



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2025 45 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Påverknad av vegsaltingavrenning på utvikling og vekst av fytoplankton

Impact of Road Salt Runoff on the Development And
Growth of Phytoplankton

Anne Groven

Miljøvitenskap

Forord

Denne masteroppgåva er i samarbeid med Statens vegvesen, og er eit avsluttande arbeid for mastergraden min i Miljøvitenskap ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet [NMBU].

Oppgåva er eit resultat av fleire månadar med arbeid, og eg ynskjer å vise stor takksemd til hovudvegleiarane mine Gunnhild Riise [NMBU] og Thomas Rohrlack [NMBU], som har gitt meg verdifull kunnskap og vegleiing. Eg vil takke alle tilsette på Laboratoriet ved MINA – fakultetet som har gitt meg assistanse med å gjennomføre og vegleie meg gjennom laboratoriearbeid. Eg vil også takke familien og vennene mine for støtte og oppmuntring gjennom heile prosessen. Takk til vegleiarane mine frå Statens vegvesen Lene Jacobsen og Ola Rosing Eide som har hjelpe meg, og gitt meg moglegheit til å jobbe med eit spennande og relevant tema.

Å skrive masteroppgåve har både vore lærerikt og utfordrande. Arbeidet har gitt meg eit betre kunnskapsgrunnlag for ferskvassøkologi, som eg vil taka med meg vidare. Til slutt håper eg at denne oppgåva vil gje ein auka forståing av det utvalde temaet, og inspirere til vidare forskning.

Ås, 12. mai 2025
Anne Groven

Samandrag

Vegsalt blir bruka til smelting av is og sno på vegar for å oppretthalde trafikksikkerheita om vinteren. Bruken av vegsalt har auka dei siste 20 åra, i hovudsak på grunn av klimaendringar. Ved bruk av eksisterande data og målingar som er tatt sommaren 2024, vil denne masteroppgåva sette lys på korleis vegsalt har hatt effekt på økologiske parameter som er viktige for vekst av fytoplankton. Studieområde skal omhandle vassførekomsten Gørrtjern i Marker kommune. Gørrtjern er ein innsjø lokalisert i nærleiken av Svenskevegen, som tidlegare hadde høgt forbruk av vegsalt. I dag blir ikkje Svenskevegen lengre salta på grunn av stor reduksjon i trafikkmengd etter E18 – Riksgrensen blei opna for trafikk i 2017. Statens vegvesen har utarbeida ein rapport på vegnære innsjøar i 2023, der Gørrtjern er inkludert i undersøkinga. Det vart observert både oksygen – og klorgradient i Gørrtjern på hausten og våren 2023, og under feltarbeid for masteroppgåva sommaren 2024. På grunn av kombinasjon av høge konduktivitetsnivå, samt lite bølgeaktivitet, er det bekrefta at Gørrtjern har utvikla eit stabilt saltsjikt. Vidare har dette ført til vekst av hovudsakeleg grøne svovelbakteriar i botnsjiktet. Det er lite tilgjengeleg data om tidlegare klorofyll og bakterieklorofyllnivå, og det vil derfor vere vanskeleg å føresjå korleis veksten har blitt påverka over lengre tid. Det er likevel tydeleg at saltsjiktet har skapa eit stabilt og anoksisk miljø der svovelbakteriar trivst. Resultata viser at ammonium og fosfat hadde høgast og mest stabil førekomst i det anoksiske sjiktet. På grunn av permanent sjikting, vil ikkje desse essensielle næringsstoffa få sirkulert i vassøyla. Vidare har dette sannsynlegvis avgrensa veksten til fytoplankton som førekjem over saltsjiktet. Anoksiske forhold har samstundes ført til danning av hydrogensulfid, som svovelbakteriar vidare kan utnytte som elektronkilde. Vidare undersøkingar av Statens vegvesen bør vere å undersøke om høge konduktivitetsnivå skuldast salt som er lagra i jord, sediment, eller om hydrologiske mønster har blitt endra under anleggsfasen før utbygging av nye E18. Konduktivitetsmålingane har hatt ein moderat reduksjon frå 2023 til 2024. Dersom denne reduksjonen vil fortsette, vil dette føre til ein utjamning av konduktivitetsnivået som er ein avgjerande faktor til den permanente sjiktinga. Dette understrekar behovet for vidare overvaking av vasskvaliteten, samt kartlegging av korleis desse forholda kan påverke utviklinga av svovelbakteriane i Gørrtjern over tid.

Abstract

Road salt is used to melt ice and snow on roads to maintain traffic safety during winter. The use of road salt has increased over the past 20 years, mainly due to climate change. Using existing data and measurements taken in the summer of 2024, this master's thesis will shed light on how road salt has affected the ecological parameters that are essential for the growth of phytoplankton. The study area will examine lake Gørrtjern in Marker municipality. Gørrtjern is a lake located near Svenskevegen, which previously had a high consumption of road salt. Today, Svenskevegen is no longer salted due to a large reduction in traffic volume after the E18 – Riksgrensen was opened for traffic in 2017. The Norwegian Public Roads Administration has prepared a report on roadside lakes in 2023, in which Gørrtjern is included in the study. Both oxygen - and chlorine gradients were observed in autumn and spring of 2023, and again during the field work for the master's thesis in the summer of 2024. Due to a combination of high conductivity levels, as well as low wave activity, it is confirmed that Gørrtjern has developed a stable salt stratification. This has led to a growth of mainly green sulfur bacteria in the bottom layer. There is little available data on previous chlorophyll and bacterial chlorophyll levels, and it will therefore be difficult to predict how growth has been affected over a longer period. It is nevertheless clear that the salt layer has created a stable and anoxic environment where sulfur bacteria thrive. The results show that ammonium and phosphate had the highest and most stable occurrence in the anoxic layer. Due to permanent stratification, these essential nutrients will not be able to circulate throughout the water bodies. This has probably limited the growth of the phytoplankton that occurs above the salt layer. Anoxic conditions have also led to the formation of hydrogen sulfide, which sulfur bacteria can further utilize as an electron source. Further investigations by the Norwegian Public Roads Administration should be to investigate whether high conductivity levels are due to salt stored in soil, sediment, or whether hydrological patterns have changed during the construction phase before the development of the new E18 - Riksgrensen. Conductivity has had a moderate reduction from 2023 to 2024. If this reduction continues, it will lead to a leveling of conductivity, which is a decisive factor in the permanent stratification. This emphasizes the need for further monitoring of water quality, as well as mapping how these conditions may affect the development of sulfur bacteria in Gørrtjern over time.

Innhald

Forord	1
Samandrag	2
Abstract	3
Innhald.....	4
1 Introduksjon	7
1.1 Bakgrunn for studien	7
1.1.1 Ny E18 – Riksgrensen.....	7
1.1.2 Bruk av vegsalt i Noreg.....	9
1.2 Vegsalt sin påverknad på ferskvassøkosystem	9
1.3 Effekten av salt på fytoplankton.....	10
1.3.1 Direkte effektar på fytoplankton	10
1.3.2 Indirekte effektar på fytoplankton	10
1.4 Formål og problemstilling	11
1.5 Tidlegare forking	12
2 Områdeskildring.....	13
2.1 Datainnsamling.....	13
2.2 Hydrologiske forhold.....	13
2.3 Grunnforhold.....	14
2.4 Klima.....	15
3 Metode og matreale	16
3.1 Prøvetaking i felt	16
3.1.1 Måling av lys – Siktedjupn.....	17
3.1.2 Temperatur og oksygen	17
3.2 Laboratorieanalysar	17
3.2.1 Analyse av konduktivitet.....	18
3.2.2 Analyse av fosfor	18
3.2.3 Analyse av nitrogen.....	20
3.2.4 Analyse av DOC (Dissolved Organic Carbon)	22
3.2.5 Ionekromatografi – Anion	23
3.2.6 Pigmentanalyse – Fytoplankton	23
3.3 Feilkjelder og usikkerheit.....	24

3.3.1	Vurdering av feilkjelder og usikkerheit i resultata	25
4	Resultat.....	26
4.1	Temperatur.....	26
4.2	Siktedjupn.....	27
4.3	Konduktivitet.....	28
4.4	Klorid	29
4.5	Oksygen.....	30
4.5.1	Oksygenmetting	30
4.5.2	Oksygenkonsentrasjon	31
4.6	Nitrogen.....	32
4.6.1	Total nitrogen	32
4.6.2	Nitrat.....	33
4.6.3	Ammonium.....	34
4.7	Fosfor	35
4.7.1	Total fosfor	35
4.7.2	Fosfat.....	36
4.8	Sulfat	37
4.9	Dissolved Organic Carbon (DOC)	38
4.10	Fytoplankton.....	39
5	Diskusjon.....	41
5.1	Saltsjikt.....	41
5.2	Næringsstoffkonsentrasjon	42
5.3	Kjelde til saltforureining	43
5.4	Effekten av vegsalt på vekst av fytoplankton.....	43
5.4.1	Fytoplanktongrupper	43
5.4.2	Svovelbakteriar – Chlorobium	45
5.5	Forslag til vidare forskning eller tiltak	46
6	Konklusjon	48
7	Referanseliste	50
8	Vedlegg.....	56
	Vedlegg 1	56
	Vedlegg 2.....	56
	Vedlegg 3.....	57

Vedlegg 4.....	57
Vedlegg 5.....	57
Vedlegg 6.....	57

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn for studien

Vegsalt blir bruka for å oppretthalde trafikksikkerheit og sikre godt veggrep på norske vegar gjennom vinteren. Vegsalt som blir nytta i Noreg består primært av natriumklorid (NaCl), og er effektivt for å senke frysepunktet på vegbanen ved å hindre danning av iskrystallar (Statens vegvesen, u.å.b). Når vegsaltet spreiaast på vegbanen, er det lett løyseleg og kan transporterast vidare gjennom avrenning frå veg og grøfter til nærliggande vassførekomst (Steintef *et al.*, 2023). Dette førar til at store mengder salt hamner i miljøet rundt vegane, og effekten aukar i område med høg trafikkmengd eller langvarig vinterdrift (Gjemlestad *et al.*, 2012). Dette gjelder spesielt for europavegar, fylkesvegar og riksvegar som har høgast prioritet med tanke på trafikksikkerheit, og vil tyde at dei har eit høgt forbruk av vegsalt (Statens vegvesen, u.å.b).

Statens vegvesen har på grunn miljøutfordringar gjennomført fleire undersøkingar på vegnære innsjøar, særleg på Austlandet som har store trafikkmengder (Gjemlestad *et al.*, 2012). Ein av desse undersøkte innsjøane er Gørrtjern, Ørje – Marker kommune, vist i Figur 1. Gørrtjern er lokalisert rett ved Svenskevegen, som tidlegare var hovudvegen over til Svenskegrensa. I dag går det no ein motorveg – E18 Riksgrensen, som ligger på sørsida av tjernet.

Denne oppgåva er i samarbeid med Statens vegvesen, og vil fokusere på korleis Gørrtjern er påverka av vegsalting. Ved bruk av eksisterande data og eigne målingar frå sommaren 2024, vil oppgåva sette lys på korleis avrenning av vegsalt kan styre utviklinga og veksten av fytoplankton i Gørrtjern, ved å undersøke og analysere økologiske parametarar.

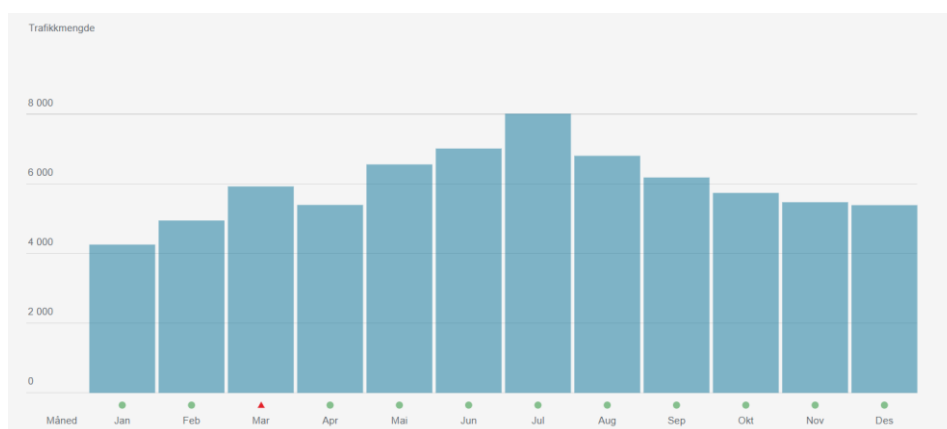
1.1.1 Ny E18 – Riksgrensen

I 2013 blei detaljreguleringsplan for E18 Riksgrensen – Ørje og lokalvegen Braarudveien – Ås vedtatt av Marker kommunestyre. Vegen går gjennom Ørje sentrum, og i 2017 blei den opna for trafikk, vist i Figur 1. (Statens vegvesen, u.å.a).



Figur 1. Flyfoto av Svenskevegen og nye E18, tatt i 2018. FINN. (2018). FINN Kart. Tilgjengeleg frå: https://www.google.com/maps/@59.4838445,11.7259679,1588m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDQyOS4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

I 2015 før opninga av E18, hadde Svenskevegen ein total ÅTD (Årsdøgntrafikk) på 6251 køyretøy (Statens vegvesen, u.å.e). I 2019 blei trafikken redusert ned til 567, og er i dag nede på 50 køyretøy (Statens vegvesen, u.å.e). For E18 viser den månadlege døgntrafikken i 2024 ein måling på ca. 5000 – 6000 køyretøy, vist i Figur 2. (Statens vegvesen, u.å.d). Den nye motorvegen avlastar trafikken på Svenskevegen, men trafikken i området er fortsatt ikkje redusert. Likevel har den store nedgangen av trafikk på Svenskevegen ført til at vegen ikkje lengre blir salta.

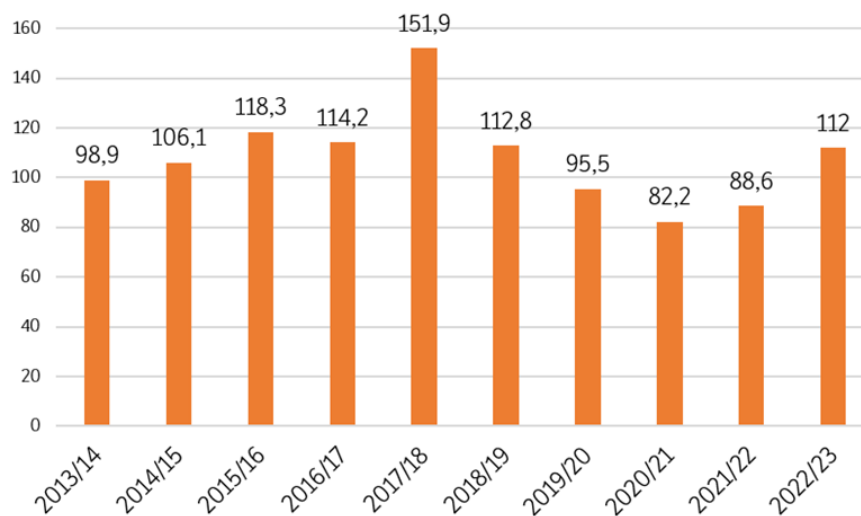


Figur 2. Månadleg trafikkdata for E18 - Riksgrensen. Statens vegvesen. (u.å.d). Trafikkdata. Tilgjengeleg frå: <https://trafikkdata.atlas.vegvesen.no/#/utforsk?datatype=averageDailyMonthVolume&display=chart&from=2024-01-01&trpids=21405V2607269>

1.1.2 Bruk av vegsalt i Noreg

Statens vegvesen melder at totalt forbruk av vegsalt har auka dei siste 20 år (Statens vegvesen, u.å.b). Grunnen til dette er mildare vintre, samt auka nedbør som frys på bakken. Dette resulterer i at vegane har blitt meir trafikkfarlege (Statens vegvesen, u.å.b). Likevel viser utviklinga regionale variasjonar, der enkelte stader har hatt ein reduksjon dei siste tre åra. Dette er i hovudsak på grunn av meir bevisstheit rundt saltforbruk og miljøkonsekvensar det kan medføre (Statens vegvesen, u.å.b).

For vinteren 2022/2023 blei det bruka 112 000 tonn salt for Riksvegar i Noreg. For sesongen 2023/2024 vart det bruka 109 000 tonn salt, og har dermed ført til ein nedgang på ca. 2,7% på eit år, vist i Figur 3. (Statens vegvesen, u.å.b). Til tross for ein reduksjon av vegsalt på Riksvegane, bruka Noreg 325 000 tonn salt for sesongen 2017/2018 for både riks – og fylkesvegar, og var ein 40% auking frå sesongen året før (Sæther, 2021). Oppdaterte tal for nyare år er ikkje tilgjengelege, men statestatikken viser at det er ein aukande trend i det totale forbruket.



Figur 3. Totalt forbruk av salt på riksvegar i Noreg (tusen tonn). Statens vegvesen. (u.å.b) Salting av veger. Tilgjengeleg frå: <https://www.vegvesen.no/fag/veg-og-gate/vinterdrift/salting/>

1.2 Vegsalt sin påverknad på ferskvassøkosystem

Å nytte vegsalt for smelting av sno og is har som nemnd hatt enkelte miljøutfordringar. Når salt renn av vegbanen, førar det til auka saltnivå i nærliggande vassførekomstar som bekker, elver, innsjøar og grunnvatn (Sivertsen, 2012). I ferskvassførekomstar, som naturleg har låg salinitet, kan innføring av vegsalt føre til forstyrringar på økosystemet (Saunes, 2024).

Noko av problematikken rundt høge saltkonsentrasjonar i vassførekomstar, er at salt har ein høgare tettheit enn vatn. Saltet vil derfor søkke til botn, og skape ein haloklin – eit saltsjikt (Saunes, 2024). Denne tilstanden kallast for **meromiktiske innsjøar**. Dei djupaste laga – *monimolimnion*, vil derfor ikkje blandast med dei øvre laga – *miksolimnion* (Wetzel, 2001). I motsetning til dimiktiske innsjøar, vil meromiktiske innsjøar ha ein permanent sjikting med periodisk røring i miksolimnion. (Wetzel, 2001). For at ein innsjø skal klassifiserast som meromiktisk, må den vere permanent sjikta i minst eit år (Boehrer & Schultze, 2008).

1.3 Effekten av salt på fytoplankton

Auka saltinnhald i ferskvatn kan ha stor påverknad på fytoplanktonsamfunnet, både når det gjelder artssamansetning og fysiologiske tilpassingar. Mange ferskvassartar har ein avgrensa toleranse for høge saltkonsentrasjonar, noko som kan føre til endringar av artsfordeling i innsjøen (Bækken *et al.*, 2011;Boehrer & Schultze, 2008). Når saliniteten aukar, vil meir salttolerante artar få ein konkurransefordel (Bækken *et al.*, 2011). Dette kan føre til mindre biodiversitet, eller vekst av uønskte artar som cyanobakteriar.

1.3.1 Direkte effektar på fytoplankton

Ein av dei viktigaste mekanismane fytoplankton har for å kunne overleve høge saltforhald, er osmoseregulering (Nasjonal digital læringsarena [NDLA], u.å.). Osmoseregulering hjelp med å oppretthalde vassbalansen, og motverke det osmotiske trykket (NDLA, u.å.). Denne mekanismen er midlertidig ikkje alltid god nok for å kunne overleve dei høge saltkonsentrasjonane. I enkelte tilfelle er fytoplankton derfor nøydte til å gå gjennom fysiologiske endringar for å tilpasse seg desse omstenda (Emden, 2014). Nokon artar har moglegheit til bevare cellestrukturen med stive celleveggar for å hindre at cellene sprekk ved tilstrøyming av vatn (Emden, 2014). Høge saltnivå kan også påverke fotosyntese og vekstrate ved å avgrense opptaket av næringsstoff, men enkelte artar har utvikla ein evne til å oppretthalde fotosyntesen under saltstress (Haeussinger & Sies, 2007).

1.3.2 Indirekte effektar på fytoplankton

Som nemnd vil danning av eit saltsjikt (haloklin) føre til hindring av sirkulasjon, og dermed tilførsel av oksygen til nedre sjikt. Oksygen som er tilgjengeleg i monimolimnion, vil bli bruka opp til biologiske prosessar og nedbryting av organisk matreale (Wetzel, 2001). Utan tilførsel av nytt oksygen vil det utviklast anoksiske forhold i saltsjiktet. Vidare kan dette ha ein påverknad på oppførselen og tilgangen til næringsstoff.

Forhold som dette vil etterkvart kunne utvikle seg til ein interngjødsling. Interngjødsling inneber at næringsstoff som fosfor – og nitrogenforbindingar vil lekkje frå sedimenta og ut i vassmassane. Med oksygen til stades vil treverdige jern (Fe^{3+}) binde seg til fosfat (PO_4^{3-}) som dannar jernfosfatforbindingar (FePO_4) (Wetzel, 2001). Desse forbindingane er ikkje biotilgjengelege, og vil derfor sedimenterast. Når oksygen er fråverande, vil jernfosfatforbindingane bli ustabile. Jern blir deretter redusert til løyseleg jern (Fe^{2+}) som førar til at både jern og fosfat frigjerast frå sedimenta (Wetzel, 2001). På same måte vil organisk bunden nitrogen som er sedimentert reduserast til ammonium, som er ein direkte nitrogenkjelde for fytoplankton. Dette førar til ein opphoping av næringsstoff i djupare lag. Ved oppløysning av vegsalt aukar konsentrasjonen av frie ion som natrium (Na^+) og klorid (Cl^-) i vatnet. Høge mengder av oppløyst salt vil auke ionestyrken i jord og vatn, som vil svekke den elektrostatiske bindingen til tungmetall, samstundes gjere dei meir mobile (Bækken & Haugen, 2012). Reduserande forhold vil også kunne føre til frigjering av tungmetall frå sedimenta (Bækken & Haugen, 2012). Slike forhold vil derfor auke risikoen for opptak og bioakkumulering av tungmetall i fytoplankton.

1.4 Formål og problemstilling

Formålet med masteroppgåva vil vere å undersøke korleis vekst og artssamansetning av fytoplankton har utvikla seg under prøvetakingsperioden. Effekten av vegsalt vil vere i fokus, og andre påverknadar som avrenning frå landbruk, industri og menneskeleg aktivitet vil takast i betraktning der det er relevant.

Oppgåva vil svare på problemstillinga: *Kva for effekt kan vegsalt ha på økologiske parametrar som vil styre veksten av fytoplankton?* Der hypotesane er formulert som:

- H_0 : Høge saltkonsentrasjonar vil ikkje ha nokon effekt for utvikling og vekst av fytoplankton.
- Alternativ hypotese: Høge saltkonsentrasjonar vil ha ein effekt på utvikling og vekst av fytoplankton.

1.5 Tidlegare forskning

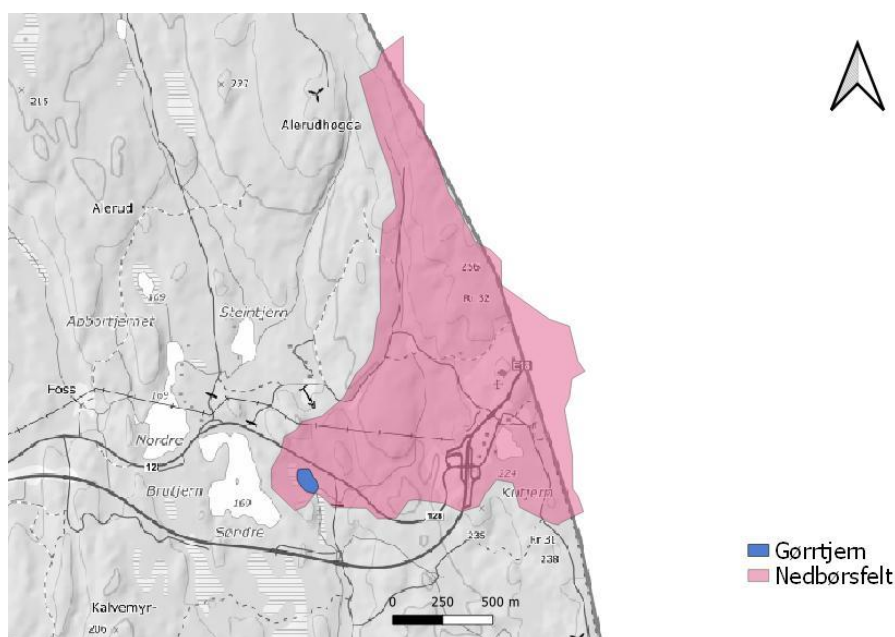
Statens vegvesen har utført fleire undersøkingar om påverknad av vegsalt, både på vegetasjon, jordsmonn og i ferskvassystem. SaltSMART var eit prosjekt som blei gjennomført i perioden 2007 til 2011 (Statens vegvesen, u.å.c). Bakgrunnen for prosjektet var å auke fokuset på saltet sin miljøpåverknad og verdiminking av vasskvaliteten ved avrenning frå salta vegar (Sivertsen, 2012). I seinare år er det som nemnd innleiingsvis utført meir forskning på vegnære innsjøar på Austlandet, samtidig har Statens Vegvesen hatt samarbeid med NMBU og andre høgare utdanningsinstitusjonar om masteroppgåver (Statens vegvesen, u.å.c). I følgje statens vegvesen er det utført mindre dokumentasjon av effekten vegsalt har på fytoplankton (Statens vegvesen, 2006). Utvald tema for denne masteroppgåva bør derfor implementerast for fleire innsjøar for å få eit meir omfattande grunnlag.

2 Områdeskildring

2.1 Datainnsamling

Informasjon om studieområdet er henta frå nettsidene NVE, NEVINA og Vann – nett. Kart er utforma med programmet QGIS, og kartdata er henta frå Geonorge, Kartverket og Kilden – Nibio. Det er utført lite undersøkingar om Gørrtjern som ferskvassførekomst, samt saltnivå og påverknad vegsalt har hatt. Mykje informasjon er derfor henta ut i frå eigne data, forskning utført om nærliggande innsjøar, eller ved hjelp av kart på nett.

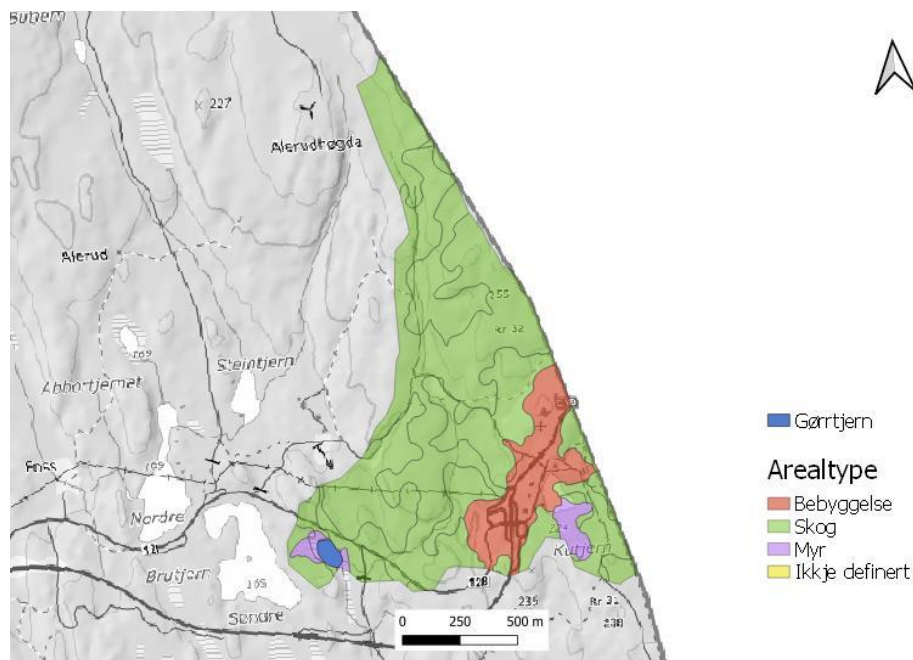
2.2 Hydrologiske forhold



Figur 4. Kart over lokasjon og nedbørsfelt til Gørrtjern. Norges vassdrags – og energidirektorat (u.å.b) 'NEVINA Nedbørsfelt – Vannføring – Indeks – Analyse'. Tilgjengeleg frå: <https://nevina.nve.no/>.

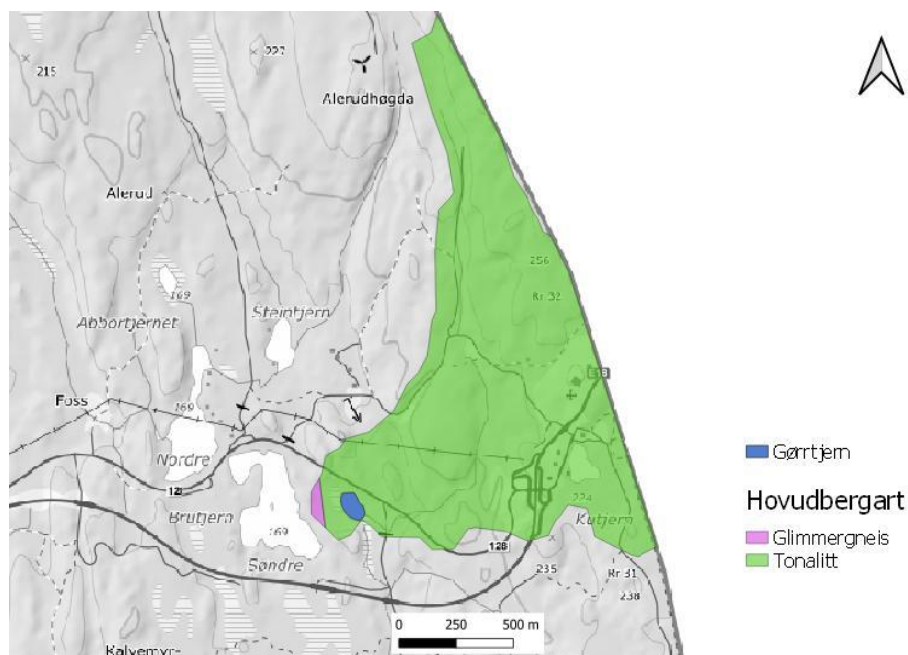
Gørrtjern (Vassdragsnr: 314.A4Z, Vasstypekode: L106) er eit tjern som ligger i Marker kommune – Østfold fylke (Norges vassdrags – og energidirektorat [NVE], u.å.a). Tjernet har ein størrelse på 0,0088 km² og har ein maksdjupn på 4,6 m (Saunes, 2024). Nedbørsfeltet til Gørrtjern har ein størrelse på 1,7 km², vist i Figur 4. Innsjøen er stillestående, humøs og har liten vassutskifting (Saunes, 2024). Gørrtjern ligger under marin grense på 167 m.o.h, og høyrer til elvehierarkiet Holbekken/Upperudsälven (NVE, u.å.b). Innløp og utløp ligger i nærleiken av kvarandre, sør – aust i tjernet (NVE, 2018). Desse eigenskapane vil vidare vere viktig informasjon for forståing av dei hydrologiske og økologiske prosessane i innsjøen.

2.3 Grunnforhold



Figur 5. Arealressurskart for Gørrtjern nedbørsfelt. Norsk institutt for bioøkonomi (2022). 'Arealressurskart – AR50 – Arealtyper. Tilgjengeleg frå: https://kilden.nibio.no/?topic=arealinformasjon&zoom=0&x=7219344&y=383375&bgLayer=graatone&layers=ar50_ar_eatype&layers_opacity=0.75&layers_visibility=true

Innanfor nedbørsfeltet til Gørrtjern er det skog som tydeleg dominerer, spesielt barskog med middels til høg bonitet (Norsk institutt for bioøkonomi, 2022). Busetnad er i hovudsak lokalisert i nærleiken av samferdsel som E18 og Svenskevegen, vist i Figur 5.



Figur 6. Hovudbergartar innanfor Gørrtjern nedbørsfelt. Norges geologiske undersøkelse (2022). Berggrunn N1350. Tilgjengeleg frå: https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/

Det er berre registrert to hovudbergartar innanfor nedbørsfeltet til Gørrtjern; Glimmergneis og Tonalitt, der glimmergneis dominerer i svært stor grad, vist i Figur 6. Glimmergneisen er ein grovkorna bergart som er hard og lite porøs, då den oftast inneheld mykje kvartsitt og feltspat (Store Norske leksikon, 2024). Tonalitt er også ein bergart som både er lite porøs, grovkorna og hard (Petrologi, u.å.). Dette vil tyde at regnvatn vil renne av på overflata, og ikkje trekke ned i berggrunnen som kunne ha bidratt til infiltrering (Berg *et al.*, 2003).

Torv og myr er registrert i nærleiken av tjernet, elles er det liten førekomst i resten av nedbørsfeltet (Norges geologiske undersøkinge [NGU], 2023), vist i Figur 6. Området er i hovudsak dekt med usamanhengande eller tynt dekke av morenematreaale, med noko open fastmark i nærleiken av busetnad, og nord – aust nær Svenskegrensa (NGU, 2023).

Morenematreaale er ein jordtype som er usortert, og kan innehalde både blokker, sand, silt og leire (Rotnes, 2025). Kor godt denne jordtypen vil egne seg til infiltrasjon av vatn, vil vere avhengig av kornstørrelse, permeabilitet og samansettinga. Førekomsten av torv og myr i området kan derfor spele ei viktig rolle ved å leggje til rette for betre infiltrasjon, uavhengig av eigenskapane og sorteringa av morenematrealet (Rognstad *et al.*, 2023).

2.4 Klima

Gørrtjern har eit innlandsklima, typisk Austlandet som er preget av kalde vintre og varme somrar. Området har mindre nedbør enn i kystområda, men kan oppleve store temperaturvariasjonar mellom årstidene (Aaboe *et al.*, 2023). I dag reknast middeltemperaturen for januar mellom -3 og -5 °C, og for juli er den 16 – 17 °C (Dannevig, 2024). Årleg nedbørsmengd er på ca. 700 – 800 mm, som er normalverdi for resten av innlandet (Aaboe *et al.*, 2023; Dannevig, 2025). På grunn av global oppvarming, har klimaet på Austlandet hatt tydelege endringar. Som nemnd innleiingsvis har området fått mildare vintrar, men også meir ekstremvær som flaum og tørkeperiodar på grunn av høgare gjennomsnittstemperatur (Aaboe *et al.*, 2023).

Værforholda gjennom prøvetakingsperioden var varierende med sol og regn, men lite vind. Det førekom ingen nedbør når vassprøvene blei tatt, men i forkant av enkelte prøvetakingsdagar hadde det kome store mengder regn, sjå vedlegg 5 for meir informasjon. Værforhald som består av både periodar med regn og opphald er typisk for norsk klima, og målingane gir derfor eit representativt bilde av ein normalsituasjon for sommarsesongen.

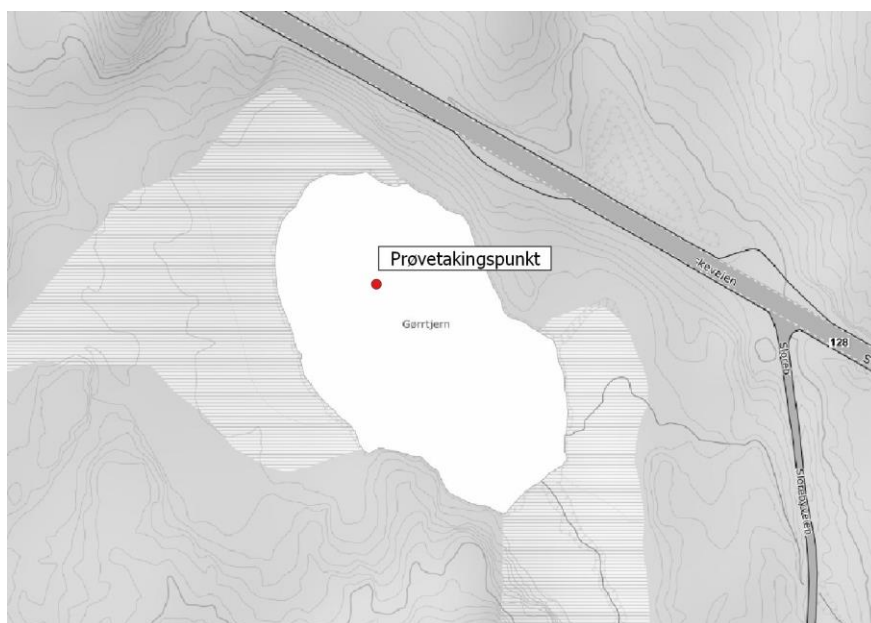
3 Metode og matreale

I dette kapittelet vil det bli gjeven ein generell forklaring på utføring av feltarbeid og analyse av utvalde parameter på laboratoriet. Alle resultata er deretter blitt behandla og visualisert i Rstudio og excel.

3.1 Prøvetaking i felt

Utstyr til feltarbeid:

- Ruttner vasshentar
- Flasker
- Notisblokk
- Penn/tusj
- Tau
- Secchi skive
- Tommestokk
- YSI ProDSS
- Redningsvest



Figur 7. Prøvetakingspunkt for Gørrtjern. Koordinatar: 59.482722, 11.729020

Prøvetaking i felt blei utført ved å hente vassprøver frå båt. Vassprøvene blei henta med ein Ruttner vasshentar frå 5 forskjellige djupnar; 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m, og deretter fylt i markerte flasker. Prøvene blei tatt på det djupaste punktet i tjernet, som blei lokalisert ved

bruk av ekkolodd, vist i Figur 7. Etter feltarbeidet blei vassprøvene frakta til laboratoriet til filtrering og vidare analyse. Metode for feltarbeid følgjer Norsk Standard NS – EN ISO 5667-4:2016.

3.1.1 Måling av lys – Siktedjupn

Frå båten blei det tatt direkte målingar av siktedjup ved hjelp av Secchi skive. Skiva blei senka ned med eit taug på skuggesida av båten, heilt til den var ute av syne. Tauget blei markert for å vidare kunne måle lengda på siktedjupna.

Siktedjupet blir målt for å kunne berekne kompensasjonsdjupna, som er grensa mellom den eufotiske og afotiske sona. Berekning av kompensasjonsdjupna kan utførast med følgjande empirisk formel:

$$\text{Kompensasjonsdjupna} = \text{Siktedjupn (m)} \times 2,5$$

Faktorar som kan påverke siktedjupet vil vere høgt fargetal frå humus, eller mykje turbiditet (Wetzel, 2001), som kan variere på grunn av nedbør eller tørke.

3.1.2 Temperatur og oksygen

Både temperatur og oksygen blei målt direkte frå båten ved bruk av YSI ProDSS. Resultata blei notert frå kvart prøvetakingsnivå.

Temperatur er ein viktig komponent i forbindelse med biologiske prosessar. Når temperaturen søkk, vil også viktige prosessar som fotosyntese, respirasjon og vekst gå meir langsamt (Wetzel, 2001). Temperaturen i vatnet er avhengig av lufttemperaturen og sollys. I likskap med måling av lys, blir temperatur påverka av turbiditet og humus som kan reflektere eller absorbere sollys.

Oksygen er også ein viktig komponent og blir bruka i prosessar som respirasjon og nedbryting av organisk matreale (Wetzel, 2001). Oksygen blei målt både som oksygenkonsentrasjon i mg/L og oksygenmetting i prosent med same instrument (YSI ProDSS).

3.2 Laboratorieanalysar

Etter kvar prøvetaking blei alle prøvene frakta til laben på Jordfagbygget - Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning ved Noregs miljø- og biovitenskaplege universitet for vidare analyse. Frå kvar vassprøve vart 250 ml vatn filtrert ved bruk av glasfilter med 47 mm

diameter og 1,2 µm porestørrelse. Alle prøvene og filtera blei fryst, og tatt opp igjen for vidare analyse seint i oktober.

3.2.1 Analyse av konduktivitet

Leiingsevne er eit mål på konduktivitet, altså vatnet sin evne til å leie elektrisk straum (Kompa, u.å). Konduktivitet blir målt ut i frå mengda løyste ion. Høgare konsentrasjon av salt vil derfor gje høgare leiingsevne. Metoden er basert på Norsk Standard NS – ISO 7888, som er tilpassa av Ivan Digernes (2004), vist i Vedlegg 3.

Konduktivitet målast ved hjelp av ein multiparametermåleeinheit som heiter VWR pHenomenal MU 6100, og blei utført inne på laben etter prøvetaking. Ufiltrert vatn frå kvart nivå blei overført til eit beger, og for å unngå botnfelling av partiklar blei det rørt i vatnet før det blei tatt målingar. Konduktivitet er temperaturavhengig, og kan auke med 2% per °C. Måleinstrumentet har derfor ein automatisk temperaturkompensasjon på 25 °C (VWR International, u.å.).

3.2.2 Analyse av fosfor

Fosfor kan førekomme som både løyst fosfor, og partikulært bunde fosfor. Løyst fosfor, også kjend som fosfat, er den tilstanden som er biotilgjengeleg, og er bunde saman med fire oksygenatom (PO_4^{3-}) (Wetzel, 2001). Det er utført analyse av både totalt fosfor (TOT – P) og fosfat. Metode for analyse er basert på Norsk Standard NS-EN ISO 6878:2004, og er modifisert av Ivan Digernes (2004), vist i Vedlegg 3.

3.2.2.1 TOT – P

Analyse av TOT – P inkluderer både partikulært fosfor og fosfat. For å måle TOT – P, må bunde fosfor først konverterast til ortofosfat for å kunne detekterast. Metoden som brukast for å analysere fosfor, kallast for molybdatblå – metoden. Ved å bruke denne metoden, vil ortofosfat reagere med molybdat for å danne eit blått kompleks. Det blå komplekset gjer det mogleg å finne konsentrasjonen gjennom spektrofotometri.

Standardkurve for fosfor

Standardkurve blir laga ved å bruke løysningar med ein kjent mengde fosfat, som deretter blei bruka for å bestemme konsentrasjonen i ukjende prøver. Dette gjennomførast ved å tilsette ein fosfatkonsentrasjon, som deretter skal fortynnast med deionisert vatn. For å rekne ut fortynningsgraden for kvar standardløyning, brukast følgjande formel:

$$V_1 = (C_2 * V_2) / C_1$$

Der:

- C_2 = Standardløysing
- V_2 = 5 ml
- C_1 = 1 mg/L

Tabell 1. Fortynningsgrad av fosfatløysning for standardkurve

Standardløysing (mg/L)	Fosfatløysing (1 mg/L)	Deionisert vatn (mL)
0,000	0	5,000
0,025	0,125	4,875
0,05	0,25	4,75
0,1	0,5	4,5
0,5	2,5	2,5
1	5	0

For å konvertere fosfor til løyst ortofosfat, blei det tilsett 2 ml kaliumperoksydsulfat til 10 ml ufiltrert prøve. Prøva blei deretter autoklavert i 30 min ved 120 C°. Kaliumperoksydsulfat er ein kraftig oksidant som vil frigjere bunde fosfor når det varmast opp. Etter prøvene hadde blitt kjølt ned, blei 5000 µg prøve tilsett 200 µg aksobinsyre + 200 µg molybdat. Prøvene blei oppbevart utan tilgang på lys i ca. 30 min for at kjemikaliane skulle ha tid til å virke inn og danne den blå fargen. Deretter blei måling av absorbans målt med eit spektrofotometer ved 880 nm.

3.2.2.2 Fosfat

Analyse av fosfat blei i likskap med TOT - P utført med molybdatblå - metoden. Det vil tyde at same standardkurve og konsentrasjonar av tilsetningsstoff blei nytta. Forskjellig frå TOT – P, blei det bruka filtrerte prøver som ikkje hadde blitt autoklavert.



Figur 8. Viser fargeutvikling av molybdatblå - metoden for analyse av fosfat.

3.2.3 Analyse av nitrogen

For nitrogen blei vassprøvene analysert for både løyst nitrogen i form av ammonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), og total nitrogen (TOT – N). Dette delkapittelet vil berre gje gjennomgang av analyse for TOT – N og ammonium. Framgangsmåte for analyse av nitrat er omtalt i kapittel 3.2.5.

3.2.3.1 TOT – N

Total nitrogen refererer til summen av nitrat, nitritt (NO_2^-), ammonium og organisk bunden nitrogen (Wetzel, 2001). For å bestemme konsentrasjonen av totalt nitrogen i vassprøvene blei Flow Injection Analysis (FIA) nytta, som er ein automatisert kjemisk analysemetode. Analysen blei utført ved hjelp av FIAstar SuperFlow, vist i Figur 9. Metode for analyse av TOT - N er basert på Norsk Standard NS-EN ISO 29441:2010.

Før analyse måtte alt nitrogenet i prøva omdannast til nitrat (NO_3^-). Dette blei utført ved å tilføre eit sterkt oksidasjonsmiddel og oppvarme det til ein høg temperatur for å bryte ned organiske nitrogenforbindingar. Prøva blei deretter injisert i eit kontinuerleg strøymande væskesystem, og blanda med reagensar i eit lukka system. Nitratet i prøva blei redusert til nitritt (NO_2^-) ved hjelp av ein kadmiumkolonne. Vidare reagerer nitritt med ein fargeutviklingsreagens (Griess-reagens), som danna eit farga kompleks. Det farga komplekset blei måla spektrofotometrisk ved 540 nm. Konsentrasjonen av totalt nitrogen blei utrekna basert på ein standardkurve.



Figur 9. Oppsett til Flow Injection Analysis (FIA).

3.2.3.2 Ammonium

For å måle innholdet av ammonium (NH_4^+) nyttar ein filtrerte prøver, som bestemmast ved bruk av salisylat – hypoklorittmetoden. Denne metoden dannar eit farga kompleks, som vil gjere det mogleg å finne konsentrasjonen gjennom spektrofotometri ved 655 nm. Salisylat - hypoklorittmetoden er basert på Norsk Standard NS 4746:1975, og er modifisert av Ivan Digernes (2004), vist i Vedlegg 3.

Standardkurve for ammonium

Standardkurve for ammonium utførast på same måte som for fosfor (sjå kap. 3.2.2.1).

Forskjellen er at ein brukar ein mengde ammoniumløysing, og $V_2 = 3 \text{ ml}$ i staden for 5 ml.

Tabell 2. Fortynningsgrad av ammoniumløysing for standardkurv.

Standardløysing (mg/L)	Ammoniumløysing (1 mg/L)	Deionisert vatn (mL)
0,000	0	3,000
0,025	0,075	2,925
0,05	0,15	2,85
0,1	0,3	2,7
0,5	1,5	1,5
1	3	0

Under gjennomføring av denne metoden, vil pH regulering være svært viktig. Når pH er låg, vil balansen føre til danning av ammonium (NH_4^+), men ved høg pH, vil ammoniumion dannast til ammoniakk (NH_3). Ved bruk av salicylatmetoden, er det ideelt å halde pH under 7.

I salicylatmetoden, reagerer hypokloritt (NaOCl) med ammonium i prøva og dannar monokloramin (NH_2). Monokloramin reagerer vidare med salicylat og natriumhydroksid (NaOH), noko som førar til danning av indofenol blå (blåfarga kompleks).

3 ml av kvar prøve blei tilsett 0,50 ml av kvar reagens, og rista mellom kvar tilførsel. Prøvene blei oppbevart utan tilgang på lys ca. 30 min, og deretter blei konsentrasjonen målt ved spektrofotometri. Etter at reagensane er tilsett, vil pH auke til 10 – 11. Grunnen til dette er fordi hypoklorittløysinga er basisk, og vil sikre at den blå fargen utviklast riktig, som illustrert i Figur 10. pH – en vart derfor kontrollert med pH strips før spektrofotometrisk måling.



Figur 10. Fargeutvikling av ammonium ved bruk av salisylat - hypoklorittmetoden.

3.2.4 Analyse av DOC (Dissolved Organic Carbon)

For å analysere løyst organisk karbon (DOC) må det nyttast filtrerte prøver. Desse prøvene blei forsura med saltsyre (HCl) for å fjerne uorganisk karbon (TIC). Den frigjorte CO_2 -gassen blei driven ut ved hjelp av luft før analysen av DOC blei gjennomført. Metode for analyse er basert på Norsk Standard NS-EN 1484:1997, og er modifisert av Ivan Digernes (2004), vist i Vedlegg 3.

Den reinsa prøva blei injisert i eit forbrenningskammer i ein Shimadzu organisk karbonanalysator (TOC-V CPN), der prøvene blei oppvarma til ca. 680 °C i nærleiken av ein platina-katalysator. Ved høge temperaturar blir det organiske karbonet fullstendig oksidert til CO₂. Gassen blei deretter transportert til ein NDIR-detektor som målte mengda CO₂ og dermed innhaldet av DOC i prøva. DOC er ein proxy for organisk matreale, og kan derfor brukast som ein indikator for mengda av organisk matreale i vatnet (Riise, 2025).

3.2.5 Ionekromatografi – Anion

Ionekromatografi (IC) er ein metode som brukast for å separere og måle anion i ein prøve. Metoden baserer seg på ionebytte, der ion separerast avhengig av ladning og binding med ein fast fase i ein separasjonskolonne (Egeland & Wibetoe, 2025). Metode for analyse av valte parameter; fluorid, klorid, sulfat og nitrat, er basert på Norsk Standard NS-EN ISO 10304-1:2009, og er modifisert av Ivan Digernes (2004), vist i Vedlegg 3.

Ved analyse injiserast prøva i eit straumsystem av væske, der ein bufferløysning med definerte kjemiske eigenskapar, transporterer prøven gjennom systemet (eluent). Anion og kation separerast fordi dei har ulik affinitet til kolonnematerialet. Dette førar til at stoffa vil bevege seg med ulik hastigheit, og svakare bunde ion frigjer seg først, mens sterkare bunde ion brukar lengre tid på å passere gjennom kolonnen.

Etter separasjon leiest iona til ein detektor, ofte ein konduktivitetsdetektor eller UV-detektor, som måler mengda av kvart ion. Resultatet blir framstilt som eit kromatogram, der toppane representerer ulike ion og deiers konsentrasjonar i prøva.

3.2.6 Pigmentanalyse – Fytoplankton

For å trekke ut pigment frå filterprøvene blei 3 ml aceton tilsett filterprøvene, som deretter blei oppbevart i kjøleskap i 24 timer. Etter denne perioden blei prøvene sentrifugert for å fjerne eventuelle partiklar. Videre analyse blei gjennomført ved hjelp av høgtrykksvæskerkromatografi (HPLC), der løysninga blei fortynna med vatn før analyse. Pigmenta blei identifisert ved bruk av standarar.

Pigmentanalyse gjev ein god oversikt over samansetninga av fytoplanktongrupper, men for identifikasjon av artar krevjar det ofte andre metodar, som mikroskopi eller DNA. Metoden er basert på Norsk Standard, med unntak av Bacteriochlorophyll 1 & 2 og målast derfor som

mAU/L og ikkje $\mu\text{g/L}$ (Rohrlack, 2025a). Meir informasjon om kvart pigment og tilhøyrande fytoplanktongrupper er forklart i Vedlegg 2.

Sjølv om svovelbakteriar ikkje klassifiserast som fytoplankton i tradisjonell forstand, er dei fotosyntetiske organismar som førekjem planktonisk i vassmassane. Av den grunn vil dei også inngå i vurderingar og avgjerder saman med andre fytoplanktongrupper, ettersom dei har ein liknande økologisk funksjon og påverkar fleire av dei same prosessane i innsjøen (Rohrlack, 2025b).

Tabell 3. Pigmenter og kva dei indentifiserar, basert på pigment paper - Vedlegg 4.

Karotenoider	
Peridinin	Finns hovudsakleg i dinoflaggelater. Hjelp med å fange opp lys i fotosyntesen.
Fucoxanthin	Gullalgar og diatomear (kiselalgar). Gjev algane ein brun – oransje farge
Violaxanthin	Finns hovudsakeleg i grønalgar og gullalgar, men også noko i diatomear. Viktig i grønalgar og planter.
Diadinoxanthin	Finns i diatomear og dinoflaggelatar. Viktig i lysbeskyttelse og energidemping.
Alloxanthin	Typisk for kryptofytter. Viktig for lysabsorpsjon i blågrønt lys.
Klorofyll - Primære fotosyntesepigment	
Chlorophyll a	Hovudpigmentet i fotosyntesen for alle fotosyntetiske organismar, inkludert algar og planter.
Bacteriochlorophyll 1 & 2	Finnes i fotosyntetiske bakteriar, som purpur – og grøne svovelbakteriar. Desse brukar lys på ein annan måte enn planter og algar.

3.3 Feilkjelder og usikkerheit

Nokon av dei vanlegare grunnene til feilkjelder knytt til feltarbeid er kontaminering av prøvetakingsutstyr, eller feilkalibrering av instrument (Miljø blad, u.å.). Kontaminasjon av prøvene kjem oftast av forureining frå utstyr, hender, båtar eller omgjevnadar. Feil av

instrument, og kalibreringsfeil, oppstår både på lab og ute i felt, og er ein vanleg kjelde til usikkerheiter.

Oppbevaring og transport av prøver er svært viktig. Enkelte forbindingar som ammonium og fosfat, kan endre seg over tid dersom dei ikkje konserverast riktig. Lys og temperaturendringar kan også påverke prøvene sin kvalitet, då biologiske prosessar fortsett til prøvene blir nedkjølt eller konservert (Miljø blad, u.å.). Under feltarbeid blei prøvene levert relativt raskt til laboratoriet for filtrering og frysing, utan tilgang på sollys. Prøvene blei kjølt ned 3 – 4 timar etter dei blei tatt, og er innanfor tidsramma som er anbefalt for bakteriologiske og fysisk/kjemiske parameter (Miljø blad, u.å.).

Ein annan feilkjelde som kan oppstå, er feil ved fortynning og prøveførebuing. Under laboratoriearbeidet blei det oppdaga at ein av pipettane ikkje fungerte optimalt. Mekanismen som justera volumet var svært sensitiv for bevegelse, noko som kunne føre til feil dosering av reagensar. For prøver med svært låge konsentrasjonar kan dette ha hatt ein effekt på resultata, men i kva for grad er vanskeleg å fastslå.

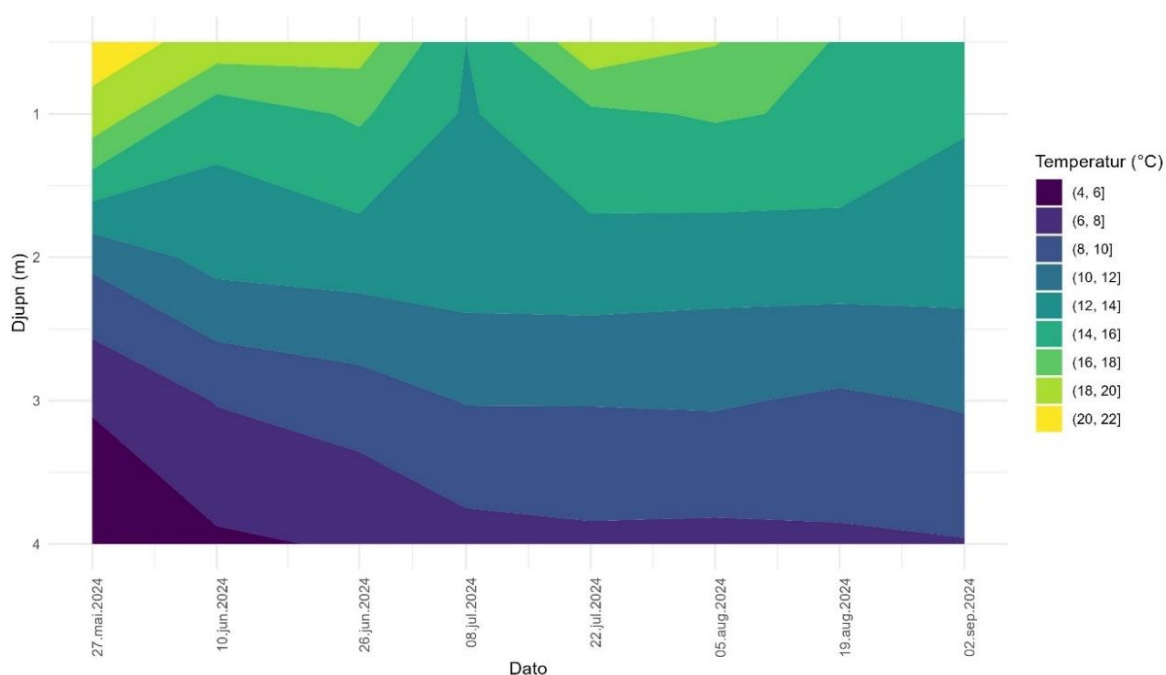
3.3.1 Vurdering av feilkjelder og usikkerheit i resultata

Ved vidare vurdering av resultata er det viktig å vere bevisst på at avvik kan oppstå. I nokon tilfelle kan det vere utfordrande å skilje mellom avvik som skyldast feilkjelder eller om det er naturlege variasjonar i miljøet, som kraftig nedbør eller tørke. Derfor bør resultata tolkast med dette i bakgrunn, og eventuelle usikkerheiter burde takast i betraktning ved konklusjonar (Miljø blad, u.å.).

4 Resultat

I denne delen presenterast resultata frå dei åtte vassprøvene som blei tatt frå Gørrtjern. For å kunne vurdere om konsentrasjonane av dei ulike parameterane er høge, moderate eller låge, er resultata samanlikna med klassifiseringsveggleiarar og klassegrenser frå Vannforvaltning i Norge (Vannportalen).

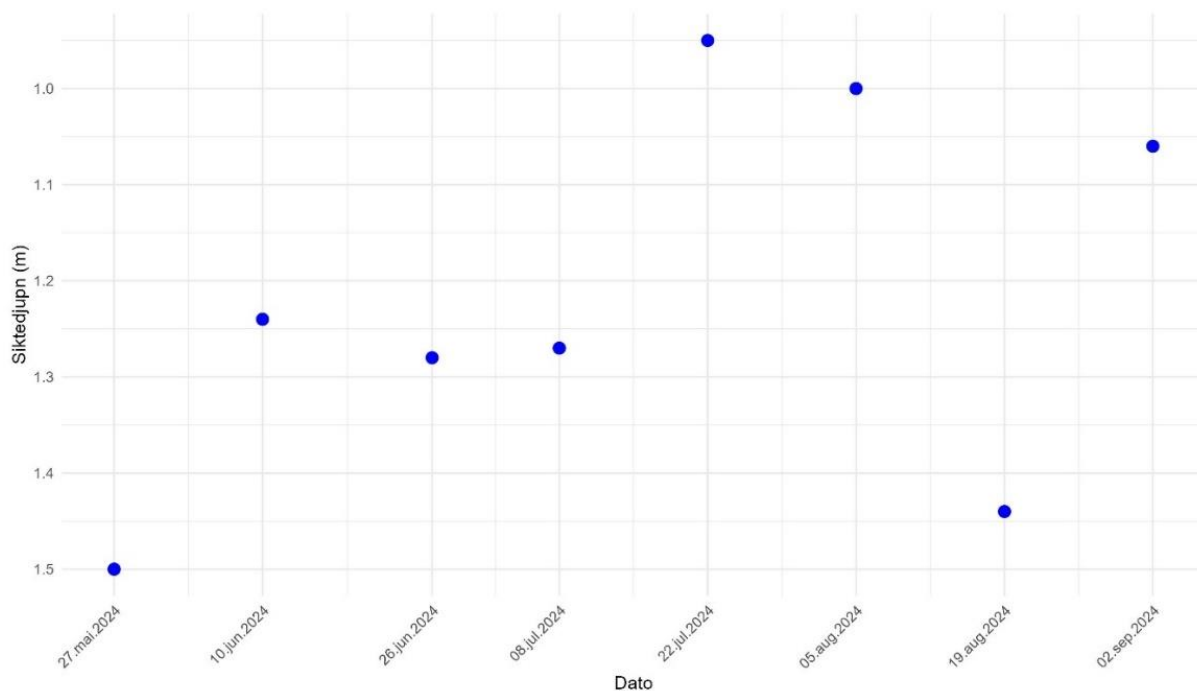
4.1 Temperatur



Figur 11. Konturplott over temperaturmålingar – Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdagar, og følgjande djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

Temperaturmålingane viste variasjon i dei øvre vassлага, med verdiar frå rundt 20 °C ned til 14 °C. Ved 4 meter var det mest stabilt med ein variasjon på 5 – 7 °C. 27. mai viste størst temperaturforskjell, der topplaget hadde ein måling på 21 °C, som reduserte ned til 5 grader ved 4 meter. Det var ingen tydeleg temperatursjiking på eit spesifikt nivå over sommaren, men ein meir markant temperaturreduksjon blei observert ved ca. 2 meters djupn. Det ser likevel ut til at termoklinen gradvis har flytta seg nedover i vassøyla utover sommaren.

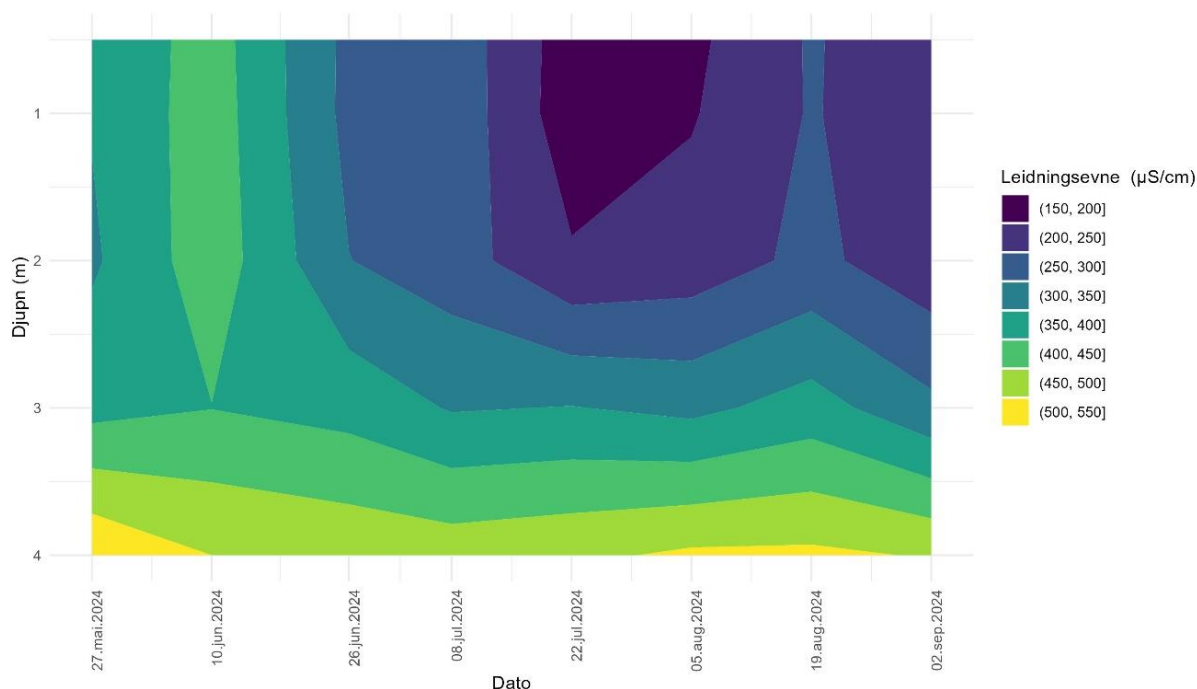
4.2 Siktedjupn



Figur 12. Oversikt over siktedjupn – Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdagar.

Første prøve som blei tatt 27. mai viste størst siktedjupn ut frå dei 8 prøvene som er tatt. Frå starten av juni til starten av juli kan ein sjå frå Figur 12. at målingane haldt seg relativt stabilt. Frå 22. juli til 2. sep. blei siktet redusert i større grad med ein verdi på rundt 1 m, med unntak av 19. august. Til tross for variasjonane over prøvetakingspeiroden, tyder observasjonane på at det finst enkelte mønster som vidare kan påverke innsjøen.

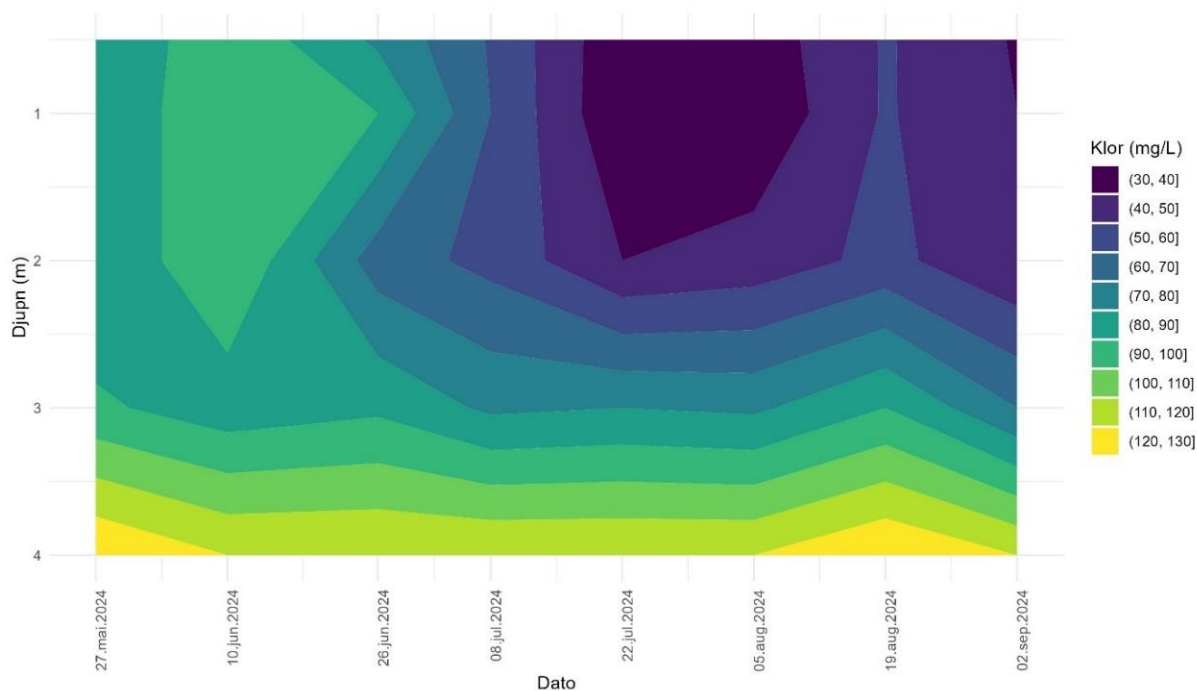
4.3 Konduktivitet



Figur 13. Konturplott over konduktivitet (leiingsevne) ($\mu\text{S}/\text{cm}$) – Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdagar, og følgjande djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

Frå 27. mai til 10 juni blei konduktivitet målt på rundt $350 \mu\text{S}/\text{cm}$ i det øvre vasslaget. Deretter avtok målingane i svært stor grad frå 26. juni til ein mengde på rundt $150 - 200 \mu\text{S}/\text{cm}$. Høgaste målingar er å finne ved 4 meter, med ein konsentrasjon på $450 - 550 \mu\text{S}/\text{cm}$ som haldt seg stabil under heile prøvetakingsperioden. Det har vore noko varierende resultat for konduktivitetsnivået frå 0 – 3 meter, og det viser lite teikn til eit tydeleg mønster, i motsetning til konsentrasjonane ved 4 meter.

4.4 Klorid

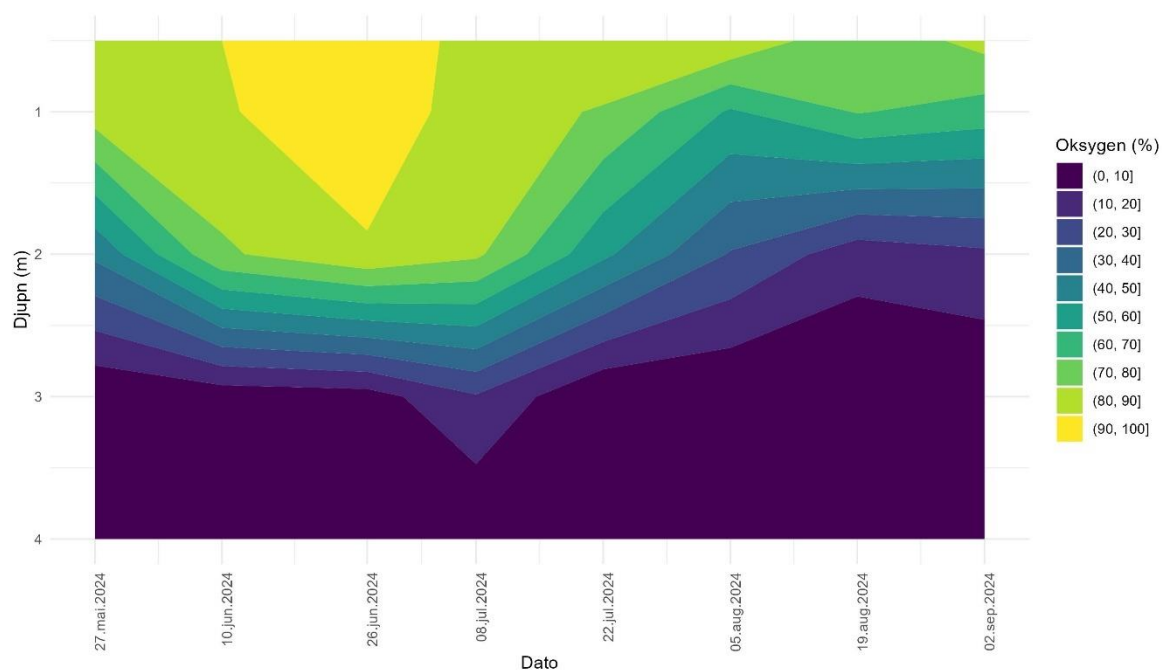


Figur 14. Konturplott over kloridkonsentrasjon (mg/L) - Gørtjern, målt over 8 prøvetakingsdager, og følgende djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

Konsentrasjonen av klorid viser same mønster som målingane for konduktivitet, som vil tyde at det er stor samanheng mellom parametrane. Generelt er dei høgaste konsentrasjonane å finne ved 4 meter, med ein gjennomsnittleg mengd på 110 - 130 mg/L. Desse kloridkonsentrasjonane kan kome av vegsalt (NaCl) som er løyst opp. Etter 8. juli reduserast målingane i det øvre vasslaget frå ein konsentrasjon på ca. 70 mg/L ned til 30 mg/L. Likevel var målingane fortsett på same nivå ved 4 meter, vist i Figur 14.

4.5 Oksygen

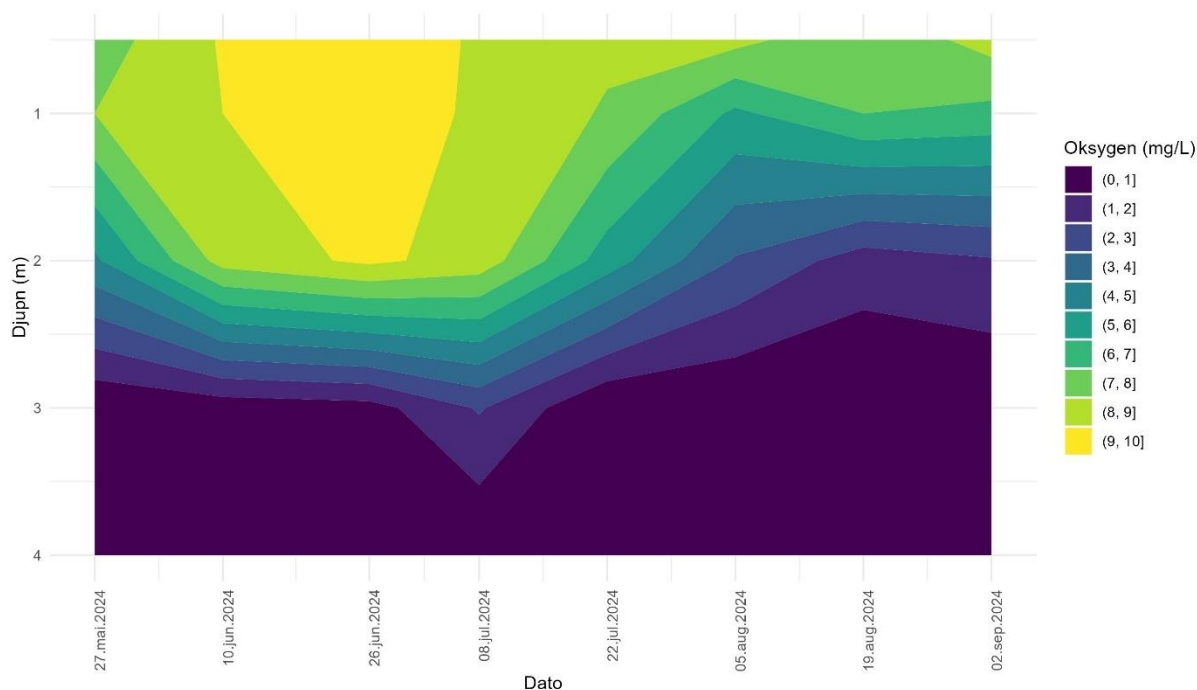
4.5.1 Oksygenmetting



Figur 15. konturplott for oksygenmetting (%) – Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdager, og følgende djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

I det øvste sjiktet var gjennomsnittleg oksygenmetting på 85% gjennom sommaren. Høgaste målte verdi for oksygen var 26. juni med 96% metting, før den avtok til rundt 70 – 80 % den 22. juli. Ved 2- 3 meters djupn, kan ein tydeleg sjå ein kraftig reduksjon av oksygenmetting. For kvar prøvetaking vart det ikkje observert noko oksygen ved 4 meter.

4.5.2 Oksygenkonsentrasjon

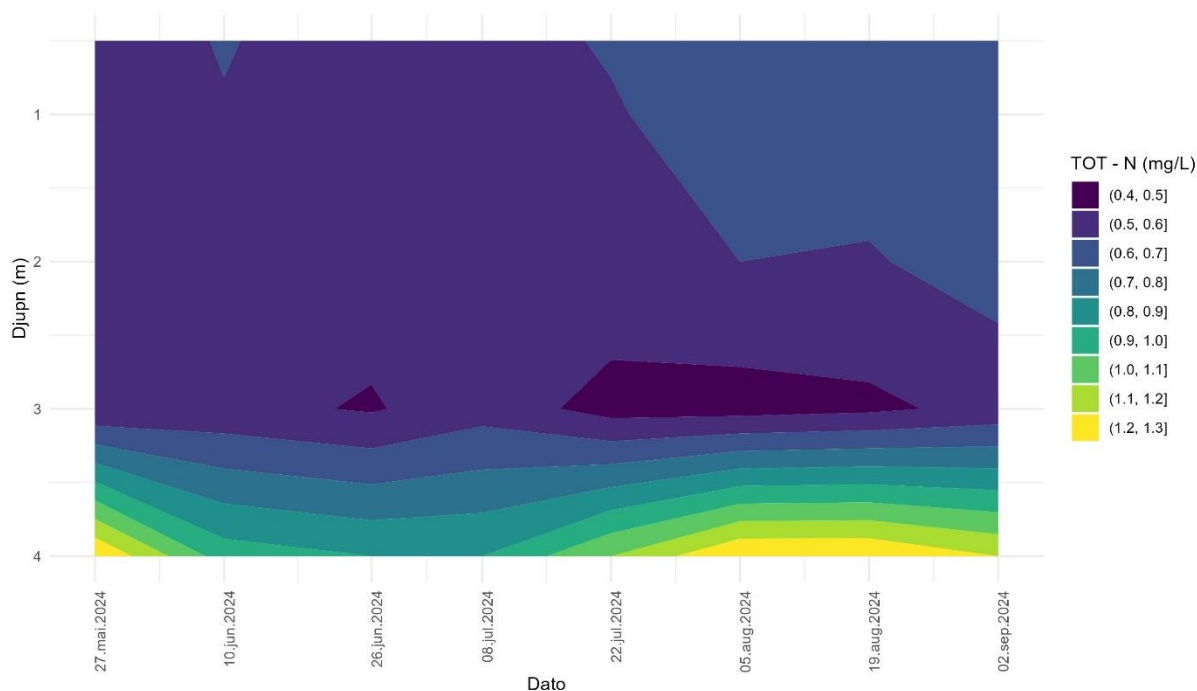


Figur 16. Konturplott for oksygenkonsentrasjon (mg/L) – Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdager, og følgende djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

Oksygenkonsentrasjon ser ut til å følge samme mønster som oksygenmetting. Dei første 0- 2 meterane viser verdiane ein mengd på 9 mg/L, og deretter reduserast konsentrasjonen kraftig nedover vassøyla. Høgaste målte konsentrasjonar var mellom 10 – 26. juni, og lågaste var rundt 5. august. I likskap med oksygenmetting, vart det ikkje registrert oksygenkonsentrasjon ved 4 meter. Resultata for både oksygenkonsentrasjon og oksygenmetting har haldt seg jamt, med små variasjonar over tid.

4.6 Nitrogen

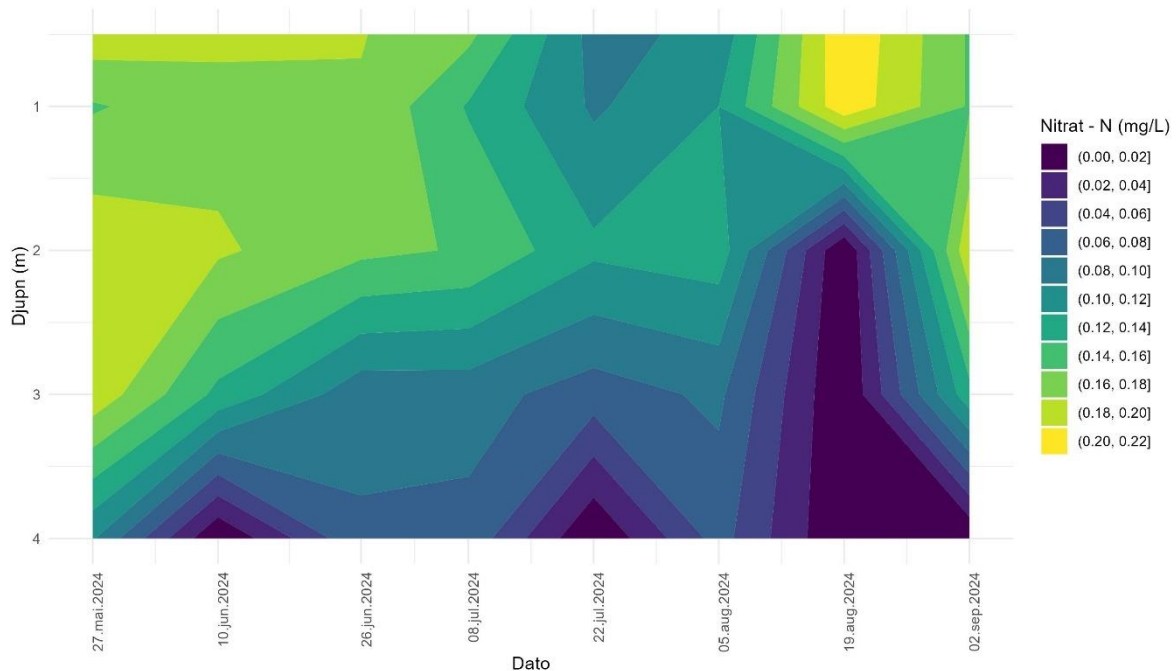
4.6.1 Total nitrogen



Figur 17. Konturplott av total nitrogen konsentrasjon (mg/L) - Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdager, og følgende djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

Figur 17. viser eit jamt mønster over sommaren, med ein gjennomsnittleg konsentrasjon på 0,5 mg/L TOT – N ned til 3 meter. Ein svak auking kan observerast frå 0 – 2 meter frå 5. august, samstundes har det skjedd ein reduksjon ved 3 meter. Dei fleste prøvene tatt ved 4 meter viser ein konsentrasjonen av TOT – N over 1 mg/L, noko som er svært høge nivå. (Vannportalen, u.å.c).

4.6.2 Nitrat



Figur 18. Konturplott over nitratkonsentrasjon (mg/L) - Gørtjern, målt over 8 prøvetakingsdagar, og følgende djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

I motsetning til Figur 17. som viser at TOT – N konsentrasjonen var høgast ved 4 meter, ser det ut til at konsentrasjonen av nitrat er høgast ned til 2 meter. Det er ikkje eit tydeleg mønster, men det er ein indikasjon på reduksjon i nedre delar av tjernet fram til 19. august. Dei lågaste konsentrasjonane er stort sett observert under 3 meter. Resultata for nitrat visast som $\text{NO}_3^- - \text{N}$, som vil seie oss kor stor del av nitrat som er nitrogen. Dette reknast ut ved å dele den målte mengda av nitrat på laben, med ein faktor på 4,43 (Rohrlack, 2025a).

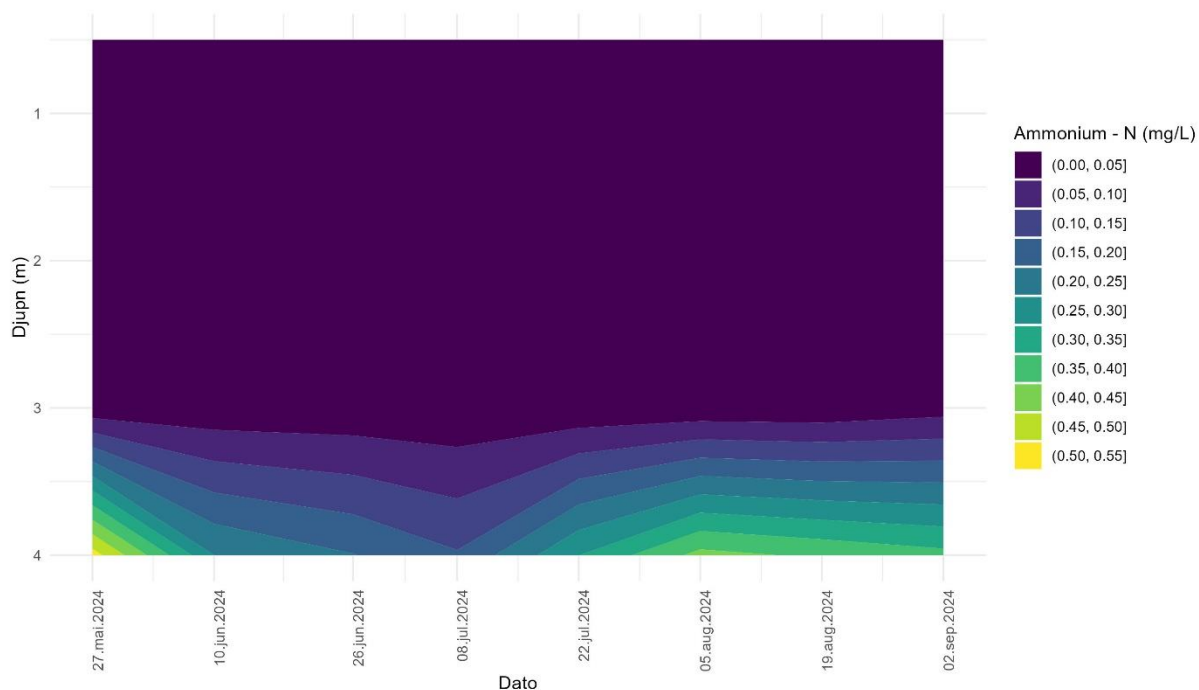
Utrekning av faktoren utførast på følgende måte:

$$\text{Konverteringsfaktor} = 62 \text{ (g/mol)} / 14 \text{ (g/mol)} = 4,43$$

Der:

- 62 = molar masse av nitrat
- 14 = molar masse av nitrogen

4.6.3 Ammonium

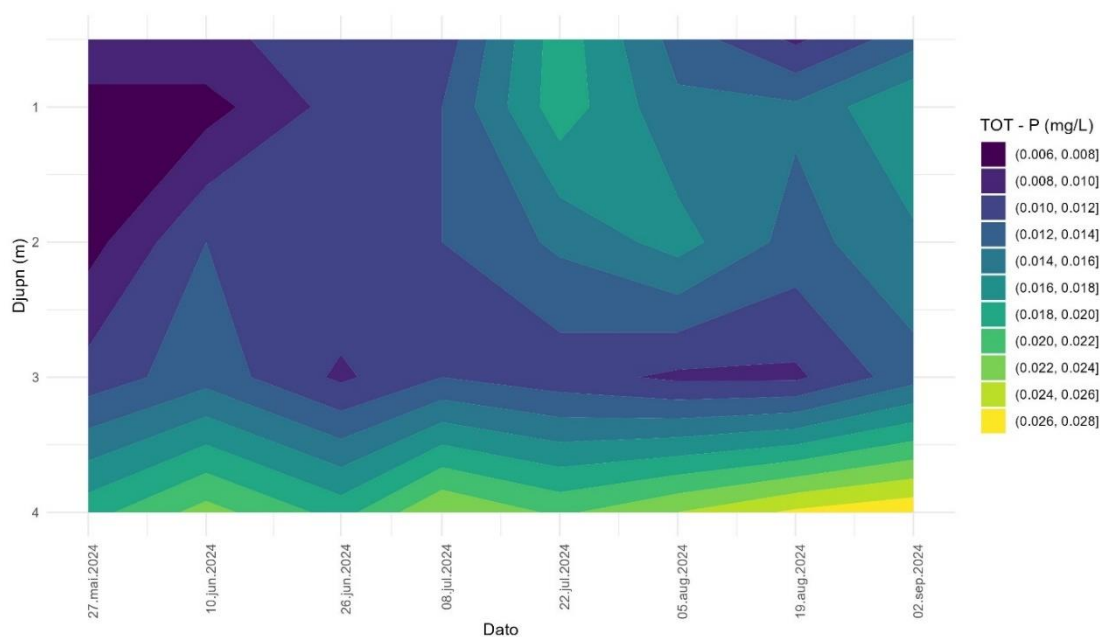


Figur 19. Konturplott over ammoniumkonsentrasjon (mg/L) - Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdagar, og følgende djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

Figuren viser et tydeleg mønster med ein auking i konsentrasjonane ved 4 meters djupn. Den høgaste ammoniumkonsentrasjonen blei registrert 27. mai med ein måling på 0,50 – 0,55 mg/L, før den avtok utover juni og byrjinga av juli. Seinare auka konsentrasjonen igjen til same nivå som ved starten av prøvetakinga. Verdiane gjennom perioden var midlertidig ikkje høge (Vannportalen, u.å.a).

4.7 Fosfor

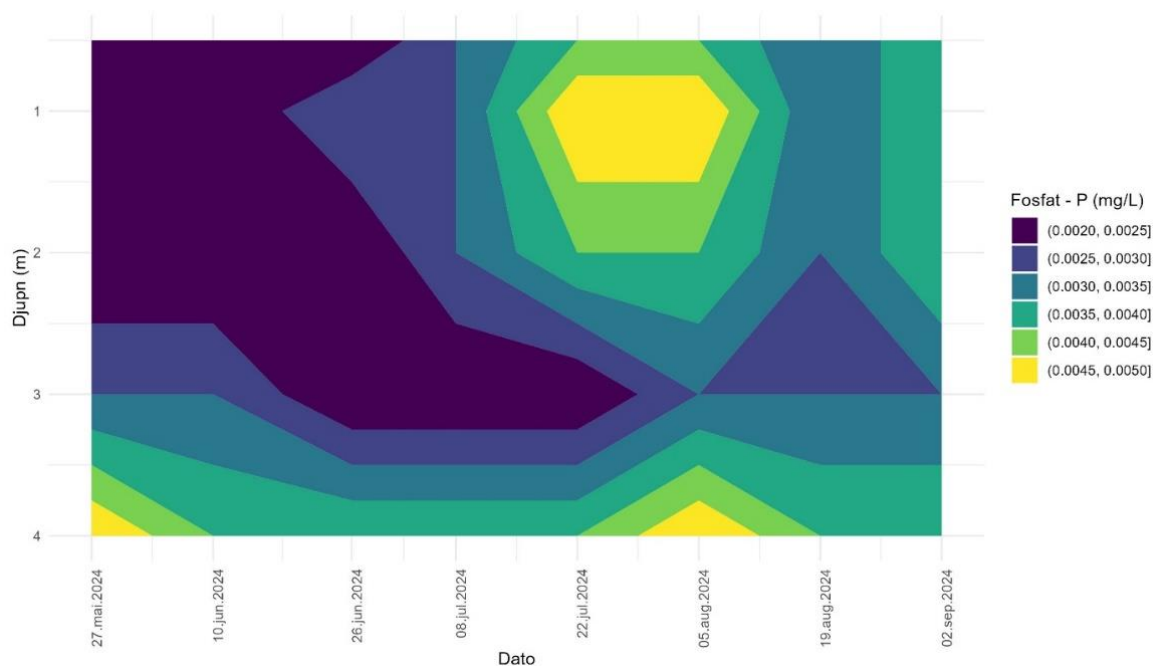
4.7.1 Total fosfor



Figur 20. Konturplott over total fosfor (mg/L) - Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdager, og følgende djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

Konsentrasjonen av TOT - P har variert noko i løpet av sommaren. Generelt var verdiane låge frå 0 – 3 meter med ein moderat auking etter 8 juli. Konsentrasjonen ved 4 meter var moderate og stabile gjennom heile prøvetakingsperioden (Vannportalen, u.å.b). Enkelte variasjonar kan observerast ved 4 meter, men konsentrasjonane frå 0 – 3 meter viser lite teikn til eit tydeleg mønster.

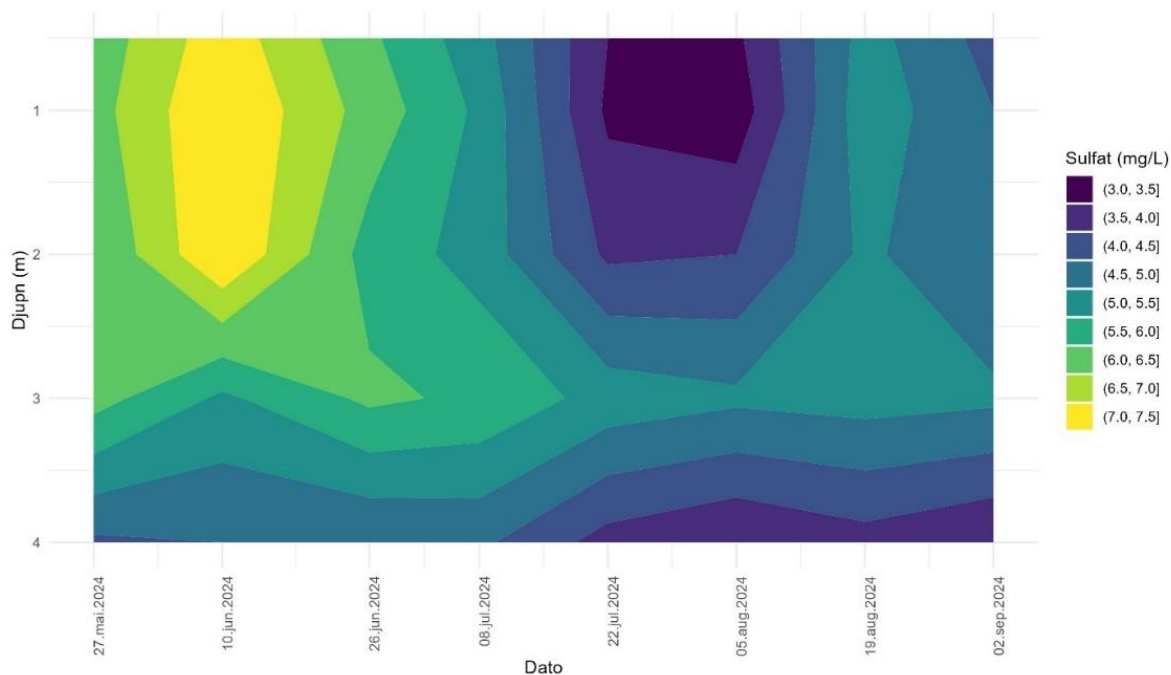
4.7.2 Fosfat



Figur 21. Konturplott over fosfatkonsentrasjon (mg/L) - Gørttjern, målt over 8 prøvetakingsdagar, og følgjande djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

Fosfatkonsentrasjonane har i likskap med TOT – P vore varierende, men med ein meir markant forskjell. Høgaste målt konsentrasjon for heile vassøylen var rundt 22. juli til 5. august. Generelt har dei høgaste konsentrasjonane vore ved 4 meter, med ein mengde på 0,0040 – 0,0050 mg/L.

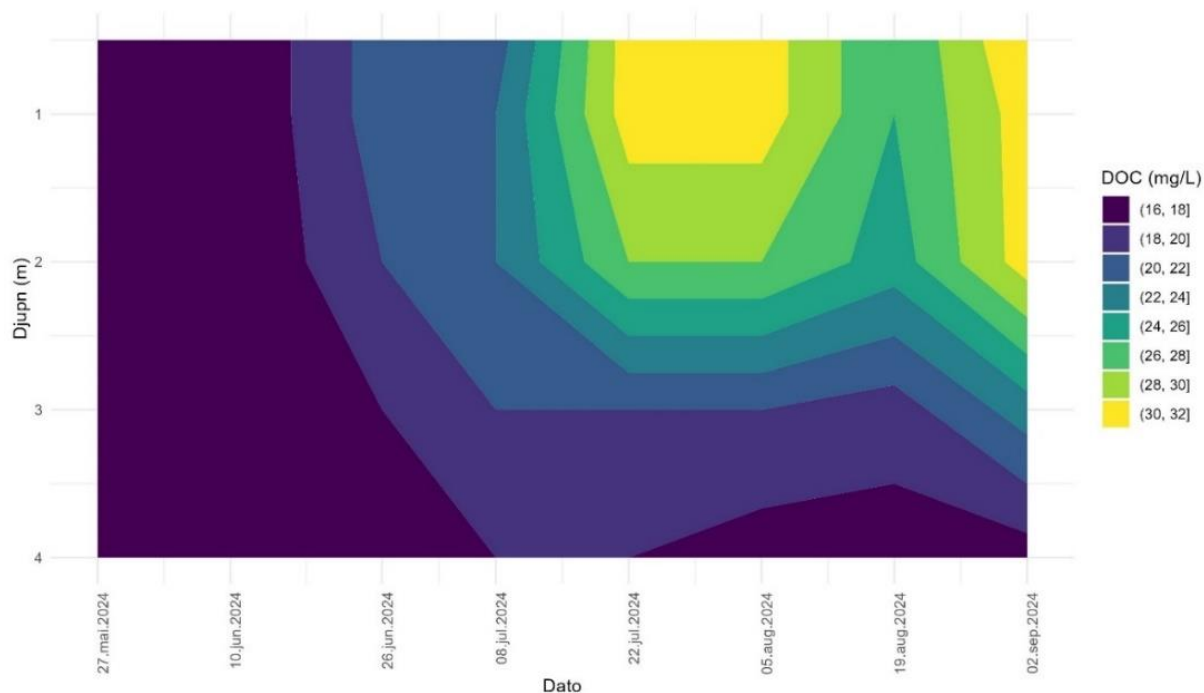
4.8 Sulfat



Figur 22. Konturplott over sulfatkonsentrasjon (mg/L) - Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdagar, og følgjande djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

Sulfatkonsentrasjonen har hatt stor variasjon i løpet av prøvetakingspeiroden. Frå 8. juli har det skjedd ein kraftig reduksjon dei første 2 metrane frå over 6 mg/l til rundt 3 mg/L. Ved 4 meter blei konsentrasjonen redusert i mindre grad, men har hatt lite variasjonar ved 3 meter. Her ser det ut til at faktoren som har spela inn for reduksjon av enkelte stoff som klorid, har hatt den same effekten for konsentrasjonane av sulfat.

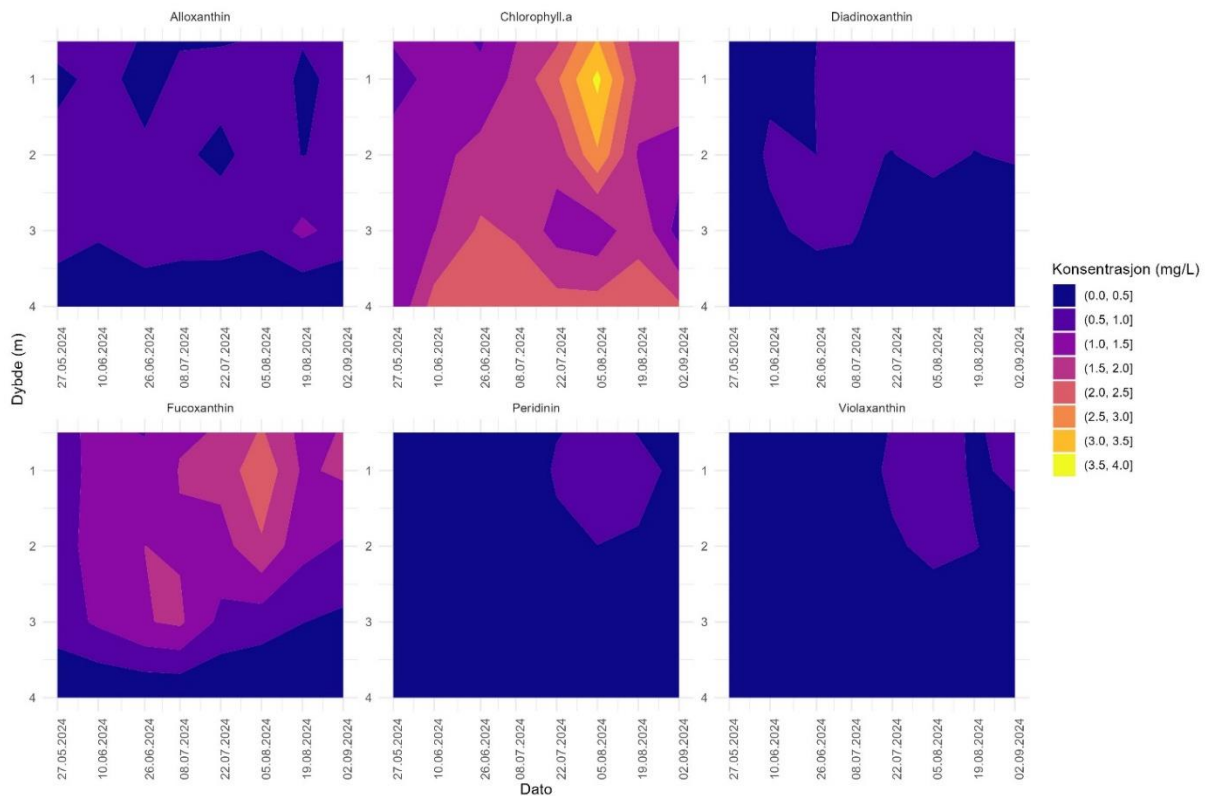
4.9 Dissolved Organic Carbon (DOC)



Figur 23. Konturplott over Dissolved Organic Carbon (mg/L) - Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdagar, og følgjande djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.

I starten av prøvetakingsperioden var den gjennomsnittlege konsentrasjonen av DOC på 16 – 18 mg/l gjennom heile vassøyla. Frå 8 juli auka mengda DOC betydeleg, med ein konsentrasjon på over 30 mg/L ned til 2 meter, men viser lite teikn til endringar ved 4 meter. Frå vassprøva den 19. august har konsentrasjonen redusert i mindre grad før den viser ein ny aukeing 2. september.

4.10 Fytoplankton



Figur 24. Konturplott over pigment for karotenoida og klorofyll a (mg/L) - Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdager, og følgende djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m. Utrekna i kvadratro for å minimere forskjellar.

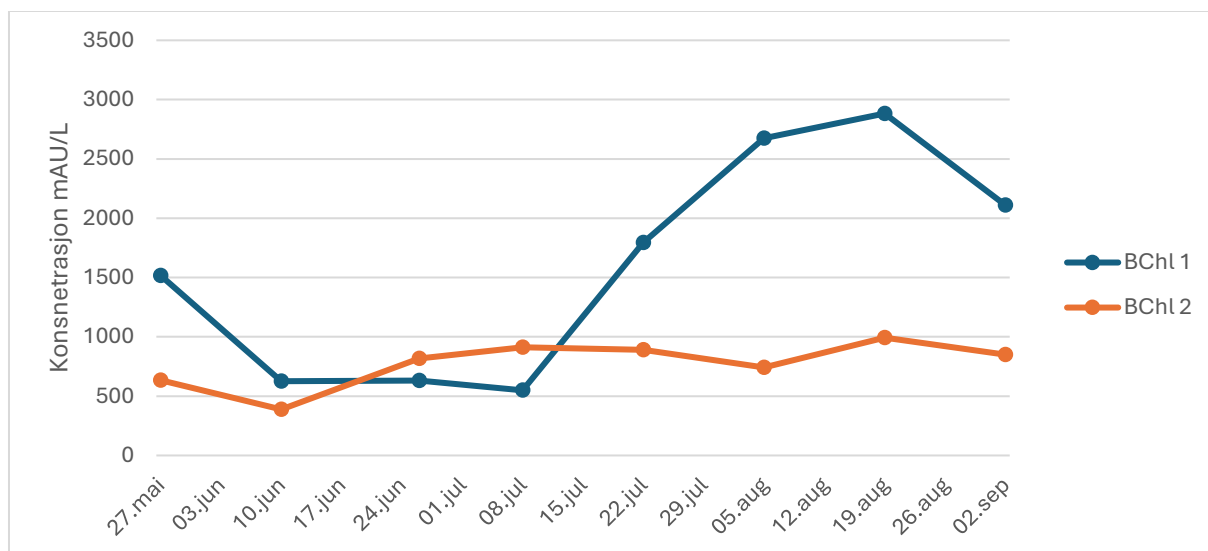
Analyse av fytoplanktonvekst viste tydelege forskjellar i fordelinga av karotenoid og klorofyll med djupna. Meir detaljert resultat for kvart pigment er vist i Vedlegg 2. For karotenoida var peridinin og violaxanthin pigmenta som vise lågast konsentrasjon. Dei resterande pigmenta i denne gruppa viste høgast måling ved 0,5 – 1 meter, men ved 4 meter var det midlertidig ingen målbare mengder. Pigmentet med jamt over høgast konsentrasjon var fucoxanthin.

Problemet med analyse av kryptofytter og måling av pigmentet alloxanthin, er at cellene deirs er ekstremt ømfintlege og kan sprekke når fikseringsmiddel blir tilsett, eller når temperaturen blir for høg (Seath & Wehr, 2003). Av den grunn er det ein moglegheit for at resultata indikerer lågare konsentrasjonar enn den faktiske verdien.

I motsetning til karotenoida, viste klorofyll a. og bakterieklorofyll ein annan trend. For klorofyll. a, auka konsentrasjonen med djupna, og konsentrasjonane var i hovudsak høgast ved 4 meter, som hadde ein relativt stabil verdi på 2 mg/L. Unntaket er frå 5. aug der det har skjedd ein markant auke i den øvre vassøyla, og konsentrasjonen oversteig 3 mg/L.

Bacteriochlorophyll 1. og 2. som indikerer svovelbakteriar, vart berre å finne ved 4 meter, vist i Figur 25. Ein av desse var Chlorobium, som er ein slekt av grøne svovelbakteriar (Institutt

for biovitenskap, 2019). Bachteriochlorofyll 1. har vist størst varians utover sommaren, med ein reduksjon frå 1500 mAU/L til 500 mAU/L frå 27. mai til 8 juli. Frå 22. juli har det skjedd ein stor auking til ein verdi på rundt 2900 mAU/L.



Figur 25. Graf over utvikling av Bachteriochlorophyll 1 og 2. Tatt over 8 prøvetakingsdagar ved 4 meters djupn.

5 Diskusjon

5.1 Saltsjikt

Gørrtjern har ein maksdjupn på 4,6 meter, og målingane ved 4 meter viser at konduktivitet har ein gjennomsnittleg mengde på ca. 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ein rapport frå Statens vegvesen hadde to prøvetakingsrundar på våren og hausten i 2023. Målingane for konduktivitet viste ein mengd på 600 – 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i botnsjiktet både vår og haust ved 4 meter (Saunes, 2024). I 2010, før utbygging av E18, blei det tatt vassprøver med eit resultat på 760 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i botnsjiktet (Bækken & Haugen, 2012). Det er tydeleg at målingane viser høgare konsentrasjonar av løyste ion ved 4 meters djupn, som vil vere ein sterk indikasjon på at det har blitt danna et saltsjikt. Mengda av salt i Gørrtjern har gått ned frå 2010, men med omdirigering av vegen kunne ein forventa ein større reduksjon i saltmengdene, ettersom avrenning av salt frå Svenskevegen ikkje lenger førekjem.

Ved 4 meter var det anoksiske forhold under heile prøvetakingsperioden. Saunes (2024) rapporterte også anoksiske forhold i botnvatnet. På grunn av observert oksygen – og klorgradient, kan ein bekrefte at det er skapa ein permanent sjikting som skyldast vegsalt. Ettersom den permanente sjiktinga har føregått i over eit år, vil Gørrtjern klassifiserast som ein meromiktisk innsjø (Boehrer & Schultze, 2008). Samanlikna med andre meromiktiske innsjøar, som Søndre Brutjern – Marker kommune, er saltsjiktet i Gørrtjern unikt fordi innsjøen er grunn. Dei fleste meromiktiske innsjøar er djupare, og klorid - og oksygengradient kan oftast berre gje indikasjon av vegsaltpåverknad for innsjøar over ein viss djupn (Saunes & Værøy, 2017).

Innsjøen Patterødtjern i Moss er også ein innsjø som er sterkt utsett for forureining av vegsalt, og i likskap med Gørrtjern er den relativt grunn med ein maksdjupn på 5 meter (Saunes & Værøy, 2017). Ein måling som blei tatt i juni 2016, viser at det ikkje vart påvist ein saltgradient eller oksygengradient for Patterødtjern. Konduktiviteten blei målt ved ca. 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$, både i topp – og botnsjikt (Saunes & Værøy, 2017). Ein avgjerande faktor for sirkulasjon i innsjøar, er bølgeaktivitet. Gørrtjern har ein betydeleg mindre vassoverflate enn Patterødtjern, og liten overflate i forhold til djupna vil derfor hindre bølgeaktiviteten (Boehrer & Schultze, 2008). I rapporten er det uttrykt at Patterødtjern også er svært vindutsett, men dei same omstenda gjelder ikkje for Gørrtjern (Saunes & Værøy, 2017). I kombinasjon med mindre vassoverflate, vil fråvær av kraftig vind vere avgjerande for at det er skapa eit stabilt saltsjikt som gjer Gørrtjern permanent sjikta (Anderson, 1958).

Farge i vatnet kan absorbere lys og varme som vil skape ein tettleiksgradient, vidare kan dette påverke sirkulasjonen i vassøyla (Wetzel, 2001). Det er ikkje utført analyse av farge, men vasstypekode L06 tilseier at Gørrtjern er ein humøs innsjø, samstundes viser feltobservasjonar at det er ein brun farge i vatnet. Patterødtjern har vasstypekode L07 som tyder at innsjøen er moderat kalkrik og klar (Saunes, 2024). I teorien kan derfor farge og organisk matreale vere ein faktor som spelar inn for sjiktinga i Gørrtjern.

5.2 Næringsstoffkonsentrasjon

Både TOT - P og fosfatkonsentrasjonane var høgast ved 4 meters djupn og viste ein auking i dei øvre vasslaga frå 22. juli, der fosfat hadde ein meir markant auking. Fosfor er også bunde i fytoplankton, noko som tyder at dei høge konsentrasjonane i dei øvre vasslaga kan skuldast både fytoplanktonbiomasse eller tilførsel av organisk materiale (Faafeng, 1996).

Konsentrasjonane har sannsynlegvis auka på grunn av organisk matreale, og kan støttast på grunn av høge konsentrasjonar av DOC ved denne perioden.

Normalt i innsjøar med anoksisk botnvatn, vil fosfat og ammonium ofte frigjerast frå sediment på grunn av ustabile forhold for forbindingane (Wetzel, 2001). Chlorobium kan utnytte både ammonium og fosfat til aktiv vekst (Ren & Paulsen, 2009), men nærværet av disse næringsstoffa i botnsjiktet, tyder på at tilførselen har overstige etterspørselen. Ein tilsvarende vurdering gjelder for klorofyll a, som nyttast som ein indikator på fytoplanktonbiomasse. At fosfatverdiane viste lågare verdiar i forhold til ammonium, kan tyde at etterspørselen for fosfat er noko høgare, eller at den eksterne tilførselen er liten. På grunn av sjikting, vil ikkje fribunden ammonium og fosfat i monimolimnion blandast saman med miksolimnion (Bohrer & Schultze, 2008). Dette forklarar kvifor desse næringsstoffa er fråverande i øvste sjikt, men stabile i saltsjiktet.

I Gørrtjern var nitratkonsentrasjonane høgast frå 0 – 2 meters djupn, mens konsentrasjonen av ammonium var høgast ved 4 meter. Nitrat kan tilførast innsjøen direkte, men dersom nitrogen skal omdannast til nitrat, krevjar det tilgang på oksygen (Institutt for biovitenskap, 2023). Nitrat vil av den grunn vere høgast i øvste sjikt der det er oksygenrikt. Samstundes føretrekker dei fleste fytoplankton ammonium enn nitrat, då det krevjar mindre energi å assimilere, og blir bruka opp i miksolimnion (Berges & Collos, u.å). Dei låge konsentrasjonane av nitrat ved 4 meter kan skuldast denitrifiserande bakteriar som brukar nitrat som elektronakseptor i

staden for oksygen under anoksiske forhold (Ertsevåg, 2025). Vidare kan dette gje ein forklaring på variasjonane og nærvære av ammonium og nitrat over prøvetakingsperioden.

Dei høge sulfatkonsentrasjonane frå 0 – 3 meter i starten av prøvetakingsperioden, skuldast sannsynlegvis på grunn av avrenning. Sulfat som brytast ned frå svovelholdig organisk matreale blir deretter redusert av svovelbakteriane til hydrogensulfid, og forklarar dei låge konsentrasjonane ved 4 meter. Nedgangen av sulfat etter 22. juli, skuldast kraftig nedbør som har ført til fortynning av konsentrasjonane, og er sannsynlegvis ikkje på grunn av forbruk til biologiske prosessar i det øvste sjiktet (Rhorlack, 2025).

5.3 Kjelde til saltforureining

Det er noko usikkerheit om kor tilførselen av salt kjem frå, spesielt då Svenskevegen ikkje lengre blir salta. I følgje figur 5. viser det til at E18 – Riksgrensa i stor grad går utanfor nedbørsfeltet til Gørrtjern.

Saltet i Gørrtjern kan også ha blitt tilført internt. Vegsalt som blei tilført tidlegare, kan ha blitt lagra i sedimenta i innsjøen og gradvis blitt frigjort over tid (Murphy *et al.*, 2008). Sedimenta vil då fungerer som eit lager for saltet der ion sakte lekk ut i vatnet gjennom diffusjon og porevassutveksling.

Vidare kan salt som har akkumulert i nærliggande jordsmonn, grøfter eller dreneringsvegar, fortsett renne ut i innsjøen (Saunes, 2024). Små bekker eller straumar under jorda kan transportere dette saltet, noko som opprettheld dei høge saltkonsentrasjonane i vatnet lenge etter at saltinga har slutta. Sprenging under anleggsfasen før bygging av den nye motorvegen (E18 – Riksgrensen) kan også ha skapa sprekkar i berggrunnen som vil endre dei hydrologiske forholda i nedbørsfeltet (Riise, 2025).

5.4 Effekten av vegsalt på vekst av fytoplankton

5.4.1 Fytoplanktongrupper

Over saltsjiktet var det i hovudsak kiselalgar (fucoxanthin) som dominerte. Kiselalgar førekjem i nesten alle ferskvassførekomstar, og er ein viktig del av primærproduksjonen i innsjøar og elver (Egeland & Throndsen, 2025). Dei har ofte høg sedimentasjonshastigheit, som vil seie at dei treng turbulens eller sirkulasjon for å bevege seg rundt i vassmassane og blomstrar derfor oftast opp på våren og hausten (Egeland & Throndsen, 2025). Kiselalgar er

ein svært konkurransedyktig gruppe, og er tilpassa forholdsvis lite lys då dei blir frakta rundt i vassøyla (Rohrlack, 2022). Til tross for at kiselalgar er dyktige til å utnytte både næringsstoff og tilgang på lys, er dei noko følsame for endringar av parametarar som temperatur, pH og konduktivitet (Kahare, 2023). Av den grunn er dei godt eigna som ein biologisk indikator for vasskvaliteten. (Kahare, 2023). Dette kan tyde at kiselalgane som er målt har ein svært låg toleranse for salt. Samstundes vil dei berre sirkulere over haloklinen i miksolimnion på grunn av den permanente sjiktinga.

Fucoxathin kan også indikere gullalgar (Vedlegg 4), men på grunn av svært låge verdier av violaxathin indikerer dette at dei førekjem i liten grad. Gullalgar dannar koloniar med ein størrelse på 0,05 til 0,10 millimeter i diameter (Thronsen, 2025). Dermed skulle det ha vore mogleg å observere dette på filterprøvene som har ein porestørrelse på 1,2 μm (0,0012 mm).

Ein annan dominerande gruppe var kryptofytter, som finnes i dei fleste innsjøar og utgjer ein naturleg og viktig del av fytoplanktonet. Kryptofytter har to flagellar som gjer det mogleg for dei å symje mot gunstige lysforhold (fototakse), eller område med høgare næringskonsentrasjon (kemotakse) (Sheath & Wehr, 2003; Helgheim, 2025). Kryptofytter kan også leve fakultativt anaerobt som gjer dei i stand til å opphalde seg delvis i anoksiske forhold om det er nødvendig (Sheath & Wehr, 2003). I kappittel 1.3.1 blei det beskriven korleis fytoplankton nyttar stive celleveggar for å bevare cellestrukturen. Denne strategien vil ikkje fungere for kryptofytter då dei ikkje har lukka, stive cellevegger, og er derfor avhengige av at vatn blir pumpa ut med jamne mellomrom (Emden, 2014). Av den grunn vil ikkje kryptofyttane bevege seg ned mot saltsjiktet, til tross for moglegheit til å ta opp viktige næringsstoff som førekjem der.

Gjennomsnittleg var klorofyll a - konsentrasjonen høgast ved 4 meter, noko som er uventa, då ingen av karotenoidpigmenta viste konsentrasjonar ved dette djupet. Mengda var moderat – høge, og filteret viste ein tydeleg grøn farge. Konsentrasjonen kan skyldast klorofyll i fytoplankton som ikkje er brote ned endå, men på grunn av sterk grønfarge kan det indikere at cyanobakteriar er til stades (Gjølme *et al.*, 2010). Mange artar av cyanobakteriar blir sett på som å vere ekstremofile, altså tilpassa ekstreme omgjevnadar (Sirevåg, 2025). Høge nivå av salt og anoksiske forhold trengjer derfor ikkje å hemme veksten deiars. Grunnen til at cyanobakteriar eventuelt ikkje har blitt påvist i analysen, er fordi dei kan ha pigment som ikkje dukkar opp i ein standard pigmentanalyse (Rohrlack, 2025a). Dette gjeld spesielt visst analysen er basert på HPLC som primært måler klorofyll og karotenoid (Jørgensen *et al.*,

2006). Det vart ikkje funne noko teikn til cyanobakteriar ved bruk av mikroskopi, men enkelte artar kan vere små nok til at dei ikkje blir fanga opp i mikroskop (Jørgensen *et al.*, 2006).

Klorofyllnivået var i hovudsak høgast ved 4 meters djup, men etter 22. juli har det skjedd ein endring der konsentrasjonane får ein aukande trend ved 0 – 2 meter. Endringa i løpet av sommaren kan skuldast meir avrenning av organisk matreale. Nedbryting av organisk materiale kan ha bidratt til frigjering av næringsstoff, som elles kunne vore avgrensande for fytoplanktonvekst (Saunders, 1957). Samstundes har organisk materiale ført til mindre tilgang på lys og oksygen, som kan hindre aktiv vekst, eller tvinge fytoplankton lengre opp i vassøyla (Diehl, 2002).

5.4.2 Svovelbakteriar – *Chlorobium*

Svovelbakteriar er bakteriar som brukar hydrogensulfid (H_2S), svovel (S) og thiosulfat ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) som elektronkjelde i staden for oksygen, og er obligatorisk autotrofe og fototrofe (Likens, 2010). Hydrogensulfid er ein gass som dannast ved bakteriell nedbryting av svovelholdig organisk matreale eller sulfat under anoksiske forhold (Institutt for biovitenskap, 2022). Anoksiske forhold i saltsjiktet kan dermed bidra til slik nedbryting. Samstundes vil svovelbakteriane trivst i miljø der dei kan utføre fotosyntese utan å være avhengige av oksygen (Grimm, 2019).

Nedst i tjernet, der saltinnholdet er høgare enn normalt for ferskvatn, blei det funne ein tydeleg mengd av *Chlorobium*. Sidan saltsjiktet har hald seg stabilt over tid, kan det ha bidratt til å skape eit spesialisert miljø som favoriserer grøne svovelbakteriar framfor andre fytoplankton, og kan forklarast med fleire faktorar.

5.4.2.1 *Lystilgang*

Svovelbakteriar kan leve djupt i vassmassane, likevel treng dei fortsett lys for å drive fotosyntese. Under prøvetakingsperioden var lystilgangen lågast etter 22. juli. Likevel var konsentrasjonen av svovelbakteriar høgast ved dette tidspunktet. På grunn av stabil nærvære av både fosfat og ammonium, kan ein derfor sjå burt i frå at bakteriane har vore avgrensa av nitrogen og fosfor. Samstundes er dei meir avhengige av miljøforhald med tilgang på nok hydrogensulfid som dei nyttar til elektronkjelde.

Den empiriske formelen **siktedjupn $\times$ 2,5** er ein generell regel for å finne den eufotiske sona, men den gjelder for total lysgjennomtrenging og ikkje spesifikt for dei ulike fargane i lyset (Rohrlack, 2025b). Grøne svovelbakteriar er ekstremt effektive i fotosyntese, på grunn av ein lysfangststruktur kalla klorosom (Grimm, 2019). Klorosom er membranlause organellar som

ligger rett under den cytoplasmatiske membranen. Dei inneheld tette aggregat av bakterieklorofyll (BChl) molekyl, spesielt BChl c, d eller e, avhengig av arten (Kuethe, 2025). Bakterieklorofyll kan nytte lys i det røde spekteret, og absorberer ved lengre bølgelengder enn klorofyll frå fytoplankton (Institutt for biovitenskap, 2011). Chlorobium kan derfor absorbere infrarødt lys med ein bølgelengde på 1000 nm, som kan filtrerast gjennom organisk materiale (Wetzel, 2001; Institutt for biovitenskap, 2011).

Om me følgjer den generelle regelen for utrekning av kompensasjonsdjupn, viser det at lyset nådde ein djup på ca. 2,5 meter. Aukinga av svovelbakteriar etter 22. juli kan derfor i likskap med karotenoida ha ført til at reduserte lysforhold som har tvunge svovelbakteriar opp frå djupare lag for å få tilgang på nok lys (Anderson, 1958). Samstundes vil infrarødt lys klare å nå langt nok ned i vassøyla slik at Chlorobium fortsett kan drive fotosyntese i saltsjiktet.

5.5 Forslag til vidare forskning eller tiltak

Per i dag finns det ikkje gode nok alternativ for vegsalt som er like effektive eller skadelege for miljøet i store mengder (Statens vegvesen, u.å.b). Bruk av organiske kjemikaliar som kan erstatte vegsalt, er ein potensiell løysning (Statens vegvesen, u.å.b). Ulemper ved dette er midlertidig at dei svært avhengig av forhold, og kan være miljøskadelege om desse forholda ikkje er oppnådd (Statens vegvesen, u.å.b).

Det vil vere vanskeleg å foreslå fysiske tiltak for å redusere saltinnhaldet i Gørrtjern og nærliggjande tjern. Eit viktig tiltak for å minke eller forhindre salttilførsel, vil derfor vere å undersøke grunnvassprøver, jordprøver eller sedimentprøver i området. Dette vil hjelpe med å kunne lage hydrologiske modellar for vasstraumar og avrenningsmønster.

For fytoplankton og fotosyntetiske organismar, vil det vere interessant å utforske korleis svovelbakteriane blir påverka av sesongvariasjonar. Sesongvariasjonar vil innebere meir nedbør, endring i temperatur, lysforhold eller tilgang til næringsstoff. Dette gjeld også for gruppa kiselalgar, som i utgangspunktet har større vekstpotensiale på våren og hausten under full sirkulasjon. Samstundes vil det også være viktig å kartlegge vasskvalitet og korleis den moderate reduksjonen av konduktivitet vil utvikle seg over tid, og miljøforhalda det har skapa for svovelbakteriane.

For cyanobakteriar som potensielt finns i Gørrtjern, har mikroskopi vist seg å vere ein ineffektiv metode for å påvise dette. Å bruke DNA – basert analyse, elektronmikroskop, eller analyse av pigment som ikkje inngår i standard pigmentanalyse, kan derfor vere moglege alternativ for å undersøke dette nærmare (Rohrlack, 2025b).

6 Konklusjon

Via tilgjengelege data og refleksjon er det bekrefta at Gørrtjern er meromiktisk sjikta. At det er utvikla eit stabilt saltsjikt førekjem på grunn av faktorar som lite bølgeaktivitet, men også organisk matreale (farge). Ved 4 meters djupn blei det påvist fullstendig fråvær av oksygen, noko som har skapa forhold der anaerobe prosessar dominerer. Vidare har dette hatt ein effekt på fytoplankton sin vekst og artssamansetning.

I denne oppgåva er det undersøkt kva for effekt vegsalt har på økologiske parameter som kan påverke fytoplankton, ved å nytte analyserte stoff som er essensielle for veksten dei.

Analyse av næringsstoff viste at ammonium og fosfat hadde høgast konsentrasjon i det anoksiske sjiktet, mens nitrat førekom i høgast mengde over saltsjiktet. Chlorobium spelar ein viktig rolle i det anoksiske sjiktet, der dei nyttar hydrogensulfid som energikjelde, og forklarar dei lågare konsentrasjonane av sulfat ved 4 meter.

Samansetninga av fytoplanktongrupper over saltsjiktet blir påverka av både gruppa sin evne til å tilpasse seg salt og tilgang på næringsstoff. Auka tilførsel av organisk materiale førte til ein auke i konsentrasjonen av karotenoida og klorofyll a, noko som tyder på at næringstilgang spelar ein viktig rolle for primærproduksjonen. Samla sett ser det ut til at dei djupe vassmassane i tjernet har utvikla eit stabilt, oksygenfattig miljø med tilgang på svovelforbindingar og nok lys, noko som har ført til at Chlorobium trivast der. Desse faktorene skapar eit miljøforhold som få andre organismar kan nytte, og forklarar kvifor disse bakteriane dominerer i dei djupaste laga av tjernet.

For å konkludere, vil den alternative hypotesen støttast basert på funna i denne studien. Om salt har hatt ein positiv eller negativ effekt for utvikling og vekst av fytoplankton, vil vere avhengig av spesifikke artar og grupper. Saltsjiktet har hatt ein positiv effekt for vekst av Chlorobium i botn av Gørrtjern, og det er tydeleg at dei er avhengige av miljøforhald saltet har forårsaka. Mengdene av klorofyll a. tyder også at det fytoplankton til stades som trivst i desse omstenda, men ein bør vere varsemd med å trekke konklusjonar basert på dette aleine, då det er usikkerheiter om kva som har forårsaka klorofyllnivået ved 4 meter. Høg salinitet ser likevel ut til å avgrense produksjonen av fytoplankton i øvste sjikt i nokon grad. Dette skuldast at saltsjiktet har ført til ein avgrensing av næringsstoff som ammonium og fosfat, og blir ein indirekte effekt. Samstundes har det oppstått direkte effektar som redusert opphaldssone.

Vekst av fytoplankton er eit komplekst tema, og kan i dei fleste tilfelle ikkje bestemmast ut i frå ein enkelt påverknadsfaktor. Sjølv om det er tydelege teikn på at salt har hatt ein effekt på økosystemet, vil likevel ikkje eit saltsjikt vere den utelukkande påverknaden som har styrt utviklinga av fytoplankton i Gørrtjern over sommaren.

7 Referanseliste

- Aaboe, S., Grinde, L., Heiberg, H., Mamen, J., Skaland, R.G., Tajet, H.T.T. og Tunheim, K. (2023) *Været i Norge*. Rapport frå Meteorologisk institutt 13/2022. Tilgjengeleg frå: https://www.met.no/publikasjoner/met-info/met-info-2022/_attachment/download/e91b888a-a913-48a8-9557-dc997510d547:8eb0c526e88368c0dc27269c2062325fd9d0614c/MET-info-13-2022.pdf (lest 05.02.2025).
- Anderson, G.C. (1958) *Some Limnological Features of a Shallow Saline Meromictic Lake*. Limnology and Oceanography series. Vol. 3. Seattle: Wiley. Tilgjengeleg frå: <https://doi.org/10.4319/lo.1958.3.3.0259> (lest 28.04.2025)
- Bækken, T., Haugen, T.O., Heiaas, H.H., Skjelbred, B. (2011) *Tålegrenser for planktonalger i innsjøer*. Rapport frå Vegdirektoratet 8. Tilgjengeleg frå: https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2577109/VD8_Taalegrenser-planktonalger-innsjoer.pdf?sequence=1&isAllowed=y (lest 14.02.2025).
- Bækken, T., Haugen, T. (2012) *Vegsalt og tungmetaller i innsjøer langs veger i Sør-Norge 2010*. Rapport frå Vegdirektoratet 50. Tilgjengeleg frå: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2582891/VD%20rapport%2050.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (lest 06.03.2025).
- Berg, T., Fjeld, E., Skjelkvåle, B.L., Steinnes, E. (2003) *Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder*. Rapport frå Norsk institutt for luftforskning 12/2003. Tilgjengeleg frå: <https://nilu.com/wp-content/uploads/dnn/12-2003-tbe.pdf> (lest 06.03.2025).
- Berges, J.A., Collos, Y. (u.å.) *Nitrogen Metabolism in Phytoplankton*. Marine Ecology series. Vol. 46. Wiley. Tilgjengeleg frå: <https://www.eolss.net/sample-chapters/c09/E2-27-03-03.pdf> (lest 04.04.2025).
- Boehrer, B., Schultze, M. (2008) *Stratification of lakes*. Reviews of geophysics series. Vol. 46. Wiley. Tilgjengeleg frå: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[0386:PLANIA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[0386:PLANIA]2.0.CO;2) (lest 30.04.2025).
- FINN. (2018). *FINN Kart*. Tilgjengeleg frå: https://www.google.com/maps/@59.4838445,11.7259679,1588m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDQyOS4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D (lest 18.01.2025).
- Dannevig, P. (2024) *Østfold (klima)*. Store norske leksikon. Tilgjengeleg frå: https://snl.no/%C3%98stfold_-_klima (lest 05.02.2025).
- Dannevig, P. (2025). *Klima i Norge*. Store norske leksikon. Tilgjengeleg frå: https://snl.no/Klima_i_Norge (lest 05.02.2025).
- Diehl, S. (2002) *Phytoplankton, light and nutrients in a gradient of mixing depths: Theory*. Ecology: Ecological Society of America series. Vol. 83. München: Wiley. Tilgjengeleg frå: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[0386:PLANIA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[0386:PLANIA]2.0.CO;2) (lest 10.04.2025).

Egeland, E.S., Throndsen, J. (2025) *Kiselalger*. Store norske leksikon. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/kiselalger> (lest 01.03.2025).

Egeland, E.S., Wibetoe, G. (2025) *Kromatografi*. Store norske leksikon. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/kromatografi>. (lest 27.02.2025).

Emden, K.H. (2014) *Osmotolerance in the Cryptophyceae: Jacks-of-all-trades in the Chroomonas Clade*. Protist series. Vol.165. Köln: Elsevier. Tilgjengeleg frå: <https://doi.org/10.1016/j.protis.2014.01.001> (lest 17.03.2025).

Ertsevåg, H. (2025) *Denitrifikasjon*. Store norske leksikon. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/denitrifikasjon> (lest 02.05.2025).

Faafeng, B. (1996) *Innsjø-sedimenter i Farstad- og Lilandsvassdragene*. Rapport frå Norsk institutt for vannforskning O-94171. Tilgjengeleg frå: https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/208640/3387_72dpi.pdf?sequence=1 (lest 20.02.2025).

Gjemlestad, L.J., Haaland, S., Turtumøygard, S., Nytrø, T.E. (2012) *SaltSMART - Vegsalt i innsjøer*. Rapport frå Statens vegvesen 120. Tilgjengeleg frå: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2654469/Salt%20SMART%20Vegsalt%20i%20innsj%c3%b8er%20t%c3%a5legrenser%20mht%20kemisk%20sjiktning.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (lest 19.01.2025).

Gjølme, N., Krogh, T., Utkilen, H. (2010) *Cyanobakterier (blågrønnalger)*. Rapport frå Nasjonal folkehelseinstitutt 2010:4. Tilgjengeleg frå: <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2010/rapport-20104-pdf-fil.pdf> (lest 10.04.2025).

Grimm, B. (2019) *Metabolism, Structure and Function of Plant Tetrapyrroles: Introduction, Microbial and Eukaryotic Chlorophyll Synthesis and Catabolism*. Advances in Botanical Research series. Vol. 90. Berlin: Elsevier Tilgjengeleg frå: <https://www.sciencedirect.com/bookseries/advances-in-botanical-research/vol/90/suppl/C> (lest 07.03.2025).

Haeussinger, D., Sies, H. (2007) *Osmosensing and Osmosignaling*. Methods in Enzymology series. Vol. 428. Elsevier. Tilgjengeleg frå: <https://shop.elsevier.com/books/osmosensing-and-osmosignaling/sies/978-0-12-373921-6> (lest 25.03.2025).

Helgheim, B. (2025) *Taksis*. Store norske leksikon. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/taksis> (lest 26.03.2025).

Kompa AS. (u.å.) *Kva er konduktivitet?*. Tilgjengeleg frå: <https://kompa.no/fag/hva-er-konduktivitet> (lest 15.02.2025).

Institutt for biovitenskap. (2011) *Bakterieklorofyll*. Tilgjengeleg frå: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/b/bakterkl.html> (lest 02.04.2025).

Institutt for biovitenskap. (2019a) *Grønne svovelbakterier*. Tilgjengeleg frå: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/g/groennesv.html> (lest 12.02.2025).

Institutt for biovitenskap. (2022) *Hydrogensulfid*. Tilgjengeleg frå: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/h/hydrogensulfid.html> (lest 12.02.2025).

Institutt for biovitenskap. (2023) *Nitrogensyklus*, Institutt for biovitenskap. Tilgjengeleg frå: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/n/nitrogensyklus.html> (lest 07.04.2025).

Jørgensen, T., Schlüter, L., Lauridsen, T.L., Krogh, G. (2006) *Identification and quantification of phytoplankton groups in lakes using new pigment ratios – a comparison between pigment analysis by HPLC and microscopy*. Freshwater Biology series. Vol. 51. Hørsholm: Wiley. Tilgjengeleg frå: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01582.x> (lest 03.03.2025).

Kahare, N. (2023) *The Role of Tropics in Climate Change*. Elsevier. Tilgjengeleg frå: <https://doi.org/10.1016/C2021-0-01076-2> (lest 24.03.2025).

Kuete, V. (2025) *Genome Evolution of Photosynthetic Bacteria*. Advances in Botanical Research series. Vol. 115. Dscahng: Elsevier. Tilgjengeleg frå: <https://www.sciencedirect.com/bookseries/advances-in-botanical-research/vol/115/suppl/C> (lest 01.03.2025).

Likens, G.E. (2010) *Plankton of Inland Waters*. Spain: Elsevier Tilgjengeleg frå: <https://shop.elsevier.com/books/plankton-of-inland-waters/likens/978-0-12-3> (lest 01.03.2025).

Miljø blad (u.å.) *Prøvetaking av drikkevann*. Tilgjengeleg frå: <https://www.va-blad.no/provetaking-av-drikkevann/> (lest 24.02.2025).

Murphy, D., Novotny, E.V., Stefan, H.G. (2008) *Increase of urban lake salinity by road deicing salt*. Science of The Total Environment series. Vol. 406. Chem: Elsevier. Tilgjengeleg frå: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.07.037> (lest 28.02.2025).

Nasjonal digital læringsarena. (u.å.) *Osmoregulering hos dyr i vann*. Tilgjengeleg frå: <https://ndla.no/nb/r/biologi-1/osmoregulering-hos-dyr-i-vann/1b325e6b03> (lest 24.03.2025).

Norsk institutt for bioøkonomi. (2022). ‘*Arealressurkart – A50 – Arealtyper*’. Tilgjengeleg frå: https://kilden.nibio.no/?topic=arealinformasjon&zoom=0&x=7219344&y=383375&bgLayer=graaatone&layers=ar50_arealtype&layers_opacity=0.75&layers_visibility=true (Henta 23.01.2025).

Norges geologiske undersøkelse. (2022) ‘*Berggrunn N1350*’. Tilgjengelig frå: https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/ (IHenta 23.01.2025).

Norges geologiske undersøkelse. (2023) ‘*Løsmasser*’. Tilgjengeleg frå: <https://register.geonorge.no/produktark/1%C3%B8smasser> (Henta 23.01.2025).

Norges vassdrags - og energidirektorat. (2018) ‘*ELVIS Elvenett*’. Tilgjengeleg frå: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/elvis-elvenett/3f95a194-0968-4457-a500-912958de3d39> (Henta 22.01.2025).

Norges vassdrags - og energidirektorat. (u.å.a) 'Innsjødatabase'. Tilgjengeleg frå: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/innsjoedatabase/823b8639-9a49-41bf-8571-3608435eb149> (Henta 22.01.2025).

Norges vassdrags - og energidirektorat. (u.å.b) 'NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse'. Tilgjengeleg frå: <https://nevina.nve.no/> (Henta 22.01.2025).

Petrologi. (u.å.) *Tonalitt*. Tilgjengeleg frå: <https://googleblog.com/tonalitt/> (lest 06.02.2025).

Ren, Q., Paulsen, I.T. (2009) *Encyclopedia of Microbiology*. 3 utg. Chem: Elsevier
Tilgjengeleg frå: <https://www.sciencedirect.com/referencework/9780123739445/encyclopedia-of-microbiology#book-description> (lest 07.04.2025).

Riise, G. (2025). *Møte med studieveglear Gunnhild Riise ved NMBU Ås*. (07.03.2025).

Rognstad, A.J., Christiansen, T.L., Sjøstrand, K., Cochard, J., Barstad, J., Løset, F., Jensen, J.G.B., Uglum, M. (2023). *Hvordan redusere konsekvensene ved inngrep på myr?*. Rapport frå Sweco. Tilgjengeleg frå: <https://www.sweco.no/wp-content/uploads/sites/13/2023/01/Rapport-Tverrfaglig-idemyldring-myr.pdf> (lest 16.04.2025).

Rohrlach, T. (2022) *Forelesning 9: Fytoplankton*. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap (forelesning 04.10.2022).

Rohrlack, T. (2025a) *Møte med studieveglear Thomas Rohrlack ved NMBU Ås*. (13.01.2025).

Rohrlach, T. (2025b) *Møte med studieveglear Thomas Rohrlach ved NMBU Ås*. (21.03.2025).

Rotnes, F. (2025) *Morenejord, Store norske leksikon*. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/morenejord> (lest 23.01.2025).

Saunders, G.W. (1957) *Interrelations of dissolved organic matter and phytoplankton*. Botanical Review series. Vol.23. Michigan: Springer. Tilgjengeleg frå: <https://doi.org/10.1007/BF02872327> (lest 13.04.2025).

Saunes, H. (2024) *Undersøkelse av veinære innsjøer*. Rapport frå Statens vegvesen 974. Tilgjengeleg frå: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/3129171/060524%20SVV%20rapport%20974%20Unders%c3%b8kelse%20av%20vein%c3%a6re%20innsj%c3%b8er.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (lest 17.01.2025).

Saunes, H., Værøy, N. (2017) *Undersøkelser av vegnære innsjøer i Norge: Vannkjemiske og biologiske undersøkelser – 2016*. Rapport frå Statens vegvesen 565. Tilgjengeleg frå: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2671936/Rapport%20565%20Unders%c3%b8kelse%20av%20vegn%c3%a6re%20innsj%c3%b8er%20i%20Norge.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (lest 17.01.2025).

Sheath, R.G., Wehr, J.D. (2003) *Freshwater Algae of North America*. USA: Elsevier. Tilgjengeleg frå: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-741550-5.X5000-4> (lest 02.04.2025).

Sirevåg, R. (2025) *Blågrønnbakterier, Store norske leksikon*. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/bl%C3%A5gr%C3%B8nnbakterier> (lest 08.03.2025).

Sivertsen, Å. (2012) *Sluttrapport for etatsprogrammet SaltSMART*. Rapport frå Statens vegvesens 92. Tilgjengeleg frå: https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2508149/SaltSmartRapportNR92_200912.pdf?sequence=1&isAllowed=y (lest 18.01.2025).

Statens vegvesen. (2006) *Vegsalt og plankteplankton i innsjøer*. Rapport frå Statens vegvesen 2006/04. Tilgjengeleg frå: <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/fokusomrader/miljo-og-omgivelser/klima/forurensing/veg-salt-planteplankton.pdf> (lest 26.01.2025).

Statens vegvesen. (u.å.a) *8 Riksgrensen - Ørje (6,4 km)*. Tilgjengeleg frå: <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/europaveg/e18orjevinterbro/delprosjekter/riksgrensen-orje/> (lest 22.01.2025).

Statens vegvesen. (u.å.b) *Salting av veier*. Tilgjengeleg frå: <https://www.vegvesen.no/fag/veg-og-gate/vinterdrift/salting/sporsmal-og-svar/> (lest 15.01.2025).

Statens vegvesen. (u.å.c) *SaltSMART 2007 – 2011*. Tilgjengeleg frå: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/forskning-innovasjon-og-utvikling/avsluttede-programmer-og-prosjekter/saltsmart/> (lest 17.01.2025).

Statens vegvesen. (u.å.d) *Trafikkdata - Månedsdøgntrafikk*. Tilgjengeleg frå: <https://trafikkdata.atlas.vegvesen.no/#/utforsk?datatype=averageDailyMonthVolume&display=chart&from=2024-01-01&trpids=21405V2607269> (lest 26.01.2025).

Statens vegvesen. (u.å.e) *Vegkart*. Tilgjengeleg frå: <https://vegkart.atlas.vegvesen.no> (lest 26.01.2025).

Steintef, Ø.L., Nonstad, B., Lysbakken, K.R., Mørch, H. (2023) *Endret bruk av salting*. Tilgjengeleg frå: <https://www.tiltak.no/e-beskytte-eller-reparere-miljoet/e2-luft-og-vannforurensning/e-2-3/> (lest 24.01.2025).

Store norske leksikon. (2024) *Glimmerskifer*. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/glimmerskifer> (06.02.2025).

Sæther, M.S. (2021) *Vann og grunnforurensing frå samferdsel*. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengeleg frå: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/vann-og-grunnforurensning-fra-samferdsel--398116> (lest 20.04.2025).

Thronsdén, J. (2025) *Synura*. Store norske leksikon. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/Synura> (lest 16.04.2025).

Vannportalen. (u.å.a) *Klassegrenser for Ammonium (NH₄ + NH₃) og fri ammoniakk (NH₃)* [Tabell 7.14]. Tilgjengeleg frå: <https://www.vannportalen.no/veiledere/klassifiseringsveileder/tabeller/> (lest 12.04.2025).

Vannportalen. (u.å.b) *Referanseverdier og klassegrenser for Total fosfor – innsjøer* [Tabell 7.8]. tilgjengeleg frå: <https://www.vannportalen.no/veiledere/klassifiseringsveileder/tabeller/> (lest 12.04.2024).

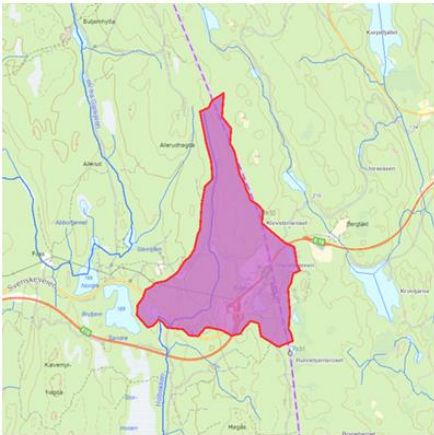
Vannportalen. (u.å.c) *Referanseverdier og klassegrenser for Total nitrogen* [Tabell 7.9] Tilgjengeleg frå: <https://www.vannportalen.no/veiledere/klassifiseringsveileder/tabeller/> (lest 12.04.2025).

VWR International. (u.å.) *Konduktivitetsmåling*. Tilgjengeleg frå:
https://no.vwr.com/cms/vwr_conductivity_measurement (lest 15.02.2025).

Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: lake and river ecosystems*. 3. utg. San Diego: Academic Press. (lest 15.01.2025).

8 Vedlegg

Vedlegg 1



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 314817 E
6598274 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 314.A4Z
Kommune.: Marker
Fylke.: Østfold
Vassdrag.: Holbekken

Feltparametere	
Areal (A)	1.7 km²
Effektiv sjo (A _{SE})	0.1 %
Elveleengde (E _L)	2.6 km
Elvegradient (E _G)	25.8 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	25.1 m/km
Helning	6 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.6 km ⁻¹
Feltleengde (F _L)	2.3 km

Feltparametere Tilløp	
Effektiv sjo - Tilløp (A _{SE-T})	0.1 %
Feltleengde - Tilløp (F _{L-T})	2.3 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	0 %
Myr (A _{MYR})	0.3 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	97.4 %
Sjo (A _{SJO})	1.5 %
Snau fjell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	0.9 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	166 m
Høyde ₁₀	184 m
Høyde ₂₀	203 m
Høyde ₃₀	213 m
Høyde ₄₀	221 m
Høyde ₅₀	225 m
Høyde ₆₀	231 m
Høyde ₇₀	237 m
Høyde ₈₀	243 m
Høyde ₉₀	252 m
Høyde _{MAX}	269 m

Klima- /hydrologiske parametere (1991-2020)	
Årlig middelavrenning (Q _N)	16.3 l/s*km²
Årlig middelavrenning	515 mm
Usikkerhet middelavrenning	26.1 %
Nedbør juni - august	275 mm
Nedbør desember - februar	236 mm
Årstemperatur	4.1 °C
Sommertemperatur	14 °C
Vintertemperatur	-3 °C

Vedlegg 2

Dato	Djupn	Peridinin	Fucoxanthin	Violaxanthin	Diadinoxanthin	Alloxanthin	Chlorophyll.a	Bacteriochlorophyll.1	Bacteriochlorophyll.2
27.05.2024	0,5	0,00	0,79	0,17	0,00	0,41	1,07	0	0
27.05.2024	1	0,00	0,63	0,00	0,00	0,16	0,66	0	0
27.05.2024	2	0,00	0,80	0,00	0,00	0,43	1,46	0	0
27.05.2024	3	0,00	0,58	0,00	0,00	0,77	1,26	0	0
27.05.2024	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	1516	635
10.06.2024	0,5	0,00	1,18	0,00	0,24	0,52	1,57	0	0
10.06.2024	1	0,00	1,31	0,00	0,15	0,37	1,28	0	0
10.06.2024	2	0,00	1,21	0,00	0,36	0,49	1,81	0	0
10.06.2024	3	0,00	1,16	0,00	0,14	0,35	2,19	0	0
10.06.2024	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,89	626	388
26.06.2024	0,5	0,08	0,96	0,00	0,25	0,21	0,90	0	0
26.06.2024	1	0,08	1,27	0,00	0,26	0,15	1,25	0	0
26.06.2024	2	0,13	2,26	0,00	0,25	0,31	2,80	0	0
26.06.2024	3	0,00	2,16	0,00	0,46	0,97	4,33	0	0
26.06.2024	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,29	632	817
08.07.2024	0,5	0,00	2,11	0,00	0,33	0,23	2,22	0	0
08.07.2024	1	0,00	2,32	0,00	0,49	0,32	2,63	0	0
08.07.2024	2	0,00	2,09	0,00	0,33	0,36	2,85	0	0
08.07.2024	3	0,00	2,51	0,00	0,36	0,69	3,74	0	0
08.07.2024	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,62	549	912
22.07.2024	0,5	0,22	2,32	0,31	0,37	0,22	3,68	0	0
22.07.2024	1	0,34	2,78	0,47	0,50	0,47	5,84	0	0
22.07.2024	2	0,12	1,68	0,14	0,23	0,14	2,78	0	0
22.07.2024	3	0,00	0,75	0,00	0,00	0,66	1,66	0	0
22.07.2024	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,96	1794	890
05.08.2024	0,5	0,41	4,23	0,46	0,67	0,28	9,22	0	0
05.08.2024	1	0,57	5,66	0,70	0,67	0,46	13,25	0	0
05.08.2024	2	0,25	3,70	0,51	0,51	0,54	8,58	0	0
05.08.2024	3	0,00	0,50	0,00	0,00	0,45	1,27	0	0
05.08.2024	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,91	2675	741
19.08.2024	0,5	0,24	1,82	0,20	0,38	0,26	2,71	0	0
19.08.2024	1	0,37	2,04	0,17	0,59	0,20	3,59	0	0
19.08.2024	2	0,21	1,35	0,28	0,23	0,24	2,05	0	0
19.08.2024	3	0,00	0,26	0,00	0,00	1,23	3,62	0	0
19.08.2024	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,67	2883	993
02.09.2024	0,5	0,14	2,35	0,41	0,30	0,30	3,70	0	0
02.09.2024	1	0,18	2,52	0,35	0,35	0,32	3,90	0	0
02.09.2024	2	0,00	0,86	0,07	0,33	0,36	1,44	0	0
02.09.2024	3	0,00	0,16	0,00	0,00	0,66	0,61	0	0
02.09.2024	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,37	2111	851

Vedlegg 3



Digernes_Kjemiske og fysikalske metoder.pdf

Vedlegg 4

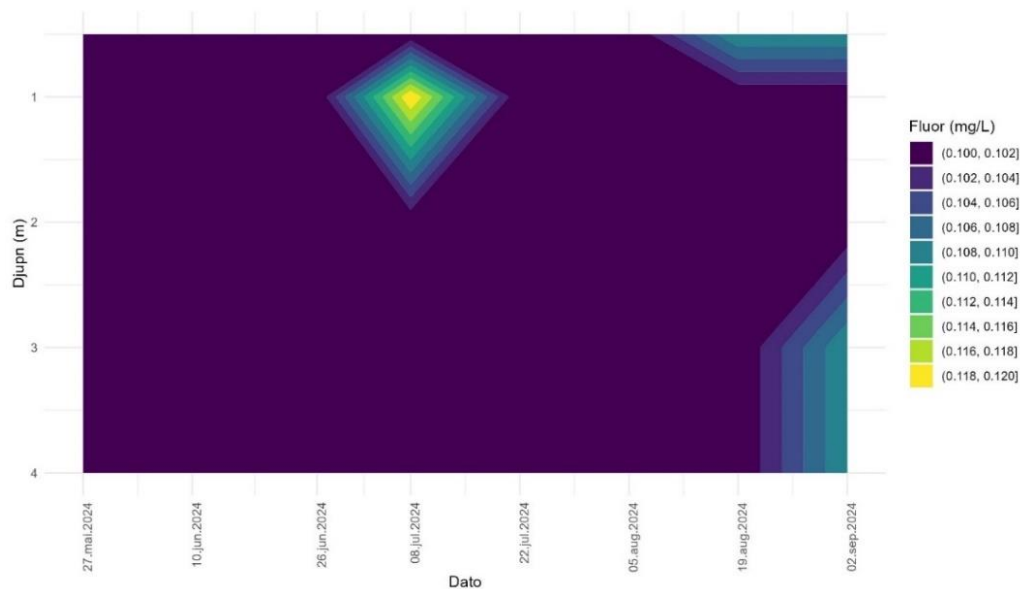


pigment_paper.pdf

Vedlegg 5

Dag	Værforhold
27.mai	Fint vær denne dagen, men hadde regna ein del nokon dagar før.
10.jun	Fint vær den dagen, var fint vær dagane før.
26.jun	Fint vær den dagen, hadde vore kalde dagar før prøvetakingsdag.
08.jul	Litt overskya, ingen nedbør, men noko nedbør dagane før.
22.jul	Litt overskya, var svært varmt i nokon dagar før prøvetaking.
05.aug	Fint vær denne dagen og varmt dagane før, men ein del regn dagen før.
19.aug	Fint vær, med lite til ingen nedbør dagane før prøvetaking.
02.sep	Overskya, men ingen nedbør dagane før prøvetaking.

Vedlegg 6



Figur 26. Konturplott over fluorkonsentrasjon (mg/L) - Gørrtjern, målt over 8 prøvetakingsdagar, over følgjande djupn: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelege universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway