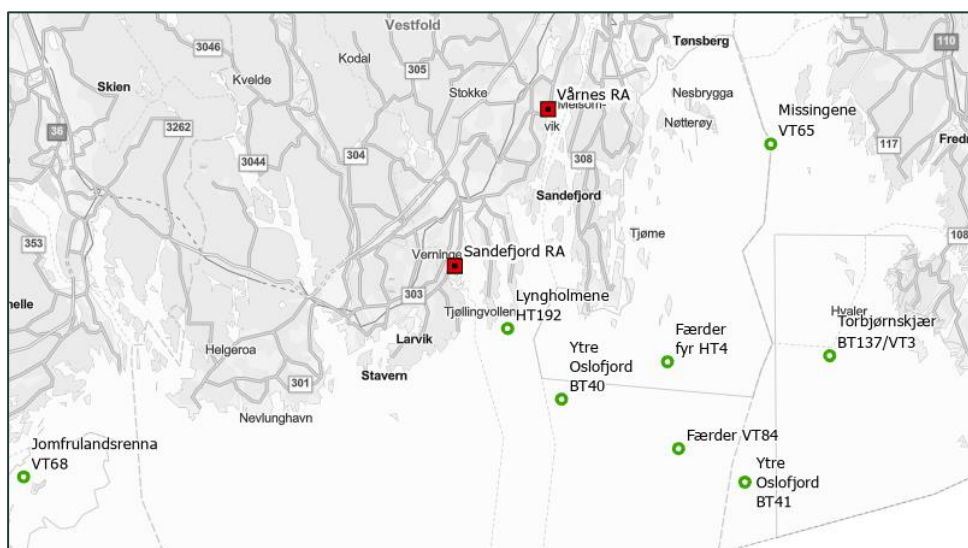
4.6.1.3 Mefjorden

Mefjorden mottar kommunalt avløpsvann fra overløp, og er derfor vurdert i denne resipientundersøkelsen. De fleste gjennomførte miljøundersøkelser i fjorden, har vært sedimentundersøkelser i forbindelse med mudring, småbåthavner o.l. Vi har ikke gått igjennom rapporter fra disse undersøkelsene spesielt, men oppsummeringen av kunnskapsgrunnlaget i Vann-Nett, tyder på at det er forhøyede konsentrasjoner av PAH-forbindelser og TBT i sediment – noe som kan forventes ut ifra arealbruken i området, med mye småbåttrafikk etc.

Ellers gjorde NIVA en undersøkelse av bløtbunnsfauna helt ytterst i fjorden i 2018 (23). I rapporten fra undersøkelsen er miljøtilstanden klassifisert til god (nEQR 0,661), selv om flere indekser var på grensen mellom god og moderat tilstandsklasse. I vann-nett er dataene fra denne undersøkelsen brukt til å klassifisere miljøstanden i Mefjorden til *moderat*. Kunnskapsgrunnlaget for klassifisering av miljøtilstand i Mefjorden er «tynt».

4.6.1.4 Ytre deler av Oslofjorden - økokystprogrammet

Oslofjorden overvåkes gjennom Miljødirektoratets Økokystprogram, delprogram Skagerrak. Programmet har ingen stasjoner inne i Sandefjordsfjorden, men stasjoner bl.a. midtfjords i Oslofjorden-ytre overvåkes årlig. Figur 4-11 viser Økokyststasjoner i sørlige del av Ytre Oslofjord.



Figur 4-11: Stasjoner i Økokystprogrammet

For å gi en generell oversikt over miljøtilstanden i denne delen av Oslofjorden, presenteres resultater fra utvalgte stasjoner under.

Planteplankton og næringssalter

Tabell 4-6 oppsummerer resultater fra overvåkning av planteplankton (klorofyll a-konsentrasjoner) og støtteparametere (næringssalter) på utvalgte stasjoner i økokyst-programmet. Resultatene for planteplankton, næringssalter og oksygen har vist hhv. svært god og god økologisk tilstand de siste tre årene. Siktedyp ble klassifisert til moderat tilstand på stasjoner i Ytre Oslofjord.

Det er naturlige variasjoner i planktonblomstring og næringssalter fra år til år. I 2022 kom våroppblomstringen sent. Sommerkonsentrasjonen av klorofyll a var også lav, sannsynligvis som følge av tørke og reduserte tilførsler av næringssalter fra elvene.

Tabell 4-6: Resultater fra overvåkning av klorofyll a, næringssalter, siktedyp og oksygen på utvalgte stasjoner økokystprogrammet (24). Kun tilstandsklasse er angitt. For stasjon VT84 foreligger kun to år med data, noe som ikke er tilstrekkelig for en klassifisering etter klassifiseringsveilederen – derfor er fargekoden vist noe annerledes (25).

Stasjon	År	Klorofyll a	Næringssalter	Siktedyp	Oksygen
Missingen VT65	2020-2022	Svært god	God	Moderat	Svært god
Torbjørnskjær VT3	2020-2022	Svært god	God	Moderat	Svært god
Færder VT84	2021-2022	Svært god	God	Moderat	Svært god
Jomfrulandsrenna VT68	2020-2022	Svært god	God	God	-

Bløtbunnsfauna

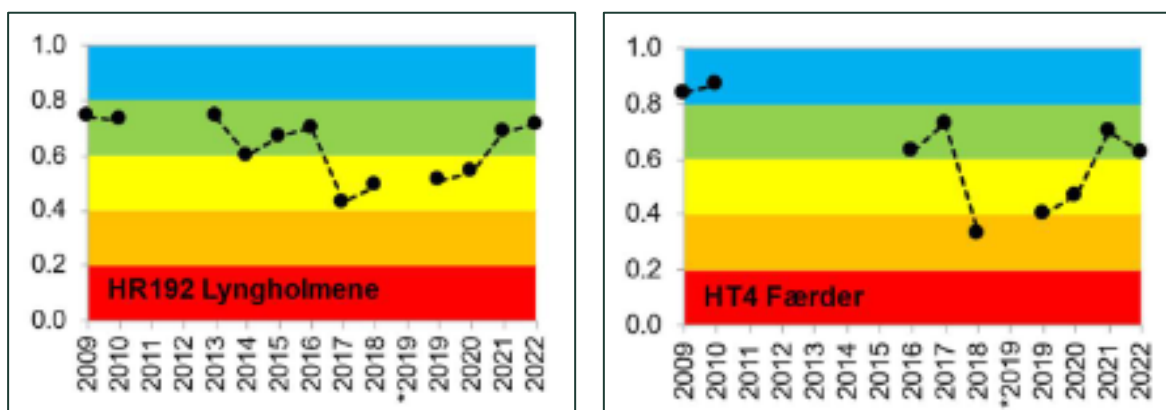
Tabell 4-7 viser resultater fra undersøkelse av bløtbunnsfauna i Økokyst-programmet. Rapporten beskriver en positiv utvikling over tid, som antas at skyldes reduksjon i tilførsler av langtransporterte næringssalter. Ellers er stasjonene «mer eller mindre påvirket av tråling». Tilstand for bløtbunnsfauna har de siste årene ligget på grensen mellom god og moderat ved BT41 og BT137. Stasjon BT137 og BT41 var dominert av forurensningstolerante arter i 2022. Stasjon BT40 er grunnere og her bygger det seg opp mindre sedimentert materiale. Tilstanden ved BT40 har vært mer stabil innenfor god tilstand.

Tabell 4-7: Resultater fra overvåkning av bløtbunnsfauna og organisk stoff i sediment, på utvalgte stasjoner. Opplysningene i tabellen er hentet fra årsrapport for Økokyst – delprogram Skagerrak 2022 (24)

Stasjon	nEQR bløtbunnsfauna 2022	Normalisert TOC (TOC63)
Ytre Oslofjord BT40	0,73	10,5
Ytre Oslofjord BT41	0,63	21,2
Torbjørnskjær BT137	0,62	21,7

Makroalger

Resultater fra undersøkelser av makroalger ved Lyngsholmene og Færder, indikerte god økologisk tilstand i 2021 og 2022 (Figur 4-12). Ellers har resultatene variert mellom dårlig og svært god tilstand i perioden 2009-2022. MSMDI-indeksen beregnes ut ifra nedre voksegrense til et utvalg algearter. Tilstandsklassifisering basert på makroalger vil variere ut ifra lysforhold og hvilke enkeltarter som finnes fra år til år.



Figur 4-12: Årlige resultater fra undersøkelse av makroalger ved Lyngsholmene og Færder fyr, MSMDI-indeksen. Figurene er hentet fra årsrapport for Økokyst – delprogram Skagerrak 2022 (24).

4.6.2. Eutrofiering – generell utvikling i Ytre Oslofjord og behovet for reduksjon i nitrogentilførsler

NIVA og Havforskningsinstituttet utredet behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord i 2022 (3). I utredningen ble utviklingstrender i tilførsler og miljøparametere i ulike deler av Ytre Oslofjorden gjennomgått. Rapporten bygger på et datagrunnlag fra lenger tilbake i tid, og for et større geografisk område, enn det det har vært rom for i denne resipientvurderingen. Rapporten peker på flere bekymringsfulle utviklingstrekk:

- Reduksjon i nedre voksegrense for makroalger. Trenden har vedvart fra 1940 til «i dag». Årsaken er trolig dårligere lysforhold i vannmassene og nedslamming.
- Store forekomster av trådalger

- Overkonsentrasjon av nitrogen i flere deler av fjorden, sammen med økt temperatur, som vil bidra til en forverring av fjordmiljøet. Rapporten peker på at det har vært en overkonsentrasjon av nitrat og nitritt fra Drammensfjorden og ut til Rauer (2017-2019).
- Negativ trend i oksygenforholdene fra Breiangen og helt ut til Torbjørnskjær.
- Områder med oksygenfattige bunnforhold har også dårligere miljøtilstand mhp. bløtbunnsfauna.

I Ytre Oslofjord er det en tydelig horisontal trend i nitrogenkonsentrasjoner fra kildeområdet og utover mot nordlige deler av Skagerrak. Ifølge rapporten, viser dette at overkonsentrasjonen av nitrogen i ytre deler av Oslofjorden skyldes lokale tilførsler, og ikke tilførsler som kommer med kyststrømmen sørfra.

Forfatterne konkluderer med at det er behov for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord. Sandefjordsfjorden er pekt ut som et «potensielt problemområde» på grunn av klassifiseringen til moderat økologisk tilstand, samt at antropogene nitrogentilførsler er høye sammenliknet med bakgrunnstilførslene til fjorden. Det ble beregnet at 79 % av nitrogentilførselene til fjorden stammet fra avløp.

Det er generelt vanskelig å kvantifisere effekten av reduserte nitrogentilførsler til Ytre Oslofjord, men kvalitativt konkluderer forfatterne med at redusert tilførsel av nitrogen vil ha en positiv effekt på økosystemet.

4.6.3. Overvåkning av miljøgifter

4.6.3.1 Miljøgifter i Sandefjordsfjorden-indre

I 2017-2018 ble det gjennomført omfattende mudring og tildekking av forurenset sediment i indre Sandefjordsfjord. Miljømålet for prosjektet Renere Sandefjordsfjord, var bl.a. å oppnå tilstandsklasse III eller bedre, for metaller, PAH-forbindelser og PCB i tiltaksområdet. Prøvetaking i 2022 (22) viste at målet var oppnådd ved 13 av 21 stasjoner og at miljøgiftkonsentrasjoner i tildekkingslaget har økt siden tiltaket ble ferdigstilt. Det var forhøyede konsentrasjoner av kvikksølv, PCB, PAH og TBT på flere stasjoner.

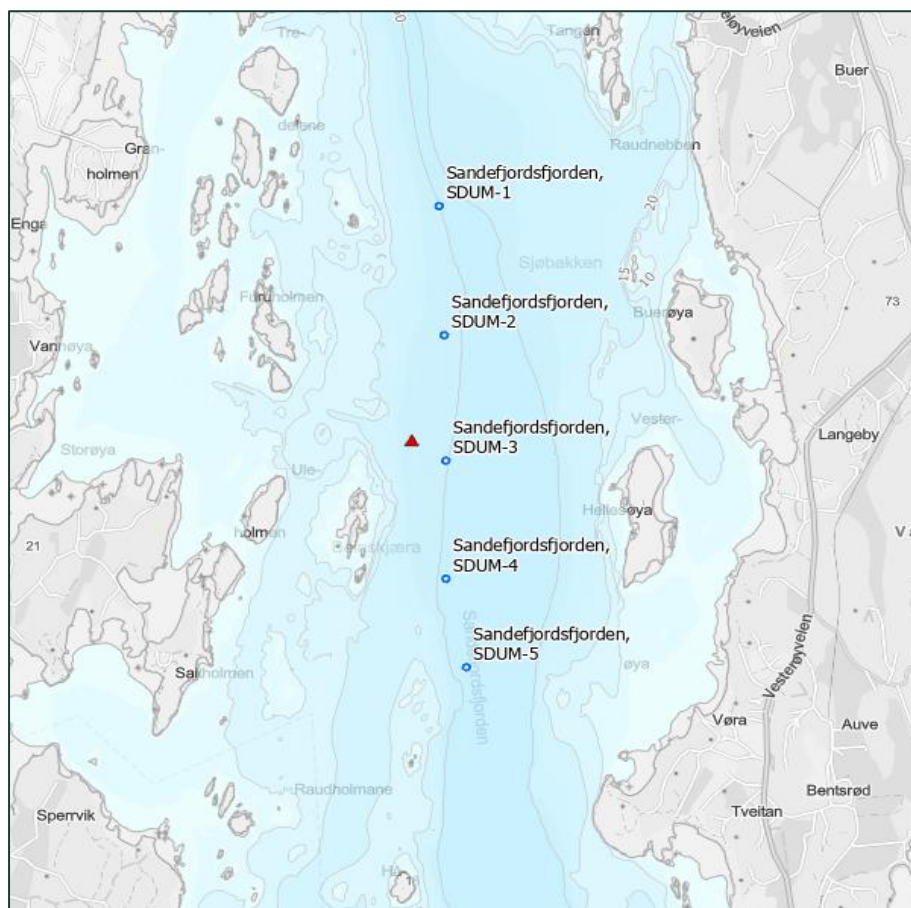
4.6.3.2 Miljøgifter i Sandefjordsfjorden-ytre

NGI gjennomførte en miljøgiftundersøkelse langs Vestfoldkysten i 2018. Denne undersøkelsen omfattet flere stasjoner innover i Sandefjordsfjorden (Figur 4-13). Stasjon SDUM-3 har ca. 130 meters avstand til utslippet fra Enga RA, mens stasjonene SDUM-1 og SDUM-5 er ca. 850 meter nord og sør for utslippet. Resultatene er ikke publisert i en offentlig tilgjengelig rapport, men Vannområdet Horten-Larvik har publisert en sammenfatning (26). Tabell 4-8 gjengir resultatene.

Konsentrasjonen av tungmetaller i sediment var stort sett innenfor tilstandsklasse god eller svært god, med unntak av enkelte stasjoner med noe forhøyet konsentrasjon av sink. Konsentrasjonen av kvikksølv tilsvarte tilstandsklasse moderat på stasjonen lengst inn mot indre fjord.

Konsentrasjonen av flere PAH-enkeltforbindelser tilsvarte tilstandsklasse moderat eller dårlig. Konsentrasjonen av TBT tilsvarte tilstandsklasse svært dårlig.

Miljøgifter i ytre deler av Sandefjordsfjorden stammer fra flere ulike kilder, og det var ingen tydelige gradienter fra utslippspunktet. Transport av miljøgifter fra indre deler av Sandefjordsfjorden, båttrafikk og utslipp fra renseanlegget er alle sannsynlige kilder. Prøvene i undersøkelsen ble tatt fra 0-10 cm ned i sedimentet og representerer mange år med sedimentasjon og forurensning.



Figur 4-13: Sedimentstasjoner som ble undersøkt av NGI i 2208 (26). Rød trekant indikerer utslippet fra Enga RA.

Tabell 4-8: Resultater fra undersøkelser av miljøgifter i sediment i 2018. Hentet fra vannområde Horten-Larviks oppsummering av resultatet fra undersøkelsen (26).

Parameter	Enhet	SDUM-1	SDUM-2	SDUM-3	SDUM-4	SDUM-5
Arsen (As)	mg/kg TS	11	8.9	11	11	11
Bly (Pb)	mg/kg TS	72	23	63	69	59
Kadmium (Cd)	mg/kg TS	0.14	0.25	0.13	0.13	0.1
Kobber (Cu)	mg/kg TS	42	21	37	39	35
Krom (Cr)	mg/kg TS	41	30	46	49	46
Kvikksølv (Hg)	mg/kg TS	0.526	0.11	0.393	0.299	0.253
Nikkel (Ni)	mg/kg TS	30	25	32	33	34
Sink (Zn)	mg/kg TS	140	78	130	140	130
PCB 28	mg/kg TS	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
PCB 52	mg/kg TS	0.00072	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
PCB 101	mg/kg TS	0.002	< 0,00050	0.0012	0.0014	0.00085
PCB 118	mg/kg TS	0.002	< 0,00050	0.0012	0.0012	0.00092
PCB 153	mg/kg TS	0.0041	0.00068	0.003	0.0029	0.0019
PCB 138	mg/kg TS	0.0048	0.00094	0.0034	0.003	0.0024
PCB 180	mg/kg TS	0.0014	< 0,00050	0.00076	0.00069	0.00059
Sum 7 PCB	mg/kg TS	0.01502	0.00162	0.00956	0.00919	0.00666
Naftalen	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Acenaftalen	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Acenaften	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoren	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fenantren	mg/kg TS	0.055	0.059	0.06	0.036	0.029
Antracen	mg/kg TS	0.015	0.047	0.017	0.01	< 0,010
Fluoranten	mg/kg TS	0.15	0.41	0.14	0.11	0.093
Pyren	mg/kg TS	0.15	0.3	0.13	0.11	0.083
Benzo[a]antracen	mg/kg TS	0.072	0.17	0.066	0.052	0.04
Krysen/Trifenylene	mg/kg TS	0.05	0.14	0.052	0.041	0.033
Benzo[b]fluoranten	mg/kg TS	0.24	0.18	0.18	0.18	0.15
Benzo[k]fluoranten	mg/kg TS	0.07	0.057	0.064	0.052	0.048
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	0.1	0.12	0.088	0.078	0.063
Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/kg TS	0.079	0.064	0.086	0.086	0.076
Dibenzo[a,h]antracen	mg/kg TS	0.016	0.012	0.016	0.014	0.012
Benzo[ghi]perylene	mg/kg TS	0.094	0.059	0.1	0.1	0.09
Sum PAH(16) EPA*	mg/kg TS	1.1	1.6	1	0.87	0.72
Tributyltinn (TBT)	µg/kg tv	110	8.7	33	32	14
Tributyltinn (TBT)	µg/kg tv	110	8.7	33	32	14
Dibutyltinn (DBT)	µg/kg tv	51	7	31	33	20
Monobutyltinn (MBT)	µg/kg tv	42	5.3	25	30	18
Kornstørrelse <2 µm	% TS	8.7	5.3	7.6	8.5	9.6
Kornstørrelse < 63 µm	% TS	90	73.9	88.5	91.2	95.1
Totalt organisk karbon (TOC)	mg/kg TS	25200	22700	23300	24600	26800
TOC	%	2.52	2.27	2.33	2.46	2.68
Tørrestoff	%	41	44	42.1	42.1	38.2
Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	µg/kg TS	26	3.6	16	17	10
Monobutyltinn kation	µg/kg TS	29	3.6	17	20	12
Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	µg/kg TS	47	3.6	13	13	5.8

4.6.3.3 Miljøgifter i Ytre Oslofjord

COWI gjennomførte en større undersøkelse av miljøgifter i Ytre Oslofjord i 2021 (27).

Undersøkelsen omfattet tungmetaller og organiske miljøgifter i sediment på syv transekter på tvers av fjorden. Resultatene viste dårlig kjemisk tilstand på nesten alle undersøkte stasjoner.

Ett av de undersøkte transektene var fra Larvik/Sandefjord til Halden, som ble undersøkt ved prøvetaking på ni stasjoner. Det var små forskjeller i grad av forurensning på disse stasjonene. Stasjoner nært land, var altså ikke vesentlig mer forurensnet enn stasjoner midtfjords. Unntaket var TBT, som ikke ble funnet midtfjords.

Undersøkelsen omfattet ikke stasjoner inne i Sandefjordsfjorden. På stasjoner rett utenfor fjorden, var det forhøyede konsentrasjoner av flere PAH-forbindelser, TBT og PFOS. Konsentrasjonen av tungmetaller var innenfor tilstandsklasse god eller svært god.

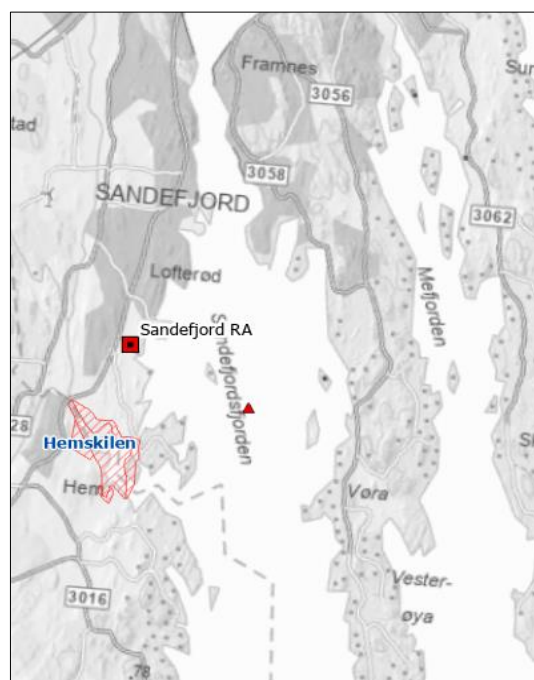
4.7. Naturmangfold

4.7.1. Vanntilknyttede verneområder

Figur 4-14 viser marint tilknyttede naturvernrområder i Sandefjordsfjorden.

Hemskilen naturreservat og fuglefredningsområde ligger ved utløpet av Istreelva og har som verneformål «å bevare et spesielt våtmarksområde, på land og i sjø, med det naturlig tilknyttede plante- og dyreliv [...] (28)». Følgende er beskrevet om naturfaglig kvalitet: «Hemskilen er et langgrunt brakkvannsdelta. Det yrende fuglelivet skyldes den gode tilgangen på mat. Både fra havet og Hemsvassdraget mottar gruntvannsområdene slam og næringsstoffer. Det gir en stor produksjon av planter, fisk, muslinger og smådyr i reservatet. Vadefugler, ender og gjess tiltrekkes ved fjære sjø av det rike matfatet. (28)».

Indre del av Sandefjordsfjorden er utpekt som hummerfredningsområde. Etter oppryddingen i forurensnet sjøbunn ble det plassert ut «hummerhus», skjulesteder for hummer, og kommunen søkte Fiskeridirektoratet om etablering av hummerfredningsområde.



Figur 4-14: Verneområder i Sandefjordsfjorden. Rød trekant indikerer utslippspunktet fra Enga RA. Kilde: Miljødirektoratet, datasett verneområder

4.7.2. Marine naturtyper

Kartutsnittet i Figur 4-15 viser registrerte marine naturtyper i Sandefjordsfjorden, Mefjorden og tilstøtende del av Oslofjorden. I de grunne områdene langs land er det bløtbunnsområder. Det er også flere lokaliteter med ålegrassamfunn. I de ytterste, mer strømutsatte delene av Sandefjordsfjorden og Mefjorden er det skjellsandforekomster.

4.7.3. Gyteområder

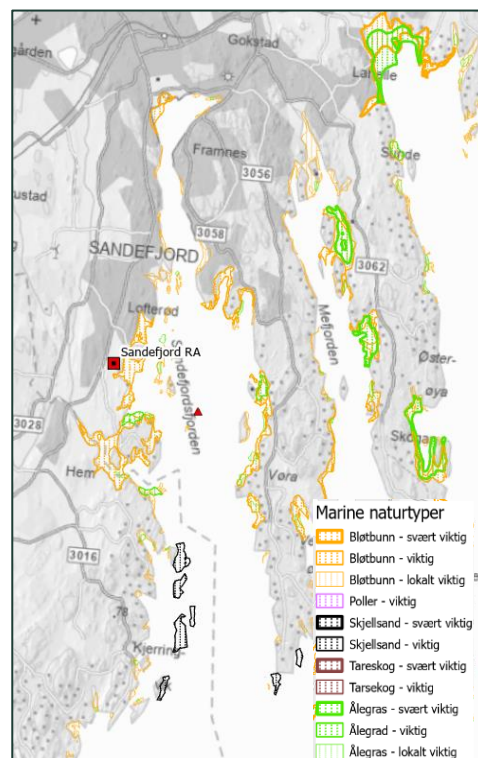
Havforskningsinstituttet har kartlagt et gytefelt for torsk i ytre deler av Sandefjordsfjorden, verdsatt til lokalt viktig. I indre deler av fjorden er det også registrert et gytefelt for torsk, gjennom intervju av fiskere/fiskerlag (29).

4.7.4. Vandrende fisk

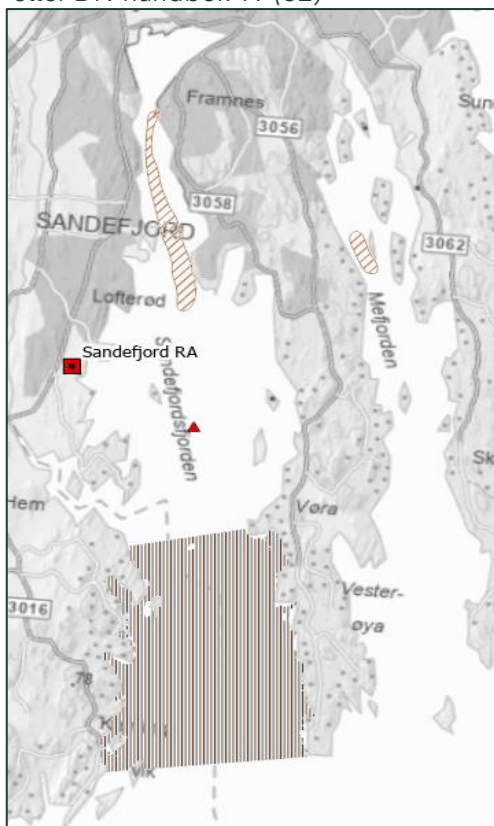
Sandefjordsfjorden er en del av Svennerbassenget, som er utpekt som en nasjonal laksefjord. Laksefjorden henger sammen med Numedalslågen, som er utpekt som en nasjonal lakseelv. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning har klassifisert laksebestanden i Numedalslågen til dårlig etter kvalitetsnorm for villaks (2015-2019) (30). Oppnåelse av gytebestandsmål og høstbart overskudd er vurdert til «god», men den genetiske integriteten er dårlig.

Istreelva har en bestand av sjørret. Bestandstilstand er klassifisert til dårlig av Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (31). Landbruk, samferdsel og fangstpåvirkning er oppgitt som de største påvirkningsfaktorene. Sandefjord forvaltningsråd for anadrom laksefisk har gjennomført flere tiltak som utlegging av gytegrus, etablering av fangdammer, utskifting av kulverter og tiltak mot gjeddebestanden i vassdraget.

Haslebekken er også en sjørretbekk. Ved elfiskeundersøkelser i 2017 ble det påvist bra med yngel i alle årsklasser og noe gytefisk (32).



Figur 4-15: Marine naturtyper kartlagt etter DN-håndbok 19 (52)



Figur 4-16: Registrerte gytefelt (29).

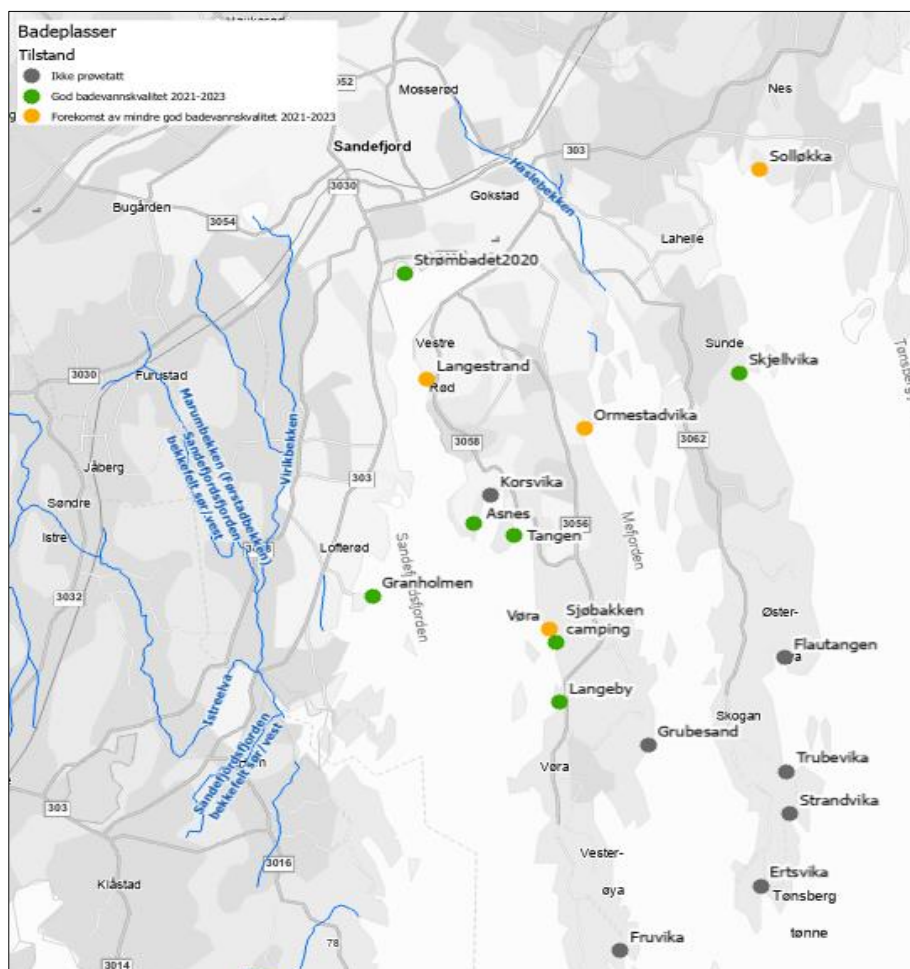
Sandefjord forvaltningsråd for anadrom laksefisk har gjennomført merkeforsøk på sjøørreten, for å kartlegge sjøørretens vandringsmønster. I skrivende stund, er ikke rapporten fra undersøkelsene publisert, men resultatene kan trolig gi mer informasjon om sjøørretens bruk av fjordområdene.

Det er flere artsregistreringer av ål i/ved Sandefjordsfjorden (33), og ål er nok forekommende i flere av bekkene. Det er tidligere funnet mye ål i Virikbekken, nedstrøms Virikdammen (34) .

5. Brukerinteresser

5.1. Bading og rekreasjon

Figur 5-1 viser tilrettelagte badeplasser i Sandefjordsfjorden og Mefjorden, og andre steder der det samles inn badevannsprøver. Sandefjord kommune analyserer badevannsprøver mht. termotolerante koliforme bakterier (TKB) og benytter grenseverdier i kvalitetsnorm for friluftsbad (IK-21/94) for vurdering av badevannskvalitet.



Figur 5-1: Tilrettelagte badeplasser og andre steder der det samles badevannsprøver (49). Oransje prikker indikerer at det har forekommet én eller flere badevannsprøver med mindre god badevannskvalitet i perioden 2021-2023.

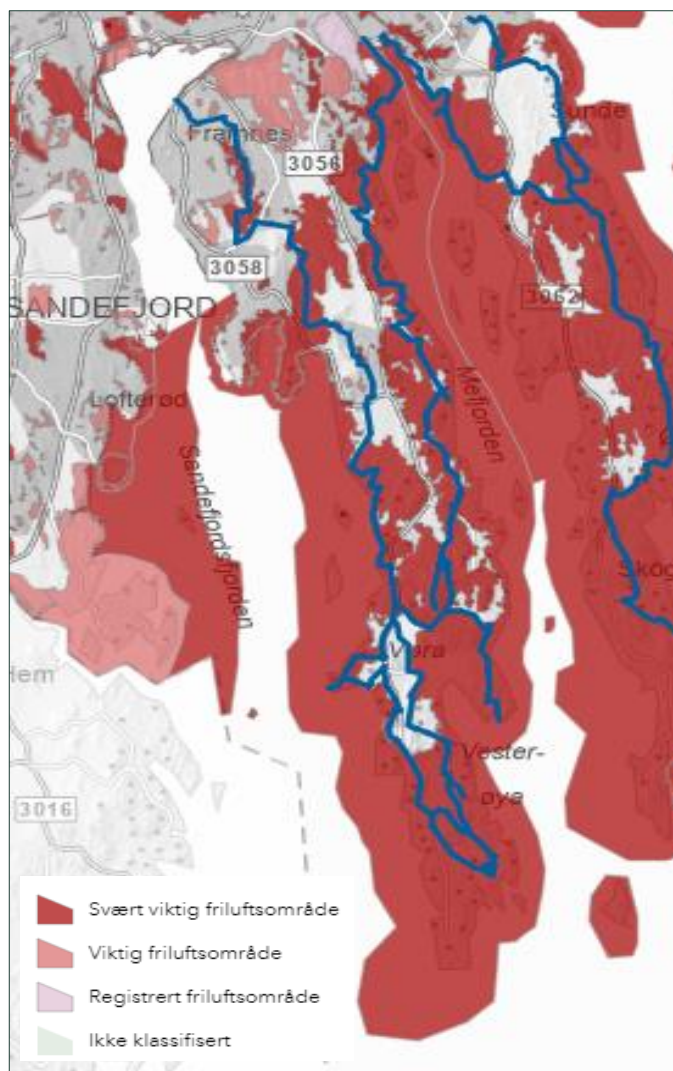
Prøvetaking av badevann de siste tre årene har stort sett vist god badevannskvalitet. I Sandefjordsfjorden viste én badevannsprøve ved Vøra «mindre god» badevannskvalitet i 2021. Ved Langestrand viste én prøve fra 2023 mindre god badevannskvalitet. Ellers har alle prøver fra disse badeplassene i perioden 2021-2023 vist god badevannskvalitet.

Strømbadet er et større kommunalt badeanlegg som ligger nært utløpet av Ruklakanalen og overløpsutslipp fra Sentrum pumpestasjon. På grunn av risikoen for dårlig badevannskvalitet her, er det installert egen varslingsystem som fraråder bading i regnværperioder. Det tas supplerende badevannsprøver i slike perioder. Merk at resultater fra den supplerende prøvetakingen ikke er gjennomgått i arbeidet med denne resipientvurderingen.

I Mefjorden har tre badevannsprøver fra Ormvika i perioden 2021-2023 vist mindre god badevannskvalitet.

Dagens utslipp fra Enga RA ser ikke ut til å påvirke badevannskvaliteten i Sandefjordsfjorden i særlig grad. Årsaken til enkelte avvik er mest sannsynlig lokale utslipp fra private avløpsanlegg og overløpsutslipp.

Ytre deler av Sandefjordsfjorden og Mefjorden er mye benyttet til rekreasjon. Det er mange småbåthavner i fjorden og mange boliger og fritidsboliger med brygge. Figur 5-2 viser kartlagte friluftsområder.



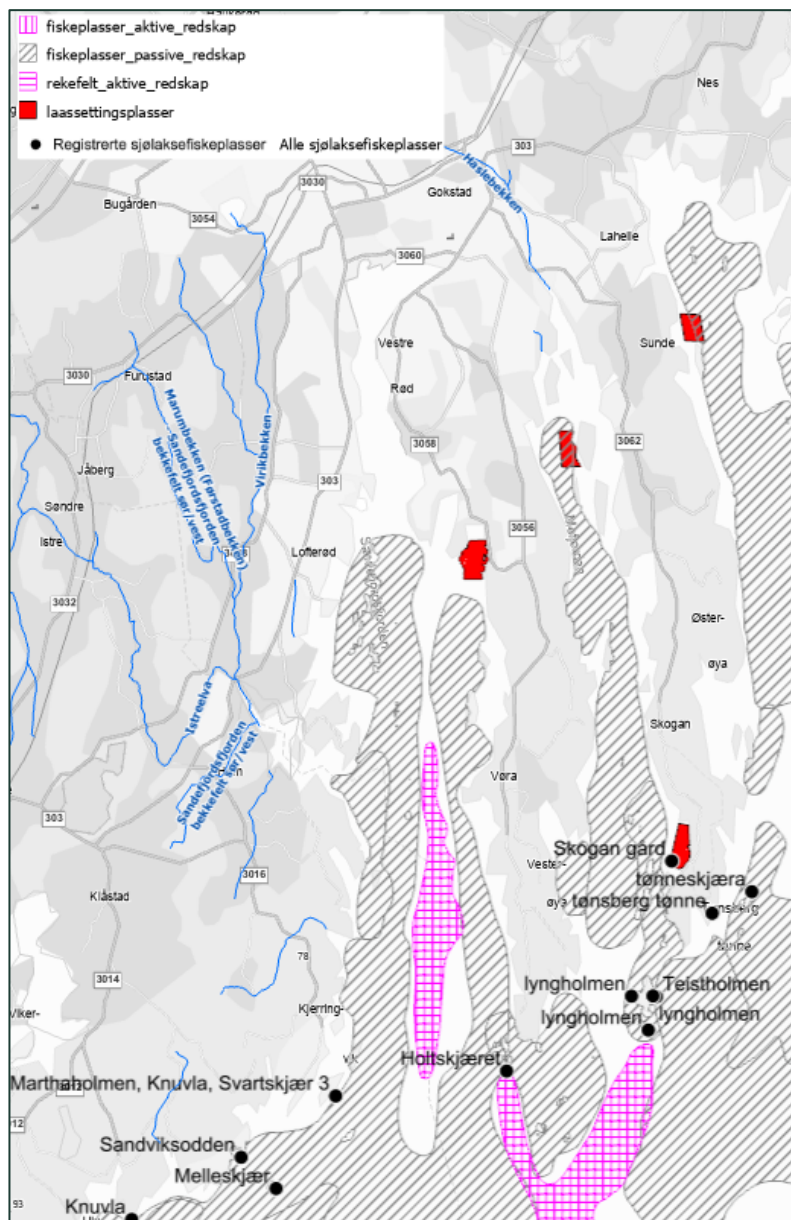
Figur 5-2: Kartlagte friluftsområder (48).

5.2. Fiskeri

Figur 2-6 viser registrerte fiskeplasser for bruk av aktive og passive redskaper, samt låssettingsplasser. Den eneste registrerte fiskeriaktiviteten i Fiskeridirektoratets kartløsning (35) er noe brislingfiske med not i midtre deler av fjorden, i perioden 2016-2021.

Låssettingsplassen i Tangenbukta, som brukes i forbindelse med brislingfiske, er registrert som svært viktig. Her er det et overløpsutslipp fra det kommunale nettet, nærmere omtalt i kap. 6.3.

Siden 2020 har det vært forbud mot å fiske torsk. Det er også forbudt å fiske med bunnsatte garn. Det er en viss åpning for dispensasjon til yrkesfiske, men vi har ikke informasjon om dispensasjoner og landinger i Sandefjordsfjorden.



Figur 5-3: Registrerte fiskeplasser for fiske med aktive og passive redskap, låssettingsplasser og sjølaksefiskeplasser. Kilde: Kystnære fiskeridata (29).

5.3. Jordbruksvanning

Enga RA har utslipp til sjø, og interesser knyttet til jordbruksvanning er derfor ikke aktuelt.

Virikbekken og Haslebekken, som mottar avløpsvann fra overløp, renner delvis gjennom jordbrukslandskap. Vi har ikke informasjon om hvorvidt disse bekkene brukes til vannuttak for jordbruksvanning, men bruk av vann fra elver eller bekker med overløp vil gi økt risiko

for forurensning og varierende vannkvalitet (sammenliknet med andre vannkilder som innsjøer eller grunnvannsforekomster) (36). Det tas sannsynligvis vann til jordbruksvanning fra flere elver og bekker i kommunen, men her mangler kommunen oversikt.

I veileder for miljøkvalitet i ferskvann utarbeidet av Statens forurensningstilsyn (SFT) (37) klassifiseres den hygieniske kvaliteten på vanningsvann basert på tilstedeværelse av koliforme bakterier (TKB) og koliforme bakterier (KB). Veilederen understreker særlig viktigheten av hygienisk vannkvalitet ved grøntproduksjon (frukt, bær og grønnsaker) hvor vekstene spises rå uten å skrelles. Det stilles imidlertid ingen absolutte krav til kvaliteten på vanningsvann i Norge (36).

5.4. Drikkevann

Enga RA har utslipp til sjø, og interesser knyttet til drikkevann er derfor ikke aktuelt. Det er ingen registrerte, beskyttede områder for drikkevannsforsyning innenfor rensedistriktet til Enga RA.

Vi er ikke kjent med at det er industribedrifter med inntak av sjøvann fra Sandefjordsfjorden til næringsmiddelproduksjon. Det er for eksempel ikke registrert noen fiskeforedlingsbedrifter eller fiskeslakterier.

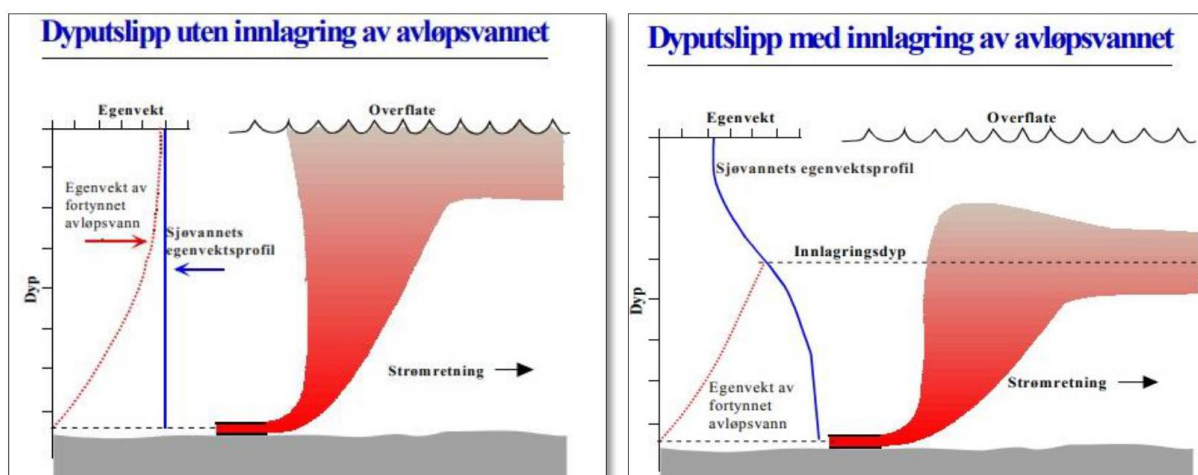
6. Miljøpåvirkning fra kommunale utslipp

I de neste delkapitlene diskuteres miljøpåvirkningen fra utslippet fra Enga RA, samt utslipp fra prioriterte nødoverløp. I kapittel 6.1 presenteres resultater fra modellering av innlagring og fortynning i nærsonen til utslippspunktet for Enga RA. Disse resultatene er brukt til å diskutere miljøpåvirkning i innblandingssonen. Videre vurderes miljøpåvirkningen fra utslippet innenfor vannforekomsten Sandefjordsfjorden-ytre, basert på overvåkningsdata og gradienter (kap.). I kapittel 6.3 diskuteres miljøpåvirkningen fra utvalgte overløpsutslipp.

6.1. Transport av avløpsvann i resipienten – modellering og vurdering av innblandingssoner

6.1.1. Introduksjon

Sanitært avløpsvann er som ferskvann å regne, og har lavere tetthet enn sjøvann. Når avløpsvannet slippes ut i sjøen vil det som følge av dette stige oppover i vannsøylen. På veggen oppover blandes sjøvann inn i «utslippsskyen» og avløpsvannet fortynnes. Etter hvert vil avløpsvannet få samme tetthet som omkringliggende sjøvann, og utslippet mister dermed sin positive oppdrift. Dermed vil avløpsvannet innlagres, og fraktes videre horisontalt med havstrømmen. Dersom utslippet når overflaten vil innlagring ikke skje, og avløpsvannet vil bre seg utover overflaten. Figur 6-1 viser prinsippet.



Figur 6-1: Figuren er hentet fra Miljødirektoratets veileder M-46/301 Veileder for fastsetting av innblandingssoner, og viser hvordan et typisk sjøutslipp stiger oppover i vannsøylen, før det når overflaten eller innlagres.

Temperatur påvirker også vannets tetthet og dermed hvordan avløpsvann transporteres og fortynnes. For utslipp til sjøen har imidlertid variasjoner i sjøvannets saltholdighet større påvirkning. Saltholdigheten varierer med dybde og i tid. På grunn av tilførsel av ferskvann fra elver og nedbør er det ofte et brakkvannslag i overflatelaget. Dette gir gode forhold for innlagring av avløpsvann, fordi avløpsvannet på sin veg oppover i vannsøylen da vil møte et overflatesjikt med lavere saltholdighet og tetthet, som kan hindre at avløpsvannet trenger helt opp i overflaten.

Strømhastigheten i resipienten påvirker også transport og fortynning av utslipp. Som oftest gir høyere strømhastigheter raskere fortynning, men strømrretningen spiller også inn (38)

Avløpsvannets hastighet gjennom utslippsledningen påvirker også. Høy utslippshastighet gir større turbulens og raskere fortynning. Utslippsledninger ligger ofte horisontalt i vannsøylen. Høy fart ut av utslippsledningen vil dermed gi større transport i horisontal retning, før utslippet begynner å stige oppover i vannsøylen. Dette gir ofte dypere innlagring fordi avløpsvannet allerede er noe fortynnet i det avløpsvannet begynner sin oppdrift.

6.1.2. Grunnlag og metode

Tabell 6-1 viser grunnlaget for modellering av innlagring og fortynning. Modelleringen ble gjort i programvaren Visual Plumes (4).

Tabell 6-1: Grunnlag for modellering av innlagring og fortynning

Utslippsrate	Maksdøgn: 663 l/s Midlet: 275 l/s
Utslippsanordning	Diffusor med seks hull der avstanden mellom hvert hull er 3,25 meter. Hvert hull har en diameter på 180 mm. Ledningsdiameter er 500 mm, og enden på røret er montert med endelukk som dekker 25 % av åpningen.
Utslippsdyp	45 meter
Strøm i resipienten	Lav: 1 cm/s Middels: 5 cm/s
Vertikal sjiktning i resipienten	Benyttede profiler fra vannlokalitetene 01.01-38288 og 01.01-110109 i vannmiljødatabasen: 15.01.2020, 12.02.2020, 18.06.2020, 15.07.2020, 18.08.2020, 15.09.2020, 10.11.2020, 10.02.2021, 10.03.2021, 26.05.2021, 23.06.2021, 11.08.2021, 20.09.2021, 22.11.2021

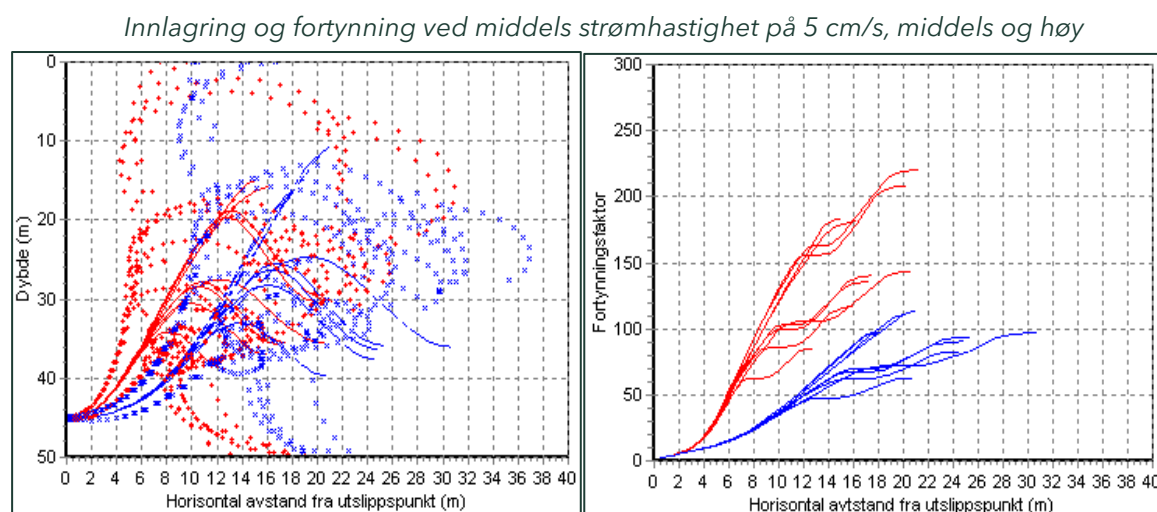
6.1.3. Resultater

6.1.3.1 Innlagring og fortynning ved middels strømhastighet

Figur 6-2 viser resultater fra modellering av innlagring og fortynning med middels strømhastighet på 5 cm/s. Røde linjer representerer middels utslippsrate og blå linjer representerer høy utslippsrate.

Som oftest vil avløpsvannet innlagres på mellom 30 og 40 meters dyp (Figur 6-2, venstre). I perioder med høy saltholdighet i dypvannet og/eller liten vertikal sjiktning, kan avløpsvannet komme høyere opp i vannsøylen, og blandes inn i overflatelaget. Sannsynligheten for at dette skjer, er høyere om vinteren enn om sommeren. Ved modellering basert på middels strømhastighet, kom fire av 14 strålebaner høyt opp i vannsøylen. Disse fire strålebanene er beregnet ut ifra hydrografiske måleprofiler fra januar, februar og mars.

På vegen mot innlagringsdypet, fortynnes avløpsvannet ca. 60-220 ganger i omkringliggende sjøvann (Figur 6-2, høyre). Det oppnås høyere fortynning ved middels utslippsrate, enn ved høy utslippsrate.



Figur 6-2: Til venstre: strålebaner for utslippet fra Enga RA. Heltrukne linjer viser senter av utslippsskyen, prikker viser utslippsskyens yttergrense. Utslipptet er mest konsentrert i sentrum og mest fortynnet i utkanten. Rødt representerer middels utslippsrate, blått representerer høy utslippsrate. Til høyre: Gjennomsnittlig fortynning i utslippsskyen, fra utslippspunktet på veg til innlagringsdypet. Rødt representerer middels utslippsrate, blått representerer høy utslippsrate.

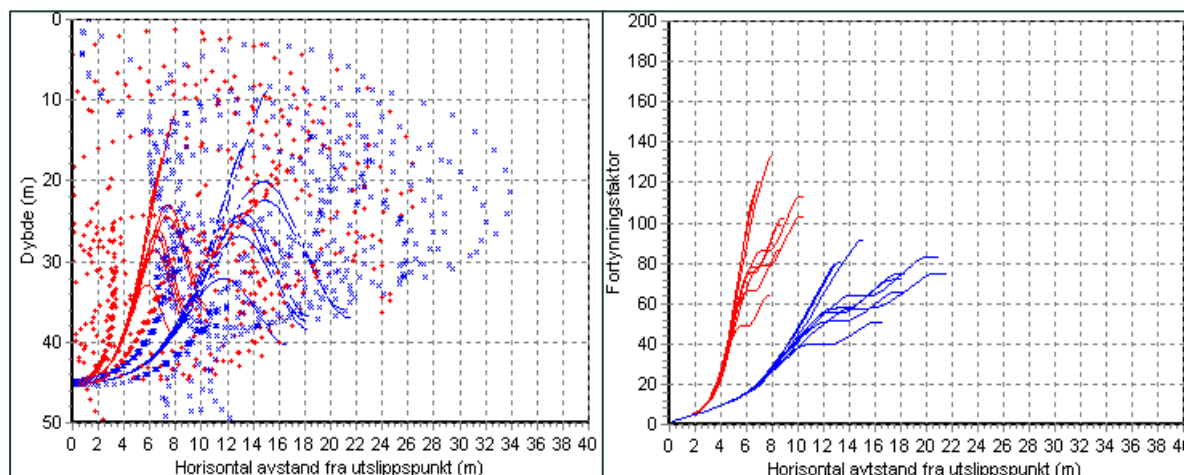
6.1.3.2 Innlagring og fortynning ved lav strømhastighet

Figur 6-3 viser resultater fra modellering av innlagring og fortynning med lav strømhastighet i resipienten på 1 cm/s. Røde linjer representerer middels utslippsrate og blå linjer representerer høy utslippsrate.

Modelleringsresultatene viser liknende innlagring som resultatene presentert for middels strømhastighet. Innlagring skjer stort sett på 30-40 meters dyp. I perioder kan avløpsvannet komme høyere opp i vannsøylen og innblandes i overflatelaget.

I perioder med lav strømhastighet i fjorden, oppnås mindre fortynning på vegen mot innlagringsdypet. Resultatene fra modellering viser en fortynning på 50-140 ganger.

Innlagring og fortynning ved lav strømhastighet på 1 cm/s, middels og høy utslippsrate



Figur 6-3: Til venstre: strålebaner for utslippet fra Enga RA. Heltrukne linjer viser senter av utslippsskyen, prikker viser utslippsskyens yttergrense. Utslipet er mest konsentrert i sentrum og mest fortynnet i utkanten. Rødt representerer middels utslippsrate, blått representerer høy utslippsrate. Til høyre: Gjennomsnittlig fortynning i utslippsskyen, fra utslippspunktet på veg til innlagringsdypet. Rødt representerer middels utslippsrate, blått representerer høy utslippsrate.

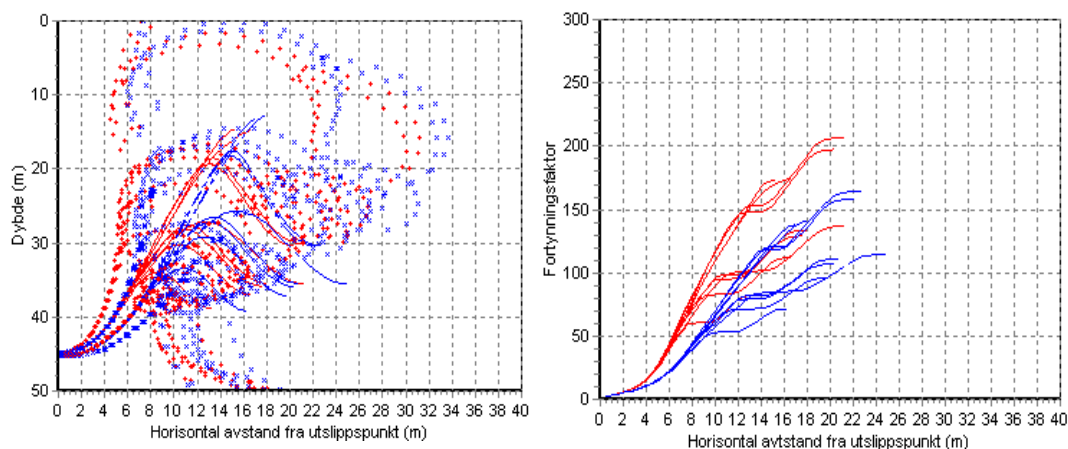
6.1.3.3 Innlagring og fortynning - utslippsrater i 2040

Figur 6-4 viser resultater fra modellering av innlagring og fortynning av fremskrevet avløpsmengde i 2040. Alternativ A innebærer en øking på 10 %, og at dagens geografiske utstrekning på rensedistriktet videreføres. Alternativ B innebærer en økning på 62 %, som følge av utvidelser i rensedistriktet (jfr. kap. 7.1.2).

Begge scenarier viser liknende resultat for innlagring, som for scenariene presentert i foregående kapitler. Innlagring vil stort sett skje på 30-40 meters dyp. I perioder kan avløpsvannet komme høyere opp i vannsøylen og innblandes i overflatelaget.

For scenario A oppnås en høyere fortynning på vegen mot innlagringsdypet (130-200 ganger), sammenliknet med for scenario B (75-120 ganger).

*Innlagring og fortynning i 2040 - fremskrevet alternativ A og B - middels strømhastighet -
middels utslippsrate*



Figur 6-4: Til venstre: strålebaner for utslippet fra Enga RA. Heltrukne linjer viser senter av utslippsskyen, prikker viser utslippsskyens yttergrense. Utslipet er mest konsentrert i sentrum og mest fortynnet i utkanten. Rødt representerer scenario A i 2040, blått representerer scenario B i 2040. Til høyre: Gjennomsnittlig fortynning i utslippsskyen, fra utslippspunktet på veg til innlagringsdypet. Rødt representerer scenario A i 2040, blått representerer scenario B i 2040.

6.1.4. Vurdering av innblandingssonen basert på resultater fra modellering

Resultater fra modelleringen, indikerer at utslippet fra Enga RA, under de fleste forhold, vil innlagres på dypt vann (30-40 meter). I perioder, særlig vinterstid, kan avløpsvannet komme høyere opp i vannsøylen og innblandes i det produktive overflatelaget.

Innlagring skjer få meter fra utslippspunktet. På vegen mot innlagringsdypet oppnås en fortynning på mellom 60 og 220 ganger (gjennomsnitt i utslippsskyens tverrsnitt). I perioder med middels utslippsrate og middels strømhastighet i resipienten - altså under forhold som antas å være representative for «normalen» - oppnås stort sett en fortynning på 100-300 ganger.

6.1.4.1 Størrelsen på innblandingssonen

Innblandingssonen for nitrogen og fosfor

Tabell 6-2 viser konsentrasjoner av nitrogen og fosfor i avløpsvannet, etter hvert som det fortynnes i resipienten. Bakgrunnskonsentrasjonen er beregnet ut ifra data fra stasjon SF3 innhentet i 2021 (2). Konsentrasjonen i renset avløpsvann er hentet fra renseanleggets årsrapport for 2022 (8).

For fosfor er innblandingssonen der grenseverdien mellom god og moderat overstiges, svært begrenset. 100 gangers fortynning er tilstrekkelig for å komme innfor grenseverdi for god økologisk tilstand. Dette vil stort sett oppnås på veg mot innlagringsdypet, få meter fra utslippspunktet. Det er altså ikke noe som tyder på at utslippet fra Enga RA, gir en direkte overkonsentrasjon av fosfor i resipienten.

Tabell 6-2: Beregning av konsentrasjoner i avløpsvann, etter hvert som det fortynnes i resipienten. Konsentrasjon etter fortynning er sammenstilt med grenseverdier i Klassifiseringsveileder 02:2018 (25).

	Konsentrasjon i utslippet (µg/l)	Konsentrasjon i resipient (µg/l)	Grenseverdi G/M veileder 02:2018	Konsentrasjon etter fortynning i resipienten (µg/l)		
				100x	200x	300x
N sommer	29 000	220	330	508	364	316
P sommer	300	10	16	13	11	11
N vinter	29 000	280	380	567	424	376
P vinter	300	19	25	22	20	20

For nitrogen trengs større fortynning; beregningene presentert i Tabell 6-2 viser at avløpsvannet må fortynnes ca. 300 ganger før konsentrasjonen kommer innenfor grenseverdien for god tilstand. Resultatene fra modelleringen, indikerer at denne fortynningsgraden ikke vil oppnås i primærfortynningen på veg mot innlagringsdypet. Etter innlagring vil avløpsvannet fortsatt fortynnes i vannmassene, men dette vil skje saktere. Det er ikke gjort mer storskala modellering for å anslå innblandingssonen for nitrogen.

Merk at grenseverdiene for nitrogen og fosfor i resipient gjelder for konsentrasjonen i overflatelaget (0-10 meter). Under de fleste forhold, vil avløpsvannet innlagres dypere enn dette. Ved dyp innlagring vil utslippet i liten grad bidra direkte til overkonsentrasjoner av nitrogen og fosfor i overflatelaget, i nærheten til utslippspunktet. Under forhold der avløpsvannet kommer høyt opp i vannsøylen, særlig vinterstid, kan utslippet gi en målbar gradient med høyere konsentrasjon av nitrogen og fosfor i nærheten av utslippspunktet.

Selv om utslippet under de fleste forhold, sannsynligvis ikke gir en direkte og målbar overkonsentrasjoner av nitrogen og fosfor i overflatelaget rundt utslippspunktet, vil videre transport og omsetting av næringssalter i resipienten, potensielt kunne gi en miljøpåvirkning. Dette er nærmere omtalt i neste delkapittel.

Innblandingssonen for tungmetaller

Vi har valgt å se nærmere på kobber og sink i dette delkapittelet, på grunn av konsentrasjonen av disse metallene i rensed avløpsvann, jfr. kap. 2.2.2.2. Tabell 6-3 viser konsentrasjoner av kobber og sink i avløpsvannet, etter hvert som det fortynnes i resipienten. Konsentrasjonen i rensed avløpsvann er hentet fra renseanleggets årsrapport for 2022 (8).

For å vurdere bakgrunnskonsentrasjonen av kobber og sink i Sandefjordsfjorden, er data hentet ut fra Vannmiljødatabasen. Det er lite data fra prøvetaking av tungmetaller i sjøvann i Sandefjordsfjorden-ytte. Norconsult samlet prøver ved to stasjoner ved Tranga i 2017 og

2018. De fleste av disse prøvene ser ut til å være tatt med passive prøvetakere, og viser lave konsentrasjoner av sink og kobber, tilsvarende tilstandsklasse I svært god. Én enkeltprøve ser ut til å være tatt som vanlig vannprøve, og konsentrasjonen i denne prøven tilsvarer tilstandsklasse II god, for både sink og kobber. I Tabell 6-3 er fortynningen beregnet med utgangspunkt i bakgrunnskonsentrasjoner tilvarende denne enkeltprøven.

Tabell 6-3: Beregning av konsentrasjoner i avløpsvann, etter hvert som det fortynnes i resipienten. Konsentrasjon etter fortynning er sammenstilt med grenseverdier i Veileder M608 (10).

	Konsentrasjon i utslippet (µg/l)	Konsentrasjon i resipient (µg/l)	Grenseverdi kl.II M608	Konsentrasjon etter fortynning i resipienten (µg/l)		
				100x	400x	500x
Sink	196	3,0	3,4	4,9	3,5	3,4
Kobber	40,5	1,0	2,6	1,4	1,1	1,1

Beregningene viser at kobber raskt vil fortynnes til en konsentrasjon tilnærmet lik bakgrunnskonsentrasjonen. Innen avløpsvannet når innlagingsdypet, er gjennomsnittlig konsentrasjon i utslippsskyen innenfor tilstandsklasse II, god.

For sink trengs større fortynning for å nå grenseverdien for klasse II, god. Beregningene viser at gjennomsnittlig konsentrasjon i utslippsskyen når tilstandsklasse god etter 400-500 gangers fortynning i resipienten. Denne fortynningsgraden oppnås ikke i primærfortynningen på veg mot innlagingsdypet. Etter innlagring vil avløpsvannet fortsatt fortynnes i vannmassene, men dette vil skje saktere. Fortynningsberegningene er imidlertid svært følsomme for konsentrasjonen i resipient. Siden konsentrasjonen i resipienten er lite kjent, er dermed beregningene svært usikre.

6.1.4.2 Miljøpåvirkning som følge av avløpsvann i overflaten

Utslippsledningen fra Enga RA er utformet for å oppnå rask fortynning og dyp innlagring av avløpsvannet. Likevel kan det være perioder, særlig vinterstid, der avløpsvannet kommer høyere opp i vannsøylen og innblandes i overflatelaget.

Det er ikke mulig å kvantifisere hvilken effekt dette har på økosystemet i Sandefjordsfjorden. *Prinsipielt* kan avløpsvann i overflaten medføre flere uønskede effekter:

- Avløpsvann i overflaten representerer en «unødvendig» gjødsling av primærproduksjonen i fjorden.
- Avløpsvann i overflaten kan gi en overkonsentrasjon av særlig nitrogen i overflatelaget i nærheten av utslippspunktet.

- Lette, suspenderte partikler kan også komme opp i overflatelaget og potensielt fraktes mot gruntvannsområder slik at problemer med sedimentasjon og nedslamming øker. Sedimentasjon og nedslamming er særlig pekt ut som påvirkningsfaktor på makroalger i fjorden (1), men årsaken er sannsynligvis kompleks og i hvilken grad utslippet fra renseanlegget er en årsak er ikke mulig å fastslå.
- Avløpsvann i overflaten øker risikoen for transport av smittestoffer til badeplasser.

6.2. Miljøpåvirkning i Sandefjordsfjorden-ytre: nærstasjoner og gradienter

De neste delkapitlene gir en oversikt over hva nærstasjoner og miljødata fra ulike avstander til utslippspunktet forteller om miljøpåvirkningen fra utslippet fra Enga RA.

6.2.1. Miljøpåvirkning i vannmassene – næringssalter, planteplankton og oksygen

Miljøtilstanden mhp. næringssalter, planteplankton og oksygen i vannmassene, har kun blitt overvåket systematisk på stasjon SF1/SF3 av Fagrådet for Ytre Oslofjord, jfr. kap.

4.6.1.1. Resultater fra perioden 2019-2022 har indikert svært god økologisk tilstand for næringssalter og planteplankton og god økologisk tilstand for oksygen.

Resultatene tyder på at utslippet fra Enga RA har liten innvirkning på miljøtilstanden i vannmassene. Tilgjengelig datagrunnlag kan ikke brukes til å si noe om gradienter i resipienten.

6.2.2. Miljøpåvirkning på bunnfauna og oksygenforhold

Undersøkelsen av bløtbunnsfauna i 2018 (6), jfr. kap. 4.6.1.1, viste god økologisk tilstand på fire undersøkte stasjoner. Den sørligste stasjonen, som hadde størst avstand til utslippet fra Enga RA, hadde noe høyere artsrikhet enn de tre andre stasjonene, som befinner seg innen en radius på 500 meter fra utslippspunktet. Det er ikke mulig å fastslå årsaken til dette, men utslippet fra Enga RA kan ha en lokal påvirkning på bløtbunnsfaunaen. Siden miljøtilstanden ble klassifisert til god, ser det likevel ut til at utslippet har liten miljøpåvirkning på bløtbunnsfaunaen i Sandefjordsfjorden.

6.2.3. Miljøpåvirkning i fjæresone

Miljøtilstanden mhp. makroalger (maksdypindeks) i Sandefjordsfjorden-ytre har blitt klassifisert til moderat og dårlig de siste årene (1). Der er ikke grunnlag for å kvantifisere hvilken effekt utslippet fra Enga RA har på makroalger. Årsaken til dårlig tilstand er sannsynligvis kompleks, og henger sammen med substratkvalitet, partikkelforurensning og

nedslamming, vannkvalitet og siktedyp. Reduksjon i nedre voksegrense for makroalger er en trend som gjelder generelt for Ytre Oslofjord, og dårligere lysforhold og nedslamming er pekt ut som viktige årsaker (5).

6.2.4. Miljøpåvirkning fra utslipp av miljøgifter

Tungmetaller i avløpsvann vil befinne seg i både partikkelbundet og oppløst form. Partikler vil sedimentere og kan forurenske området rundt utslippspunktet. Små partikler sedimenterer saktere og vil fraktes lenger med strømmen før sedimentasjon. Tungmetaller i oppløst form vil fraktes og fortynnes i vannmassene.

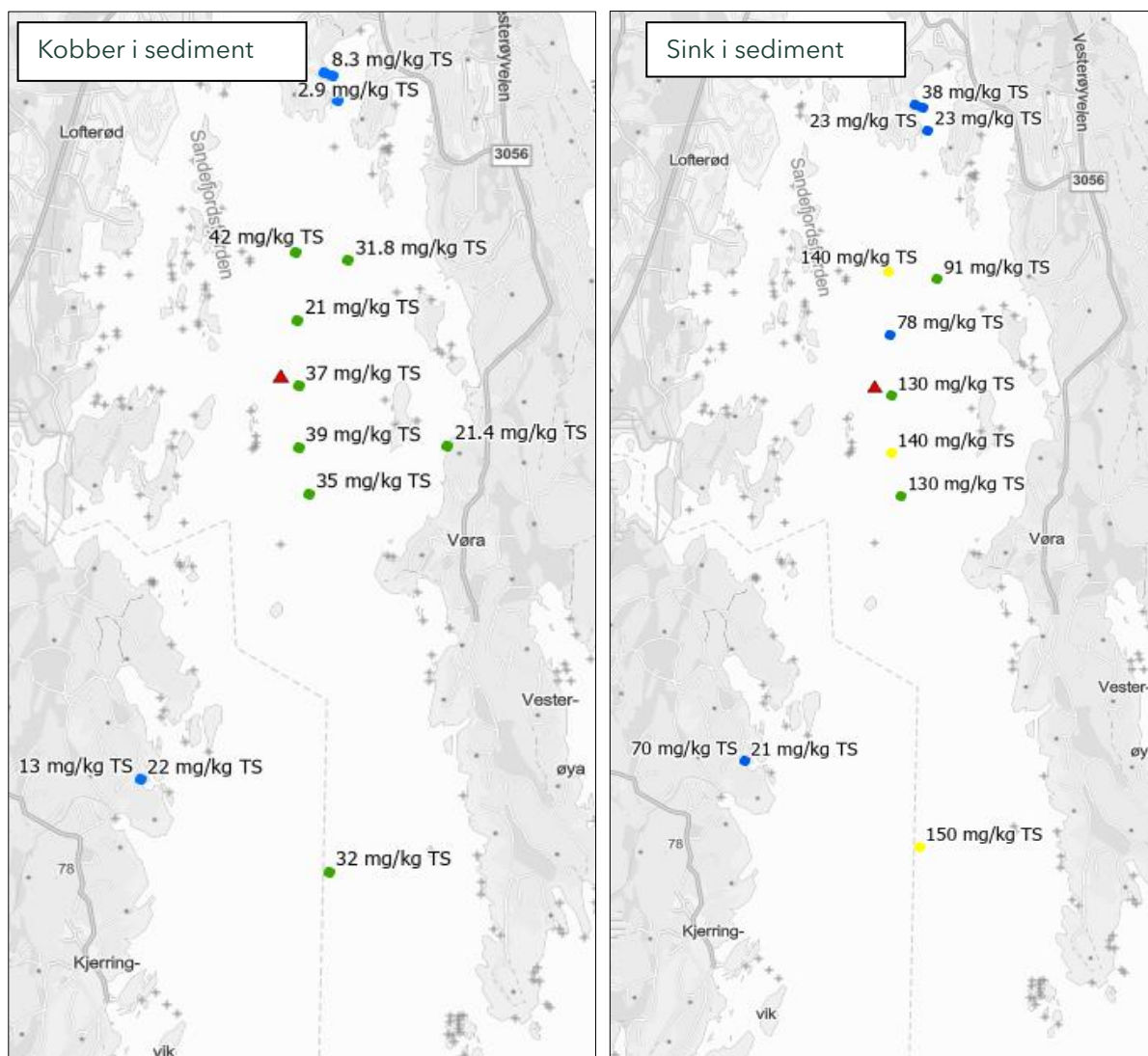
Som diskutert i kap. 0, er det kobber og sink som har de høyeste overkonsentrasjonene i rensert avløpsvann, sammenliknet med grenseverdier i sjøvann. For å forsøke å belyse i hvilken grad disse tungmetallene forurensker området rundt utslippet fra Enga RA, er miljøgiftdata fra Vannmiljødatabasen for de siste ti årene gjennomgått. Det aller meste av innsamlede data er fra tungmetaller i sediment.

Figur 6-5 viser tilstandsklassen for kobber og sink ved undersøkte stasjoner.

Miljøtilstanden mhp. kobber var god eller svært god på undersøkte stasjoner.

Miljøtilstanden mhp. sink var innenfor tilstandsklassene moderat til svært god. Det er ingen tydelig gradient fra utslippspunktet. Tilgjengelige data kan ikke påvise noen miljøpåvirkning fra utslipp av kobber og sink fra renseanlegget.

For tungmetaller i vann eller biota, finnes det ikke tilstrekkelig med data til å kunne vurdere miljøpåvirkning fra avløpsutslippet og eventuelle gradienter.



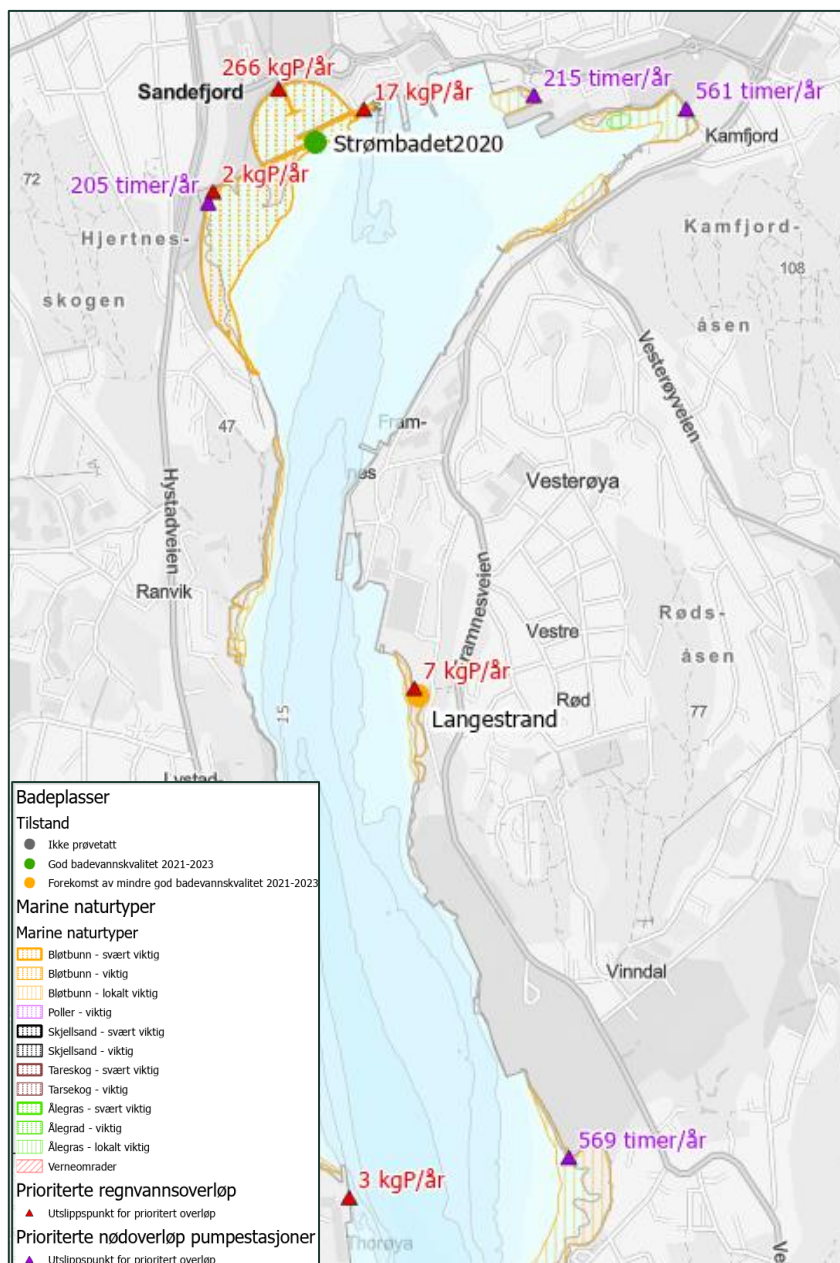
Figur 6-5: Stasjoner som er undersøkt mhp. kobber og sink i sediment, de siste 10 år. Konsentrasjonen ved hver stasjon er indikert i kartet. Fargene indikerer tilstandsklasse iht. Veileder M608 (10).

6.3. Miljøpåvirkning fra overløpsutslipp

6.3.1. Miljøpåvirkning fra overløp til sjø

6.3.1.1 Overløp til indre Sandefjordsfjorden

Figur 6-6 viser utslipp fra prioriterte overløp til indre deler av Sandefjordsfjorden. For regnvannsoverløpene vises modellerte fosforutslipp. For nødoverløp fra pumpestasjoner er kun antall timer i overløp kjent. Det er derfor ikke grunnlag for å gjøre en beregning av totale utslippsmengder, basert på disse dataene. Det er mulig å estimere overløpsutslipp fra avløpspumpestasjoner ut ifra tilknytningen i pumpesonene, men dette er ikke gjort i forbindelse med denne resipientvurderingen.



Figur 6-6: Badeplasser, marine naturtyper og utslippspunkter for prioriterte overløp. Røde trekkanter er punkter som har hatt utslipp fra regnvannsoverløp. Utslippene er markert med gjennomsnittlig utslippsmengde for fosfor i perioden 2020-2022, fra hydraulisk avløpsmodell (usikre data). Lilla trekkanter viser utslippspunkter for prioriterte nødoverløp fra pumpestasjoner. Disse er markert med gjennomsnittlig antall timer i overløp for perioden 2020-2022.

Det er en del overløpsutslipp innerst i fjorden, ved småbåthavn og badeplass. Området er sårbart, både med hensyn på brukerinteresser og naturmiljø. Det er registrert naturtyper av ålegras og bløtbunn i området. Til tross for overløpsutslippene, har badevannsprøver ved Strømbadet vist god badevannskvalitet de tre siste årene. Ved Langestrand har det forekommet badevannsprøver med dårlig badevannskvalitet.

PSP 201 Vindal har nødoverløp til Roabukta. Her er det registrert en god del overløp i perioden 2020-2022. Utslipet er like ved hardbunnstasjonen G9, som har blitt overvåket av Fagrådet for Ytre Oslofjord. Ved undersøkelser i 2021, ble det observert høy forekomst av opportunistiske alger, som typisk favoriseres av høy næringstilførsel (1).

Overløpsutslippet kan være en årsak til dette. I tillegg ble det observert mye andefugl og fugleavføring, noe som også kan gi en lokal gjødsling.

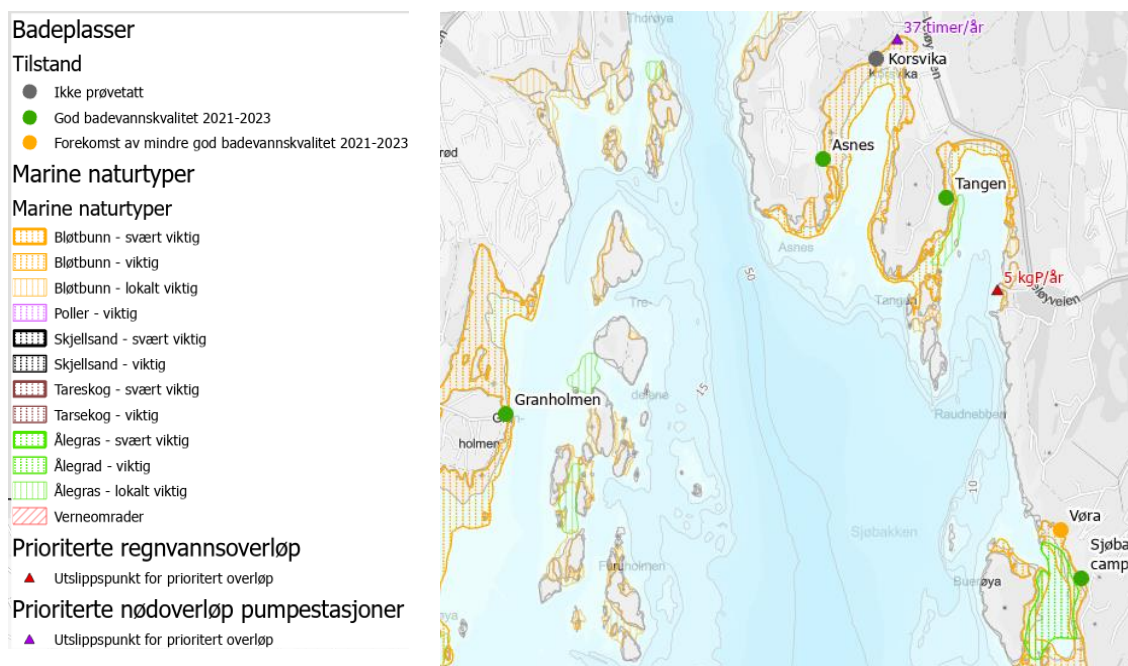
Undersøkelse av bløtbunnsfauna i indre fjord i 2022, indikerte god økologisk tilstand mhp. eutrofieringsrelevante indekser (22). Samtidig ble det observert lite artsmangfold og vegetasjon, og mye trådalger i fjæra. Det er likevel for lite kunnskap om vannkvalitet og miljøtilstand mhp. næringssalter og organisk belastning i indre del av fjorden, til at det er mulig å si noe sikkert om lokal miljøpåvirkning fra overløpsutslipp. Basert på sårbarhet, mulige sumbelastninger og brukerinteresser, er det stor risiko for at overløp til denne delen av fjorden har vesentlig negativ miljøpåvirkning.

6.3.1.2 Overløp til ytre Sandefjordsfjorden

I Sandefjordsfjorden-ytre er det to overløpspunkter som er utpekt som prioriterte av kommunen (Figur 6-7) – pumpestasjon PSP208 Korsvik har nødoverløp til Korsvika, mens regnvannsoverløp 208 Buer har overløp til Tangenbukta.

Både Korsvika og Tangenbukta har mange flytebrygger og små og store badeplasser. Overløp går til bløtbunnsområder registrert som «viktige» i naturbase.

Forurensningsutslippet fra disse overløpene er sannsynligvis ikke spesielt store, og de har nok liten miljøpåvirkning i ytre deler av Sandefjordsfjorden generelt. De kan likevel ha en negativ effekt på brukerinteresser i området. Badevannsprøver fra Asnes og Tangen har vist god badevannskvalitet de siste årene.



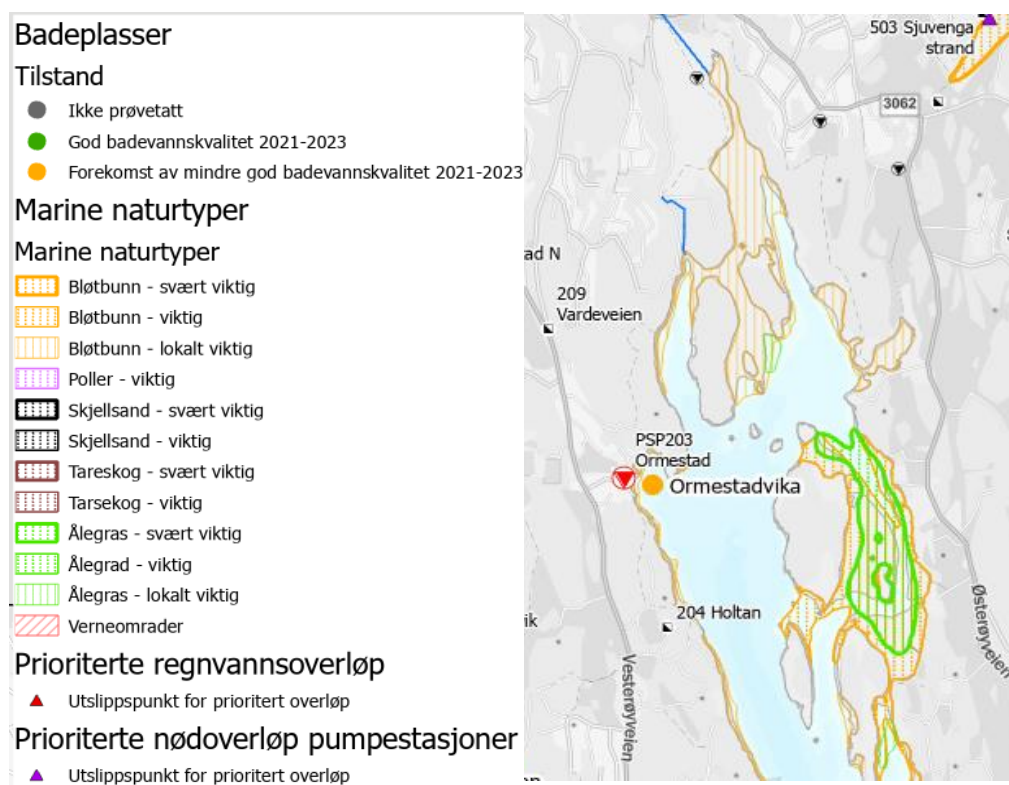
Figur 6-7: Overløp til Sandefjordsfjorden-ytre.

6.3.1.3 Overløp til Mefjorden

Mefjorden er resipient for overløp fra PSP203 Ormestad, og for overløp som kommer med Haslebekken (Figur 6-8). Det var ikke registrert nødoverløp ved pumpestasjonen i Ormestadvika i perioden 2020-2022. Det har likevel vært badevannsprøver med mindre god badevannskvalitet fra Ormestadvika i denne perioden. Årsaken er ikke kjent, men kan skyldes både overløpsutslipp som kommer med Haslebekken, lekkasjer fra spillvannsnett, utslipp fra private avløpsanlegg, avrenning av husdyrgjødsel, fugleavføring m.m. Det er også to ikke-prioriterte driftsoverløp som drenerer til Ormestadvika (Vardeveien og Ormestad N), men utslipp fra disse er trolig lite.

I perioden 2020-2022, er det beregnet et fosforutslipp på i snitt 130 kg P/år fra det prioriterte regnvannsoverløp 405 Sverdstad. Dette regnvannsoverløpet har utslipp til Haslebekken, ca. 1,5 km før utløpet til Mefjorden. Basert på typiske forhold mellom N og P i kommunalt avløpsvann, kan vi estimere et nitrogenutslipp fra dette overløpet på ca. 850 kg/år. Dette utgjør anslagsvis 4 % av de totale nitrogentilførslene til Mefjorden, dersom vi tar utgangspunkt i beregnede totaltilførsler fra rapporten *Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord* (5). For Mefjorden som helhet, har overløpsutslipp sannsynligvis liten eller ubetydelig miljøpåvirkning. For de sårbare gruntvannsområdene i indre del av fjorden, kan utslippene ha en viss betydning, selv om bidraget fra jordbuksavrenning som kommer med Haslebekken trolig er betraktelig større. Gjødsling, partikkelforurensning og nedslamming ved ålegrasenga vil være særlig

uheldig. Det er, så vidt oss bekjent, ikke gjort relevante miljøundersøkelser i denne delen av fjorden, som kan gi informasjon om miljøtilstand og lokal miljøpåvirkning.



Figur 6-8: Overløp PSP203 Ormestad, ved Ormestadvika. Oransje prikk indikerer stasjon for badevannsprøver. Oransje og grønne, skraverter områder er hhv. bløtbunnsområder og ålegrasenger, registrert i Naturbase.

6.3.1.4 Overløp til Tønsbergfjorden (Lahellefjorden)

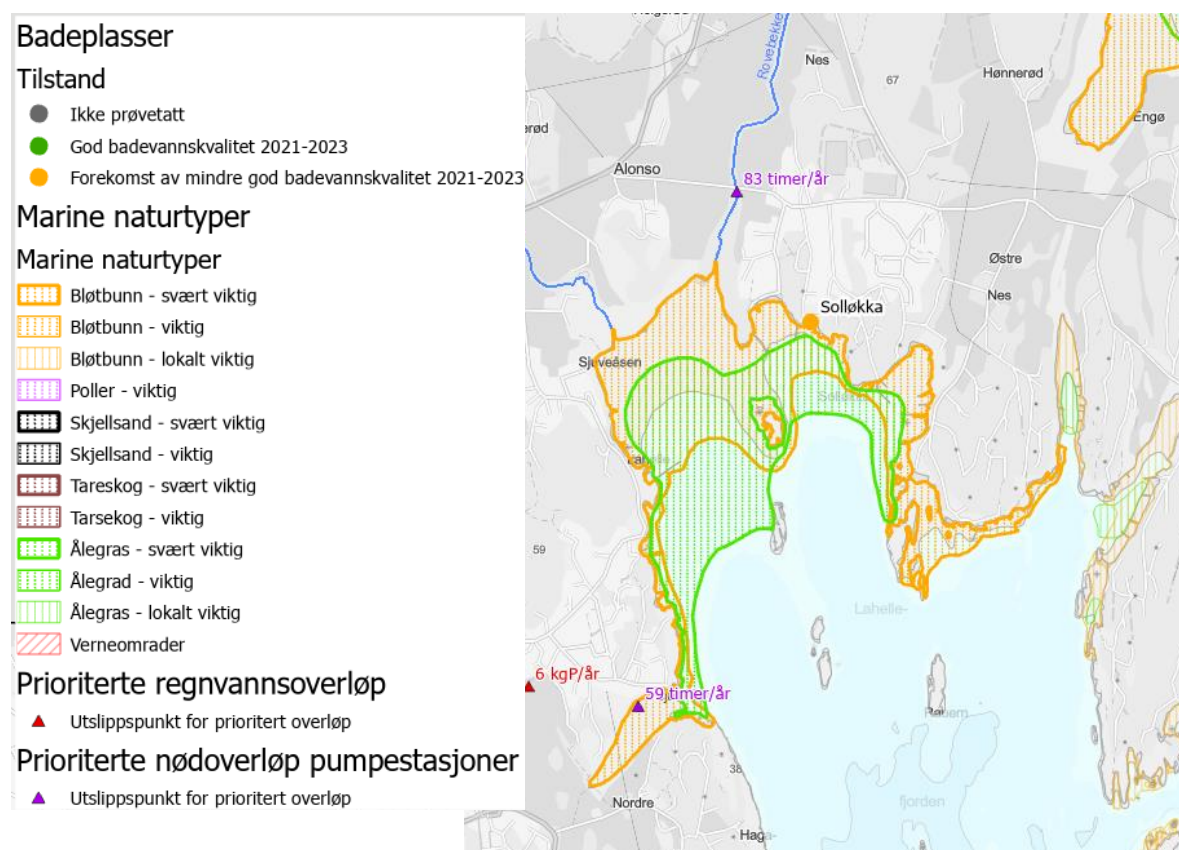
I perioden 2020-2022 var det i snitt 59 timer med nødoverløp per år, fra PSP504 Røysebekk, med utslipp direkte i Røysebekk-kilen. I tillegg var det også noe regnvannsoverløp fra 501 Gokstadskogen, med utslipp til Røysebekken, som ledes videre til Røysebekk-kilen. Utslipp fra 501 Gokstadskogen ble beregnet til 6 kg P/år med kommunens avløpsmodell.

I tillegg er det overløp fra PSP411 Rovebekken, med utslipp til Rovebekken ca. 300 meter før utløpet i fjorden. Her var det i snitt registrert 83 timer med overløp per år i perioden 2020-2022.

Forurensningsutslippene fra disse overløpene er sannsynligvis små, totalt sett. Det er ikke gjort beregninger av utslippsmengder fra de to pumpestasjonene, men pumpestasjonene betjener mindre geografiske områder, og forurensningsutslippene i perioder med overløp blir dermed begrenset. Beregnet utslipp på 6 kg P/år fra regnvannsoverløp 501

Gokstadskogen, er heller ingen stor utslippsmengde sammenliknet med tilførsler fra andre kilder.

For Lahellefjorden/ Tønsbergfjorden generelt, har dermed overløpsutslippene liten miljøpåvirkning. Områdene innerst i Lahellefjorden er imidlertid svært viktige bløtbunnsområder og svært viktige lokaliteter for ålegras, se Figur 6-9. Særlig ålegras er sårbar for gjødslingseffekter, partikkelforurensning og nedslamming. Overløpsutslippene er dermed uheldige, selv om bidrag fra jordbruksavrenning som kommer med Rovebekken og Unnebergsbekken, er større kilder til forurensning i dette området.



Figur 6-9: Overløp til Røysebekk, Røysebekk-kilen og Rovebekken

Ytterst i Røysebekk-kilen er det flere flytebrygger og mindre strender. Her kan det være brukerinteresser som påvirkes negativt av overløpsutslipp til kilen.

6.3.2. Miljøpåvirkning fra overløp til bekker

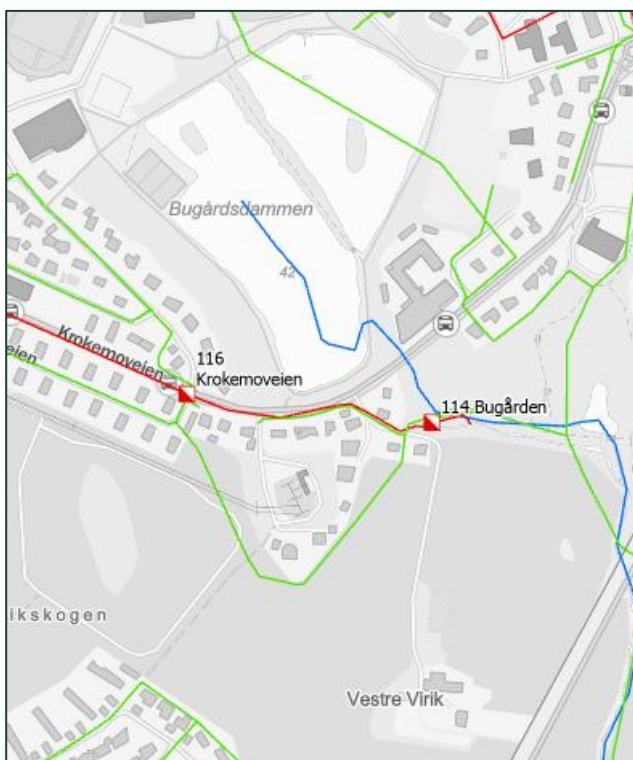
6.3.2.1 Overløp til Virikbekken

I Virikbekken (ID 015-448-R) er det to prioriterte regnvannsoverløp (114 Bugården og 116 Krokemoveien). Det er kun beregnet overløpsmengder for 116 Krokemoveien.

Modellberegningene viser et utslipp på i snitt 2 kg P/år ved dette regnvannsoverløpet.

Virikbekken renner fra Bugårdsdammen (begge overløp befinner seg rett nedstrøms Bugårdsdammen), via samløp med Hanastadbekken (Marumbekken) og ut i Sandefjordsfjorden ved Hemskilen. Forekomsten har dårlig økologisk tilstand, med konsentrasjoner av totalnitrogen og ammonium tilsvarende svært dårlig tilstand, totalfosfor og bunnfauna (ASPT) tilsvarende dårlig tilstand og moderat tilstand for påvekstlger (PIT).

Virikbekken er i stor grad påvirket av jordbruk, og særlig diffus avrenning fra fulldyrket mark som bidrar med næringsstoffer og organisk forurensning. Fysiske endringer av bekken som følge av kanalisering, bekkelukking (ifm. vei og bebyggelse) og lite kantvegetasjon påvirker også bekken.



Figur 6-10: Prioriterte overløp til Virikbekken

Virikbekken er en relativt liten bekk, og vil være sårbar for miljøpåvirkning fra overløpsutslipp. Øverst i Virikbekken er sannsynligvis «urbane» forurensningskilder største påvirkningsfaktor (i tillegg til utsatt gjedde i Bugårdsdammen (34)). Overløpsutslippet som er beregnet til 2 kg P/år fra 116 Krokemoveien er lite, men bekken kan også motta lekkasjer fra spillvannsnett og overløp fra 114 Bugården. Lenger ned i bekken er jordbruksavrenning mer dominerende. Bekken har vært en fin sjørretbekk, og Sandefjord forvaltningsråd for anadrom laksefisk har lagt ut gytegrus i øvre deler av bekken (opp til krysning ved jernbanen). Det skal også tidligere ha vært mye ål nedenfor Virikdammen. Selv om utslippsmengdene fra overløpene til Virikbekken trolig er små, bør tiltak for å redusere overløpsdrift planlegges og sees i sammenheng med andre miljøtiltak i bekken.

6.3.2.2 Overløp til Haslebekken

Overløpet til Haslebekken ble også omtalt i kap. 6.3.1.3, men da for å vurdere miljøpåvirkning i Mefjorden. Overløpets plassering er vist i Figur 6-10. I dette delkapitlet vurderes miljøpåvirkningen i Haslebekken. Regnvannsoverløpet 405 Sverdstad hadde, ifølge kommunens avløpsmodell, et utslipp på 130 kg P/år i perioden 2020-2022.

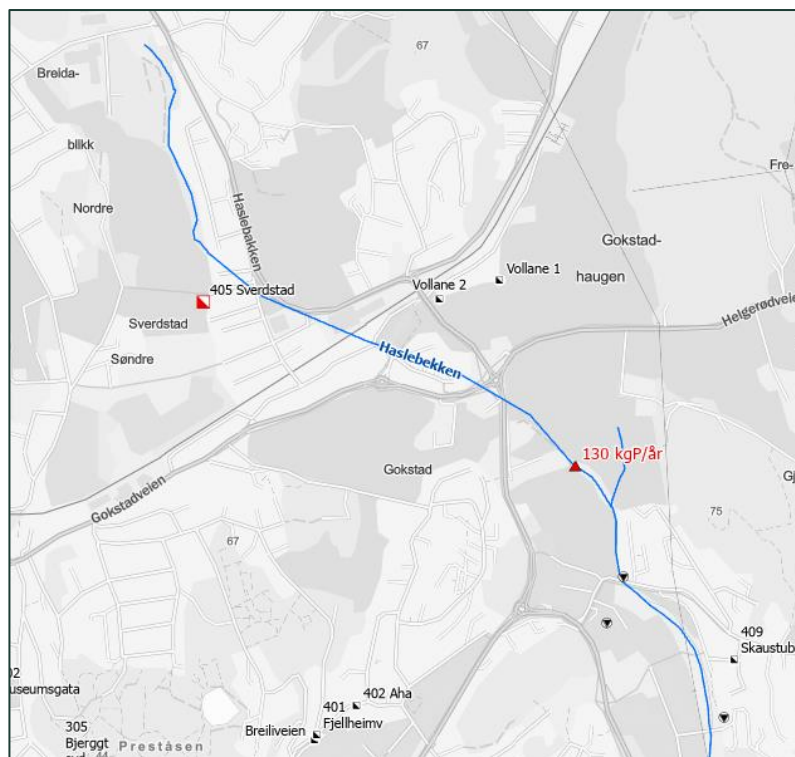
Haslebekken renner gjennom jordbrukslandskap og tettbebyggelse, fra Breidablikk i nord og til utløpet i Mefjorden ved Kastet. Bekken er registrert med svært dårlig økologisk tilstand i vann-nett, basert på en undersøkelse av bunnfauna. Konsentrasjonene av nitrogen og fosfor indikerer også svært dårlig økologisk tilstand.

Ifølge beregninger i nevina.nve.no, har Haslebekken en middelvannføring på ca. 100 l/s. Registrerte fosfordata i vannmiljødatabasen, viser en gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon på 148 µg/l i perioden 2020-2022, noe som er svært høyt. Fosforkonsentrasjonen har variert mellom 56 og 240 µg/l i denne perioden. Svært grove estimater basert på middelvannføring og gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon, indikerer at bekken får tilført ca. 500 kg fosfor per år.

Overløpsutslippet på 130 kg/år utgjør ca. 25 % av dette, men denne modellerte utslippsmengden er som tidligere påpekt svært usikker. Lekkasje fra spillvannsnett kan også være en vesentlig forurensningskilde. Dersom Haslebekken skal oppnå god økologisk tilstand mhp. fosfor bør tilførselene til bekken reduseres med ca. 400 kg/år.

Haslebekken har potensial for å være en god sjørretbekk (34). I tillegg renner Haslebekken ut i

viktige bløtbunnsområder og i nærheten av svært viktig forekomst av ålegras. Overløpet 501 Gokstadskogen bør derfor være et høyt prioritert innsatsområde for Sandefjord kommune.



Figur 6-11: Prioritert regnvannsoverløp til Haslebekken. Utslippspunkt er markert med rød trekant.

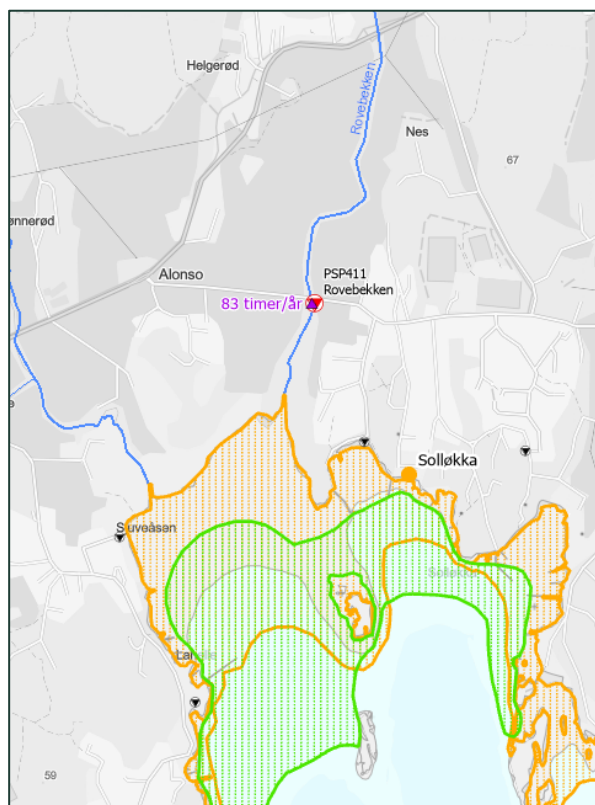
6.3.2.3 Overløp til Rovebekken

Rovebekken mottar overløp fra pumpestasjon PSP411 Rovebekken (Figur 6-12). I gjennomsnitt er det registrert 83 timer med overløp per år i perioden 2020-2022. Pumpestasjonen betjener Solløkka, med ca. 600 bosatte (SSB befolkningsdata på rutenett 2021).

Rovebekken er klassifisert med dårlig økologisk tilstand i Vann-nett. Grunnlaget for denne klassifiseringen er undersøkelse av bunnfauna i perioden 2016-2019, samt en faglig vurdering av tilstanden for sjørret. Konsentrasjonen nitrogen har vært svært høy, tilsvarende svært dårlig økologisk tilstand.

Rovebekken mottar også avrenning fra Sandefjord lufthavn. I 2022 hadde flyplassen utslipp av 1 tonn glykolholdig avisningsvæske, og Rovebekken ansees som viktigste resipient (norskeutslipp.no). Avrenning fra jordbruksarealer og utslipp fra private avløpsanlegg er også forurensningskilder til Rovebekken. Disse er sannsynligvis større kilder til nitrogen og fosfor enn overløpet. I perioder med overløp, kan dette likevel gi en vesentlig miljøbelastning.

Rovebekken har en bestand av sjørret, og anadrom strekning er på ca. 2 km. Bestandstilstanden er vurdert til *moderat* av Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (31), og landbruk er oppgitt som viktigste påvirkningskilde. Rovebekken renner ut i et svært viktig gruntvannsområde med bløtbunn og ålegras. Det er altså flere viktige naturkvaliteter som bør ivaretas ved å gjennomføre forurensningsreducerende tiltak. Reduksjon i overløpsutslipp vil være et positivt tiltak som bør sees i sammenheng med andre typer tiltak.



Figur 6-12: Overløp fra pumpestasjon PSP411 til Rovebekken.

7. Framtidig utvikling og behov for utslippsbegrensninger for å nå miljømålet

De neste delkapitlene viser prognoser tilknytning, utslippsmengder og miljøpåvirkning i et 30-års perspektiv, og diskuterer hvilke utslippsbegrensninger som vil være nødvendige for å oppnå miljømål og unngå miljøforringelse.

7.1. Utvikling i tilførte avløpsmengder til Enga RA

7.1.1. Befolkningsprognose

Befolkningsvekst i Sandefjord kommune er hentet fra SSBs tabell 13600, hovedalternativet (Tabell 7-1). Det forventes ca. 10 % befolkningsvekst i perioden 2022-2040, og ca. 13 % befolkningsvekst i perioden 2022-2050.

Tabell 7-1: Befolkningsvekst i Sandefjord kommune fra 2023 til 2050 (39)

	2023	2040	2050
Sandefjord kommune	65 511	71 160	73 317

7.1.2. Hovedscenarier for tilknytning til Enga RA

Det er ikke forventet vesentlige endringer i avløpssystemet og tilførsler til Enga RA de neste 10 årene.

På sikt er det forventet at Sandefjord får krav om nitrogenrensing. Sandefjord kommune planlegger for å kunne innfri dette så raskt som mulig. Mest sannsynlig vil dagens anlegg oppgraderes for å kunne innfri dette kravet. Kommunen ser for seg to hovedalternativer for framtidig avløpssystem i Sandefjord:

- A) Videreføring av dagens løsning i Sandefjord. Enga RA vil fortsatt ta imot avløpsvann fra geografiske områder som i dag er tilknyttet renseanlegget (Sandefjord rensedistrikt).
- B) Overføring av avløp Vårnes, Fossnes, Andebu og Bekkevika (Færder kommune), til Enga RA.

Tabell 7-2 viser grove pe-estimat for de to alternativene, basert på generell befolkningsvekst på kommunenivå (SSB, hovedalternativet).

Tabell 7-2: Estimert antall pe i tilførsler til Enga RA, basert på generell befolkningsvekst, for ulike alternativer for avløpssystem i kommunen

Scenario	pe 2022	2022-2040		2022-2050	
		pe 2040	Økning	pe 2050	Økning
Alt. A	77 800	85 580	10 %	87 914	13 %
Alt. B	-	125 853	62 %	128 387	66 %

7.1.3. Andre planer som kan påvirke tilknytningen til Enga RA

I forrige delkapittel ble pe-belastningen til Enga RA framskrevet ut ifra forventet befolkningsvekst og eventuelle større endringer avløpssystemet (alt. B). Vi er ikke kjent med andre, store utviklingsplaner, som kan gi vesentlig økt forurensningsbelastning til Sandefjordsfjorden eller Mefjorden, eller vesentlig økt tilknytning til Enga RA.

Det er sannsynlig at flere eksisterende fritidsboliger langs Sandefjordsfjorden vil tilknyttes offentlig avløpsnett i årene som kommer. Dette vil i så fall gi noe økt tilknytning til Enga RA, men er ikke medberegnet i pe-framskrivingen. Ved tilknytning av fritidsboliger til offentlig nett, vil de totale utslippene til fjorden reduseres, på grunn av høyere rensegrad ved Enga RA enn det som er forventet ved eksisterende, private avløpsanlegg.

7.2. Kan klimaendringer øke fjordens sårbarhet?

Det er forventet at klimaendringer vil ha en vesentlig innvirkning på marine økosystemer. Med klimaendringene vil temperaturen i fjorder og kystvann øke og pH reduseres. Dette kan gi bl.a. endret utbredelse av marine arter, endrede habitatforhold, lavere oksygenkonsentrasjoner i vannmassene, økt energibehov og endret adferd hos marine organismer (40). Økt avrenning fra land som følge av økt nedbørintensitet kan gi økte tilførsler av partikler og organisk stoff, som kan gi mørkere vann og mindre lysgjennomtregning i vannmassene. Det er allerede observert en endring i utbredelsen av makroalger og en drastisk reduksjon i sukkertareskogen (41). Ålegrasenger kan også være særlig sårbare for effekter av et endret klima (42).

Klimaendringer vil gjøre Sandefjordsfjorden og ytre deler av Oslofjorden mer sårbar for utslipp fra menneskelig aktivitet. Økte temperaturer og økt avrenning fra land kan forsterke tendenser til eutrofiering. Økte problemer med oksygensvinn i dypvannet kan gi ulevelige forhold for bunnlevende organismer i større områder. Eksisterende miljøpåvirkninger kan på denne måten forsterkes som følge av klimaendringer.

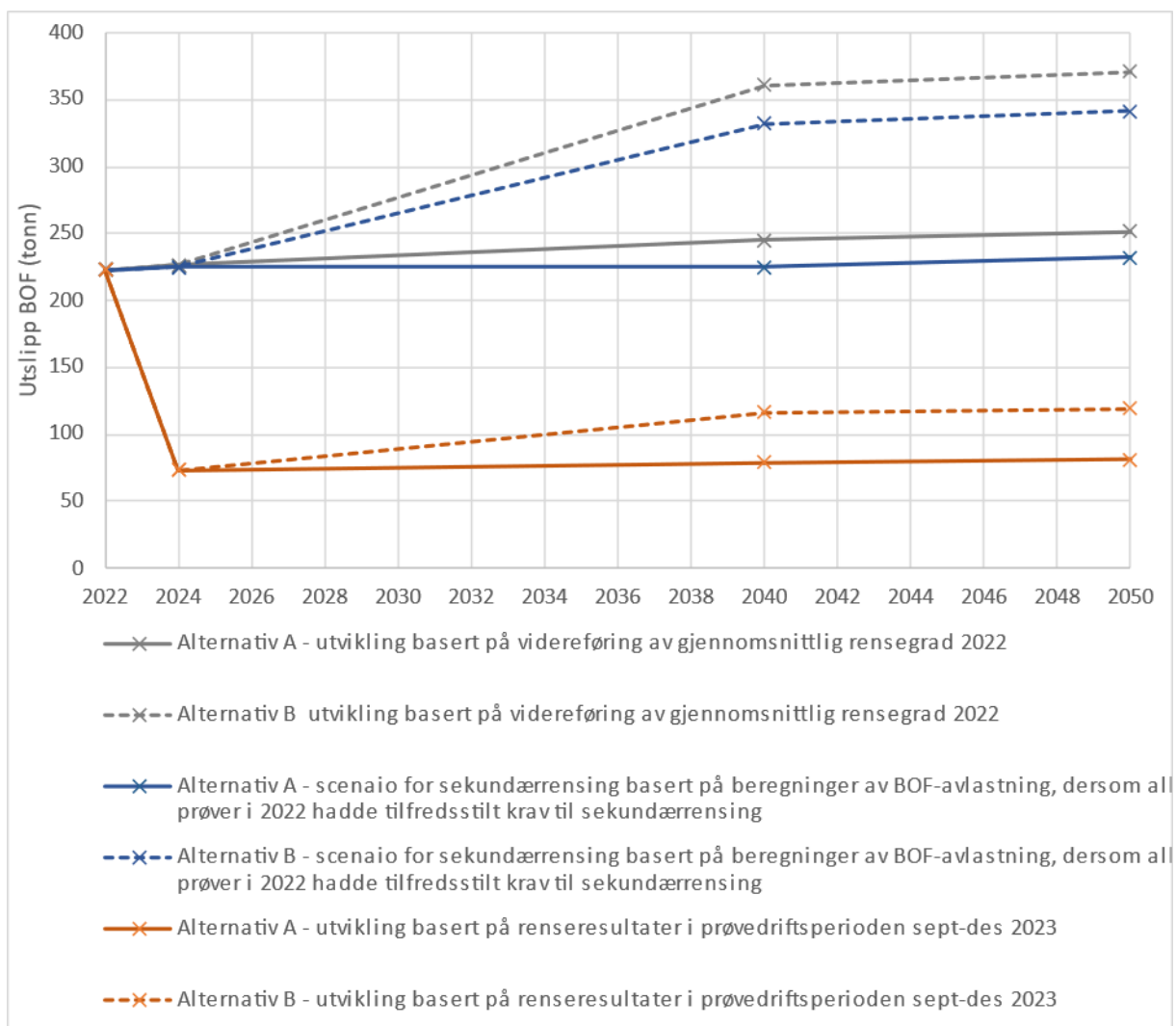
7.3. Framtidige utslipp av organisk stoff

Figur 7-1 viser ulike prognoser for utslipp av organisk stoff fra Enga RA. Heltrukne linjer viser utslipp for alternativ A (dagens rensedistrikt videreføres) mens stiplede linjer viser utslipp for alternativ B (tilknytning av flere eksisterende rensedistrikt til Enga RA). For å illustrere effekten av ulike rensegrader vises flere alternativer i figuren:

- Grå linjer viser utvikling dersom gjennomsnittlig rensegrad fra 2022 hadde blitt videreført – altså dersom anlegget ikke hadde blitt oppgradert til sekundærrensing. Rensegraden for BOF var på ca. 75 % i 2022, noe som er innenfor sekundærrensekravet. Sekundærrensekravet ble likevel ikke overholdt i 2022 på grunn av variasjoner i resultatene og overskridelse av kravet i flere prøver.
- Blå linjer viser utvikling ved et mulig «minimumsscenario» for etablering av sekundærrensing. Beregningen er basert på BOF-reduksjon dersom alle prøver fra 2022 hadde tilfredsstilt kravene. Denne økte rensegraden er videreført fram til 2050, med tillegg for generell vekst i folketall/tilknytning.
- Oransje linjer viser utvikling dersom renseresultater fra prøvedriftsfasen i perioden september til desember 2023 videreføres. Dette gir en vesentlig utslippsreduksjon sammenliknet med utslipp i 2022, selv for alternativ B.

Basert på resultater fra prøvedrift av Enga RA i 2023, forventes det altså en vesentlig utslippsreduksjon for organisk stoff fra Enga RA, sammenliknet med utslippene i 2022. Dette gjelder også dersom avløp fra Andebu, Fossnes, Bekkevika og Vårnes overføres til Enga RA.

Dersom etablering av sekundærrensing kun hadde gitt en liten utslippsreduksjon (tilvarende «minimumsscenariet» i Figur 7-1), ville totale utslipp av organisk stoff fra Enga RA økt ved tilknytning av Andebu, Fossnes, Bekkevika og Vårnes, sammenliknet med utslippene i 2022.



Figur 7-1: Prognoser for utvikling i utslipp av organisk stoff, for ulike scenarier. Økt rensegrad som følge av oppgradering av Enga RA er medregnet fra 2024. Økt tilknytning som følge av utvidelse av rensedistriktet i alternativ B, er medregnet fra 2040.

Som diskutert i kap. 6.2, er det vanskelig å kvantifisere hvilken effekt utslipp av organisk stoff fra Enga RA har hatt i resipienten. Miljøtilstanden i vannmassene er god, og bløtbunnsfaunaen er ikke tydelig belastet av utslippet. Det er likevel noen tegn i resipienten som kan indikere en miljøbelastning fra utslippet:

- Ved undersøkelsen av bløtbunnsfauna i 2018 (6) var det noe høyere artsrikhet på stasjonen lengst vekk fra utslippet fra Enga RA, selv om alle stasjoner havnet innenfor tilstandsklasse god.
- Undersøkelse av makroalger (1) har indikert moderat og dårlig tilstand de siste årene. Årsaken er sannsynligvis sammensatt, men det kan ikke utelukkes at utslipp av organisk stoff og partikler er en bidragsyter.

På bakgrunn av dette kunnskapsgrunnlaget, er det ikke tilrådelig å øke utslippene av organisk stoff til Sandefjordsfjorden. Reduksjon i utslippene av organisk stoff kan gi en positiv effekt på økosystemet i Sandefjordsfjorden.

Dersom kommunen bestemmer seg for å øke tilknytningen til renseanlegget ved gjennomføring av *alternativ B*, må rensegraden for BOF økes til ca. 85 % derom utslippene i 2050 ikke skal være høyere enn utslippene i 2022.

7.4. Framtidige utslipp av nitrogen

Figur 7-2 viser ulike prognoser for utslipp av nitrogen fra Enga RA. Heltrukne linjer viser utslipp for alternativ A (dagens rensedistrikt videreføres) mens stiplede linjer viser utslipp for alternativ B (tilknytning av flere eksisterende rensedistrikt til Enga RA).

Dagens renseeffekt for nitrogen er ca. 0-10 %. Dersom kommunen etablerer rensing på rejeftvannet fra biogassanlegget, er det forventet at renseeffekten for nitrogen øker med opptil 20 prosentpoeng, til ca. 25 %. Dette vil gi reduserte nitrogenutslipp fram mot 2050, med mindre kommunen gjennomfører alternativ B. Økningen i tilførsler til Enga RA i alternativ B, vil gi økning i nitrogenutslippene til Sandefjordsfjorden, selv om rensegraden økes til 25 %.

Sandefjord kommune tar høyde for at det etter hvert vil komme krav om nitrogenrensing for Enga RA. Nitrogenfjerning på 70 % iht. forurensningsforskriftens § 14-2 bokstav d, vil sørge for at nitrogenutslippene til Sandefjordsfjorden ikke øker, selv om kommunen bestemmer seg for å øke tilknytningen til renseanlegget ved gjennomføring av *alternativ B*. Statsforvalter har også gitt signaler om at skjerpede krav til nitrogenfjerning, 75 % eller 80 %, kan bli aktuelt.

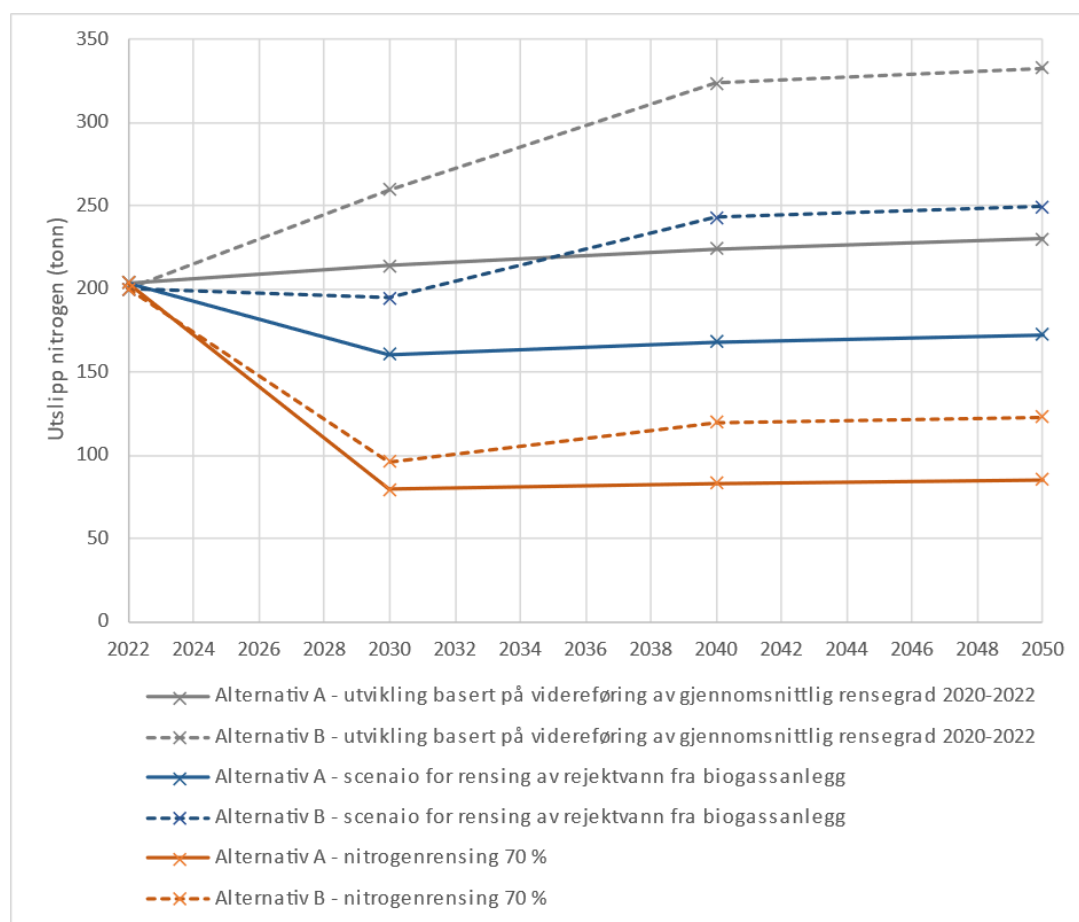
Overvåkning i Sandefjordsfjorden-ytre har vist god økologisk tilstand i vannmassene de senere årene og det er ikke målt noen overkonsentrasjon av næringssalter eller klorofyll a i fjorden (1; 21). Det er vanskelig å kvantifisere eller beskrive en konkret miljøforbedring som følge av reduksjon i nitrogenutslipp. På bakgrunn av moderat og dårlig miljøtilstand mhp. nedre voksegrense for makroalger, samt generelle trender i Ytre Oslofjord (5), vil reduksjon i nitrogenutslippene, kvalitativt sett, være et positivt miljøtiltak som bør gjennomføres. Utslippene fra Enga RA utgjør ca. 66 % av nitrogentilførslene til fjorden. Etablering av nitrogenrensing vil dermed redusere nitrogentilførslene til fjorden betraktelig.

Nitrogen har typisk blitt ansett som det begrensende næringsstoffet for marin planktonproduksjon. Dette bildet har blitt nyansert de senere årene, og det er vist at planteplankton i kystnære vannmasser gjerne kan være fosforbegrenset (43), eller begrenset av flere faktorer samtidig. «Redfield»-forholdet på 16:1, er gjerne brukt til å

beskrive et typisk, støkiometrisk forhold mellom nitrogen og fosfor i marint planteplankton. Det er store, naturlige variasjoner mellom nitrogen og fosfor i plankton, men dette forholdet kan likevel brukes til å forsøke å si noe om næringsbegrensning eller ubalanse mellom nitrogen og fosfor.

Renset avløpsvann fra Enga RA, hadde i 2022 et støkiometrisk N:P-forhold på ca. 130:1. Det tilføres altså betraktelig mye mere nitrogen enn fosfor til resipienten, sammenliknet med det som typisk benyttes i fjordens primærproduksjon. Disse beregningene er gjort for total nitrogen og total fosfor, så det må bemerkes at en del av nitrogenet og fosforet vil være lite tilgjengelig for planktonvekst.

Overvåkning i Sandefjordsfjorden-ytre i perioden 2019-2022 (21) har vist et støkiometrisk forhold mellom nitrat+nitritt og fosfat på ca. 2. Dette er lavt, og kan tyde på at primærproduksjonen er nitrogenbegrenset.



Figur 7-2: Prognoser for utvikling i utslipp av nitrogen, for ulike scenarier. Blå serier: Utslippsreduksjon på 25 % som følge av rensing av rektvann fra biogassanlegget er medregnet fra perioden 2022-2030. Oransje serier: Utslippsreduksjon som følge av 70 % nitrogenrensing er medregnet fra perioden 2022-2030. Økt tilknytning som følge av utvidelse av rensedistriktet i alternativ B, er medregnet fra 2040. Økt tilknytning som følge av utvidelse av rensedistriktet i alternativ B, er medregnet fra perioden 2022-2040.

7.5. Framtidige utslipp av fosfor

Enga RA har i dag krav om 90 % fosforfjerning. Dersom rensegraden på 90 % opprettholdes, vil forforutslippene til fjorden øke i takt med økt tilknytning til anlegget:

- Alternativ A (dagens rensedistrikt videreføres): 13 % økning fram mot 2050
- Alternativ B (tilknytning av flere eksisterende rensedistrikt til Enga RA): 66 % økning fram mot 2050.

Utslipp fra renseanlegget utgjør ca. 31 % av fosfortilførslene til fjorden. Dersom utslippsmengden av fosfor økes med 66 % fram mot 2050, vil de totale fosfortilførslene til fjorden øke med ca. 20 %, forutsatt at bidrag fra andre kilder ikke endrer seg.

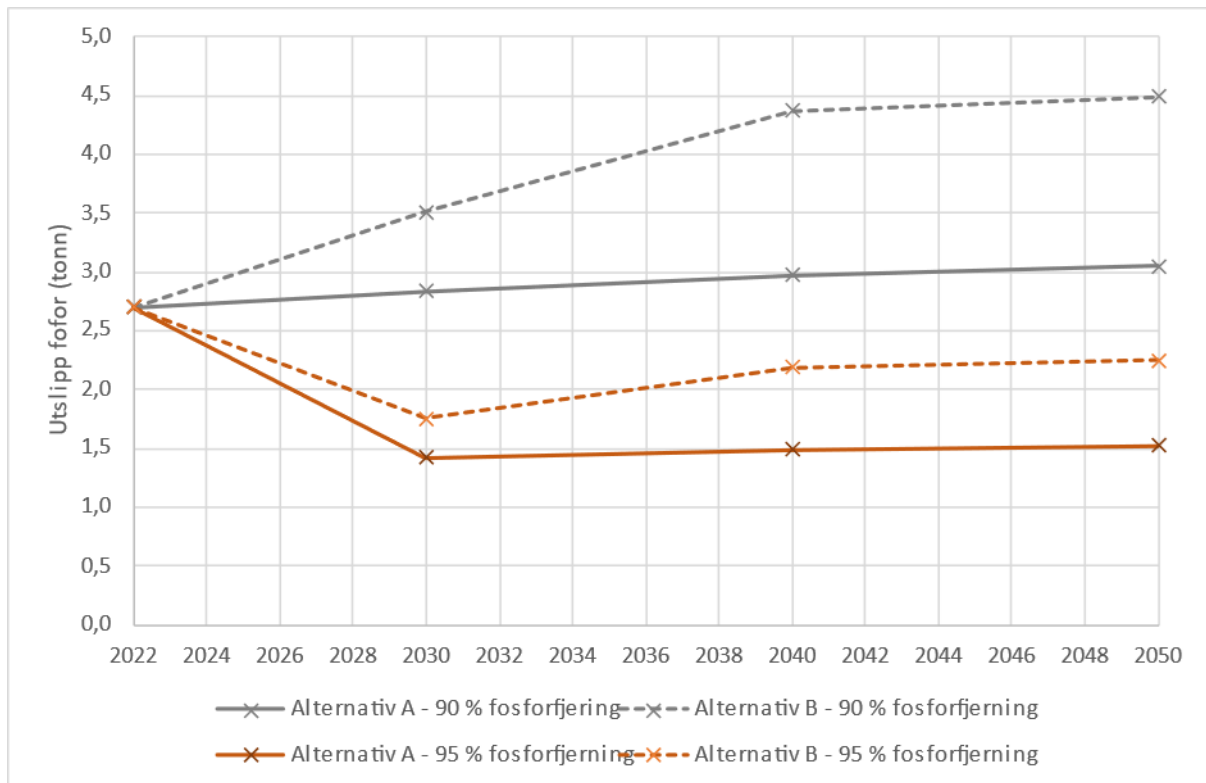
Alternativ B vil altså gi en vesentlig *økning* i tilført fosformengde til fjorden fram mot 2050. Hvilken betydning dette vil ha for *miljøtilstanden* i fjorden, er likevel usikkert:

- Miljøovervåkingen i fjorden har vist at miljøtilstanden med hensyn på næringssalter og klorofyll a, har vært god de siste årene (1; 21) og det er ingen indikasjoner på at dagens fosfortilførsel utgjør en vesentlig miljøbelastning.
- Burson m.fl. (43) beskriver en ubalanse i forholdet mellom N og P i kystvann, som an forklares med at fosfortilførslene er redusert som følge av strengere rensekra for fosfor, mens tilførslene av nitrogen ikke er redusert i samme monn. Dette kan ha konsekvenser for vekst, artssammensetning og næringskvaliteten til marint planteplankton, og som kan føre til konsekvenser oppover i næringskjeden. Det kan også føre til økt risiko for oppblomstring av giftige algearter. Fra flere hold er det derfor anbefalt at det bør settes fokus på reduksjon i nitrogenutslippene, for å få en mer naturlig balanse mellom N og P i kystvann (43; 5).

Dersom rensegraden for fosfor økes fra 90 % til 95 %, vil forforutslippene fra Enga RA halveres, og utslippene fra renseanlegget i 2050 vil være mindre enn utslippene i 2022, selv dersom kommunen bygger ut rensedistriktet iht. alternativ B som beskrevet tidligere.

På bakgrunn av eksisterende kunnskapsgrunnlag om miljøforholdene i fjorden, og bekymringen knyttet til balansen mellom N og P, er det likevel ikke grunnlag for å anbefale økt fosforrensing som tiltak på Enga RA. Tiltak for å redusere overløp og lekkasjer fra nettet kan være mer kostnadseffektive tiltak for å redusere utslippene av både nitrogen, fosfor og organisk stoff, samt redusere lokal belastning i mer sårbare resipienter og områder.

Etter hvert som ny kunnskap om miljøtilstand og utviklingstrekk i Ytre Oslofjord kommer fram, kan det likevel bli nødvendig å gjøre en ny vurdering av behovet for skjerpet fosforrensing.



Figur 7-3: Scenarier for utslipp av fosfor fra Enga RA. Økt tilknytning som følge av utvidelse av rensedistriktet i alternativ B, er medregnet fra perioden 2022-2040.

8. Konklusjon og anbefalinger

Det forventes at avløpsmengdene som ledes til Enga RA, øker i årene som kommer. Selv om vannmassene i Sandefjordsfjorden-ytre ikke viser tegn miljøpåvirkning fra eksisterende utslipp, har det vært en bekymringsverdig utvikling i Sandefjordsfjorden og Ytre Oslofjord de senere årene, knyttet til reduksjon av nedre voksegrense for makroalger og begroing av trådalger. Årsaken til dette er kompleks. Det forventes videre at klimaendringer vil gjøre fjorden mer sårbar. For at ikke miljøbelastningen på Sandefjordsfjorden skal øke i tritt med økende avløpsmengder, anbefales følgende:

- Utslippt av organisk stoff fra Enga RA bør ikke øke, sammenliknet med utslippene i 2022. Rensegraden bør være tilstrekkelig til å veie opp for økt tilknytning til renseanlegget.
- Enga RA bør oppgraderes med trinn for nitrogenrensing.
- Økt renseeffekt for fosfor, sammenliknet med dagens renseeffekt på 90 %, er sannsynligvis ikke et kostnadseffektivt tiltak.
- Det bør gjennomføres tiltak for å redusere utslipp fra overløp og lekkasjer fra avløpsnett.

I tillegg bør reduksjon i overløpsutslipp til Haslebekken, som renner ut i Mefjorden, prioriteres høyt.

9. Referanser

1. **Walday, M., et al.** *Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023 - Årsrapport 2021*. s.l. : NIVA, 2023.
2. **Engesmo, A., et al.** *Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2021. Fagrapport*. s.l. : NIVA, 2022.
3. **Staalstrøm, André; Walday, Mats, et al.** *Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord*. s.l. : NIVA, 2022.
4. **Frick, W.E., et al.** *Dilution Models for Effluent Discharges*. s.l. : United States Environmental Protection Agency, 2003.
5. **Staalstrøm, A., Walday, M., Vogelsang, C., Frigstad, H., Borgersen, G., Albretsen, J. og Naustvoll, L.** *Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord*. s.l. : NIVA-rapport 7723-2022, 2022.
6. **Borgersen, Gunhild.** *Undersøkelse av bløtbunnsfauna ved Beinskjæra dumpeområde i Sandefjordsfjorden*. s.l. : NIVA, 2019.
7. **COWI; Driftsassistansen i Vestfold.** *Årsrapport for Sandefjord renseanlegg Sandefjord kommune 2020*. 2021.
8. **COWI; Driftsassistansen i Vestfold.** *Årsrapport for Sandefjord renseanlegg Sandefjord kommune 2022*. 2023.
9. **COWI; Driftsassistansen i Vestfold.** *Årsrapport for Sandefjord renseanlegg Sandefjord kommune 2021*. 2022.
10. **Miljødirektoratet.** *Veileder M608 Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020*. s.l. : Miljødirektoratet, 2016.
11. **Krzeminska, D., Kværnø, S., Bechmann, M., Turtumøygard, S.** *Eutrofiering av vassdrag i Vestfold - kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor: Istrevassdraget-Ula*. s.l. : NIBIO Faktaark, 2023.
12. **Norconsult.** *Forurensningsregnskap for Vestfold*. s.l. : Fylkesmannen i Vestfold, 2013.
13. **Johannesen, Erik, et al.** *Norsk Vann rapport 256 Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg*. s.l. : Norsk Vann, 2020.
14. **Kartverket.** *Dybdata - terrengmodeller 50 meters grid*. [Internett] [Sisert: 25 10 2023.] <https://register.geonorge.no/register/versjoner/produktark/kartverket/sjo-terrengmodeller>.

15. **NVE.** REGINE enhet - Nedbørfelt. [Internett] [Sisert: 05 01 2024.]
16. **Engesmo, A., et al.** *Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023 - Årsrapport 2020.* s.l. : NIVA, 2021.
17. **Mørkeland, Thomas.** *Sammenstilling av strømmålinger i Sandefjordsfjorden.* s.l. : Det Norske Veritas, 2010.
18. **Molvær, Jarle.** *Pronova Biopharma Vurdering av utslipp til Sandefjordsfjorden.* s.l. : NIVA, 2009.
19. **FjordOs.** Sone 20 - Tønsbergfjorden sør og Sandefjord. [Internett] [Sisert: 08 01 2024.] <https://fjordos.usn.no/soner/sone20.html>.
20. **Miljødirektoratet.** Vann-nett. [Internett] 27 09 2023. <https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/014-133-R>.
21. **Engesmo, et al.** *Overvåkning av Ytre Oslofjord 2019-2023. Undersøkelser i de frie vannmassene 2022. Fagrapport.* s.l. : NIVA, 2023.
22. **Salomonsen, Gaute R., et al.** *Renere Sandefjordsfjord: Årsrapport overvåkning av Sandefjordsfjorden 2022.* s.l. : Cowi, 2023.
23. **Borgersen, Gunhild.** *Undersøkelse av bløtbunnsfauna langs Vestfoldkysten i 2018.* s.l. : NIVA, 2019.
24. **Lundsør, Elisabeth, et al.** *Økokyst - delprogram Skagerrak. Årsrapport 2022.* s.l. : Miljødirektoratet, 2023.
25. **Direktoratsgruppen vanndirektivet.** *Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann.* 2018.
26. **Vannområde Horten-Larvik.** *Miljøgiftundersøkelser i sediment langs Vestfoldkysten - september 2018.* s.l. : Vannområde Horten-Larvik, 2018.
27. **Ofstad, S., Dolven, J.K. og Helland, A.** *Miljøundersøkelse i sediment i ytre Oslofjord 2021.* s.l. : Cowi, 2022.
28. **Miljødirektoratet.** Naturbase faktaark - Hemskilen naturreservat. [Internett] [Sisert: 22 01 2024.] <https://faktaark.naturbase.no/?id=VV00000448>.
29. **Fiskeridirektoratet.** Kystnære fiskeridata. [Internett] [Sisert: 24 11 2023.] https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=4b22481a36c14dbca4e4def930647924&extent=-1053434.179%2C6449781.7459%2C1836075.6001%2C7854573.8888%2C25833&showLayers=Kystn%C3%A6re_fiskeridata_7576%3BKystn%C3%A6re_fiskeridata_7576_0%3BKy.

30. **Vitenskapelig råd for lakseforvaltning.** Status for norske laksebestander. [Internett] [Sisert: 13 11 2023.] <https://www.vitenskapsradet.no/VRLReport#/map>.
31. –. *Klassifisering av tilstanden til sjørret i 1279 vassdrag. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 9 170 s.*
32. **Guthu, Tore.** *Haslebekken - en sjørretbekk.* s.l. : Sandefjord forvaltningsråd anadrom laksefisk, 2017.
33. **Artsdatabanken.** Artskart. [Internett] [Sisert: 13 11 2023.] <https://artskart.artsdatabanken.no/>.
34. **Sandefjord forvaltningsråd for anadrom laksefisk.** *Bekkene i Sandefjord Rapport 2018.* 2018.
35. **Fiskeridirektoratet.** Fiskeriaktivitet. [Internett] [Sisert: 22 01 2024.] <https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=ea6c536f760548fe9f56e6edcc4825d8>.
36. **Eckner, K., Lunestad, B., Robertson, L., Grahek-Ogden, D.** *Kvalitetskrav for vann til jordvanning. Uttalelse fra Faggruppen for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mattrygghet. VKM Report 2014: 23.* 2014.
37. **Andersen, J. R., Bratli, J. L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L. m.fl.** *Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.* . 1997.
38. **Davis, L.R.** *Fundamentals of environmental discharge modelling.* s.l. : CRC Press, 1999.
39. **SSB.** Nasjonale befolkningsframskrivninger. *Statistisk Sentralbyrå.* [Internett] [Sisert: 24 11 2023.] <https://www.ssb.no/statbank/table/11668/tableViewLayout1/>.
40. **Kristiansen, Trond, et al.** *Klimapåvirkning på viktige kystvannsarter.* s.l. : Miljødirektoratet, 2022.
41. **Moy, Frithjof og Christie, Hartvig C.** Large-scale shift from sugar kelp (*Saccharina latissima*) to ephemeral algae along the south and west coast of Norway. *Marine Biology Research.* 2012.
42. **Aarrestad, et al.** *Effekter av klimaendringer og klimatilpasningsarbeid på naturmangfold og økosystemtjenester.* s.l. : NINA, 2015.
43. **Burson, Amanda, et al.** Unbalanced reduction of nutrient loads has created an offshore gradient from phosphorus to nitrogen limitation in the North Sea. *Limnology and Oceanography.* 2016, 61-3.

44. **Miljødirektoratet.** Norske utslipp. [Internett] 27 09 2023.
<https://www.norskeutslipp.no/no/Forsiden/>.
45. —. Vann-nett. [Internett] 27 09 2023. <https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/0101030101-6-C>.
46. —. Sandefjordsfjorden ytre. *Vann-nett*. [Internett] 27 09 2023. <https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/0101040200-2-C>.
47. —. Avløp - Tettbebyggelser 2021. [Internett]
<https://kartkatalog.miljodirektoratet.no/MapService/Details/avlop>.
48. **Miljødirektoratet .** Naturbase faktaark - Verneområde - Langø landskapsvernområde. *Naturbase*. [Internett] 25 10 2023. <https://faktaark.naturbase.no/?id=VV00002456>.
49. **Sandefjord kommune.** Friluftsområder. [Internett] [Sisert: 22 01 2024.]
<https://sandefjord.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=25562505cf85409bb10de1ccf139ff19>.
50. —. Strandsone, fritidsboliger, badestrender, campingsplasser. [Internett] [Sisert: 22 01 2024.]
<https://sandefjord.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=22a39ee4209441b98ab9dabc347753ea>.
51. **NGU.** Granada - Nasjonal grunnvannsdatabase. [Internett] [Sisert: 22 01 2024.]
https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/.
52. **Aure, Jan, Danielssen, Didrik S. og Naustvoll, Lars J.** Miljøundersøkelser i norske fjorder: Ytre Oslofjord 1937-2011. *Fisken og Havet*. 5, 2014, Vol. 2014.
53. **Miljødirektoratet.** Naturbase. [Internett] 25 10 2023.
<https://geocortex02.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase>.