

Notat

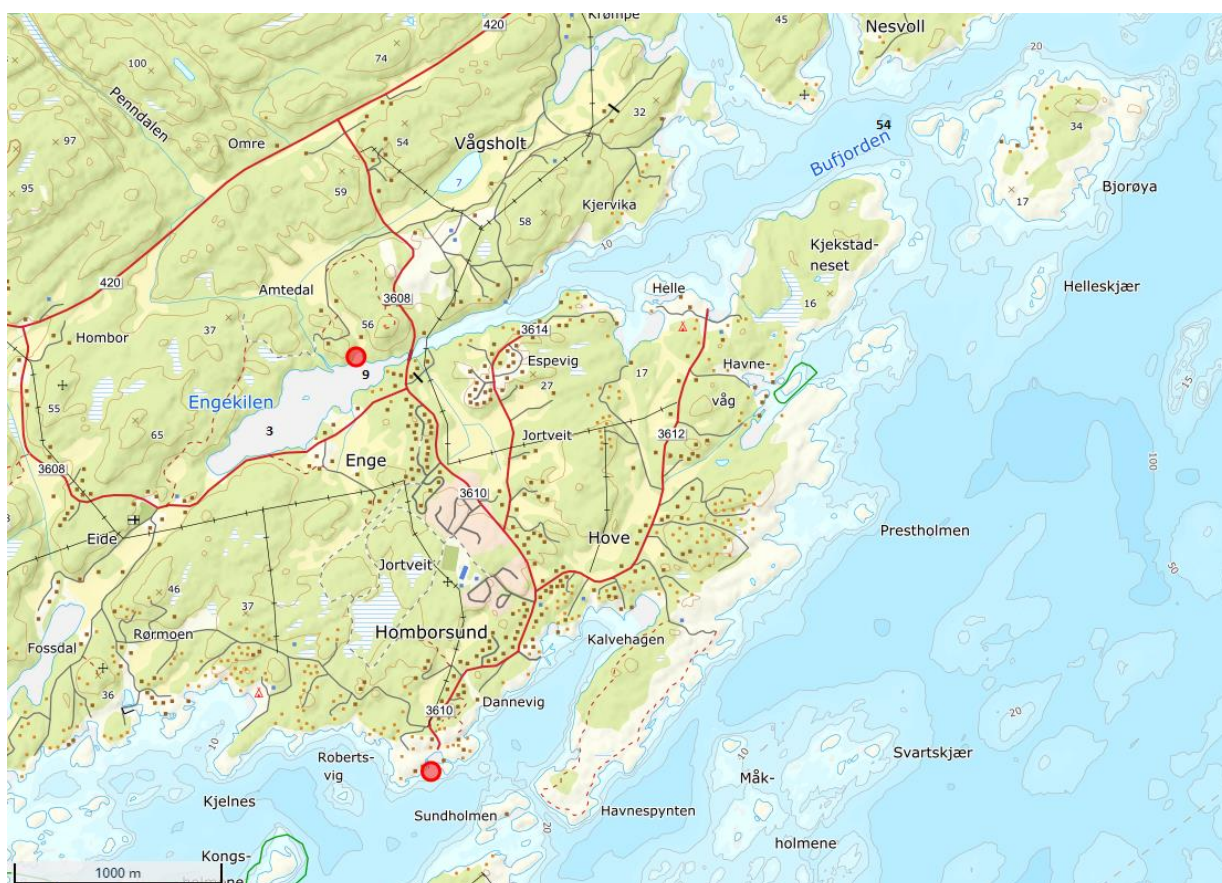
Mottaker: Oddvar Kjekstad, Turid Knutsen
Utarbeidet av NIVA v/: André Staalstrøm og Øyvind Tangen Ødegaard
Kvalitetssikret av: Louise Valestrand
Kopi: Hartvig Christie
Journalnummer: 0424/23
Prosjektnummer: 230094
Distribusjon: Åpen

8.1.2024

Sak: Engekilenprosjektet – sluttrapport

Bakgrunn

Engekilen er den innerste delen av Bufjorden i Grimstad kommune. Bufjorden ligger midt imellom Grimstad og Lillesand og er 54 m dyp på det dypeste. Bunntopografien i Engekilen var ikke oppmålt før dette prosjektet, men det var kjent at kilen er 9 m på det dypeste punktet rett innenfor innløpet og at kilen ellers er grunn (se Figur 1).



Figur 1. Området rundt Engekilen. Bunntopografien i kilen vises som en et grått felt på kartet, siden den ikke var oppmålt før dette prosjektet. De røde punktene viser foreslåtte overvåkingsstasjoner for næringssalter. Kart er hentet fra kystinfo.no.

Innløpet til Engekilen fra Bufjorden er smalt og grunt. Bredden målt fra kystinfo.no er mellom 6-8 m. Oppmålt dybde i sundet er 1,2 m. Undersøkelser på sommeren har vist at Engekilen er tydelig preget av flekkvis flytende algematter langs strandlinjen. Mattene er tettere innerst i kilen, og bunnsedimentet er svart, stinkende, løst og dødt. I strandsonen ligger det ofte store ansamlinger av døde hjertemuslinger, samt et rosa bakteriebelegg ut mot en tett vegetasjon av havgras (Christie & Rinde, 2000). I dette notatet blir algemattene som består av opportunistiske trådformede og ettårige alger, omtalt som «lurv».

Foreningen For Engekilens Vel søkte om midler fra Miljødirektoratet for å gjennomføre et prosjekt for å vurdere tiltak for å restaurere Engekilen. Dette prosjektet ble tildelt 185000 kr (inkl. mva.) av Miljødirektoratet og NIVA har bidratt med 165000 kr (inkl. mva.). Til sammen har rammen for prosjektet vært 350000 kr. Prosjektet har vært et folkeforskningsprosjekt hvor medlemmer av Foreningen For Engekilen Vel har bidratt i svært stor grad med innsamling av data. NIVA har stått for nødvendig utstyr, oppmåling av bunntopografi, analyse av prøver, modellering og rapportering.

Prosjektet har bestått av fem deler:

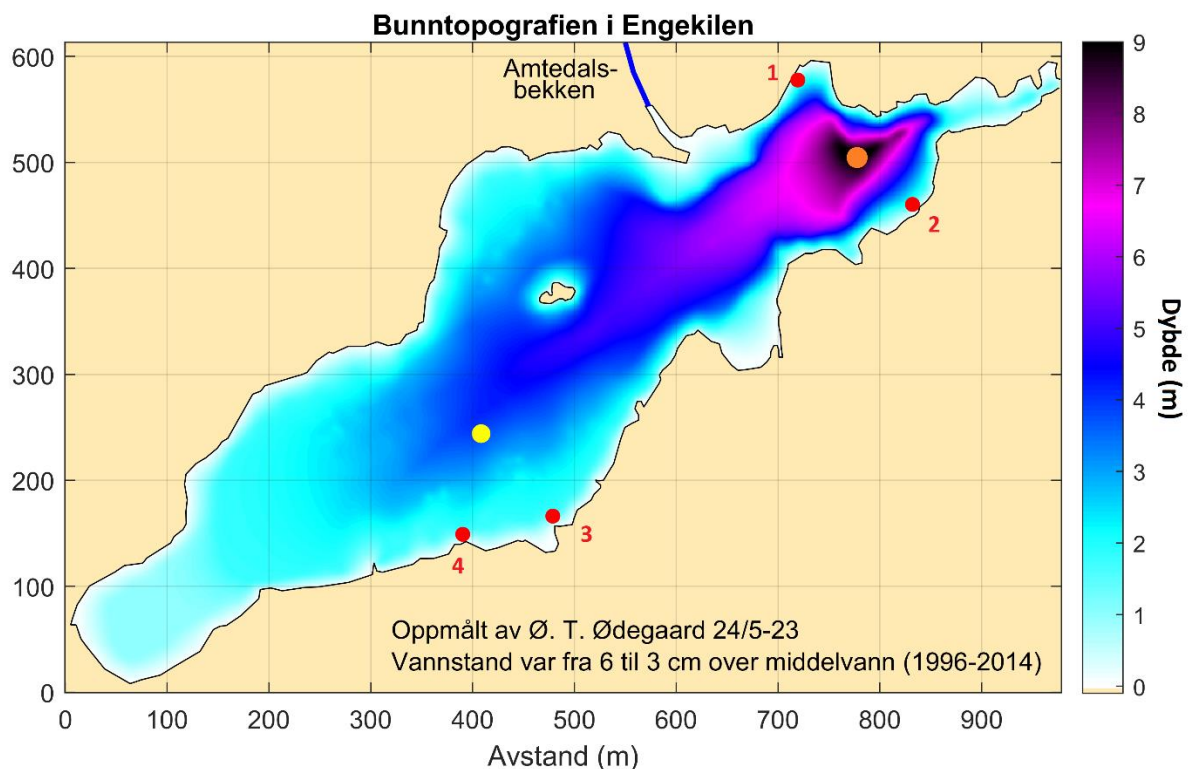
1. Kartlegging av bunntopografi
2. Vannprøver, profilmålinger og temperaturmålinger
3. Kartlegging av lurv
4. Modellering av lurv
5. Modellering av tiltak med NIVA Fjordmodell

Kartlegging av bunntopografi

NIVA gjennomførte den 24. mai 2023 en oppmåling av bunntopografien med NIVAs ubemannede overflatefarkost (Maritime Robotics Otter). På fartøyet er det montert et enkeltstråle ekkolodd som måler vanddybden (se Figur 2). Målingene ble gjennomført av Øyvind T. Ødegaard fra NIVA med assistanse fra Foreningen For Engekilen Vel i tidsrommet fra 10:10 til 13:20 lokal tid. I denne perioden varierte vannstanden fra 6 til 3 cm over middelvannstand (1996-2014) (sehavniva.no). Bunntopografien ble interpolert til et rutenett som dekker hele Engekilen (Figur 3). Dybdene i kartet er ikke korrigert for vannstanden.



Figur 2. NIVAs ubemannede overflatefarkost under oppmåling av Engekilen. Foto: Øyvind T. Ødegaard.



Figur 3. Bunntopografien i Engekilen oppmålt 24. mai 2023. Fargeskalaen viser vanndybden og det dypeste punktet var 9,3 m. De røde punktene er stasjoner hvor det ble kartlagt forekomst av lurv. Ved det gule punktet var det utplassert en temperaturlogger. Vannprøver ble tatt ved det dypeste punktet i kilen (Stasjon Eng1, oransje punkt).

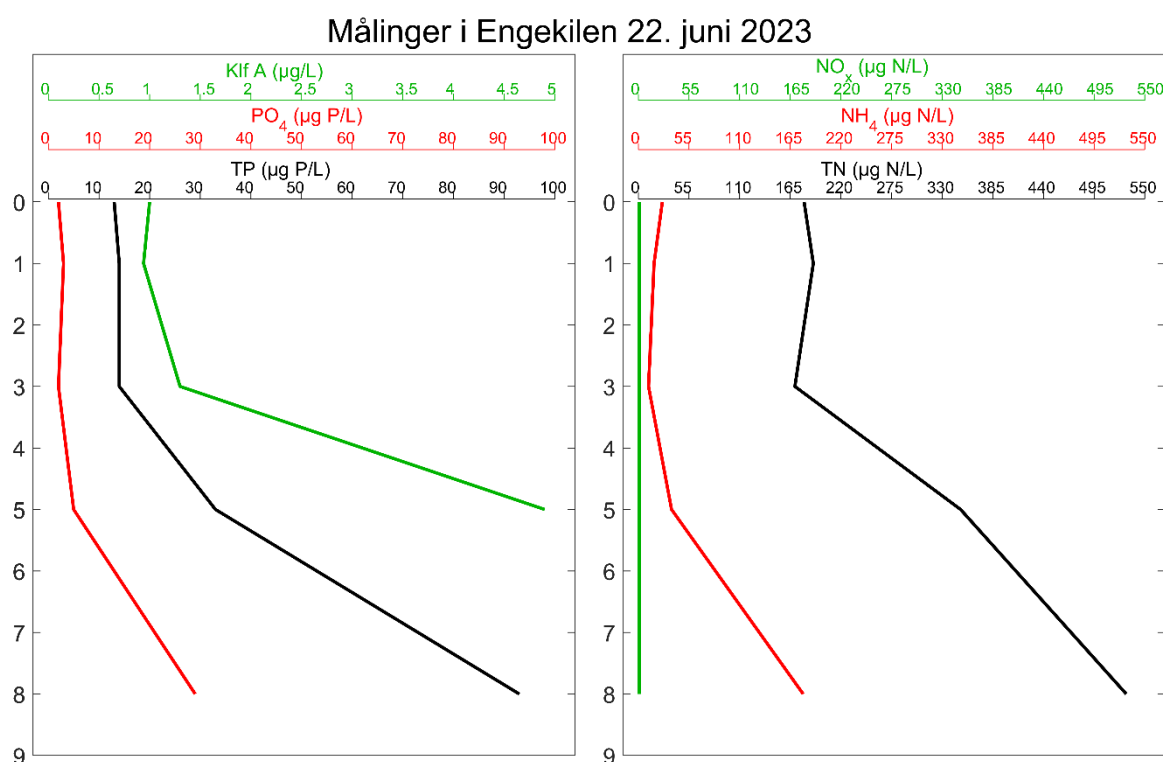
Basert på bunntopografien i Figur 3 ble Engekilens hypsografiske kurve beregnet, som vil si det horisontale arealet som funksjon av dybden. Dette er nødvendig informasjon for å modellere de dynamiske forholdene i Engekilen. Resultatet er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Beregnet hypsografiske kurven for Engekilen.

Dyp (m)	Areal (m ²)
0	183829
1	150550
2	112589
3	72293
4	43736
5	23368
6	11484
7	4766
8	1642
9	216
9.3	0

Vannprøver, profilmålinger og temperaturmålinger

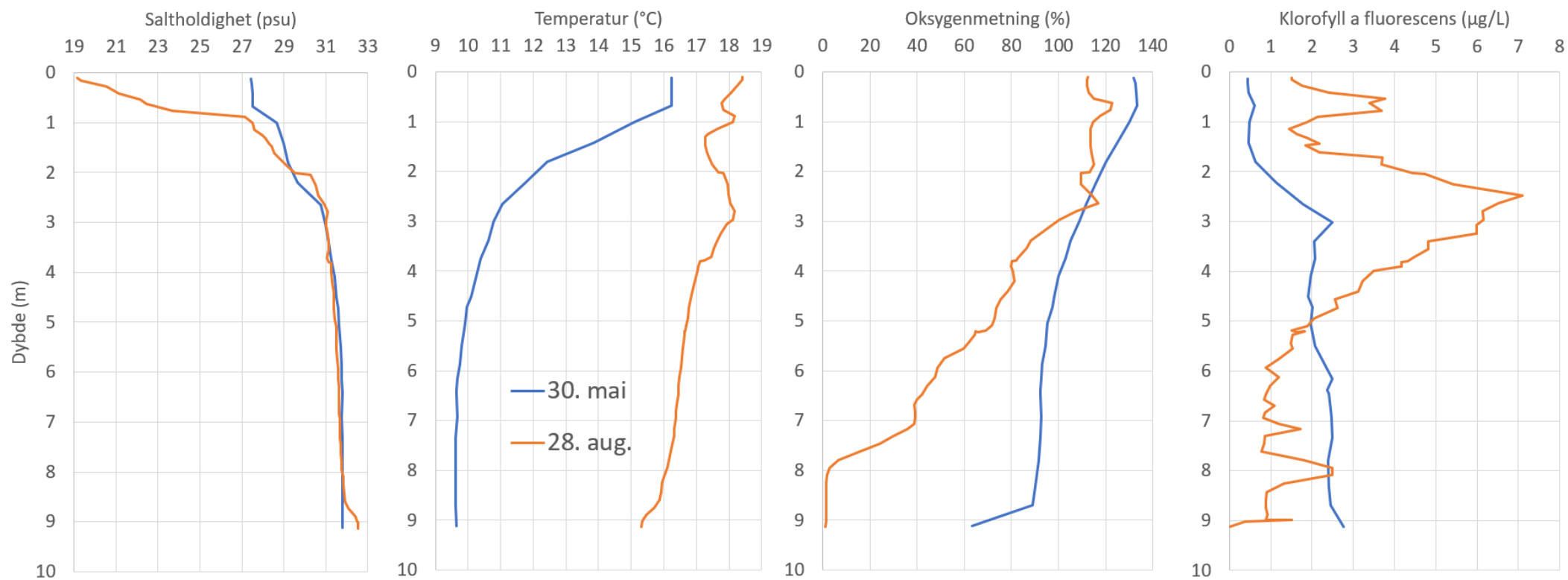
I løpet av prosjektet ble det tatt vannprøver i Engekilens dypeste punkt (oransje punkt i Figur 3. Det ble tatt vannprøver på fem dyp fra 0 til 8 m dyp. Resultatene er vist i Figur 4 og Tabell 2. Ved dette tidspunktet var det en planteplankton-oppblomstring på 5 m dyp. Det var relativt mye fosfat og ammonium i dypvannet. Det var svært lite nitrat i vannmassen, som kan skyldes at dette er brukt opp av planteplanktonvekst eller at nitraten er redusert på grunn av lite oksygen. I figur 5 på neste side vises CTD-målinger fra 30. mai og 28. august 2023. CTD-sonden (SAIV) har sensorer som måler oksygenmetning og klorofyll a fluorescens (Figur 5).



Figur 4. Resultat fra vannprøver i Engekilen 22. juni 2023. Til venstre vises klorofyll a, fosfat (PO₄) og totalt fosfor (TP). PO₄ og TP er vist på samme skala. Til høyre vises nitrat+nitritt (NO_x), ammonium (NH₄) og totalt nitrogen (TN), som alle vises på samme skala.

Tabell 2. Resultat fra vannprøver i Engekilen 22. juni 2023.

Dyp (m)	Ammonium (µg N/L)	Fosfat (µg P/L)	Nitritt + nitrat (µg N/L)	Silikat (µg SiO ₂ /L)	Total fosfor (µg P/L)	Total nitrogen (µg N/L)	Klorofyll A (µg/L)
0	26	2	<1	110	13	180	1
1	17	3	<1	97	14	190	0.94
3	11	2	<1	45	14	170	1.3
5	36	5	<1	160	33	350	4.9
8	179	29	1	270	93	530	

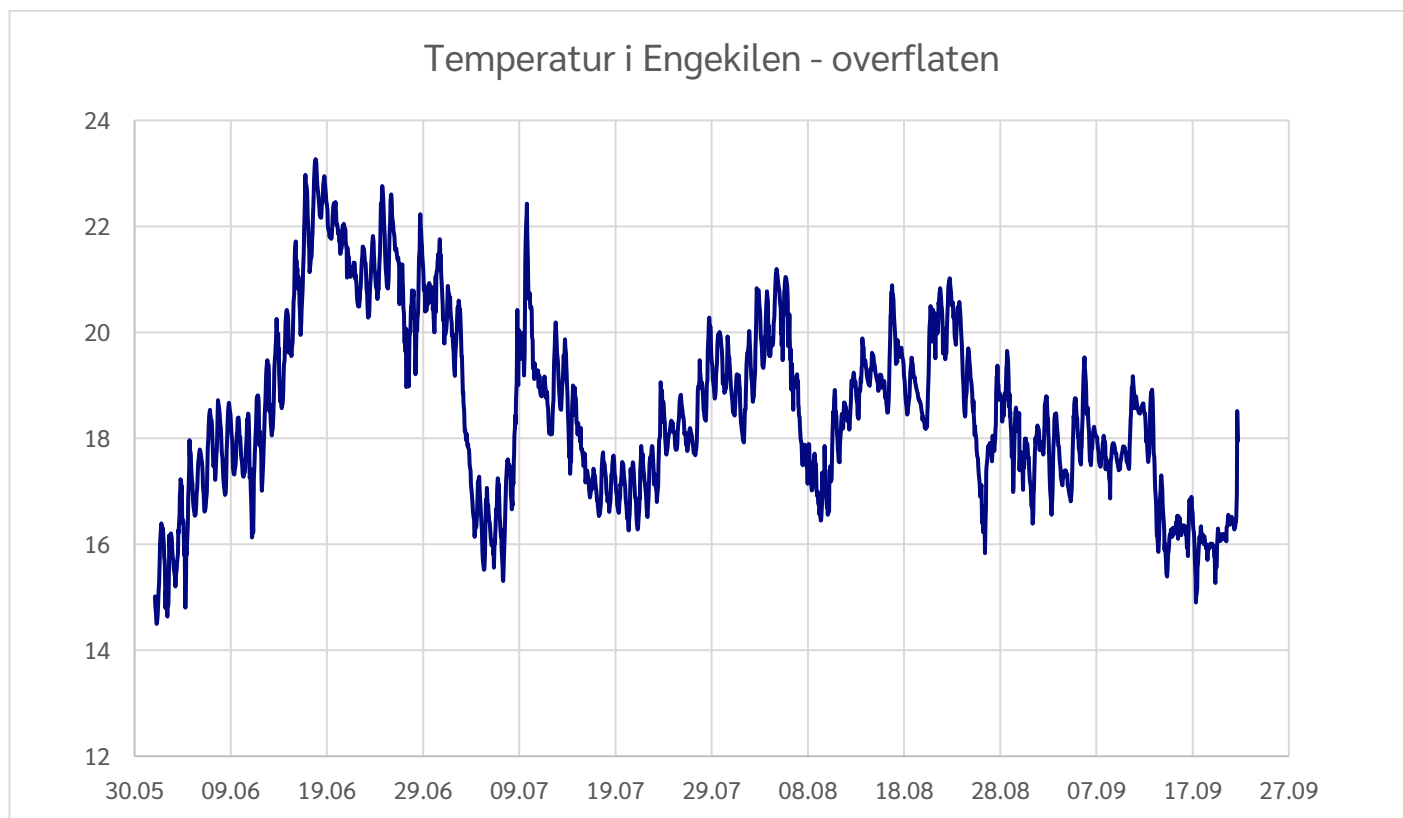


Figur 5. CTD målinger (SAIV) fra Engekilens dypeste punkt i 2023. De blå kurvene er målt 30. mai og de oransje kurvene er målt 28. august.

CTD-målingene i Figur 5 viser at det var oksygenrikt helt ned til bunn i Engekilen i slutten av mai. Det betyr at det har kommet inn nytt oksygenrikt bunnvann i løpet av vinteren eller våren. Ved dette tidspunktet var det mye planteplankton i vannmassen fra 3 m dyp og helt ned til bunn. Dette kan forklare at det var lite nitrat noen uker seinere.

Tre måneder seinere kan vi se fra saltholdigheten i dypet at det har kommet inn noe saltere og tyngre vann i løpet av denne perioden. I løpet av denne perioden har også oksygenet i den nederste meteren blitt helt borte. Under 7,5 m er det mindre enn 20% oksygenmetning, som betyr at oksygenforholdene etter veileder 02:2018 klassifiseres til svært dårlig. Dette betyr videre at den økologiske tilstanden i Engekilen klassifiseres til moderat eller dårligere. Vannforskriftens §4 sier at dette ikke tilfredsstillende miljømålet, og det må gjøres tiltak for at god økologisk tilstand oppnås.

Det ble også utplassert en temperaturlogger (TinyTag) under badebrygga som ligger i Engekilen (gul punkt i Figur 3). Her ble det målt fra og med juni til og med september. Den varmeste vanntemperaturen som ble registrert var 23 °C (Figur 6). Vanntemperatur er en viktig parameter for modellering av lurv. Temperaturloggeren er fortsatt utplassert i Engekilen for å få temperaturmålinger gjennom hele 2024.



Figur 6. Temperaturmålinger i overflaten i Engekilen fra mai til september 2023.

Kartlegging av lurv

Algemattene av lurv ble kartlagt ved bilder og ved å samle inn og veie lurv. Bildene viste tydelig at det var mye alger i Engekilen. Lurven dannet matter som fløt opp på overflaten i løpet av de to første ukene av juni (Figur 7).



Figur 7. Bilder tatt bra stasjon 1 (se Figur 3) i sørvestlig retning. Det øverste bildet er tatt 2. juni 2023 og det nederste bildet er tatt 15. juni.

På hver av de fire posisjonene markert med røde punkter i Figur 3 ble det samlet inn lurv ved hjelp av en metallramme på 25x25 cm. Ved hvert besøk på hver lokasjon ble rammen brukt til å avgrense tre arealer (tre replikater) der alt organisk materiale fra overflate til bunn ble samlet inn. Vannet ble presset ut og prøven veid. Ved stasjon 2 var det lite lurv og det ble bare samlet inn prøve en gang hvor det var litt materiale. På stasjon 4 ble det bare tatt gjort innsamling på et punkt. Resultatene er vist i Tabell 3.

Tabell 3. Resultat fra innsamling av biomasse av lurv.

Dato	Stasjon1 Replikat1 (g/m ²)	Stasjon1 Replikat2 (g/m ²)	Stasjon1 Replikat3 (g/m ²)
14.05.2023	0	0	0
02.06.2023	0	0	0
15.06.2023	0	480	2400
28.06.2023	880	1008	1200
04.08.2023	1008	0	0
Dato	Stasjon3 Replikat1 (g/m ²)	Stasjon3 Replikat2 (g/m ²)	Stasjon3 Replikat3 (g/m ²)
12.05.2023	4560	2944	2848
02.06.2023	4784	2352	3728
20.06.2023	1776	864	2144
15.07.2023	816	928	688
Dato	Stasjon4 Replikat1 (g/m ²)		
31.05.2023	400		
05.07.2023	432		
19.07.2023	560		
22.07.2023	640		

Denne innsamlingen av data var svært nyttige. Disse dataene gjorde det mulig å kalibrere en modell for lurv. Slike data fantes ikke fra før av. Det ble målt rundt 3-4 kg lurv per kvadratmeter på det meste. Det anbefales på det sterkeste at innsamling av data fortsetter over flere år (sammen med temperatur og næringssalter). Videre anbefales det at det tas bilder som kan brukes til å kartlegge utbredelsen av algemattene i Engekilen. Dette kan gjøres ved å ta bilde med drone eller ved å plassere et stasjonært kamera på en egnet høyde nær kilen.

Modellering av lurv

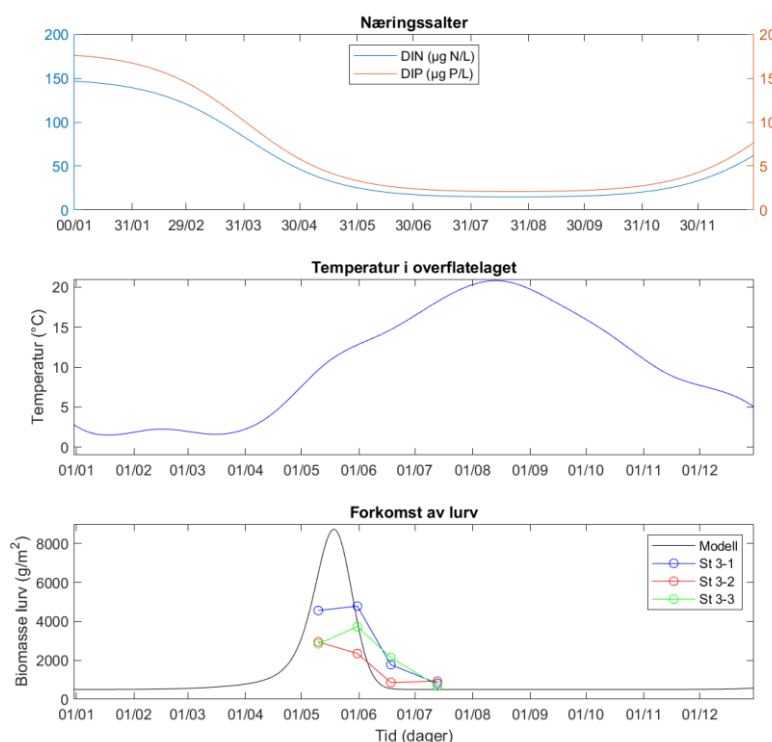
I dette prosjektet har det blitt utviklet en modell for lurv. Den er basert på en finsk modell for lurv som har blitt utviklet basert på data fra Finskebukta (Kirikkii, 1998). Denne har aldri blitt benyttet basert på data fra Norge før. Inngangsdata er temperatur og løste næringssalter. Det ble benyttet følgende formel for å beregne løst uorganisk nitrogen (DIN) og fosfor (DIP):

$$\text{DIN} = \text{NH}_4 + \text{NO}_3 + \text{NO}_2$$

$$\text{DIP} = \text{PO}_4$$

Siden vi kun har data om næringssalter fra et tidspunkt på sommeren og noen måneder med temperaturdata, måtte inngangsdataene estimeres basert på målinger fra kysten. Det ble brukt data fra målestasjonen ved Arendal¹ for dette formålet. Det er derfor et stort behov for å måle næringssalter og temperatur fra overflatelaget månedlig i Engekilen. Vi anbefaler at det gjøres i et oppfølgingsprosjekt. Vi foreslår at det tas vannprøver månedlig fra én stasjon i Engekilen og én utenfor. To aktuelle stasjoner som kan benyttes er plottet inn som røde prikker i Figur 1. Vannprøvene bør analyseres for de løste næringssaltene $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$, NH_4 , PO_4 og SiO_2 .

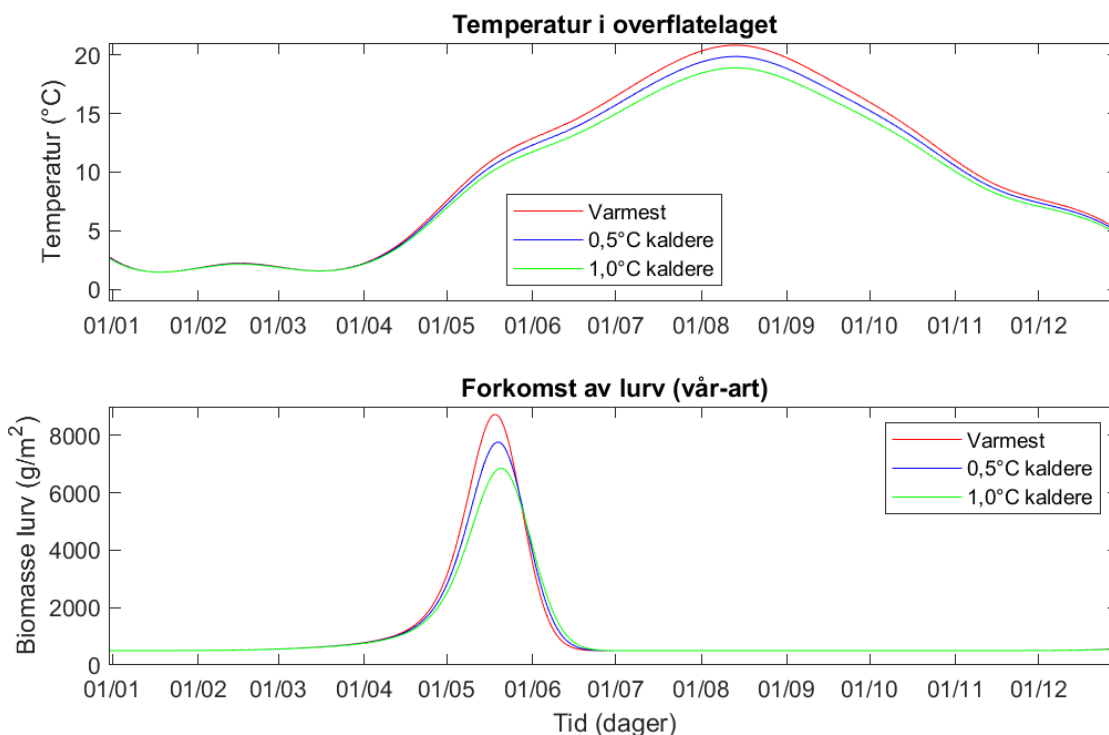
I Figur 8 vises de inngangsdataene som ble brukt i lurvemodellen. Modellen ble kalibrert opp mot data fra stasjon 3 i Engekilen. Modellen er veldig sensitiv for endring i inngangsdataene.



Figur 8. Inngangsdata og resultater fra lurvemodellen. Øverst vises konsentrasjon av næringssalter som ble brukt i modellen og i midten vises vanntemperaturen som ble brukt. Dette resulterte i beregnet biomasse nederst. Den sorte kurven er modellen. Den blå, grønne og røde kurven er resultater av målt mengde lurv ved stasjon 3 i Engekilen.

¹ Stasjon VT5, <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2023/oktober-2023/okokyst--delprogram-skagerrakarsrapport-2023/>

Først så vi på effekten av vanntemperatur. Det ble forsøkt å redusere temperaturen med 0.5 og 1.0 °C. Kaldere vann ga betydelig mindre lurv. Om sommertemperaturen er 1 grad kaldere, så forutsier modellen at det vil bli 22 % mindre lurv.

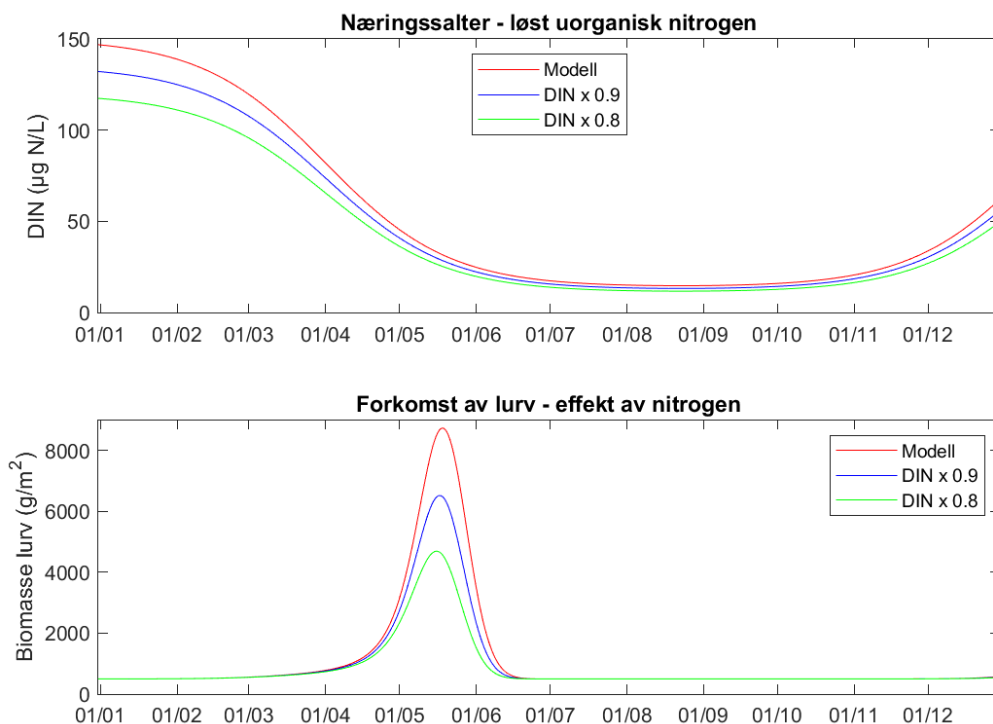


Figur 9. Effekten av variasjon i vanntemperatur (øverst) på lurv (nederst). Hvis vanntemperaturen er en grad kaldere forutsier modellen at det vil bli 22 % mindre lurv.

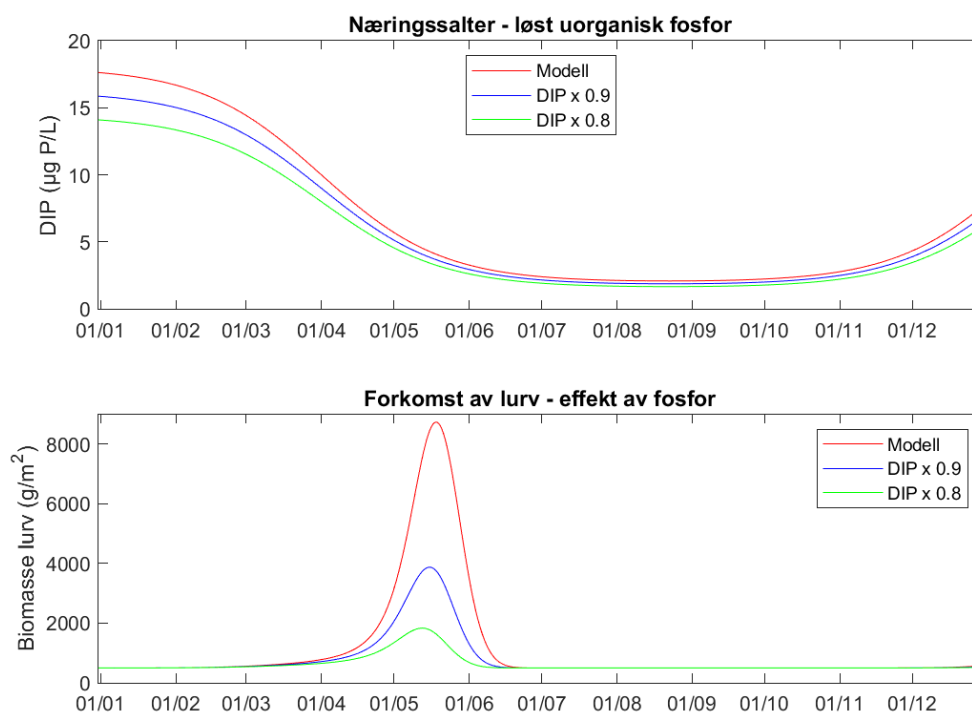
Modellen er enda mer sensitiv for reduksjon i konsentrasjon av næringssalter. Det ble testet å redusere konsentrasjonen av løst uorganisk nitrogen med 10 og 20 % (Figur 10). Det samme ble gjort med løst uorganisk fosfor (Figur 11). Ifølge modellen er lurv mest sensitiv for konsentrasjon av fosfor. Reduseres DIN med 20 % gir dette en reduksjon i mengde lurv på 42 %, men en tilsvarende reduksjon i DIP ga en reduksjon i mengde lurv på hele 73 %. Det ble også testet å redusere både DIN og DIP med hhv. 10 og 20 %. Resultatene er oppsummert i Tabell 4. Dette viser at det er nødvendig å gjøre tiltak som reduserer næringssaltkonsentrasjonen i Engekilen. I neste kapittel diskuteres noen tiltak som kan påvirke næringssaltkonsentrasjonen.

Tabell 4. Reduksjon i mengde lurv i Engekilen målt i prosent, ved 10 og 20 % reduksjon i DIN, DIP og DIN+DIP.

Reduksjons-faktor	DIN	DIP	DIN og DIP
-10 %	-23 %	-51 %	-60 %
-20 %	-42 %	-73 %	-79 %



Figur 10. Effekten av reduksjon i mengde nitrogen (øverst) på lurv (nederst). Hvis konsentrasjon av løst nitrogen blir redusert med 20 % forutsier modellen at det vil bli 42 % mindre lurv.



Figur 11. Effekten av reduksjon i mengde fosfor (øverst) på lurv (nederst). Hvis konsentrasjon av løst fosfor blir redusert med 20 % forutsier modellen at det vil bli 73 % mindre lurv.

Modellering av tiltak med NIVA Fjordmodell

For å modellere næringssaltene i Engekilen er det nødvendig å modellere vannutvekslingen mellom kilen og kystvannet, påvirkning av tilførsel og værforhold, vannsirkulasjon inne i kilen samt de biologiske forholdene. Til dette formålet har vi brukt NIVA Fjordmodell. Denne modellen har tidligere blitt brukt på Hunnbunn i Fredrikstad/Sarpsborg som har tilsvarende problemer som Engekilen. Modellen er beskrevet i Hunnbunn rapporten (Staalstrøm & Yakushev, 2020).

I Tabell 5 gis en oversikt over fire scenarioer som er kjørt med modellen. I sluttrapporten vil det i tillegg presenteres noen flere scenarier. Vi har også sett på hvordan en generell reduksjon av næringssalter påvirker tilstanden i Engekilen, men det presenteres ikke her. I tabellen er det også vist hvilke endringer i næringssalter i overflaten envil få ved forskjellige tiltak.

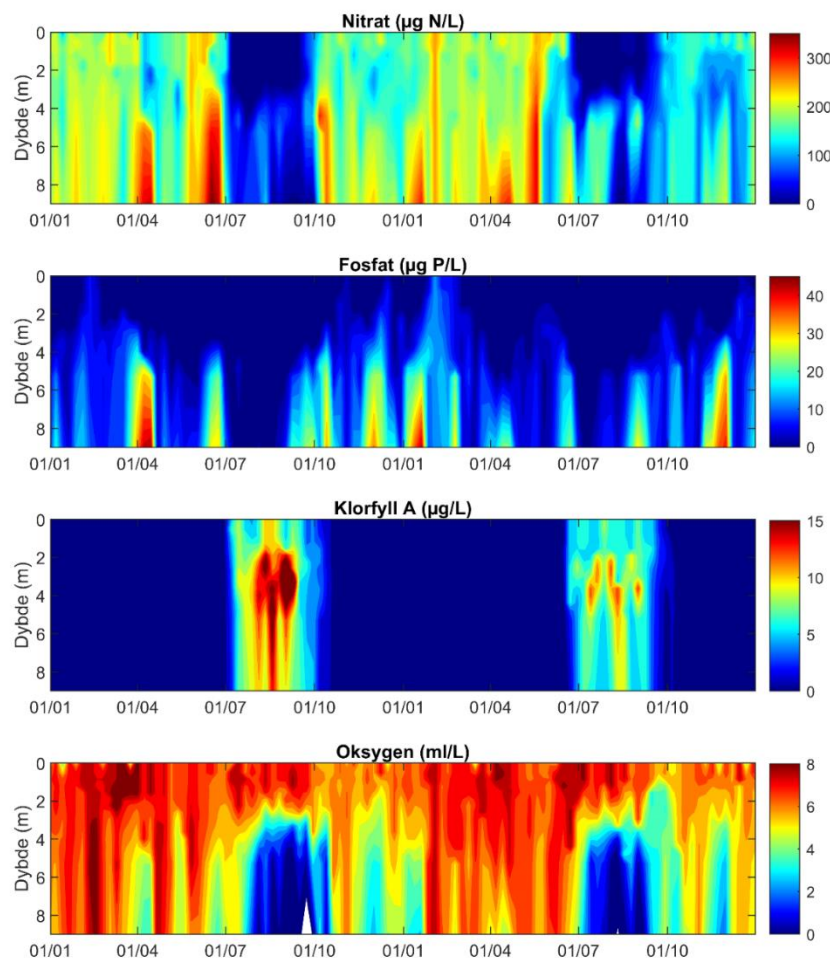
Først har vi forsøkt å gjenskape dagens situasjon. Dette er veldig utfordrende siden det er mye vi ikke vet. Vi har kun en profil av næringssalter og to profiler med saltholdighet, temperatur, klorofyll a og oksygen. Deretter har vi forsøkt å utvide åpningen. Dette ga overaskende en voldsom økning i fosfor i overflaten. Dette henger sannsynligvis sammen med at det blir mer oppblanding av fosforrikt bunnvann forårsaket av oksygenvinn. Denne prosessen kalles intern gjødsling.

Deretter har vi sett på effekten av å føre noe av vannet fra Amtedalsbekken ned på 9 m dyp. Dette har en svært positiv effekt. Ferskvannet fra bekken har positiv oppdrift som gir tilstrekkelig omrøring til at det ikke oppstår oksygenvinn i bunnvannet. Dette gjør at en unngår intern gjødsling. Modellberegningene tyder på at problemene med algematter i Engekilen mest sannsynlig kan løses ved å føre så lite som 26 L/s fra Amtedalsbekken ned i dypet, som tilsvarer 20 % av vannføringen i bekken. Et slikt tiltak kan mest sannsynlig gjennomføres uten at den økologiske tilstanden i Amtedalsbekken blir påvirket negativt. På de neste sidene skal vi se på noen av detaljene i disse fire scenariene.

Tabell 5. Scenarier som er kjørt med NIVA Fjordmodell og effekten disse har på nitrat og fosfat i overflatelaget og oksygen i bunnvannet i Engekilen. Endringen av næringssalter er i forhold til scenariet TODAY. Oksygenforholdene er klassifisert etter Veileder 02:2018, hvor konsentrasjon <1,5 ml/L betyr «svært dårlig» tilstand, 1,5-2,5 ml/L betyr «dårlig», 2,5-3,5 ml/L betyr «moderat» og 3,5-4,5 betyr «god» og >4,5 ml/L betyr «svært god» tilstand.

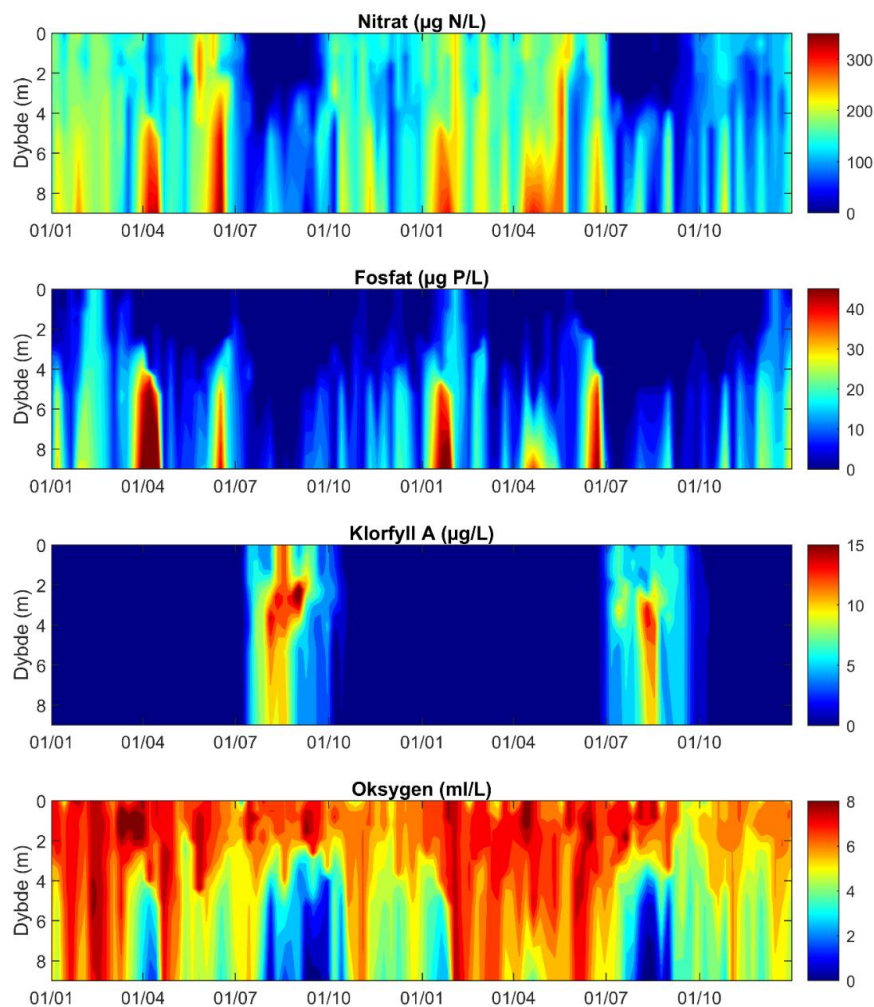
Kode	Beskrivelse	Endring av nitrat i overflata	Endring i fosfat i overflata	Minimum O ₂ i bunnvannet (ml/L)	5 prosentil O ₂ i bunnvannet (ml/L)
TODAY	Modellering av dagens situasjon Innløpet er 8 m bredt og 1,2 m dypt.			-0,48	0,04
WIDE	Modellering av effekt av å utvide og utdype innløpet. Innløpet er 26 m bredt og 2,2 m dypt.	-14 %	+123%	-0,04	0,15
DEEP50	Lede 50% av vannet fra Amtedalsbekken ned på 9 m dyp	-1 %	-70 %	2,86	4,35
DEEP20	Lede 20% av vannet fra Amtedalsbekken ned på 9 m dyp	0 %	-67 %	0,76	3,51

I Figur 12 vises resultatene fra modellsimuleringen TODAY som beskriver dagens situasjon. Alle plottene er konturplott over to år, med dybden på y-aksen. Øverst i figuren vises nitrat, og en kan se at det blir tomt for nitrat i overflatelaget på sommeren. Dette skyldes planteplankton som vises nest nederst, målt ved mengden klorfyll a. Det er planteplankton helt ned til bunn og det blir også veldig lite nitrat helt ned til bunn. Dette stemmer overens med våre observasjoner (se Figur 4 og Figur 5). Modellen gjenskaper det oksygenfrie bunnvannet som ble observert i august 2023. Det er en sammenheng mellom høye konsentrasjoner av fosfat i bunnvannet og lave oksygenforhold. Dette skyldes at det frigjøres fosfor fra sedimentene når det blir veldig lave oksygenforhold. Det er dette som kalles intern gjødsling. Denne prosessen er den viktigste kilden til fosfor i overflatelaget. Som vi så i forrige kapittel så er lurv sannsynligvis svært sensitiv for endring i fosforkonsentrasjon, og det vil være gunstig å stoppe denne prosessen ved å sørge for at det ikke blir oksygensvinn i bunnvannet.



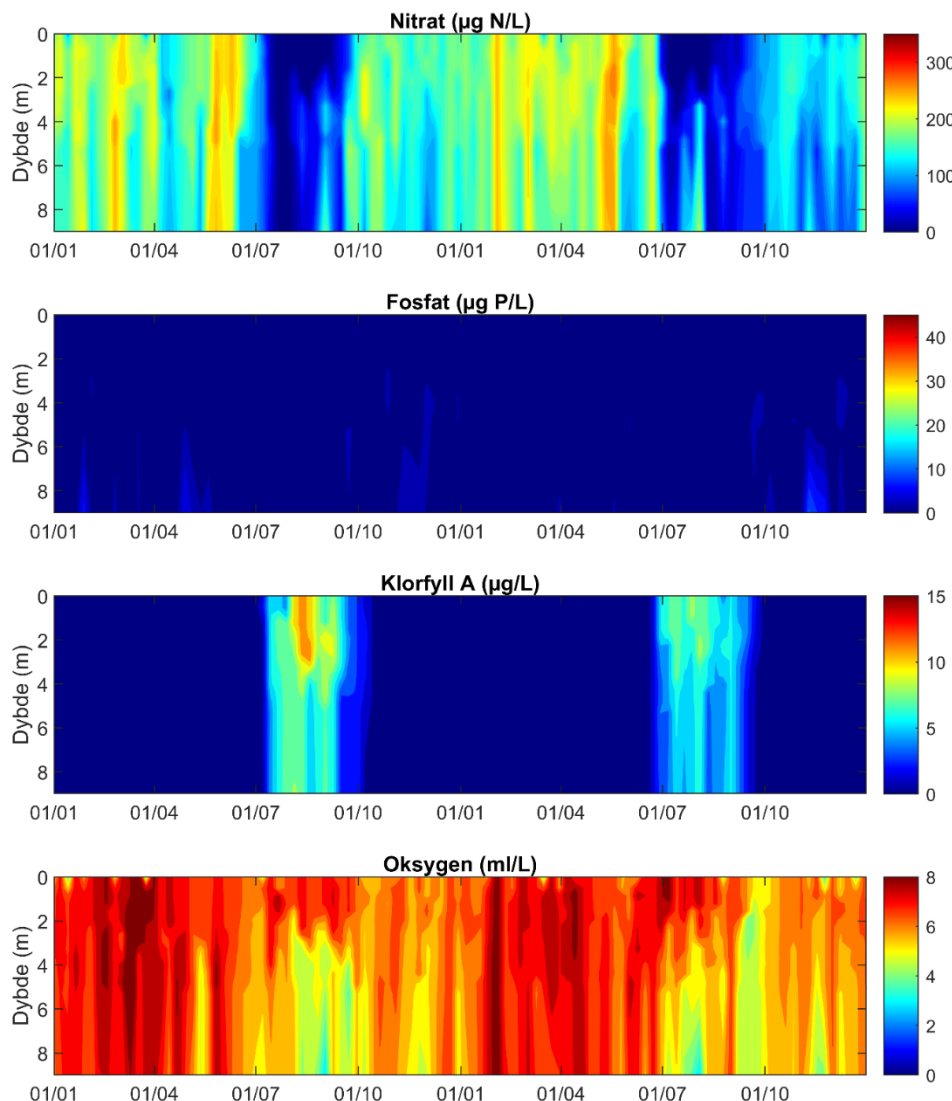
Figur 12. Modellering av dagens situasjon i Engeskilen (scenario TODAY). Øverst vises nitrat, nest øverst fosfat, nest nederst klorofyll a og nederst vises oksygen. For oksygen er de hvite feltene negative oksygenverdier, som betyr forekomst av hydrogensulfid.

I Figur 13 vises resultatene fra scenariet WIDE, hvor innløpet til kilen har blitt gjort bredere og dypere. Bredden har blitt økt fra 8 til 26 m, og dybden fra 1,2 til 2,2 m. Dette tiltaket gjør at konsentrasjonen av nitrat i overflaten blir redusert med 14 % som vist i Tabell 5. Overflatekonsentrasjonene av nitrat og fosfat er også vist i Figur 16. Derimot vil en utvidelse av innløpet gi en litt annerledes dynamikk i oksygenforholdene i bunnvannet. Det ser ut til at de to periodene med svært dårlige oksygenforhold vi hadde i scenariet TODAY blir litt redusert (noe høyere oksygenkonsentrasjon), men til gjengjeld blir noen av de kortere oksygenvinn-episodene forsterket. Dette igjen ser ut til å gi forsterket intern gjødsling, noe som er skyld i at konsentrasjonen i overflaten blir mer enn fordoblet i gjennomsnitt. Det er mange usikkerheter knyttet til denne modellen, siden den støtter seg på sparsomt med data, men modellresultatene tyder på at det ikke er gunstig å åpne opp sundet inn til Engekilen. Et slikt ganske omfattende tiltak burde i hvert fall utredes nærmere før det gjennomføres, og med det mener vi at det bør samles inn mer data.



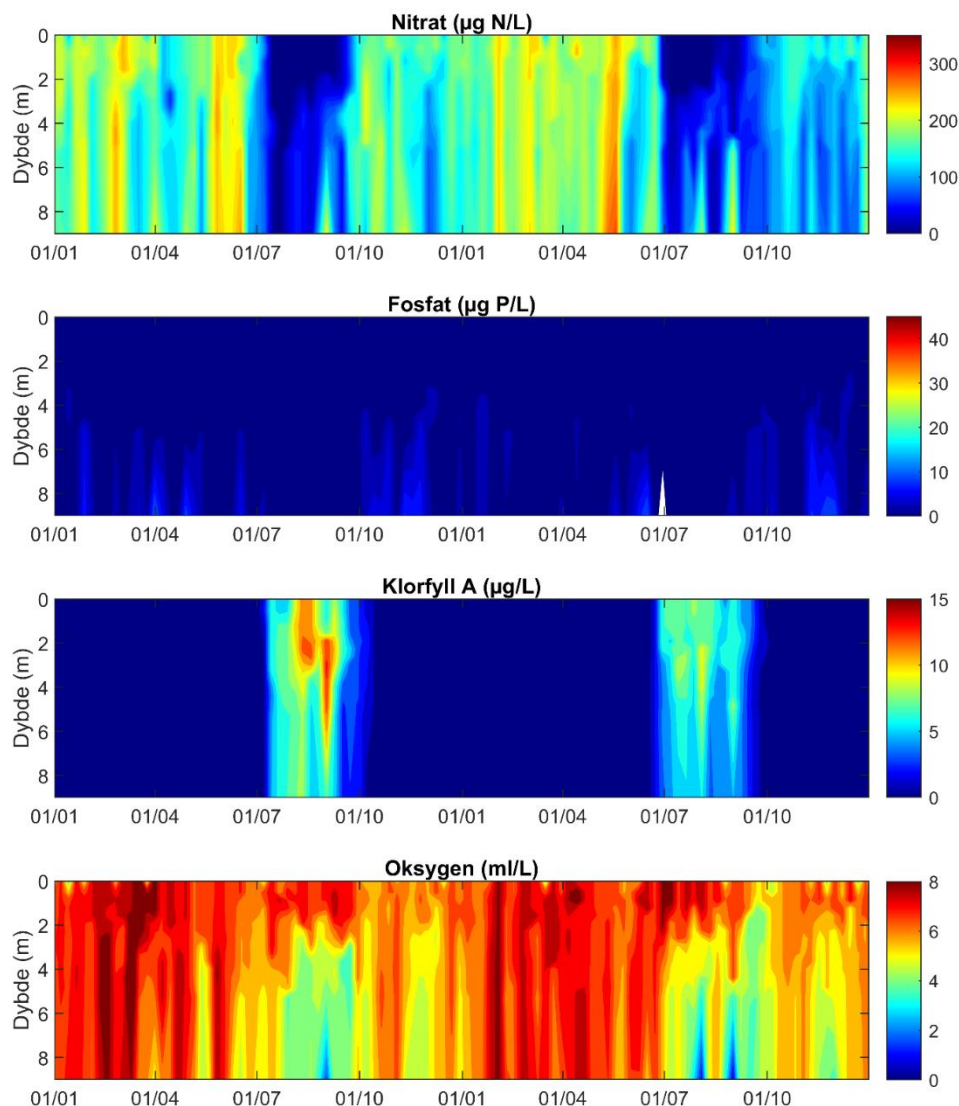
Figur 13. Modellering av utvidelse av innløpet til Engekilen (scenario WIDE). Innløpet er i dette scenariet 26 m bredt og 2,2 m dypt, mens det i utgangspunktet var 8 m bredt og 1,2 m dypt.

I Figur 14 har vi prøvd å lede halvparten av vannet i Amtedalsbekken ned på 9 m dyp i Engekilen. Det er antatt at vannføringen i bekken er 134 L/s, basert på NVE Atlas. Siden Amtedalsbekken er en ørret-bekk så vil dette mest sannsynlig føre til konflikter. Men et slik tiltak ville hatt en svært positiv effekt på oksygenforholdene i Engekilen. Oksygenforholdene vil gå fra å være anoksiske i dag til at den laveste oksygenverdien er rundt 3 ml/L. Dette betyr at klassifiseringen av oksygenforholdene sannsynligvis ville bedres fra «svært dårlig» til «moderat» tilstand. Ved slike oksygenforhold vil problemet med intern gjødsling forsvinner, og overflatekonsentrasjonen av fosfat blir svært mye lavere.

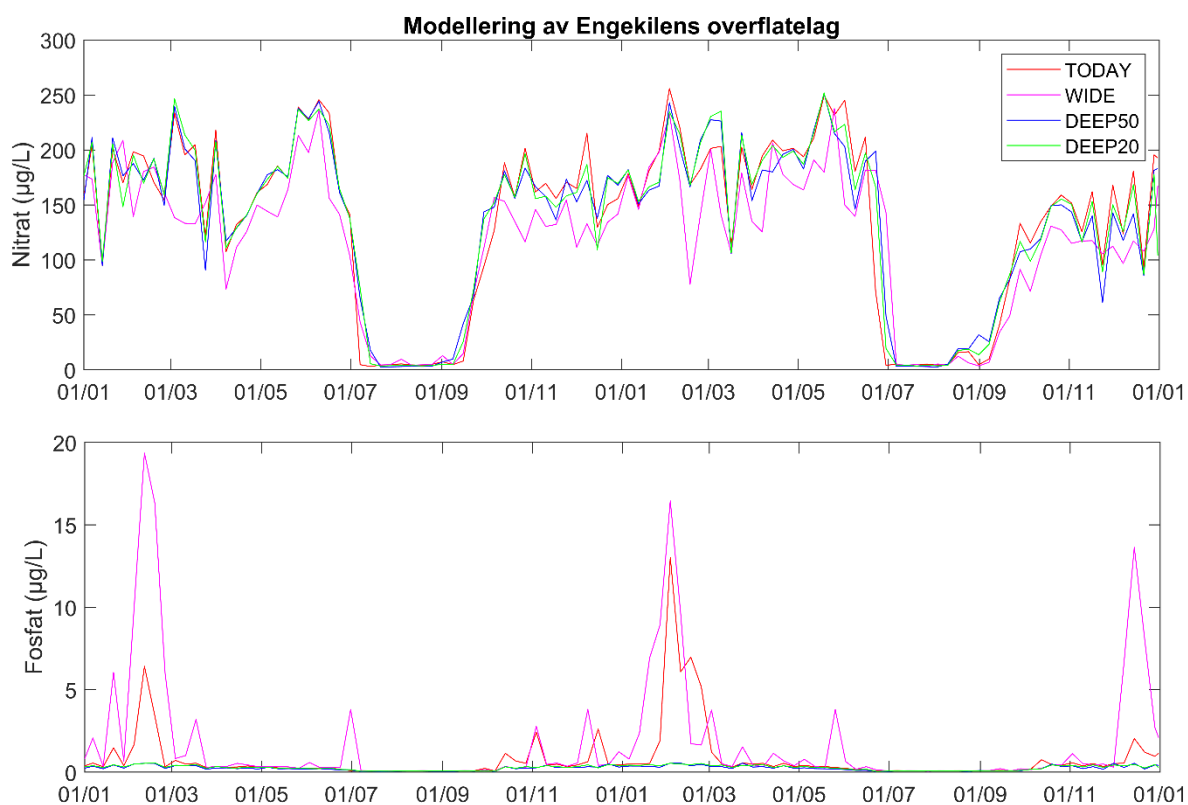


Figur 14. Modellering av å lede 50% av vannet i Amtedalsbekken (67 L/s) ned på 9 m dyp (scenario DEEP50). Laveste oksygenverdi ved bunn er 3 ml/L.

I Figur 15 vises resultatene av et mer skånsomt tiltak, hvor kun 20 % av vannet i Amtedalsbekken føres ned på 9 m dyp. Dette tiltaket vil ikke ha like god effekt på oksygenforholdene. Det vil forekomme korte perioder med svært lav oksygenkonsentrasjon. Men oksygenforholdene forbedres betraktelig, og en vil også i dette scenariet bli kvitt problemet med intern gjødsling. Som nevnt tyder modellberegningene på at problemene med algematter i Engekilen mest sannsynlig kan løses ved å føre så lite som 26 L/s fra Amtedalsbekken ned i dypet og et slikt tiltak kan mest sannsynlig gjennomføres uten at den økologiske tilstanden i Amtedalsbekken blir påvirket negativt i stor grad, siden kun 20 % av vannet i bekken trengs for å få bedre oksygenforholdene i Engekilen. Bedre oksygenforholdene så vil Engekilen sannsynligvis bli et bedre oppvekstområde for fisk.



Figur 15. Modellering av å lede 20% av vannet i Amtedalsbekken (27 L/s) ned på 9 m dyp (scenario DEEP20).



Figur 16. Konsentrasjon av nitrat (øverst) og fosfat (nederst) i overflaten ved de tre modellscenariene.

Sammendrag og konklusjon

I dette prosjektet har det blitt laget et detaljert bunntopografisk kart av Engekilen. Dette er grunnleggende data som er nødvendig for å vurdere eventuelle tiltak i vannforekomsten. Videre har det blitt dokumentert at det er oksygenfritt bunnvann med svært høye konsentrasjoner av næringssalter. Oksygenforholdene klassifiseres til «svært dårlig» ifølge Veilere 02:2018. Det betyr at den økologiske tilstanden i Engekilen er «moderat» og at mål i vannforskriften ikke er oppfylt.

Bunnvannet i Engekilen er en kontinuerlig kilde til næringssalter for algevekst, både planteplankton og trådformede bentiske alger (lurv) i strandsonene. Det har også blitt dokumentert hvor det er masseforekomst av lurv i Engekilen og for første gang dokumenteres det her hvordan dette utvikler seg gjennom sesongen. Prosjektet har samlet inn disse dataene i et svært kostnadseffektivt program gjort mulig av lokalt engasjement.

To forskjellige modeller har blitt benyttet. Den ene modellen som vi kaller «lurvmodellen» viser at forekomst av lurv er svært sensitiv for endring i næringssalter. Modellen antyder at lurven vil gå tilbake i svært stor grad om konsentrasjonen av fosfor reduseres med 20 %. Det må her påpekes at det er svært lite data til rådighet for å kalibrere lurvmodellen, og sensitiviteten til modellen er ikke validert. Det bør derfor samles inn data over flere sesonger for å få kunne si mer om nøyaktigheten til modellen.

Den andre modellen som kalles NIVA Fjordmodell har blitt brukt for å teste hvordan næringssaltkonsentrasjonen i overflaten og oksygenforhold i bunnvannet endrer seg. Basert på resultatene fra denne modellen så anbefales det ikke å åpne opp sundet. Å lede noe av vannet fra Amtedalsbekken ned i dypet vil derimot være et billig tiltak som mest sannsynlig vil redusere forekomst av lurv i Engekilen radikalt. Det vil også være mulig å oppnå gode oksygenforhold i bunnvannet mesteparten av tiden, og dermed vil det være mulig å oppnå god økologisk tilstand.

De konklusjonene som har kommet fram her har stor overføringsverdi til tilsvarende vannforekomster, men til tross for at det er gjort pionerarbeid i forbindelse med innsamling av lurv, er datagrunnlaget foreløpig sparsomt. For eksempel så kunne innsamlingen med fordel ha vært startet enda tidligere på sesongen. De næringssaltkonsentrasjonene som er brukt i lurvmodellen er rene antagelser, og derfor er det svært ønskelig at det i en fase to av prosjektet samles inn næringssalter gjennom sesongen. Forslag til måleprogram for en fase to ble beskrevet i NIVA-notat 0384/23 datert 10. november 2023.

Referanser

Christie, H., & Rinde, E. (2020). Tre ålegrasenger på Skagerrakkysten: Forvarsel om en naturtype i forfall. NIVA notat til Miljødirektoratet og Statsforvaltere i Sør-Norge.

Staalstrøm, A., & Yakushev, E. (2020). Vurdering av mulige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Hunnebunn. NIVA-rapport. <http://hdl.handle.net/11250/2637089>

Kiirikki, M., Haapamäki, J., Koponen, J., Ruuskanen, A., & Sarkkula, J. (1998). Linking the growth of filamentous algae to the 3D-ecohydrodynamic model of the Gulf of Finland. *Environmental Modelling & Software*, 13(5-6), 503-509.