



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Trender i vannkvalitet i elver og innsjøer i Vannområde Glomma Sør

Trender frem til 2021

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 127 | 2022



Anastasija Isidorova og Eva Skarbøvik
Divisjon for miljø og naturressurser

TITTEL/TITLE

Trender i vannkvalitet i elver og innsjøer i Vannområde Glomma Sør: Trender frem til 2021

FORFATTERE/AUTHORS

Anastasija Isidorova og Eva Skarbøvik

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
19.10.2022	8/127/2022	Åpen	52934	22/01294
ISBN:	ISSN:		ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-03148-2	2464-1162		62	1

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Vannområde Glomma Sør

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Maria Ystrøm Bislingen

STIKKORD/KEYWORDS:

Trendanalyser, næringsstoff, eutrofi, organisk materiale

Trend analyses, nutrients, eutrophication, organic material

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Vannkvalitet

Water quality

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Trender i næringsstoff, partikler, klorofyll a og organisk materiale er undersøkt i elvene Hæra og Rakkestadelva, og innsjøene Isesjø, Lundebyvannet, Tunevannet, Lyseren, Ertevatnet og Skinnerflo. Det ble ikke funnet statistisk signifikante trender i elvene. I innsjøene ble det funnet nedgang i totalfosfor og klorofyll a i Lundebyvannet (2000-2021) og klorofyll a i Isesjø (2000-2021). I Lyseren økte konsentrasjonen av totalfosfor (1983 -2021), og i Skinnerflo økte konsentrasjonen av klorofyll a (2011-2021). Det var høye konsentrasjoner av tarmbakterien E. coli særlig i Hæra, og kilder til forurensingen bør identifiseres. Det anbefales en fortsatt høy innsats for miljøtiltak i disse vannforekomstene i Vannområde Glomma Sør.

LAND/COUNTRY:

Norge

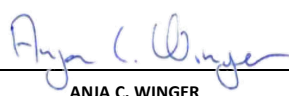
FYLKE/COUNTY:

Viken

STED/LOKALITET:

Vannområde Glomma Sør

GODKJENT /APPROVED



ANJA C. WINGER

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



ANASTASIJA ISIDOROVA



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Vannområde Glomma Sør ønsket en analyse av trender i næringsstoff, partikler, klorofyll a og organisk materiale i utvalgte elver og innsjøer frem til og med 2021.

En gjennomgang av dataseriene viste at det var akseptable data til trendanalyser i to elvestasjoner (Rakkestadelva og Hæra) og seks innsjøer (Isesjøen, Tunevannet, Lyseren, Lundebyvannet, Ertevannet og Skinnerflo). Det er også utført vurderinger av tarmbakterier i de to elvene for årene 2020-21.

Rapporten erstatter i stor grad en tidligere utgitt rapport fra NIBIO (utgitt 2019). I den tidligere rapporten ble det også utført trendanalyser av elver og innsjøer i vannområdet, da basert på data frem til 2018. Det ble i den rapporten oppdaget feil, bl.a. i trendanalysen for elvene, og den har blitt revidert. I 2019 ble det også laget faktaark for hver av vannforekomstene. For de to elvene og seks innsjøene som er analysert nå i dette prosjektet, blir faktaarkene i tillegg oppdatert med trender frem til og med 2021. Alle faktaark ligger på denne adressen <https://glomma-sor.no/httpglomma-sor-nop226/>.

Dataanalyser og skriving av denne rapporten har vært utført av Anastasija Isidorova og Eva Skarbøvik.

Prosjektleder har vært Anastasija Isidorova.

Kvalitetssikring er utført etter NIBIOs rutiner av forskningssjef Anja C. Winger.

Maria Ystrøm Bislingen har representert oppdragsgiver og takkes for godt samarbeid underveis i prosjektet.

Ås, 19.10.22

Anastasija Isidorova

Innhold

1	Innledning.....	6
1.1	Vannområde Glomma Sør	6
1.2	Mål med prosjektet	6
2	Metodikk.....	7
2.1	Parametre, datagrunnlag og program for trendanalyser	7
2.2	Forklaring av p-verdien.....	7
2.3	Metodikk for trendanalyser i elver	8
2.3.1	Vannføring.....	8
2.3.2	Konsentrasjoner	8
2.3.3	Tilførselsberegninger	8
2.4	Trendanalyser av innsjøer	9
2.5	Vannforekomster, miljømål og tilgjengelige data	10
2.5.1	Rakkestadelva	10
2.5.2	Hæra.....	10
2.5.3	Isesjø	12
2.5.4	Tunevannet	12
2.5.5	Lyseren	13
2.5.6	Lundebyvannet.....	13
2.5.7	Ertevannet.....	14
2.5.8	Skinnerflo	15
3	Trender i vannføring og -kvalitet i elver	16
3.1	Trender i vannføring i Hæra ved Løkkeborg.....	16
3.2	Oversikt over vannkvalitetstrend i elvene.....	17
3.3	Rakkestadelva, vannkvalitetstrender	18
3.3.1	Konsentrasjoner	18
3.3.2	Tilførsler fra Rakkestadelva	20
3.4	Hæra, vannkvalitetstrender.....	22
3.4.1	Konsentrasjoner	22
3.4.2	Tilførsler fra Hæra	25
3.5	Koliforme bakterier og E. coli i Rakkestadelva og Hæra	27
4	Vannkvalitetstrender i innsjøer	29
4.1	Oversikt over trender i innsjøer.....	29
4.2	Trender i Isesjø	29
4.3	Trender i Tunevannet	34
4.4	Trender i Lyseren	38
4.5	Trender i Lundebyvannet	42
4.6	Trender i Ertevannet.....	46
4.7	Trender i Skinnerflo	50
5	Oppsummerende diskusjon.....	54
5.1	Vurdering av utviklingen i Rakkestadelva og Hæra	54
5.2	Oppsummering av trender i innsjøene.....	54

Litteraturreferanser.....	55
Appendix.....	56
Ordliste	56
Total organisk karbon i Rakkestadelva – figurer	58
Total organisk karbon i Hæra – figurer.....	59
Tarmbakterier vs. vannføring og TOT-P i Rakkestadelva og Hæra	60

1 Innledning

1.1 Vannområde Glomma Sør

Vannområde Glomma Sør strekker seg fra Øyeren i nord til Hvaler i sør, og har et samlet areal på 2761 km². Vannområdet er en del av Vannregion Innlandet og Viken, og Viken fylkeskommune er koordinator. De åtte kommunene som inngår i vannområdet er Indre Østfold, Skiptvet, Rakkestad, Sarpsborg, Råde, Fredrikstad, Hvaler og Halden (<https://glomma-sor.no/om-glomma-sor>).

Gjennomsnittlig årlig temperatur i området er 6,4 °C og gjennomsnittlig årlig nedbør er 825 mm (målt i Fredrikstad i perioden 1961-1990) (eklima.no). Gjennomsnittlig avrenning basert på kart fra NVE for normalperioden (1960-1991) er 454 mm. Marine avsetninger dekker 84 % av dyrka mark i Glomma sør for Øyeren (*Kværnø m.fl.*, 2014).

I øvre del er vannområdet dominert av skog, med tynt morenedekke over gneis og granitt, mens det er marin leire og jordbruk i lavereliggende områder. I nedre deler er det dessuten bebyggelse og industri som øker belastningen på vannmiljøet, og mange vannforekomster er påvirket av eutrofiering, som vist i siste statusrapport fra vannovervåkingen (*Arnesen*, 2022). Der ble det oppsummert at av sju eutrofe innsjøer, var én i tilstandsklasse god, fire i moderat og to i dårlig tilstand.

Arbeidet i vannområdet startet i 2010 og styres etter vannforskriften. Overvåking av vannforekomster er en viktig del av arbeidet for å nå målene i vannforskriften.

1.2 Mål med prosjektet

Prosjektets mål har vært å beregne trender av næringsstoffer og andre tilgjengelige parametre i utvalgte elver og innsjøer i vannområdet frem til og med 2021. Dette utføres fordi vannområdet har behov for å vurdere effekten av tiltaksgjennomføringen opp mot miljømålene i vassdragene.

Rapporten inneholder informasjon om ulike stoffer og alger i vann, og det er lagt ved en ordliste i appendix som forklarer disse.

2 Metodikk

2.1 Parametre, datagrunnlag og program for trendanalyser

Trendanalyser er utført for følgende parametre: farge, total fosfor (TOT-P), total nitrogen (TOT-N), NO₃-N (nitrat), klorofyll a (KLFA), suspendert tørrstoff (STS) og totalt organisk karbon (TOC). Datagrunnlaget har avgjort om det kunne utføres trendanalyser for alle parametre i alle vannforekomster, dette fordi det er viktig at dataserien er konsistent og dekker en lang nok tidsserie. I figurene er alle data som er samlet inn vist, men ikke alle er benyttet til trendanalysene. Dette er basert på tidligere erfaringer fra trendanalyser (f.eks. *Skarbøvik m.fl. (2014)*). I elver er det ofte høy variabilitet i konsentrasjoner, og derfor en fordel at det har vært prøvetaking med tilnærmet lik frekvens over en periode på minst ti år. I innsjøer er konsentrasjonene ofte mer stabile over tid, men vi har som hovedregel kun utført trendanalyser av parametre i innsjøer med data fra minst fire måneder per år, og minst fem år med data for næringsstoffer og KLFA.

Basert på dette ble det utført trendanalyser i to elvestasjoner; Rakkestadelva og Hæra; og seks innsjøer; Isesjøen, Tunevannet, Lyseren, Lundebyvannet, Ertevannet og Skinnerflo.

NIBIO benytter to excel-baserte programmer, som kalles 'multitrend' og 'multitest'. Multitrend benyttes til å beregne vannføringsnormaliserte tilførsler, og til å konstruere en trendkurve, som er en utjevnet kurve over utviklingen av f.eks. konsentrasjoner eller trender. Multitest benyttes til å vurdere signifikans av en monoton trend (gir p-verdien, se avsnitt 2.2), og er her benyttet både for vannføring, konsentrasjoner og tilførsler. Monotone trender angir en trend som er relativt jevnt økende eller synkende, men ikke nødvendigvis lineær (ikke en rett linje).

Disse programmene er bygget opp etter prinsippet for Mann-Kendall-tester. Dette er ikke-parametriske tester for påvisning av trender i en tidsserie. Disse testene er enkle, robuste og kan takle manglende verdier, ikke normalfordelte data og verdier under deteksjonsgrensen. Testene er bl.a. robuste for såkalte utliggere (verdier som skiller seg vesentlig fra de andre verdiene), manglende verdier og autokorrelasjon. Med det siste menes at observasjoner som ligger nær hverandre i tid kan ha en tendens til å være mer lik hverandre enn observasjoner som ligger fjernt i tid. Den brukte metodikken i denne studien tar høyde for slik autokorrelasjon. Metodikken brukes også i f.eks. Elvetilførselsprogrammet (*Kaste m.fl., 2018*) og i overvåkingen i Vannområde Morsa (*Skarbøvik m.fl., 2022*).

2.2 Forklaring av p-verdien

Trendanalysene i denne rapporten oppgis med en såkalt p-verdi. P-verdien kan forklares som følger: vi antar at det er ingen endring over tid i en tidsserie. Hvis datamaterialet viser at denne antakelsen er 95 % feil, så er p-verdien 5 %. Desto lavere verdien er, jo mer sannsynlig er det at antakelsen er feil, altså at det antakelig finnes en trend i dataserien.

I denne rapporten er statistisk signifikans satt til en p-verdi på 5 %, eller $p=0,05$. Dette samsvarer med andre trendanalyser i vannforekomster, for eksempel i Elvetilførselsprogrammet (*Skarbøvik m.fl., 2014*). I Elvetilførselsprogrammet er det også oppgitt om p-verdiene ligger mellom 0,05 og 0,2, dette fordi trendene kan endres etter hvert som nye år kommer til dataserien. Vi har valgt å gjøre det samme i denne rapporten, som følger:

$p < 0,05$	Statistisk signifikant endring
$0,05 < p < 0,20$	Ikke signifikant endring, men verdt å merke seg en mulig tendens.

Videre har vi benyttet følgende fargekoder:

p < 0,05	Statistisk signifikant økning	
	Statistisk signifikant reduksjon	
0,05 < p < 0,20	Ikke signifikant økning, men mulig tendens.	
	Ikke signifikant reduksjon, men mulig tendens.	

2.3 Metodikk for trendanalyser i elver

2.3.1 Vannføring

Det finnes data for vannføring i Hæra ved Løkkeborg fra mars 2005 (stasjon nr. 2.1036.0), og det er utført analyser av trender i vannføring basert på årsgjennomsnitt.

Mens vannføring måles kontinuerlig, tas det vannprøver for laboratorieanalyser langt sjeldnere. For å sjekke at vannprøvene ble tatt på representative tidspunkt i forhold til vannføring, ble gjennomsnittet av vannføringen på prøvetakingsdagene beregnet. Beregningene ble gjort per år, og sammenlignet med årsgjennomsnittet for de kontinuerlige vannføringsmålingene.

2.3.2 Konsentrasjoner

For elvene Rakkestadelva og Hæra er det utført trendanalyser av TOT-P, TOT-N, STS og TOC-konsentrasjoner for perioden 2006 til 2021. Det finnes tidligere data for vannkvalitet, men disse prøvene er ikke tatt hvert år og har dessuten ulik prøvetakingsfrekvens. Statistisk signifikans ble beregnet for trend i årsgjennomsnitt av konsentrasjonene.

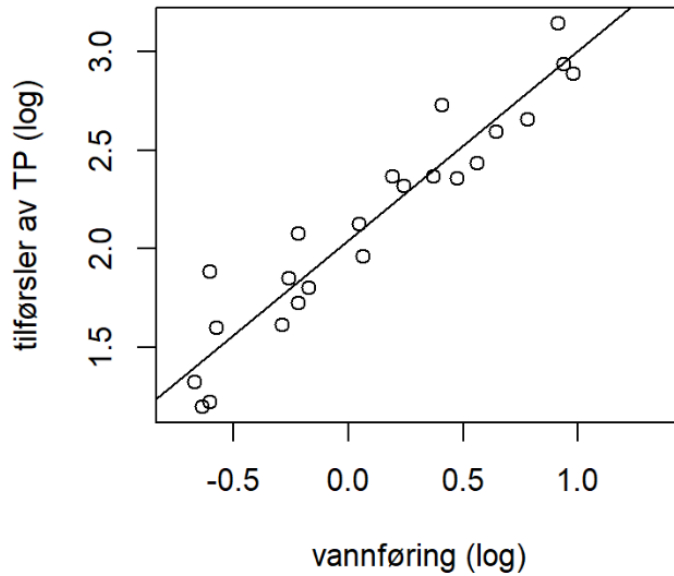
2.3.3 Tilførselsberegninger

Tilførselsberegningene er det benyttet en kombinasjon av konsentrasjonsdata i hver av elvene, og vannføringsdata fra hydrologisk stasjon Hæra ved Løkkeborg, stasjon nr. 2.1036.0. Oppstrøms nedbørfeltareal for den hydrologiske stasjonen er 133 km². For å finne tilnærmet vannføring i vannkvalitetsstasjonene i Rakkestadelva og Hæra har vi skalert i forhold til nedbørfeltarealet til disse stasjonene.

Tilførsler i elvene er beregnet ved hjelp av stofftransportkurven. Ved denne metoden beregnes først tilførsler for de dagene det finnes konsentrasjonsdata. Konsentrasjonen av et stoff i en vannprøve antas å representere gjennomsnittskonsentrasjonen den dagen prøven ble tatt. Konsentrasjonen (f.eks. mg/l) ganges så med gjennomsnittlig vannføring (m³/s) samme dag, og resultatet blir en tilnærmet tilførsel eller transport av stoffet den dagen (f.eks. i enheten kg/døgn). Stofftransportkurven konstrueres så ved å plote vannføring (x-aksen) med tilførsler (y-aksen), i et log-transformert diagram (figur 2.1).

Deretter beregnes tilførslene for dagene uten vannkvalitetsdata, basert på kurven og døgndata for vannføring. Døgnverdiene legges så sammen for å få samlede tilførsler for ett år. Det konstrueres en stofftransportkurve for hvert enkelt år.

Trendanalyser av tilførsler er utført på de vannføringsnormaliserte tilførslene, altså der tilførslene er tilpasset som om alle år hadde en normalvannføring.



Figur 2.1. Eksempel på stofftransport-kurve for tilførsler av et stoff (her TOT-P) (y-aksen) og vannføring (x-aksen) i Hæra i år 2021. Aksene er log-transformerte.

2.4 Trendanalyser av innsjøer

For innsjøene er det utført trendanalyser av konsentrasjoner for ulike perioder, avhengig av datagrunnlaget i hver innsjø. Selv om data eksisterer fra flere vanddyb, har kun integrerte vannprøver fra toppsjiktet blitt benyttet (0 – 4 meter), siden det bare var der det fantes tilstrekkelig med data for å kjøre trendanalyser.

I innsjøene har vi testet for signifikans for både års- og månedsgjennomsnittlige trender i konsentrasjoner. Det viste seg at inkludering av månedlig variasjon ikke påvirket om resultatet var signifikant eller ikke, derfor har vi for det meste benyttet resultatene av årsgjennomsnittlig konsentrasjon i denne rapporten.

2.5 Vannforekomster, miljømål og tilgjengelige data

Oversikt over stasjoner som er benyttet i denne rapporten, med vanntype og miljømål, er gitt i tabell 2.1. En kort beskrivelse av hver vannlokalitet er gitt i delkapitlene under.

Tabell 2.1. Oversikt over elve- og innsjøstasjoner benyttet i denne rapporten. Miljømål er hentet fra Klassifiseringsveilederen av 2018 (Direktoratsgruppa, 2018). Vanntyper er hentet fra vann-nett.no (august 2022).

Stasjon	Vanntype*	Leire-andel**	Miljømål		
			TOT-P	TOT-N	KLFA
Rakkestadelva (RAK1)	R108	38 %	60	550	
Hæra (HER1)	R108	49 %	80	550	
Isestjø (nord)	L106		16	475	9
Lundebyvannet	L106		16	475	9
Tunevannet (sør)	L107		17	675	9
Lyseren***	L108		13	550	7
Ertevatnet	L108		20	775	10,5
Skinnerflo****	L111, L-N8		20	550	10,5

* Forklaring på vanntypene (alle er lavland; størrelse ikke tatt med): R108: Moderat kalkrik, humøs; L106: Kalkfattig, humøs; L107: Moderat kalkrik, klar; L108: Moderat kalkrik, humøs; L111: Turbid (leirstjø); L-N8: Moderat kalkrik og kalkrik, humøs.

** I leirelver er miljømål for TOT-P fastsatt basert på andel leiredekning i oppstrøms nedbørfelt, i henhold til kap 7.2.5 i Klassifiseringsveilederen; for Rakkestadelva ved RAK1 ble leireprosent avrundet til 40 %, og for Hæra ved HER1 til 50 %.

*** Vannområdet har besluttet at Lyseren får miljømål Svært god tilstand, pga at innsjøen har viktige brukerinteresser (pers. medd. Maria Bislingen 2022).

**** For Skinnerflo er det oppgitt vanntype L111 (turbid) i Vann-nett, men denne er ikke gitt miljømål i Klassifiseringsveilederen. Det er derfor benyttet miljømål for L-N8 (L108-L110), som opplyst i Arnesen (2022).

2.5.1 Rakkestadelva

Rakkestadelva har et nedbørfelt på 462 km² (figur 2.2) og en middelavrenning på 441 mm (nevina.nve.no). Nedbørfeltet har omlag 26 % dyrket mark og 66 % skog, 3 % myr og en liten andel urbane områder (0,6 %), mens leireandelen (arealet under marin grense) er på 38 % (nevina.nve.no).

Vannkvalitet er målt i stasjonen RAK1 (ved utløpet i Glomma) siden 1997, men regelmessige data som her ble benyttet til trendanalyser er fra 2006 og fremover. Trendanalyser er utført på TOT-P, TOT-N, STS og TOC.

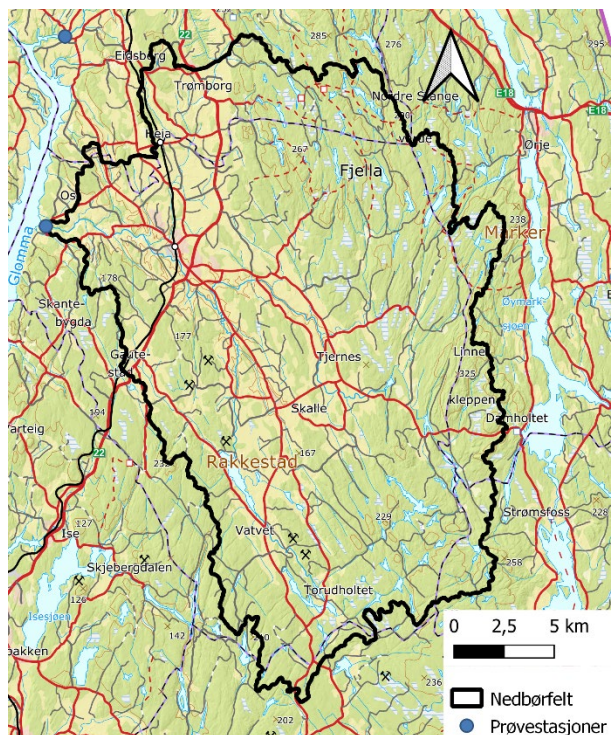
2.5.2 Hæra

Hæra blir også kalt Lekumelva eller Eidsbergselva; i denne rapporten brukes gjennomgående Hæra. Vassdraget har et nedbørfelt på 235 km² (www.nevina.nve.no) og ligger i Indre Østfold kommune (figur 2.3). Nedbørfeltet har 27 % dyrket mark og 62 % skog (vann-nett.no). Leirdekningsgraden for hele vassdraget er ca. 49 % (www.nevina.nve.no). De nederste delene av elva renner gjennom et ravinlandskap utsatt for erosjon (*Kværnø m.fl.*, 2014).

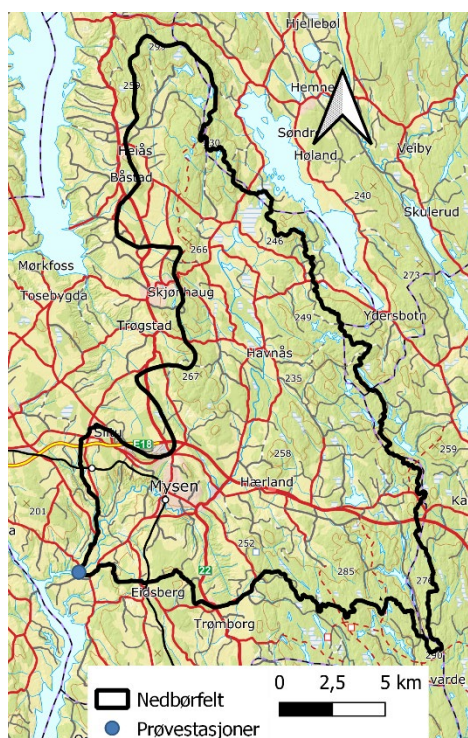
Lekum kraftverk er det eneste kraftverket i vassdraget, det har et nedbørfelt på 236 km² og et fall på 29 meter. Produksjonen ligger på 4,7 GWh (<https://smaakraft.no/lekum-kraftverk>).

Mysen renseanlegg ligger nedstrøms sentrum av Mysen, hvor det i 2019 ble meldt om driftsproblemer (<https://www.smaalenene.no/intens-stank-odelegger-sommeren-for-naboene-til-mysen-renseanlegg/s/5-38-688146>).

Vannkvalitet er målt i stasjonen HER1 ved utløpet i Glomma (Hæra ved Lekum) siden 1997, men det er relativt lite data fram til 2006, trendanalysene er derfor basert på data fra 2006. Trendanalyser er utført på TOT-P, TOT-N, STS og TOC.



Figur 2.2. Nedbørfeltet til Rakkestadelva, med stasjonen RAK1 inntegnet (462 km²) (Kart laget av NIBIO basert på kildene Nevina og Norgeskart).

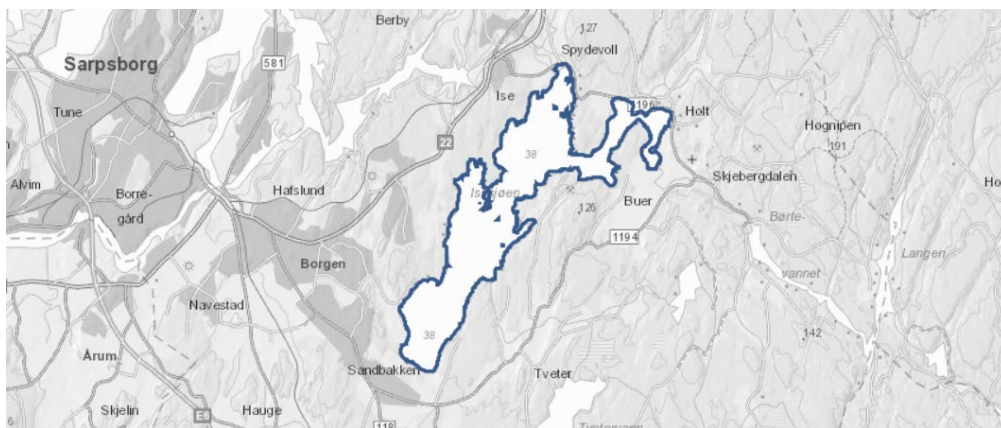


Figur 2.3. Hæras nedbørfelt, med stasjon HER1 (Nedbørfelt 235 km²). (Kart laget av NIBIO basert på kildene Nevina og Norgeskart).

2.5.3 Isesjø

Isesjø (002-133-L; figur 2.4) er i henhold til vann-nett karakterisert som stor, kalkfattig og humøs (L106), med moderat tilstand i 2021 (Arnesen, 2022). Innsjøen ligger i Sarpsborg kommune, og har et overflateareal på 6,5 km², et oppstrøms nedbørfelt på 141 km², og et maxdyp på 25 m (vann-nett). Både innløp og utløp ligger i nordenden, noe som kan medføre at sørlig del er sårbar for eutrofiering. Trendanalyser for vannkvalitet er basert på data fra nordre del, som ifølge Arnesen (2022) hadde moderat tilstand. Innsjøen ligger rett øst for Sarpsborg sentrum og er et viktig rekreasjonsområde, samt råvannskilde for drikkevann (Arnesen, 2022). Av gjennomførte miljøtiltak kan nevnes oppgradering av ledningsnett for kloakk, fangdammer og gjødselplanlegging (Arnesen, 2022).

Data benyttet til trendanalyser er fra 2000 (Kl a, TOT-N, TOT-P, STS), 2010 (farge) og 2005 (NO₃-N). År 2018 ble ekskludert fra trendanalysene av NO₃-N på grunn av at 2018 var et svært uvanlig meteorologisk år med mye tørke. Plantene tok derfor opp mindre næringsstoffer, noe som kan ha medført at NO₃-N fikk en kraftig økning det året.



Figur 2.4. Isesjø. Kartgrunnlag: Vann-nett.

2.5.4 Tunevannet

Tunevannet (002-3451-L; figur 2.5) ligger nær Sarpsborg sentrum. Innsjøen er moderat kalkrik, klar (L107), med et middeldyp på 5,4 meter, og et lite nedbørfelt, bare 6,5 km², hvorav innsjøens areal er på 2,3 km² (Sarpsborg kommune (2017); vann-nett). Både hovedinnløp og utløp ligger i nord, og oppholdstiden er på over 6 år (Sarpsborg kommune, 2017). I sørøst er det bebyggelse, badestrand og parkområde. I henhold til Arnesen (2022), var innsjøen i moderat tilstand i 2022.

I trendanalysene i denne rapporten er det benyttet data fra 1990 for KLFA, fra 2000 for TOT-P, TOT-N og STS, og fra 2010 for farge. En verdi på 67 mg/l Pt fra 2013 ble ikke tatt med i trendanalysene av farge. Dette var en uvanlig høy verdi som påvirket trenden kraftig. Det ble ikke utført trendanalyser av NO₃-N i Tunevannet på grunn av sparsomt datagrunnlag.



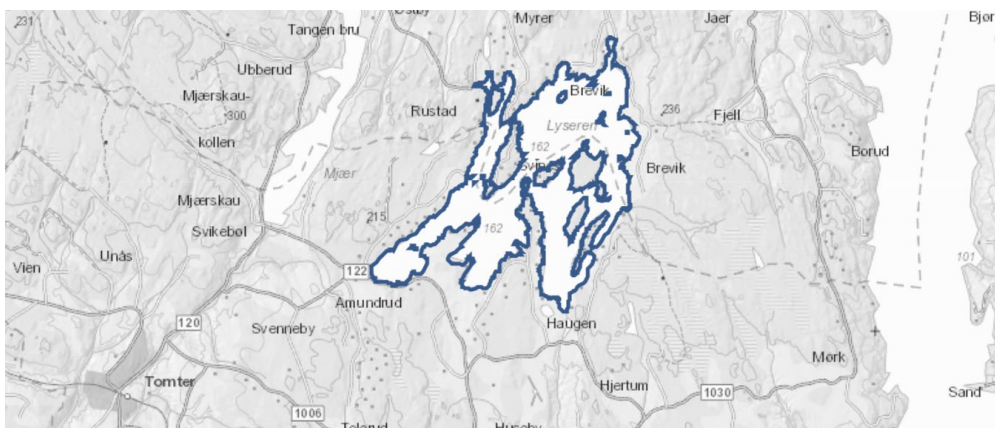
Figur 2.5. Tunesjøen. Kartkilde: Vann-nett.no

2.5.5 Lyseren

Lyseren (002-137-L) ligger i Enebakk og Indre Østfold kommuner (figur 2.6). Innsjøen er en stor, moderat kalkrik, og humøs innsjø (L108), og har et areal på 7,3 km² og et middeldyp på ca. 8,5 meter (vann-nett.no; Arnesen (2022)). Innsjøen er drikkevannskilde til Indre Østfold kommune. Nedbørfeltet er på 28 km², målt ved utløpet av innsjøen (Smalelva); (www.nevina.nve.no). Under 10 % av nedbørfeltet er dyrket mark, ca. 60 % er skog, og leireprosenten er på ca. 17 % (nevina.nve.no).

Økologisk tilstand i innsjøen er god (Arnesen, 2022), men siden det knytter seg store brukerinteresser til Lyseren er miljømålet satt til svært god (Bislingen, pers. medd, 2022).

I trendanalysene i denne rapporten er det benyttet data fra 2013 for STS og NO₃-N, fra 1983 for KLFA, N-TOT og P-TOT. Det ble ikke konstruert en trendkurve for farge i Lyseren på grunn av dårlig datagrunnlag, men det ble gjennomført en statistisk test av data for farge.



Figur 2.6. Lyseren. Kartkilde: vann-nett.

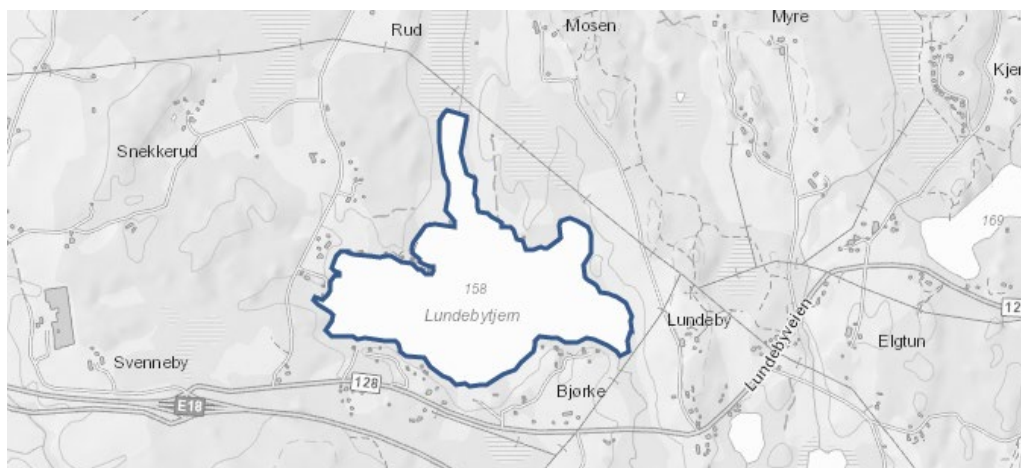
2.5.6 Lundebyvannet

Lundebyvannet eller Lundebytjern (002-3360-L; figur 2.7) ligger i Indre Østfold kommune. Tjernet er lite, kalkfattig og humøst (L106), har et areal på ca. 0,4 km², et maksdyp på ca. 5 meter og et

oppstrøms areal på ca. 21 km² (vann-nett). Skog utgjør ca. 80 % av nedbørfeltarealet, jordbruk ca. 10 % og leireprosenten er på ca. 24 %. Innsjøen har en populær badeplass.

Innsjøen har korte perioder med termisk sjiktning og perioder med sirkulasjon hver sommer; bunnsjiktet er tidvist anoksisk (*Rohrlack & Haaland, 2017*). Innsjøen var i 2021 i tilstandsklasse «dårlig» (*Arnesen, 2022*). Innsjøens vannkvalitet er påvirket av nåleflagellaten *Gonyostomum semen*, som bl.a. dominerte hele sommersesongen i 2021 (*Arnesen, 2022*).

Trender i STS og farge er blitt undersøkt med data fra 2011, KLFA, N-TOT, P-TOT fra 2000 og NO₃-N er blitt analysert fra 2013. Før trendanalyser av P-TOT ble gjennomført ble en ekstrem verdi på 381 µg/l fra 2018 ekskludert.

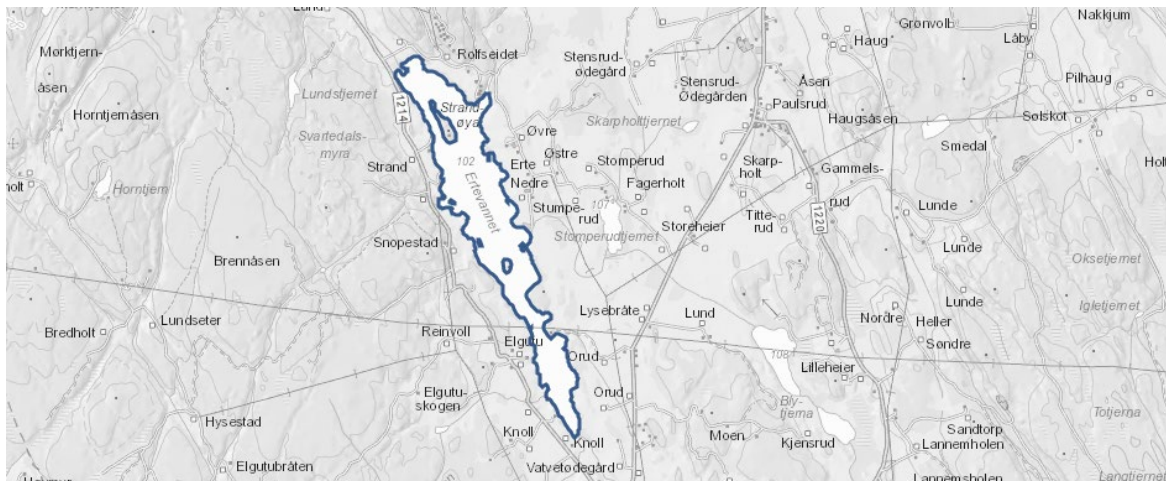


Figur 2.7. Lundebyvannet. Kartkilde: vann-nett.

2.5.7 Ertevannet

Ertevannet (002-134-L; figur 2.8) har et areal på 1,1 km², et oppstrømsareal på 96 km², og et maksdyp på 10,5 meter (vann-nett). Vannet ligger i nedbørfeltet til Rakkestadelva, sør for Degernes. Nedbørfeltet har 71 % skog, 21 % dyrket mark, og en leirdekningsgrad på 34 %. Vanntypen er middels stor innsjø, moderat kalkrik, humøs (L108) (vann-nett). I 2021 var vannet i tilstandsklasse «dårlig» (*Arnesen, 2022*).

I denne rapporten er det benyttet data fra 2013 til 2021 for trendanalysene, dette gjelder for alle analyserte parametre (KLFA, TOT-P, TOT-N, STS, NO₃-N og farge).

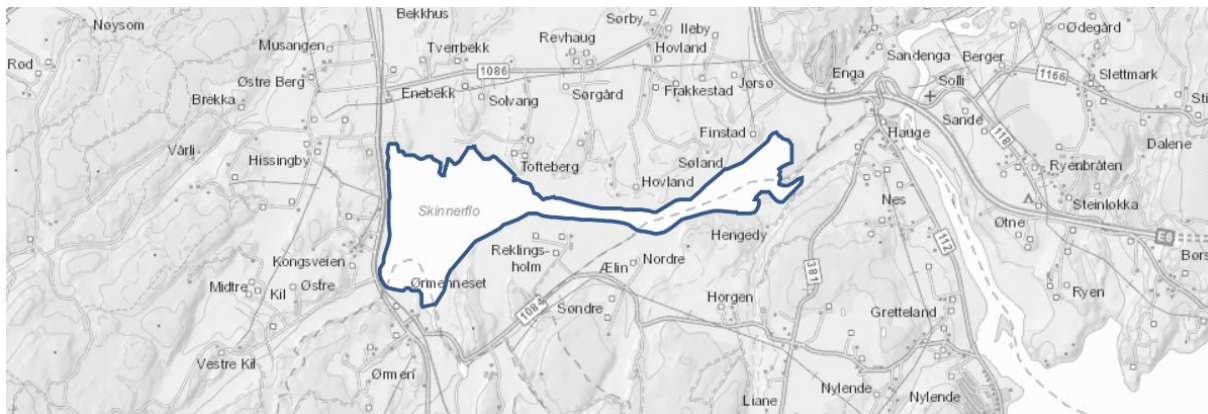


Figur 2.8. Ertevannet. Kartkilde: vann-nett.

2.5.8 Skinnerflo

Skinnerflo (002-30680 / 002-115-L; figur 2.9) er sterkt preget av tilførsler fra Glommas vestre løp, og har utløp via Seutelva i sør. Innsjøen er moderat kalkrik og humøs (LN8). Innsjøarealet er på 1,5 km² og middeldypet er 3 meter (Arnesen, 2022). Det lokale nedbørfeltet preges av jordbruksområder og spredt bebyggelse. Innsjøen og tilgrensende våtmark utgjør et naturreservat og er spesielt viktig for våtmarksfugl (Arnesen, 2022). I 2021 var innsjøen i moderat tilstand, men den har vært i dårlig tilstand i årene 2016-2020 (Arnesen, 2022).

Trender i alle parametre har blitt undersøkt med data fra 2011, med unntak av NO₃-N som er analysert fra 2013. For analysene av KLFA ble en ekstrem verdi på 140 µg/l fra 2018 ekskludert.



Figur 2.9. Skinnerflo. Kartkilde: vann-nett.

3 Trender i vannføring og -kvalitet i elver

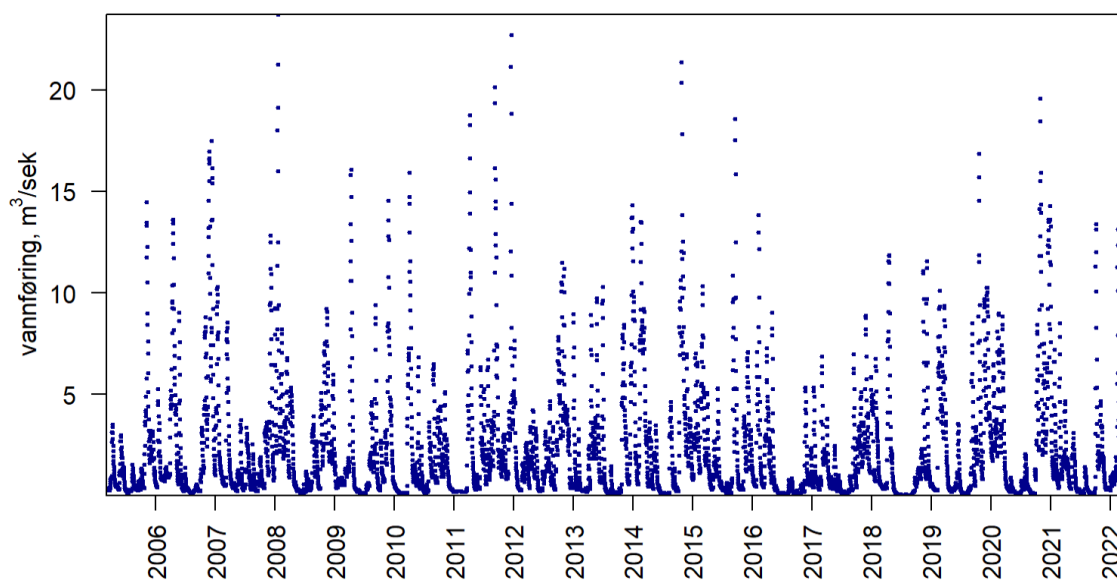
3.1 Trender i vannføring i Hæra ved Løkkeborg

Figur 3.1 viser døgnvannføring siden starten av måleserien. Det ble ikke funnet noen signifikant trend i gjennomsnittlig månedlig eller i gjennomsnittlig årsvannføring i denne perioden (Tabell 3.1).

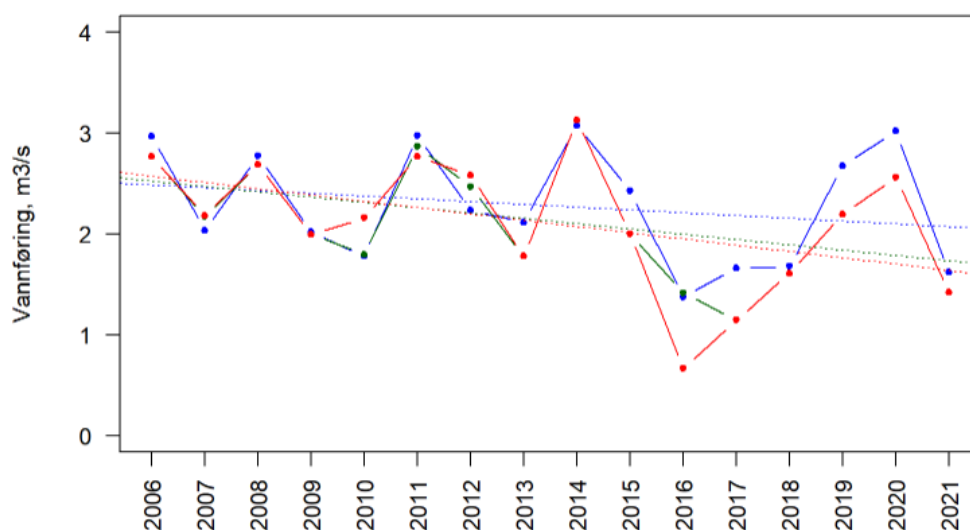
For å vurdere om vannprøvene er tatt ved høyere eller lavere vannføring enn gjennomsnittet, ble også vannføring på prøvetakingsdagene tatt ut. I figur 3.2 er dette sammenlignet med årsgjennomsnitt av vannføring på alle dager. Som figuren viser er det jevnt over tatt prøver ved lavere vannføring enn årssnittet, og dette gjelder særlig for de senere årene. Det finnes en tendens til lavere vannføring over tid på prøvetakingsdagene, men den er ikke signifikant (Tabell 3.1) Det er følgelig ikke prøvetaking ved særlig høye vannføringer som er årsaken til høyere konsentrasjoner av enkelte stoffer de senere årene (se mer om dette i neste avsnitt).

Tabell 3.1: Resultater av trendanalyser av vannføring

		Statistisk test	p verdi
Vannføring alle dager	Månedsgjennomsnitt	Seasonal Mann-Kendall test	0,17
Vannføring alle dager	Årsgjennomsnitt	Mann-Kendall test	0,42
Vannføring Hæra prøvetakingsdagene	Årsgjennomsnitt	Mann-Kendall test	0,09
Vannføring Rakkestadelva prøvetakingsdagene	Årsgjennomsnitt	Mann-Kendall test	0,11



Figur 3.1. Vannføring ved Hæra v/Løkkeborg vannføringsstasjon fra 2005-03-03 til 2022-04-30. Det var ingen signifikant trend i vannføring i denne perioden.



Figur 3.2. Sammenligning av gjennomsnittlig vannføring per år, basert på alle døgndata for Hæra ved hydrologisk stasjon Løkkeborg (blå graf), og vannføring de dagene det er tatt vannprøver av Hæra (rød graf) og Rakkestadelva (grønn graf; der grafen ikke er synlig er det fordi den overlappes av rød graf). De prikkete linjene er lineære trendlinjer.

3.2 Oversikt over vannkvalitetstrend i elvene

Tabell 3.2 gir en oppsummering av trendene i Rakkestadelva og Hæra for konsentrasjoner og tilførsler. Det var ingen signifikante trender for noen av de undersøkte parametrene i perioden 2006-2021. Konsentrasjonen av TOT-N i Hæra kan være stigende, med en p-verdi på 0,059, og er derfor verdt å følge med på fremover.

Tabell 3.2. Trender i konsentrasjoner og tilførsler i Rakkestadelva og Hæra baserte på årsverdier. Trender er markert som beskrevet i avsnitt 2.2.

Stasjon	p-verdi 2006-2021
Konsentrasjoner	
TOT-P Rakkestadelva	0,86
TOT-N Rakkestadelva	0,93
STS Rakkestadelva	0,78
TOT-P Hæra	0,59
TOT-N Hæra	0,059
STS Hæra	0,65
Vannføringsnormaliserte tilførsler	
TOT-P Rakkestadelva	0,79
TOT-N Rakkestadelva	0,47
STS Rakkestadelva	0,53
TOT-P Hæra	0,65
TOT-N Hæra	0,28
STS Hæra	0,79

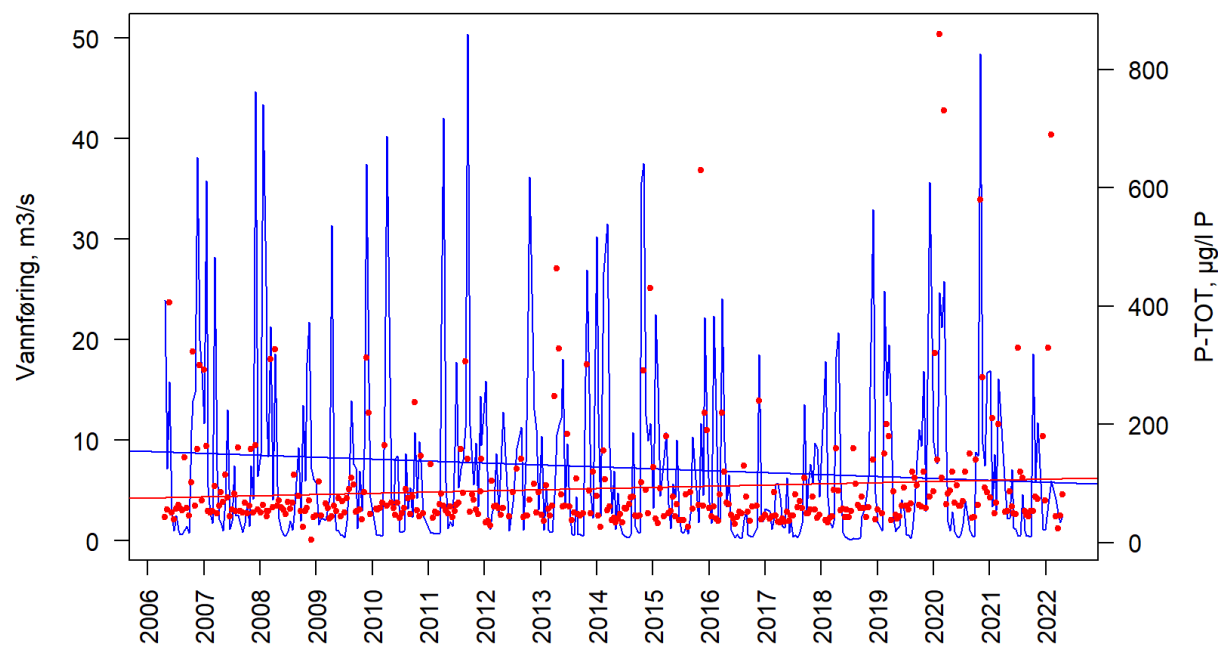
3.3 Rakkestadelva, vannkvalitetstrender

3.3.1 Konsentrasjoner

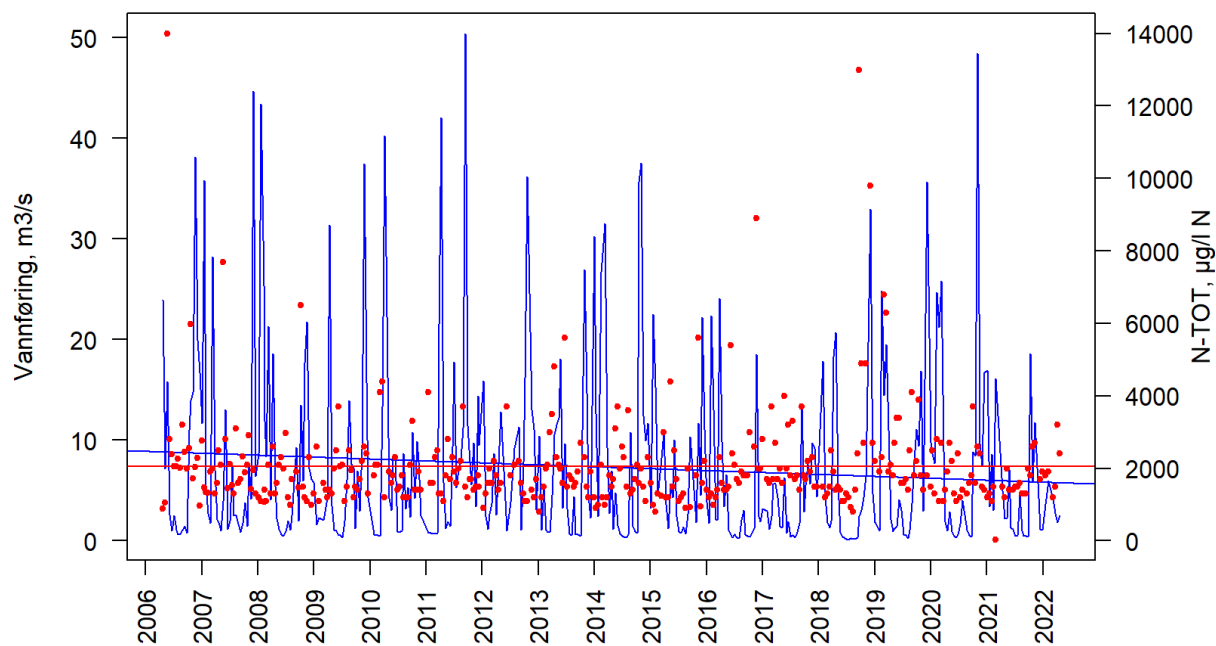
Figur 3.3 – 3.5 viser konsentrasjoner i Rakkestadelva av hhv. TOT-P, TOT-N og STS i perioden 2006-2021. Vannføring i Hæra er tilpasset nedbørfeltet til Rakkestadelva, og vist for de dagene det ble tatt vannprøver i Rakkestadelva. Det var ingen signifikant endring verken i vannføring på prøvetakingsdagene eller konsentrasjoner av TOT-P, TOT-N eller STS.

De høyeste konsentrasjonene av TOT-P og STS kom i 2020, mens de høyeste konsentrasjonene av TOT-N kom i 2006, 2016 og 2018. Det ser altså ut som om det er en økning i de høyeste konsentrasjonene i senere år, uten at vannføring på prøvetakingsdagen kan forklare dette (som vist i avsnitt 3.1).

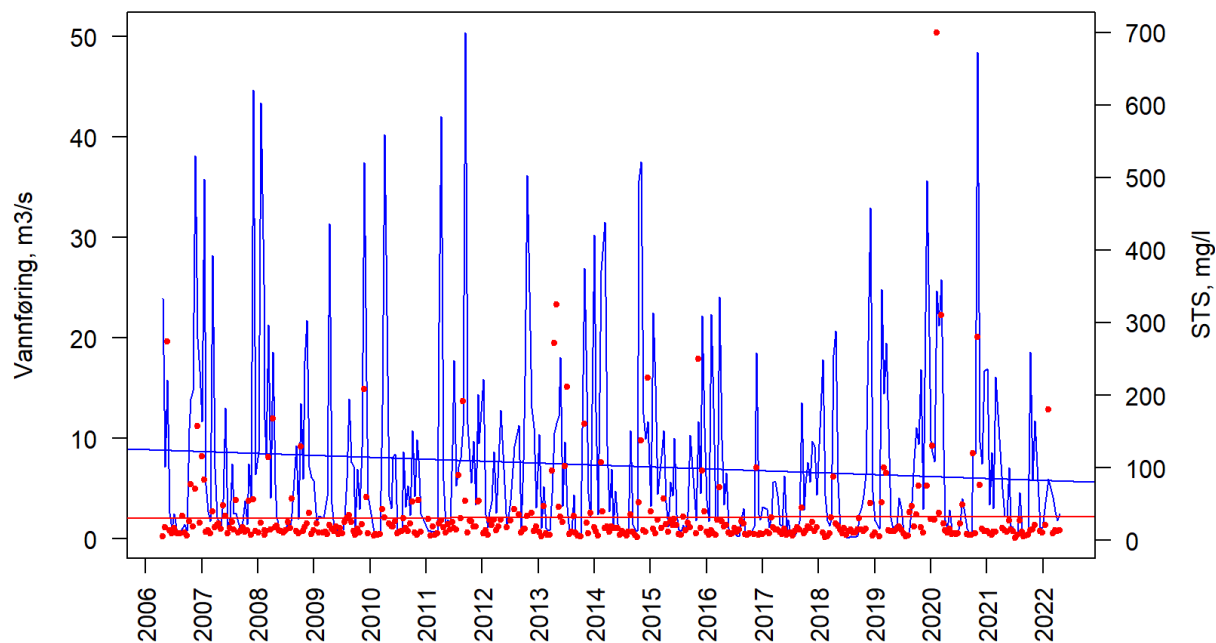
Gjennomsnittlig konsentrasjon av TOT-P for de siste tre årene er 120 µg/l som er dobbelt så høyt som miljømålet (60 µg/l P; Tabell 2.1). Gjennomsnittlig konsentrasjon av TOT-N for 2019-2021 var 2008 µg/l N, som også høyere enn miljømålet på 550 µg/l N. Gjennomsnittlig STS for 2019-2021 var 40 mg/l.



Figur 3.3. Vannføring på prøvetakingsdagene (tilpasset til nedbørfeltet til Rakkestadelva; blå kurve) og konsentrasjon av total fosfor (røde prikker) i Rakkestadelva ved Brekke (Stasjon 002-30751). Lineær trend lagt inn med blå (vannføring på prøvetakingsdager) og rød (konsentrasjon) linje.



Figur 3.4. Vannføring på prøvetakingsdagene (tilpasset til nedbørfeltet til Rakkestadelva; blå kurve)) og konsentrasjon av TOT-N (røde prikker) i Rakkestadelva ved Brekke (Stasjon 002-30751). Lineær trend lagt inn med blå (vannføring prøvetakingsdager) og rød farge (konsentrasjon).



Figur 3.5. Vannføring på prøvetakingsdagene (tilpasset til nedbørfeltet til Rakkestadelva; blå kurve)) og konsentrasjon av STS (røde punkt) i Rakkestadelva ved Brekke (Stasjon 002-30751). Lineær trend lagt inn med blå linje (vannføring prøvetakingsdager) og rød linje (konsentrasjon).

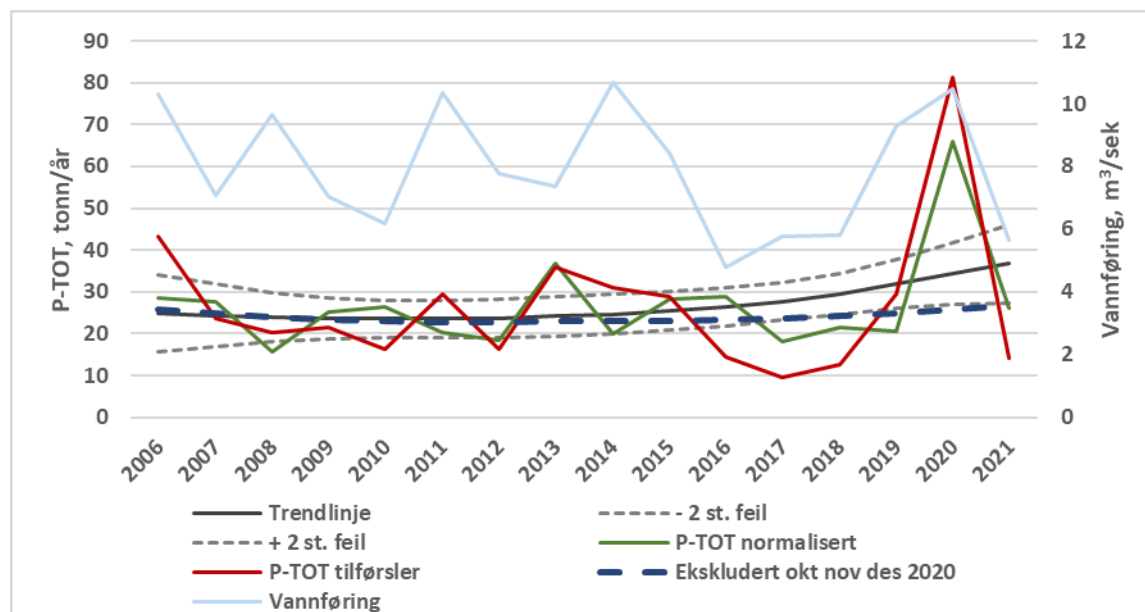
TOC er aktuelt i forhold til brunifisering av vann, og knyttes til problemalgen *Gonyostomum semen* (Hagman m.fl., 2015). Trendanalyser viser at det ikke har vært noen signifikant økning i TOC i Rakkestadelva siden 2006 (p-verdi 0,84 for gjennomsnittlige verdier og 0,5 om alle data legges til grunn; Figur A1 i Appendix I.

3.3.2 Tilførsler fra Rakkestadelva

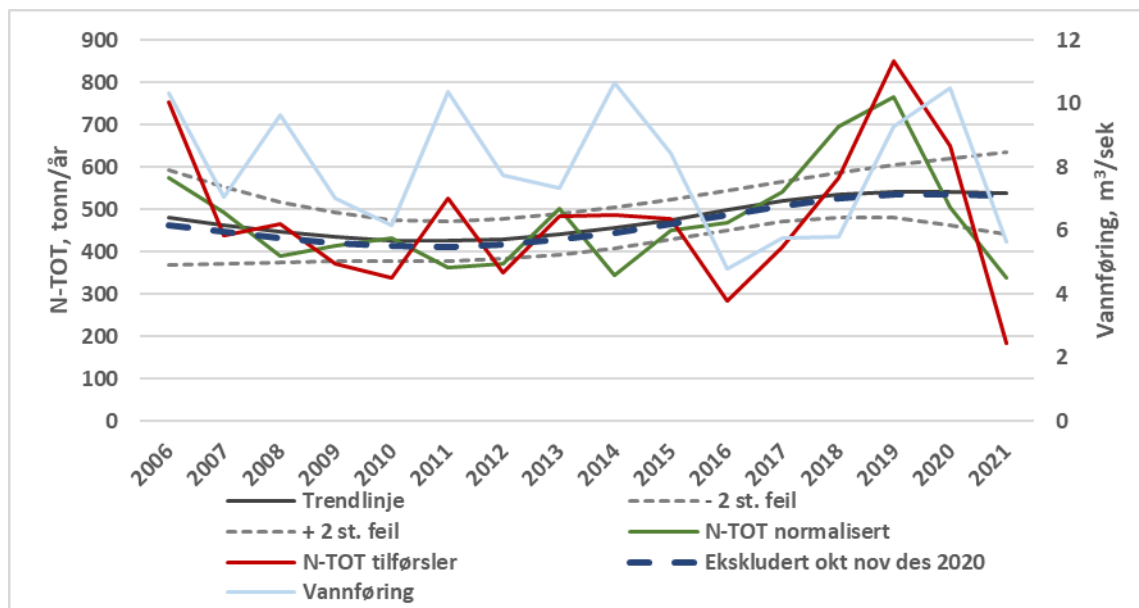
I gjennomsnitt for perioden 2006-2021 ligger de årlige tilførslene av TOT-P på 26,8 tonn, TOT-N på 479 tonn, og STS på 10832 tonn. Arealsspesifikke tilførsler i RAK 1 som snitt for denne perioden blir da: 58,0 kg/km² TOT-P; 1,04 tonn/km² TOT-N; og 23,4 tonn/km² STS (nedbørfeltet til RAK1 er 462 km²).

Det ble ikke funnet noen signifikant trend i tilførsler i Rakkestadelva (Tabell 3.2). Årlige variasjoner i tilførsler av TOT-P, TOT-N og STS i Rakkestadelva er vist i figur 3.6-3.8. Selv om de vannføringsnormaliserte tilførslene ikke er signifikant endret siden 2006, kan det se ut til at trendlinjen for TOT-P og STS øker mot slutten av perioden. Denne økningen ser ut til å skyldes en lengre periode med høy vannføring i de tre siste månedene av 2020. Vannføringstoppene har vært like høye om høsten tidligere år, men ikke vedvarende i tre måneder på rad (figur 3.1). Konsentrasjonene var også høye men ikke uvanlig: Maksimumskonsentrasjonen var på 580 µg/l, og gjennomsnittet på 166 µg/l for de tre månedene; mens gjennomsnittet for hele året var på 182 µg/l. Det er derfor først og fremst vannføringen som er årsaken til de høye tilførslene denne måneden.

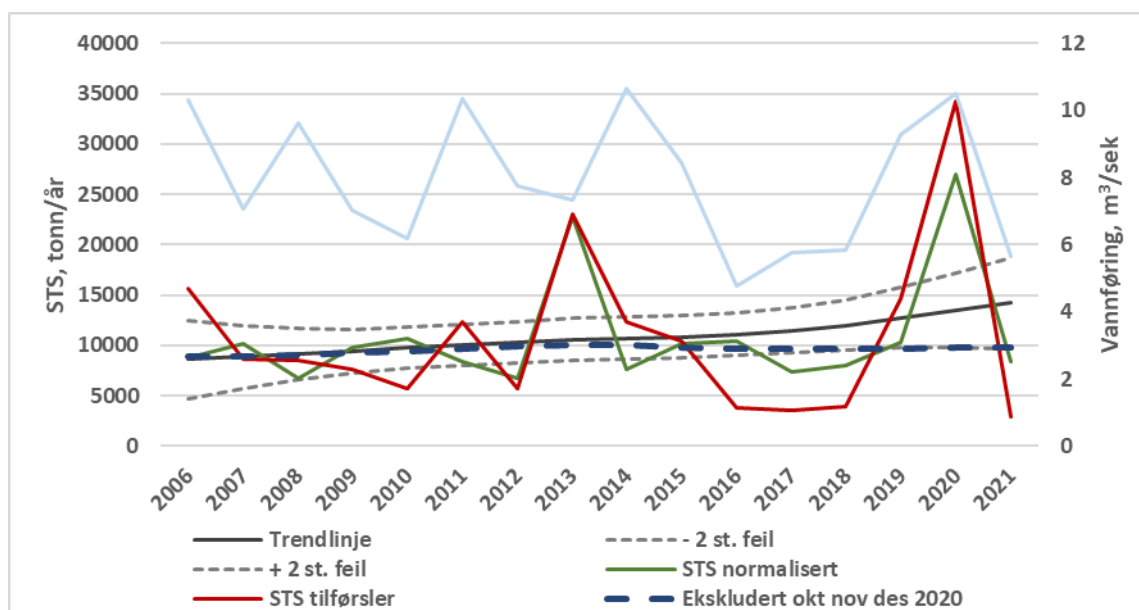
For å finne ut hvor mye disse tre månedene påvirket trenden, ble det laget en trendanalyse av samme serie, men uten data fra oktober, november og desember 2020. Denne trendlinjen vises som mørk blå stiplede linje i figurene, og viser tydelig at trendlinjen for både TOT-P (figur 3.6) og STS (figur 3.8) påvirkes av disse tre månedene med vedvarende høy vannføring. Denne økningen er derfor sannsynligvis et utslag av at den høye vannføringen var uvanlig langvarig, og ikke starten på en trend. På den annen side ventes det økt nedbør pga. klimaendringer, og dette viser at det vil bli stadig viktigere med miljøtiltak som hindrer jorderosjon. Det er uansett nødvendig å følge med på utviklingen av næringsstoff i elva.



Figur 3.6. Vannføringsnormaliserte TOT-P-tilførsler (grønn linje) i Rakkestadselva (RAK1) 2006-2021. Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), transport av TOT-P i rød linje og vannføring fra Hæra ved Løkkeborg vannføring stasjon skalert til Rakkestadselva nedbørfelt i lys blå. Mørk blå stiplede linje er trenden i vannføringsnormalisert TOT-P når data fra oktober-desember 2020 er fjernet fra serien.



Figur 3.7. Vannføringsnormaliserte TOT-N-tilførsler (grønn linje) i Rakkestadselva (RAK1) 2006-2021. Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), transport av TOT-N i rød linje og vannføring fra Hæra ved Løkkeborg vannføringsstasjon skalert til Rakkestadselvas nedbørfelt i lys blå. Mørk blå stiplet linje er trenden i vannføringsnormalisert TOT-N når data fra oktober-desember 2020 er fjernet fra serien.



Figur 3.8. Vannføringsnormaliserte STS-tilførsler (grønn linje) i Rakkestadselva, 2006-2021. Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), transport av STS i rød linje og vannføring fra Hæra ved Løkkeborg vannføringsstasjon skalert til Rakkestadselvas nedbørfelt i lys blå. Mørk blå stiplet linje er trenden i vannføringsnormalisert STS når data fra oktober-desember 2020 er fjernet fra serien.

3.4 Hæra, vannkvalitetstrender

3.4.1 Konsentrasjoner

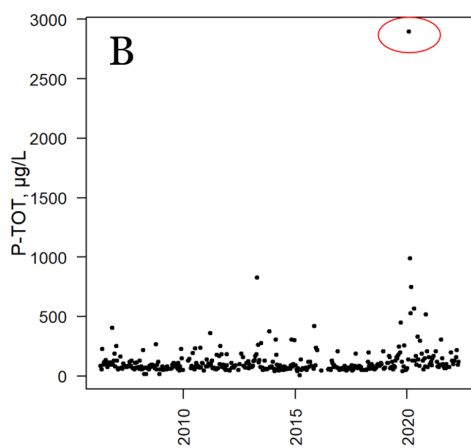
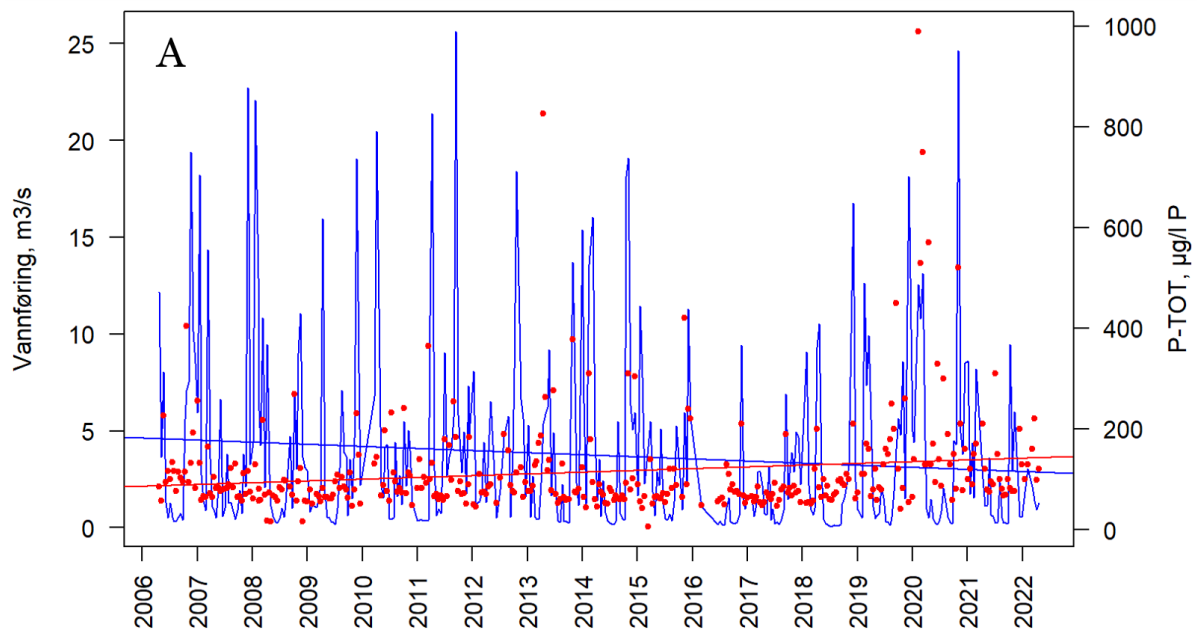
Figur 3.9 – 3.11 viser vannføring i dagene da prøvene ble tatt sammen med konsentrasjon av hhv. TOT-P, TOT-N og STS. I trendanalysen av TOT-P ble en ukarakteristisk, ekstremt høy konsentrasjon (2900 µg/l) i januar 2020 fjernet fra dataserien (Figur 3.9 B).

De høyeste konsentrasjonene av TOT-P kom i 2013 og 2020, sammen med de høyeste konsentrasjonene av STS, mens de høyeste konsentrasjonene av TOT-N kom i 2006 og 2018.

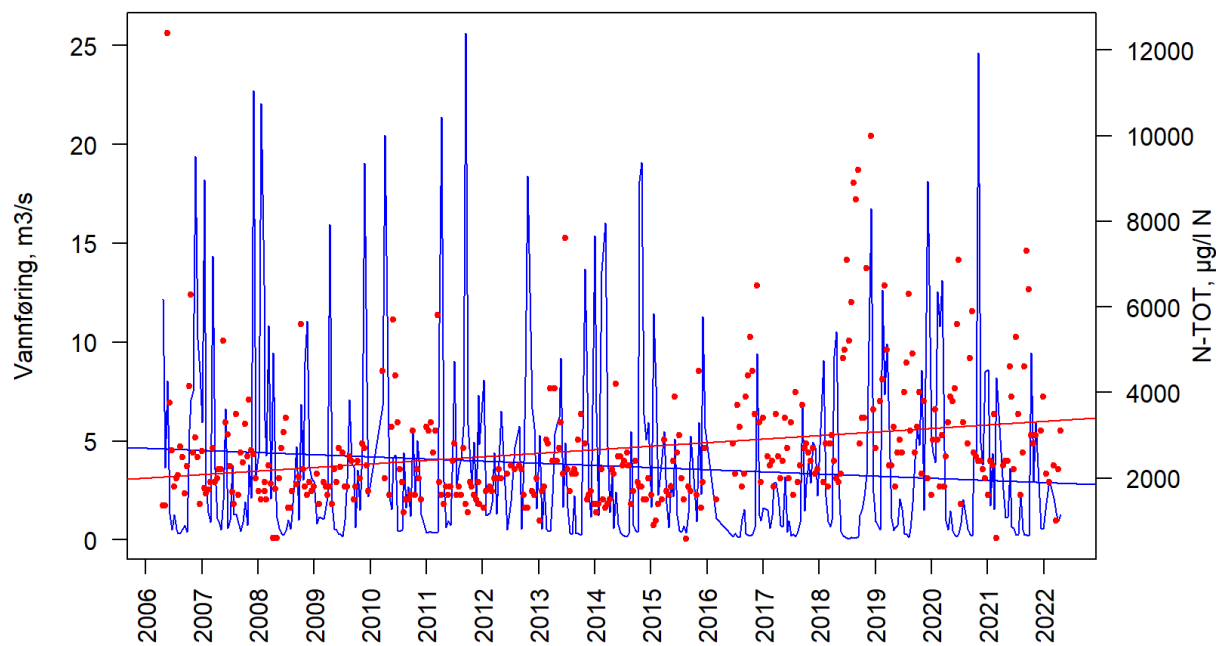
Det ble ikke funnet noen signifikant trend i konsentrasjoner i Hæra, men TOT-N har en tendens til økning (p-verdi 0,059; Tabell 3.2).

Gjennomsnittlig konsentrasjon av TOT-P for de siste tre årene er 171 µg/l som er mer enn dobbelt så høyt som miljømålet (80 µg/l). Gjennomsnittlig konsentrasjon av TOT-N er 3330 µg/l som er mye høyere enn miljømålet på 550 µg/l. Gjennomsnittlig konsentrasjon av STS for samme treårs-periode er 37 mg/l.

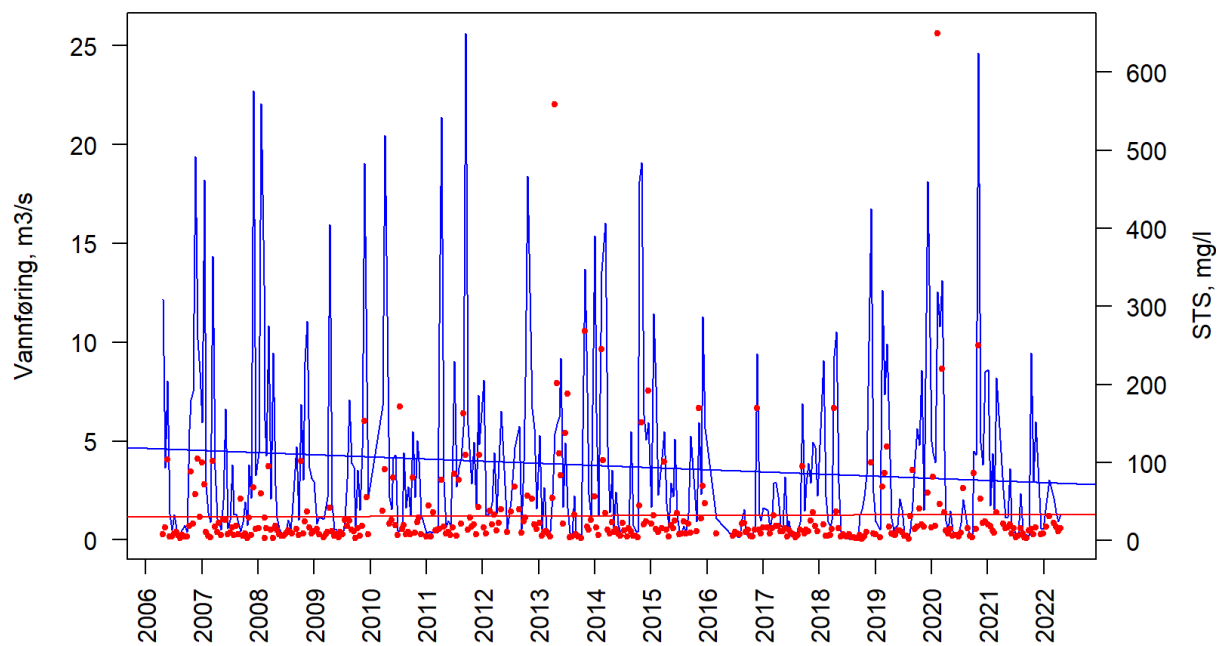
Når det gjelder tendens til økning av TOT-N konsentrasjon i Hæra, viser en nærmere analyse av datamaterialet at økningen særlig kom sommeren 2018, noe som kan skyldes oppkonsentrering denne tørre sommeren. Dette kan tyde på forurensing fra avløp, siden det må antas at det kom lite eller ingenting fra åkerdrift i denne perioden. Trenden gikk noe tilbake etter 2019, men har i ettertid holdt seg noe høyere enn i tiden før 2018.



Figur 3.9. A) Vannføring (tilpasset prøvetaksstasjonen HER1) på prøvetakingsdagene (blå kurve) og konsentrasjon av total fosfor (røde prikker) i Hæra (HER1). Lineær trend lagt inn med blå (vannføring prøvetakingsdager) og rød (konsentrasjon) linje. B) Ekstremt høy verdi av TOT-P i januar 2020. Denne ble fjernet fra serien før trendanalysene ble gjennomført. Den vises ikke i A), dette for bedre fremstilling av de øvrige konsentrasjonene.



Figur 3.10. Vannføring på prøvetakingsdagene (blå kurve) og konsentrasjon av TOT-N (røde prikker) i Hæra (HER1). Lineær trend lagt inn med blå (vannføring prøvetakingsdager) og rød (konsentrasjon) linje.



Figur 3.11. Vannføring på prøvetakingsdagene (blå kurve) og konsentrasjon av STS (røde prikker) i Hæra (HER1). Lineær trend lagt inn med blå (vannføring prøvetakingsdager) og rød (konsentrasjon) linje.

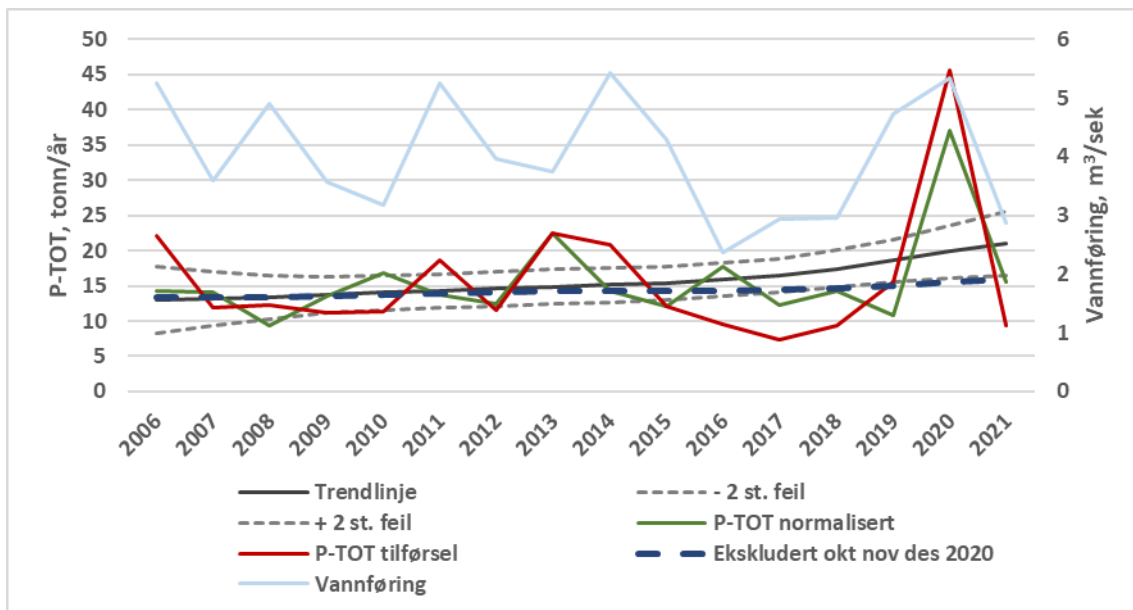
Som for Rakkestadelva var det ingen trend i konsentrasjoner av TOC siden 2006 (p-verdi 0,98 for gjennomsnittlige verdier og 0,51 om alle data legges til grunn; Figur A2 i Appendix I).

3.4.2 Tilførsler fra Hæra

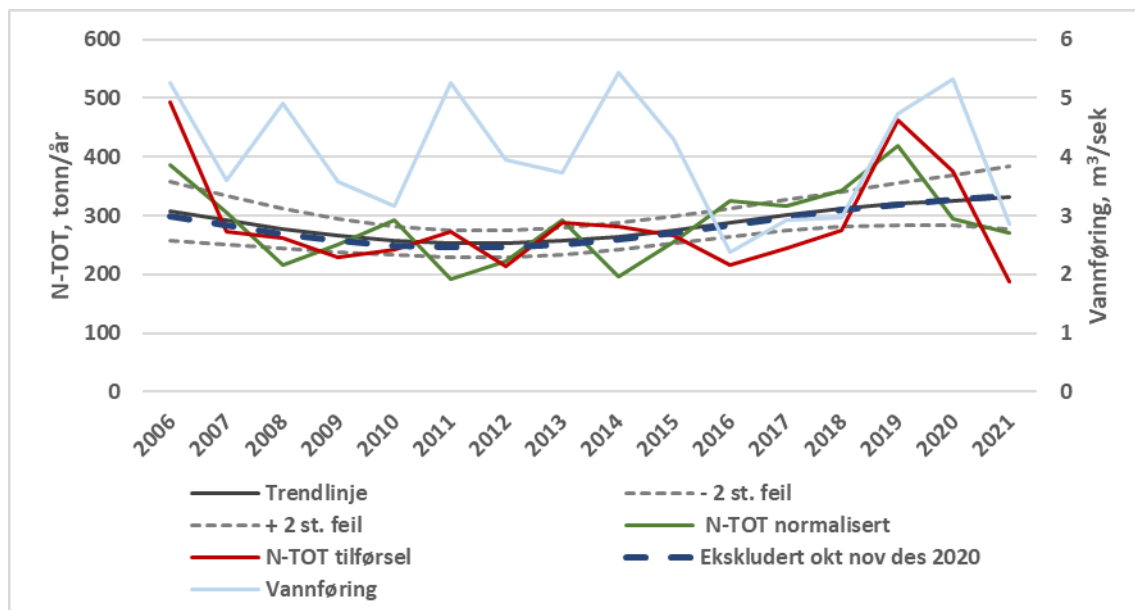
I gjennomsnitt for perioden 2006–2021 ligger de årlige tilførslene av TOT-P på 15,7 tonn, TOT-N på 286 tonn, og STS på 6464 tonn. Arealspesifikke tilførsler i HER 1 som snitt for denne perioden blir da: TOT-P: 67 kg/km²; TOT-N: 1,22 tonn/km²; og STS: 28 tonn/km² (nedbørfeltet til HER1 er 235 km²).

Det ble ikke funnet noen trender i tilførslene i Hæra. Årlige variasjoner i tilførsler av TOT-P, TOT-N og STS er vist i figurer 3.12–3.14. Selv om de vannførings-normaliserte tilførslene ikke er signifikant endret siden 2006, kan det se ut til at trendlinjen for særlig TOT-P og STS øker mot slutten av perioden. Som for Rakkestadelva ser denne økningen ut til å påvirkes av vedvarende høy vannføring i de tre siste månedene av 2020. Konsentrasjonene var også høye, med et maksimum på 520 µg/l. Imidlertid var gjennomsnittet for de tre månedene på 174 µg/l, mens gjennomsnittet for hele 2020 var på 255 µg/l; med andre ord var de høye tilførslene først og fremst et resultat av vedvarende høy vannføring.

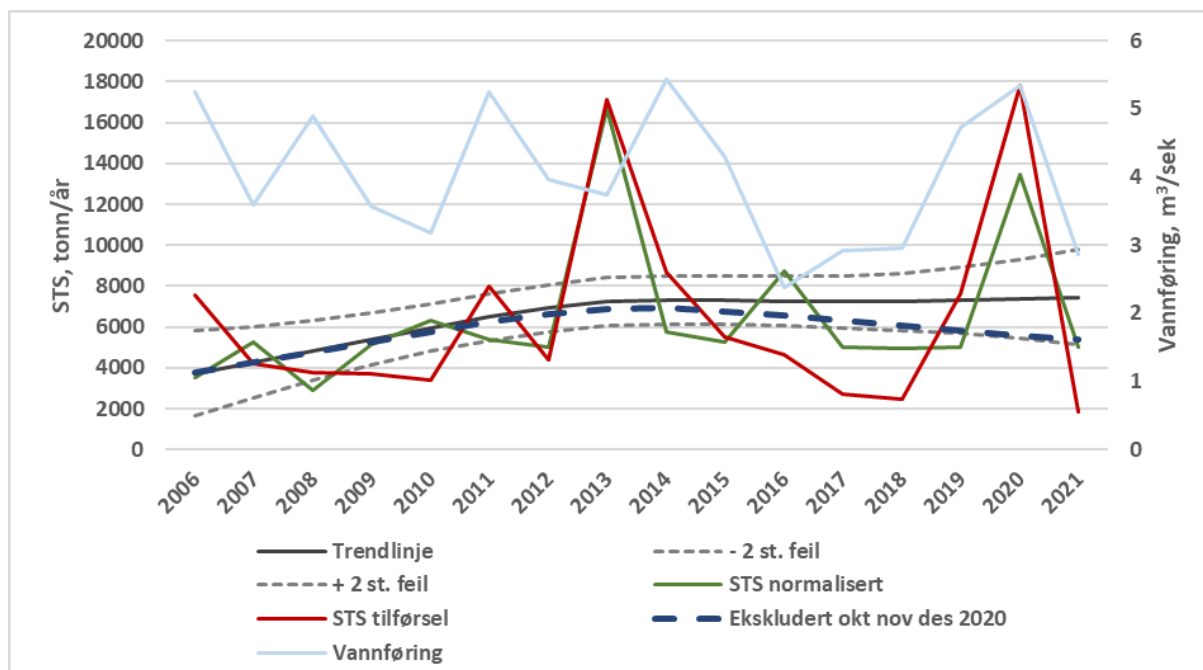
For å finne ut hvor mye data fra disse tre månedene påvirket trenden, ble det laget en trendanalyse av samme serie, men uten oktober, november og desember 2020. Denne trendlinjen vises som mørk blå stiplede linje i figurene, og viser tydelig at trendlinjen for både TOT-P (figur 3.12) og STS (figur 3.14) påvirkes av de tre månedene med høy vannføring. Som påpekt i avsnitt 3.3.2 har vannføringen i Hæra vært like høy i enkeltepisoder i tidligere år (figur 3.1), men ikke over tre måneder på rad. Denne økningen av trendkurven er derfor sannsynligvis et utslag av at den høye vannføringen var uvanlig langvarig, og trenger derfor ikke være starten på en reell trend. På den annen side ventes økt nedbør pga. klimaendringer, og dette viser at det vil bli stadig viktigere med miljøltiltak som hindrer jorderosjon. Det er uansett nødvendig å følge med på utviklingen av næringsstoff i elva.



Figur 3.12. Vannføringsnormaliserte TOT-P-tilførsler (grønn linje) i Hæra, 2006–2021. Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), transport av P-TOT i rød linje og vannføring fra Hæra ved Løkkeborg stasjon i blå. Mørk blå stiplede linje er trenden i vannføringsnormalisert TOT-P når data fra oktober–desember 2020 er fjernet fra serien.



Figur 3.13. Vannføringsnormaliserte N-tilførsler (grønn linje) i Hæra, 2006-2021. Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), transport av N-TOT i rød linje og vannføring fra Hæra ved Løkkeborg vannføring stasjon i blå. Mørk blå stiplet linje er trenden i vannføringsnormalisert TOT-N når data fra oktober-desember 2020 er fjernet fra serien.



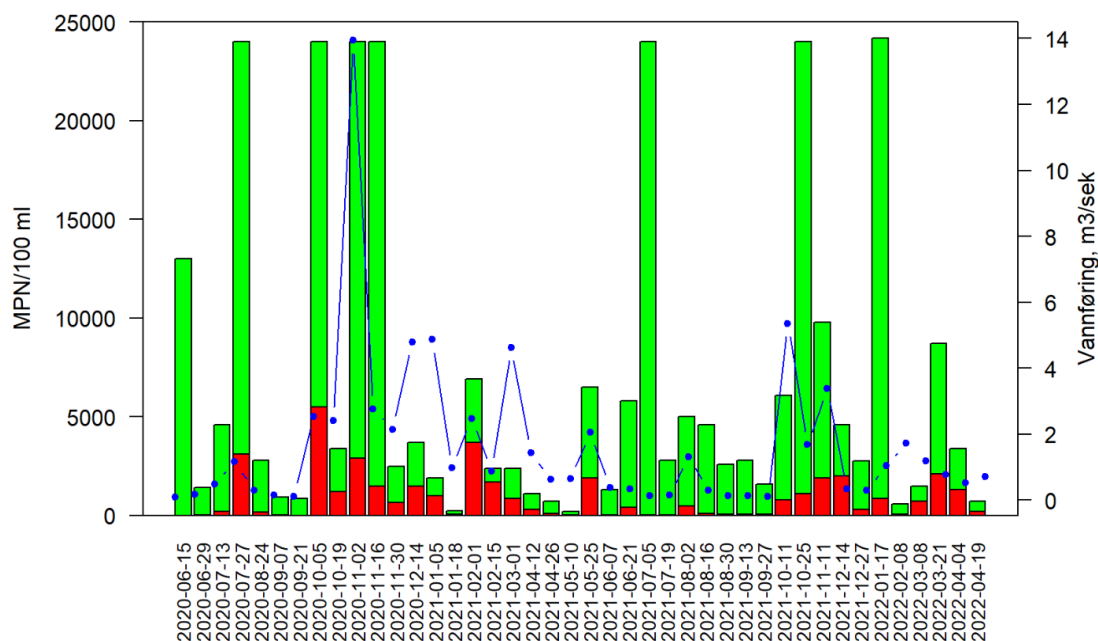
Figur 3.14. Vannføringsnormaliserte STS-tilførsler (grønn linje) i Hæra, 2006-2021. Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), transport av STS i rød linje og vannføring fra Hæra ved Løkkeborg vannføring stasjon i blå. Mørk blå stiplet linje er trenden i vannføringsnormalisert STS når data fra oktober-desember 2020 er fjernet fra serien.

3.5 Koliforme bakterier og E. coli i Rakkestadelva og Hæra

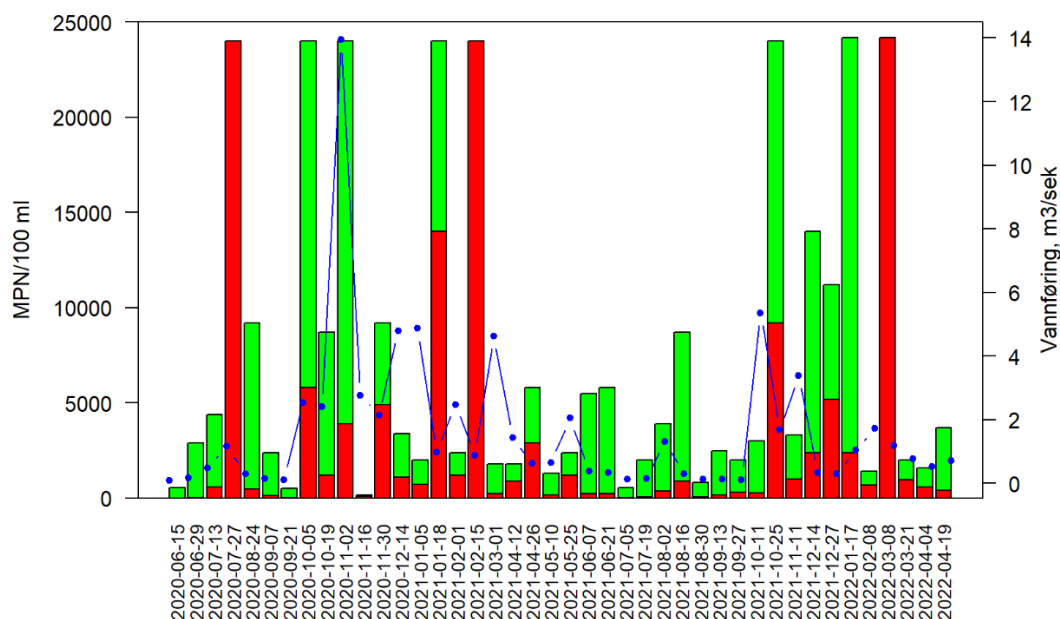
Det er analysert for E. coli og koliforme bakterier i begge elver siden juni 2020. Mens E. coli alltid er fra tarminnhold, kan koliforme bakterier også forekomme i råtnende plantemateriale, dvs. naturlige jordbakterier.

I henholdsvis syv og åtte tilfeller er konsentrasjonene av koliforme bakterier i Rakkestadelva og Hæra mer enn 24 000 per 100 ml. I Hæra er dessuten innholdet av E. coli på dette nivået i tre tilfeller. De høyeste konsentrasjonene av E. coli i Rakkestadelva er på ca. 5000 per 100 ml, som ikke er like ekstremt, men likevel høyt.

Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom tarmbakterier og vannføring eller TOT-P-konsentrasjon (Appendix I, figurer A3-A6).



Figur 3.15. Konsentrasjon av koliforme bakterier (grønn) i Rakkestadelva i 2020-06 – 2022-04-04, og av dem Escherichia coli (E. coli) (rød). Vannføring på prøvetakingsdag vist i blå linje.



Figur 3.16. Konsentrasjon av koliforme bakterier (grønn) i Hæra i 2020-06 – 2022-04-04, og av dem *Escherichia coli* (*E. coli*) (rød). Vannføring på prøvetakingsdag vist i blå linje.

En undersøkelse av DNA fra en prøve i Hæra i mai 2020 ble utført for å vurdere om bakteriene stammet fra mennesker, drøvtyggere eller andre dyrearter (*Paruch, 2020*). Det ble ikke påvist fekal forurensing fra mennesker. Det ble funnet spor av genetiske markører for andre dyrearter (samlegruppe for øvrige varmblodige dyr som f.eks. hund, katt, fugler, ville dyr) og drøvtyggere (samlegruppe for f.eks. ku, sau og geit eller hjortedyr; men her kun et lite bidrag på 1 %). I denne ene vannprøven var det relativt lave konsentrasjoner av koliforme bakterier (>2005 MPN/100 ml) og *E. coli* (344 MPN/100 ml). Det er derfor fremdeles mulig at tarmbakterier andre dager, ved de høye konsentrasjonene, stammer fra mennesker. Dataene tyder på at det kan være behov for å undersøke forurensing fra avløp, enten kommunale/private rensesanlegg som ikke fungerer eller brudd i ledningsnett. Dette gjelder særlig for Hæra, der *E. coli*-innholdet tidvis er svært høyt. Kampanjemålinger langs med elva kan anbefales hvis kildene til bakteriene ikke er kjent. Slike kan da tas på ulike steder langs etter elva ved ulike tidspunkt, f.eks. ved høy og lav vannføring. I tillegg til *E. coli* kan annen vannkjemi tas, f.eks. ortofosfat og ammonium. Det lønner seg å vurdere analysedata underveis, etter hver kampanjemåling, og eventuelt justere prøvetakingsprogrammet ved behov.

4 Vannkvalitetstrender i innsjøer

Nåleflagellaten *Gonyostomum semen* (*G.semen*) finnes i enkelte innsjøer i vannområdet. *G. semen* inneholder flere kloroplaster med klorofyll a og kan danne oppblomstringer med svært høy biomasse. Av den grunn kan en innsjø med denne algen ha svært høye KLFA verdier. *G. semen* kan migrere i vannsøylen og ta opp næringsstoffer fra dypere, mer næringsrikt vann. Dette kan medføre utfordringer ved bruk av Vanddirektivets klassifiseringssystem (f.eks. *Hagman m.fl.* (2015)), fordi det kan være uvanlig høye KLFA verdier som klassifiseres som dårlig tilstand, samtidig som det kan være lave TOT-P-konsentrasjoner (klassifiseres som god tilstand).

4.1 Oversikt over trender i innsjøer

Generelt var det få signifikante trender i de seks innsjøene:

- I Isesjø fant vi kun én signifikant trend, dette for KLFA som gikk signifikant ned i perioden 2000 – 2021.
- NO₃-N i Tunevannet økte i perioden 2005 – 2021, men datagrunnlaget var dårlig, med sparsomme målinger og lange perioder uten data. Det anbefales derfor at utviklingen i NO₃-N overvåkes fremover.
- Det ble funnet en signifikant økning i konsentrasjonen av TOT-P i Lyseren for perioden 1983 -2021, og en tendens til økning av TOT-N.
- I Lundebyvannet var det en signifikant nedgang i både KLFA og TOT-P for perioden 2000 – 2021.
- I Ertevannet var det ingen signifikante trender, men det var en tendens til reduksjon i TOT-P, TOT-N og NO₃-N for perioden 2013 – 2021. Overvåkningsperioden i denne innsjøen var relativt kort, noe som gjør trendanalysene usikre. Utviklingen bør følges videre.
- I Skinnerflo var det noe tendens til økning i KLFA for perioden 2011 – 2021 og noe tendens til nedgang i fargetall i samme periode. Vannet i innsjøen påvirkes i perioder av tilførsler av vann fra Glomma.

4.2 Trender i Isesjø

Oversikt over trender i Isesjø, vist som p-verdier, er gitt i tabell 4.1.

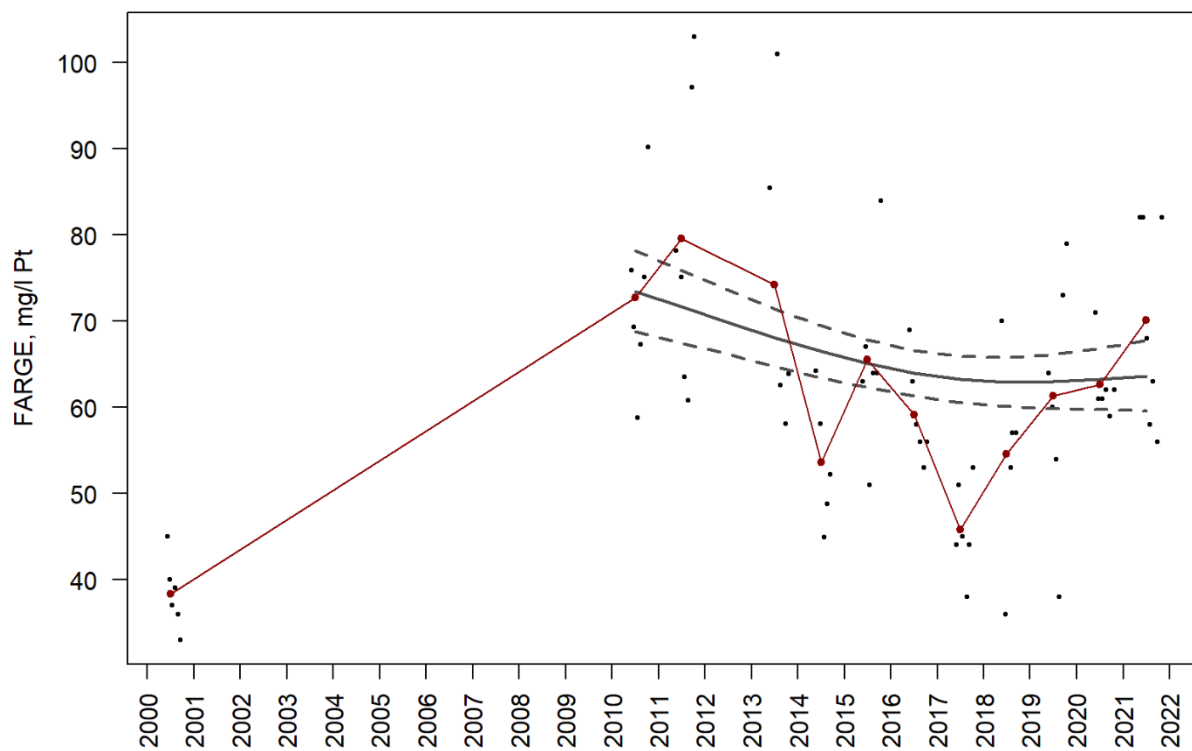
Tabell 4.1. Trender i Isesjø vist som p-verdier, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene brukt i trendanalysen, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene 2019-2021 og miljømål.

Parameter	Trendanalyse				Konsentrasjon		
	Fra år	Til år	Antall år	p verdi	Snitt	Snitt 2019-2021	Miljømål
FARGE, mg/l Pt	2010	2021	11	0,39	63,6	64,7	
KLFA, µg/l	2000	2021	20	0,003	16,4	11,2	9
P-TOT, µg/l	2000	2021	20	0,6	21,5	22,5	16
N-TOT, µg/l	2000	2021	20	0,28	649	754	475
NO ₃ -N, µg/l	2013	2021	8	0,62	347	242	
	2005	2021 (uten 2018)	12	0,78	231		
STS, µg/l	2000	2021	20	0,36	4,8	5,8	

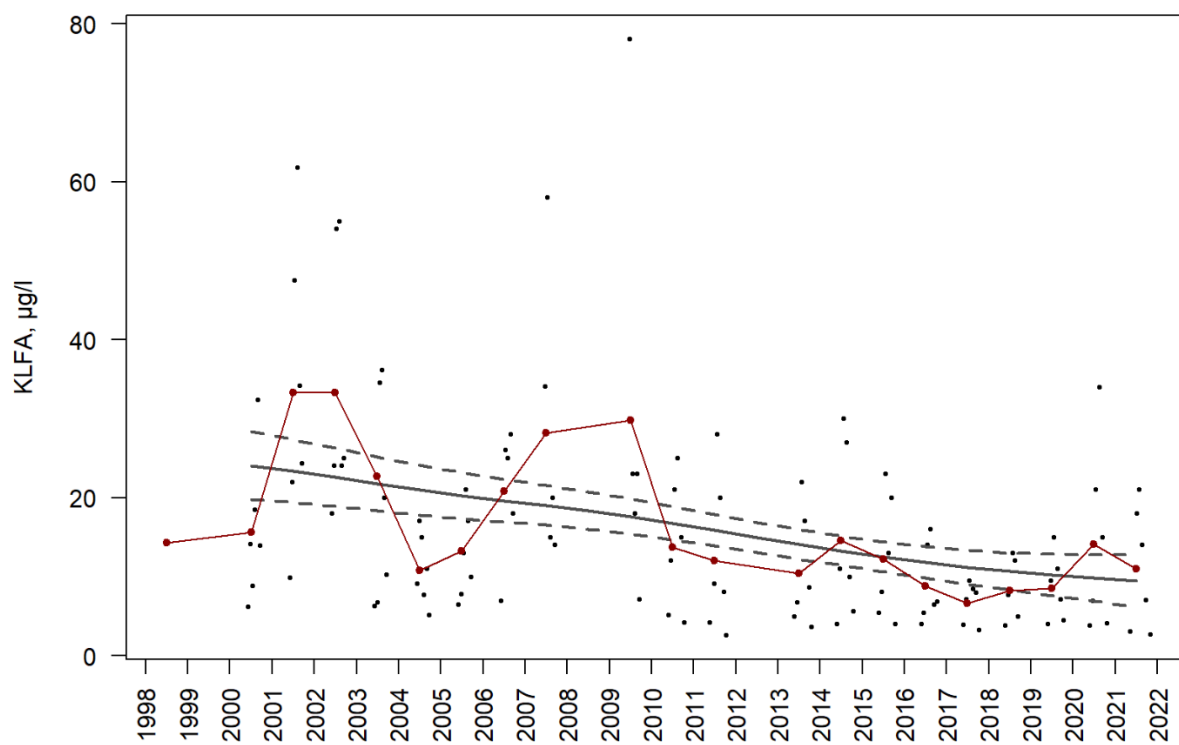
I Isesjø ble det funnet én signifikant nedadgående trend for KLFA (2000-2021). Trendene kan ellers oppsummeres som følger:

- Farge: Det finnes noen få analyser av fargetall fra 2000-2001, som ligger tydelig lavere enn for den neste perioden med data (2010-2022). Siden det ikke finnes data mellom disse to periodene, er det kun utført trendanalyse av den siste tidsperioden (figur 4.1); her ble det ikke funnet noen signifikant trend.
- KLFA: Som nevnt ble det funnet en signifikant nedadgående trend for KLFA for perioden 2000-2021 (figur 4.2). Trenden kan illustreres med at det var tydelig høyere årsgjennomsnitt i perioden før 2010 (gjennomsnitt for 11 år: 21 µg/l) enn etter 2010 (gjennomsnitt for 10 år: 10,7 µg/l). Miljømålet for denne innsjøtypen er 9 µg/l, og i 2021 var gjennomsnittskonsentrasjonen på 11 µg/l. Det kan derfor se ut til at innsjøen nærmer seg dette målet. Imidlertid må det, som beskrevet innledningsvis i dette kapittelet, tas høyde for oppblomstringer av *G. semen* i innsjøen, som gjør vurderingen av miljøtilstand basert på KLFA-konsentrasjoner usikker. Innsjøen hadde forekomst av *G. semen* i juli 2021, men da med en mindre oppblomstring (Arnesen, 2022). Overvåkingsdata for 2022 er ikke vurdert.
- Næringsstoff og partikler: Det ble ikke funnet noen signifikant endring i disse parameterne. TOT-P (figur 4.3) og STS (figur 4.6) har hatt en relativ stabil utvikling, med et gjennomsnitt for TOT-P på 22 µg/l de siste ti årene, mens miljømålet er på 16 µg/l. Både TOT-N (figur 4.4) og NO₃-N (figur 4.5) hadde en betydelig økning i 2019, årsaken er ikke kjent, men i etterkant av tørkesommeren i 2018 kan det ha blitt høye tilførsler av nitrogen til innsjøer, siden næringsstoffene i mindre grad enn vanlig ble tatt opp av planter. Gjennomsnittlig TOT-N-konsentrasjon de siste 10 år er 665 µg/l, og i 2021 lå konsentrasjonen på 700, mens miljømålet er på 475 µg/l. Det er derfor fortsatt behov for å redusere næringsstoffkonsentrasjonene i innsjøen.

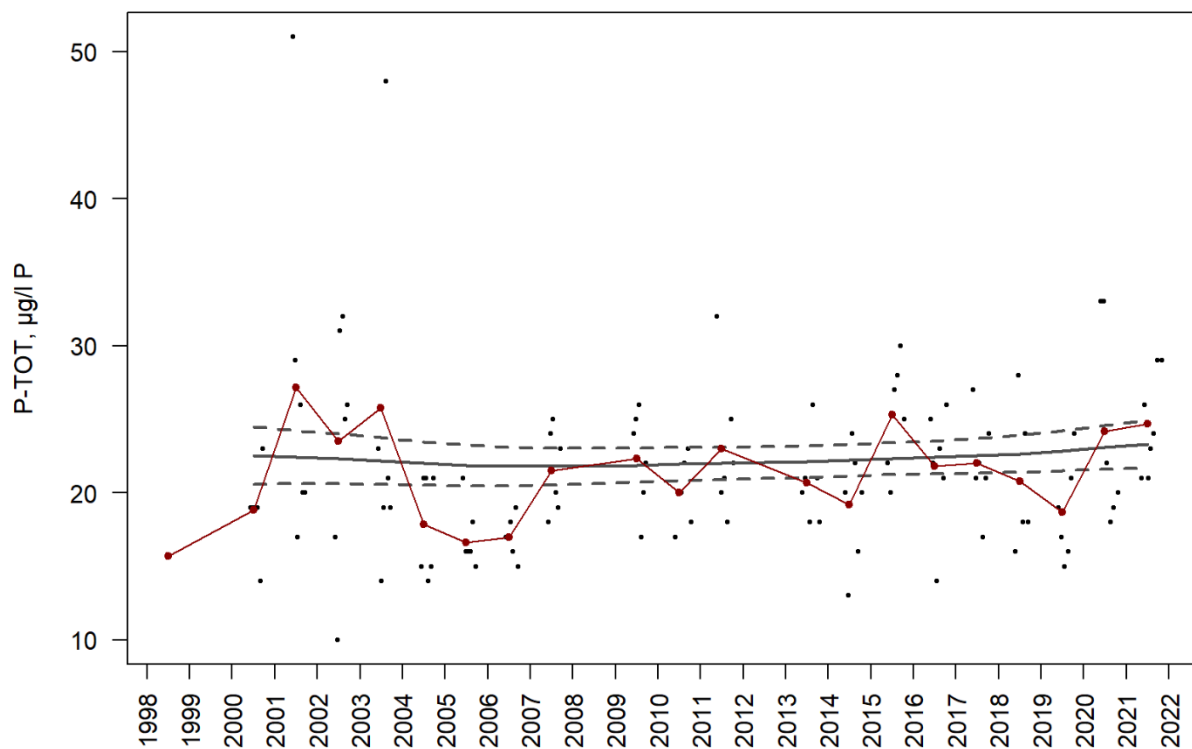
Nedgangen i KLFA ser ikke ut til å ha noen direkte sammenheng med utvikling i konsentrasjonen av næringsstoffer, da verken TOT-P eller TOT-N minket i samme periode.



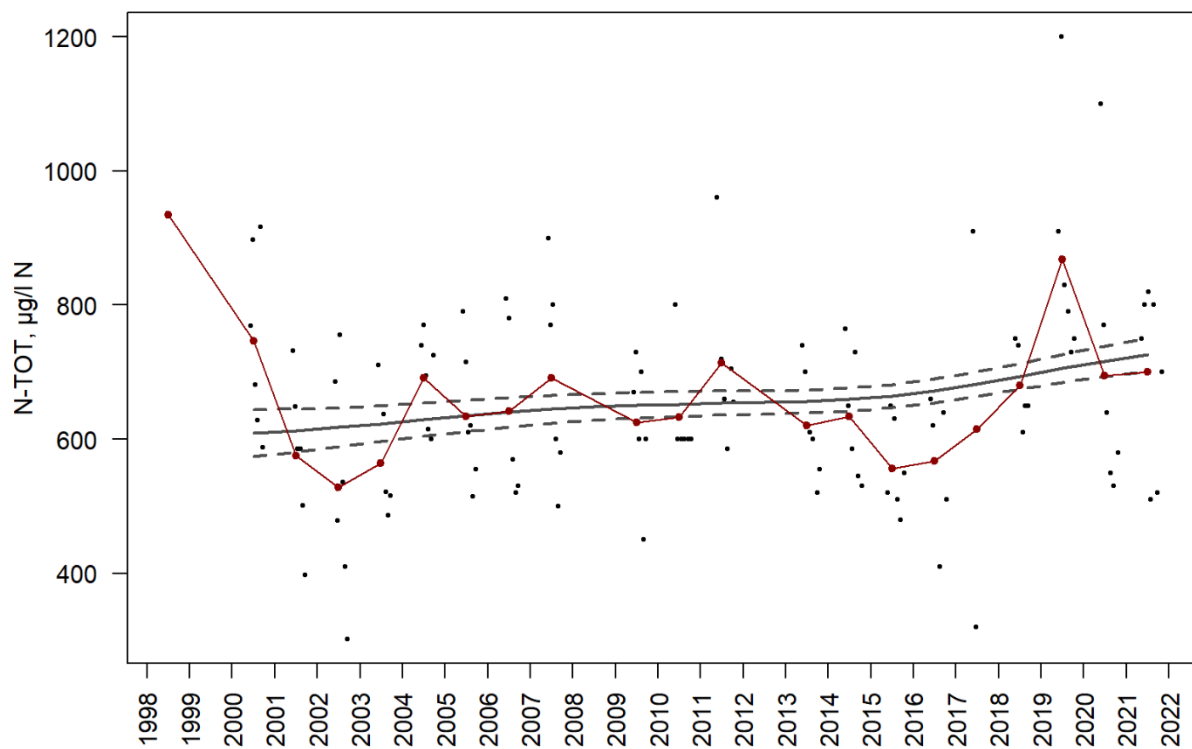
Figur 4.1. Trendanalyse av farge (mg/l Pt) i Ilesjø (2010-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata vist som svarte prikker.



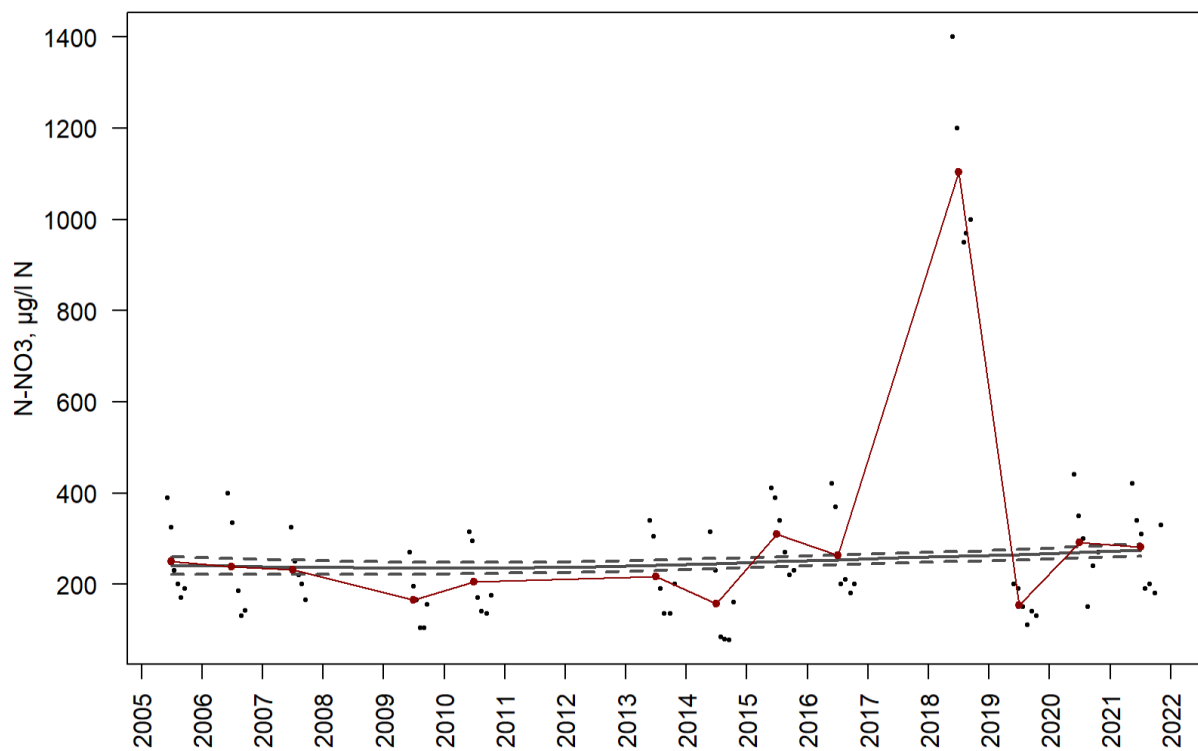
Figur 4.2. Trendanalyse av klorofyll a (µg/l) i Ilesjø (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata vist som svarte prikker.



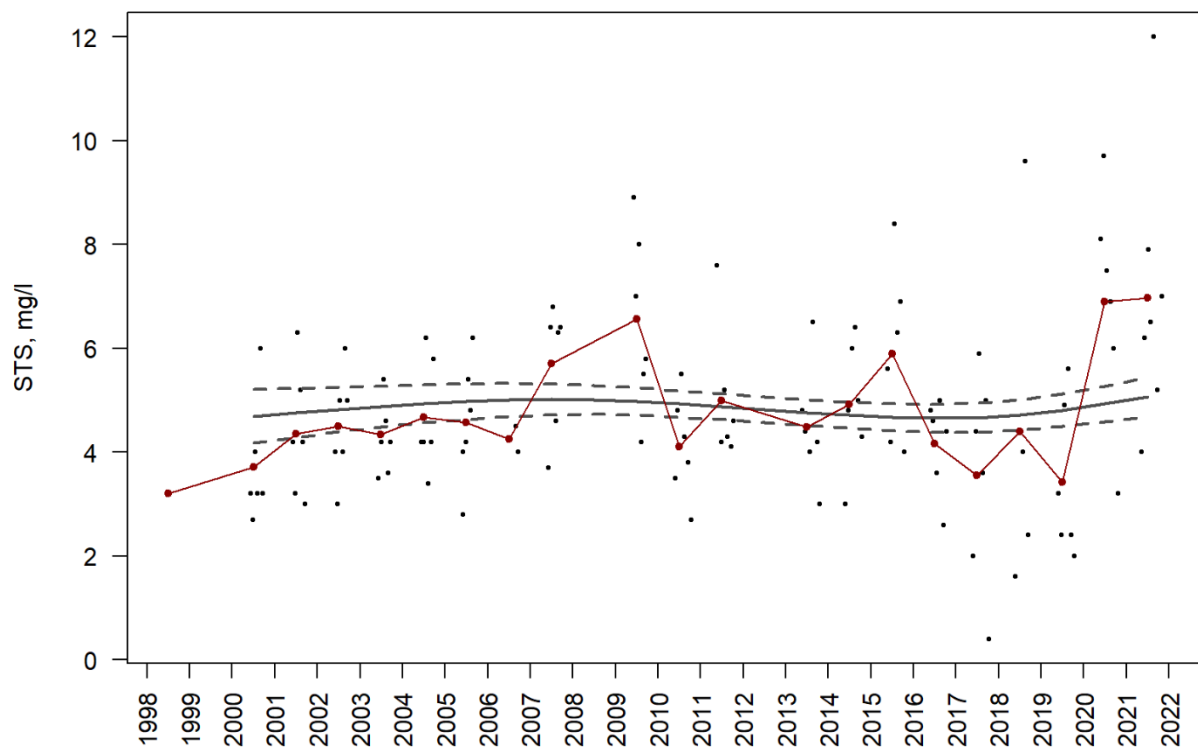
Figur 4.3. Trendanalyse av total fosfor ($\mu\text{g/l}$) i Ilesjø (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.4. Trendanalyse av TOT-N ($\mu\text{g/l}$) i Ilesjø (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.5. Trendanalyse av $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$) i Ilesjø (2005-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.6. Trendanalyse av STS (mg/l) i Ilesjø (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i brun linje og rådata (svarte prikker).

4.3 Trender i Tunevannet

Oversikt over trender i Tunevannet, vist som p-verdier, er gitt i tabell 4.2.

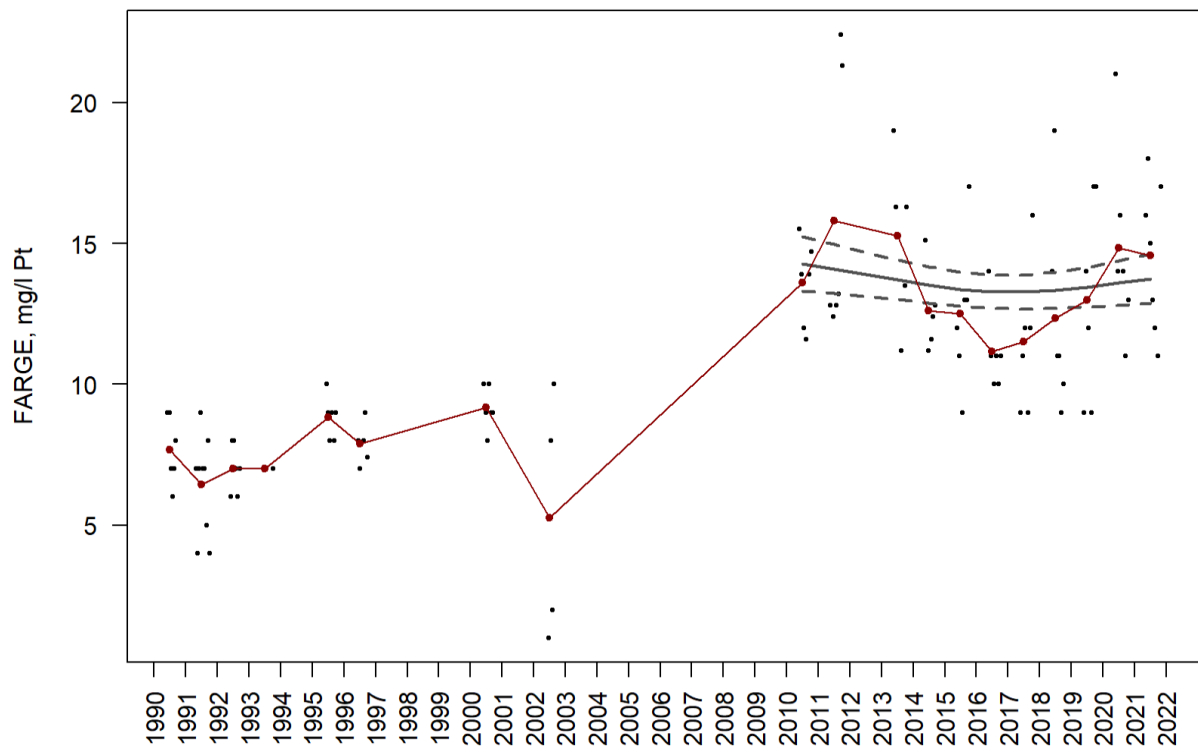
Tabell 4.2. Trender i Tunevannet vist som p-verdier, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene brukt i trendanalysen, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene 2019-2021 og miljømål.

Parameter	Trendanalyse				Konsentrasjon		
	Fra år	Til år	Antall år	p verdi	Snitt	Snitt 2019-2021	Miljømål
FARGE, mg/l Pt	2010	2021	11	0,59	13,4	14,1	
KLFA, µg/l	1990	2021	26	0,66	16,6	13,2	9
P-TOT, µg/l	2000	2021	19	0,38	31,2	27,0	17
N-TOT, µg/l	2000	2021	19	0,6	546	530	675
STS, µg/l	2000	2021	19	0,81	5,8	5,9	

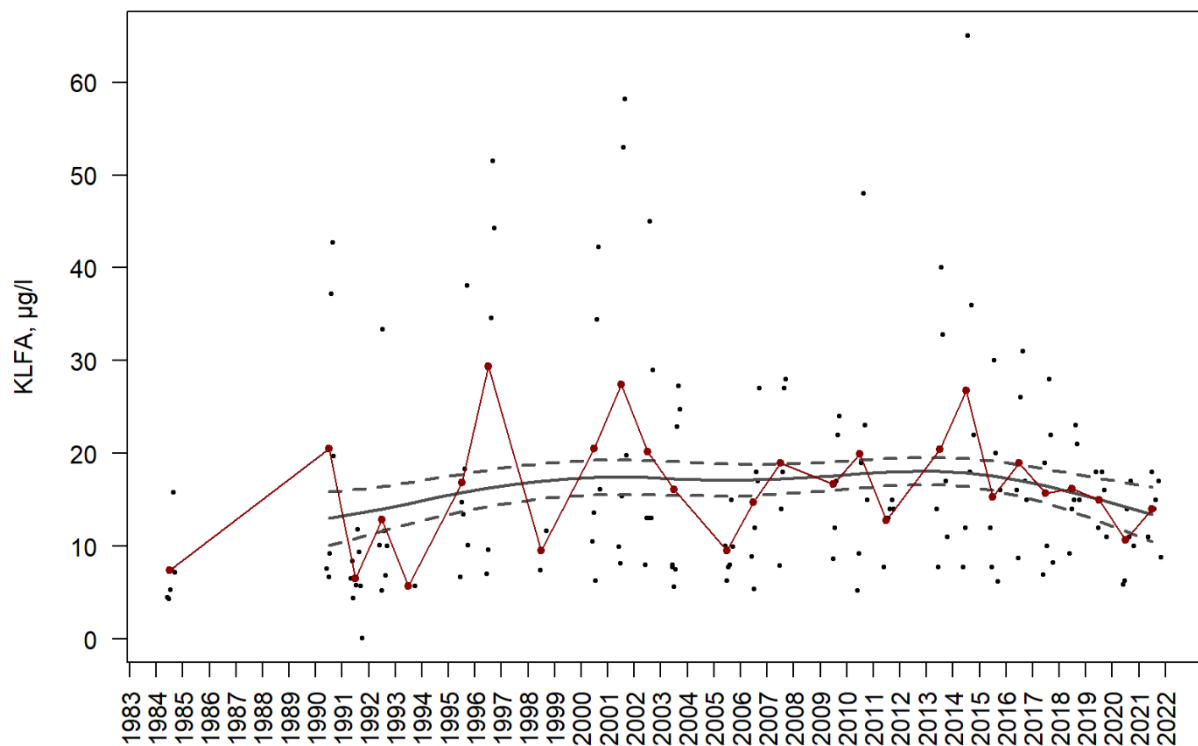
Ingen signifikante trender i vannkjemi ble funnet i Tunevannet.

- Farge: Grafen for fargetall (figur 4.7) kan tyde på at det i innsjøen, som så mange andre innsjøer i Sørøst-Norge, har skjedd en økning i fargetallet siden 1990-tallet. Trendanalyse ble kun utført på data fra 2010, og viste da ingen signifikant trend.
- Klorofyllnivået (figur 4.8) har variert mellom år, men det er ingen klar trend. Fra figuren kan det se ut til at det er en svak nedgang i KLFA siden midten av 2010-tallet, men det må flere år til i dataserien før det kan vurderes om dette er tilfeldigheter eller starten på en nedadgående trend.
- TOT-P (figur 4.9) er analysert på midten av 80-tallet, deretter i noen år på 90-tallet, men trendanalysene er utført fra 2000 til 2021, og viser ingen signifikant trend. På 90-tallet var det stor variasjon i TOT-P-konsentrasjonene, mens de høyeste konsentrasjonene ble målt etter år 2000. Årsgjennomsnittet for årene 2000-2021 var 31 (µg/l) som ligger over miljømålet (17 µg/l). Årsgjennomsnitt for 2021 var uvanlig lav (20 µg/l).
- TOT-N (figur 4.10) hadde en ekstrem verdi på midten av 90-tallet, mens trendkurven etter 2000 ikke viser noen signifikant trend. NO₃-N (figur 4.11) er analysert relativt sporadisk og det er derfor ikke utført trendanalyser. Imidlertid er det noen høye verdier de senere årene som kan være verdt å følge med på.
- STS (figur 4.12) viser ingen trend.

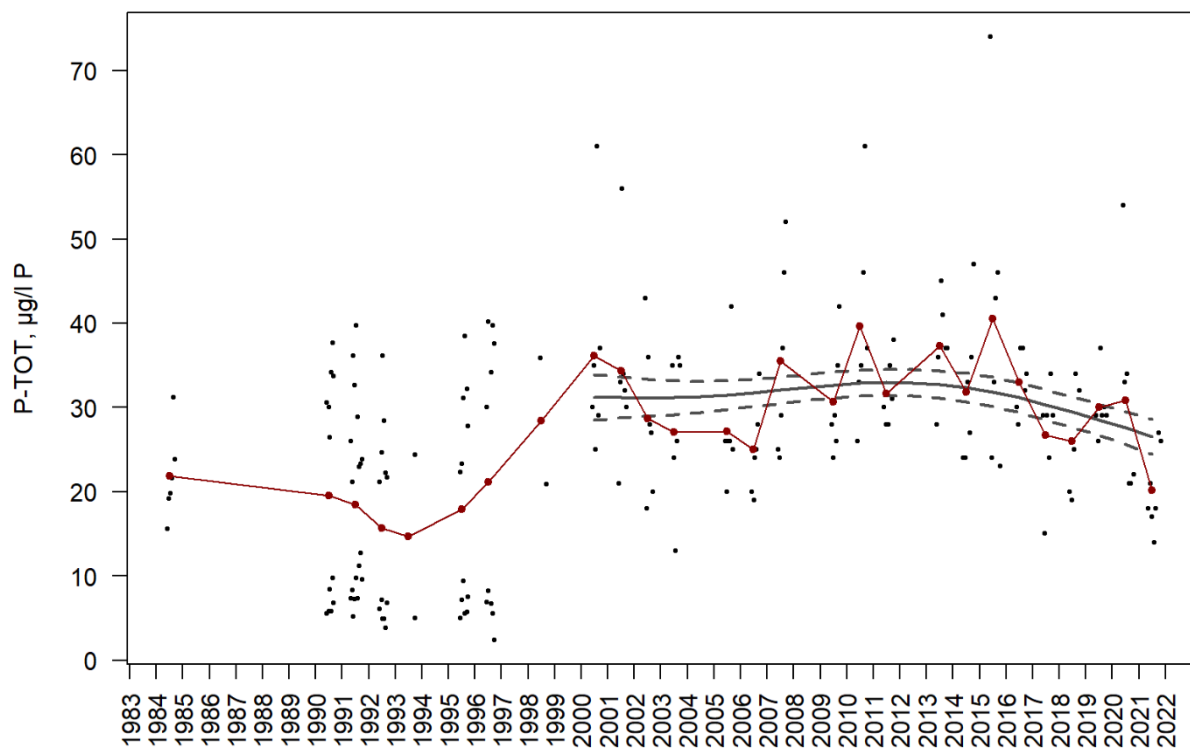
Trendkurven for næringsstoff kan, utfra grafene, se ut til å gå noe ned de siste årene. Dette kan være knyttet til tørkesommeren 2018, da det var lave tilførsler til mange innsjøer. Flere år med data må til for å vurdere om dette kan være starten på en trend.



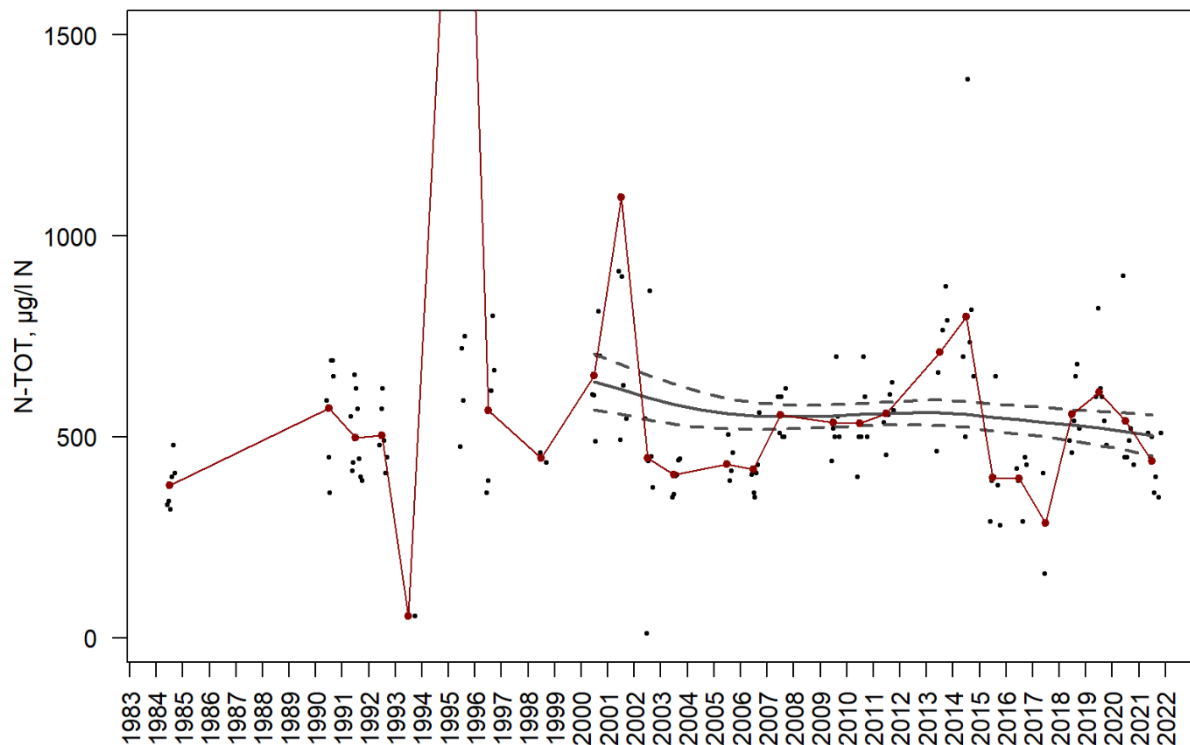
Figur 4.7. Trendanalyse av farge (mg/l Pt) i Tunevannet (2010-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



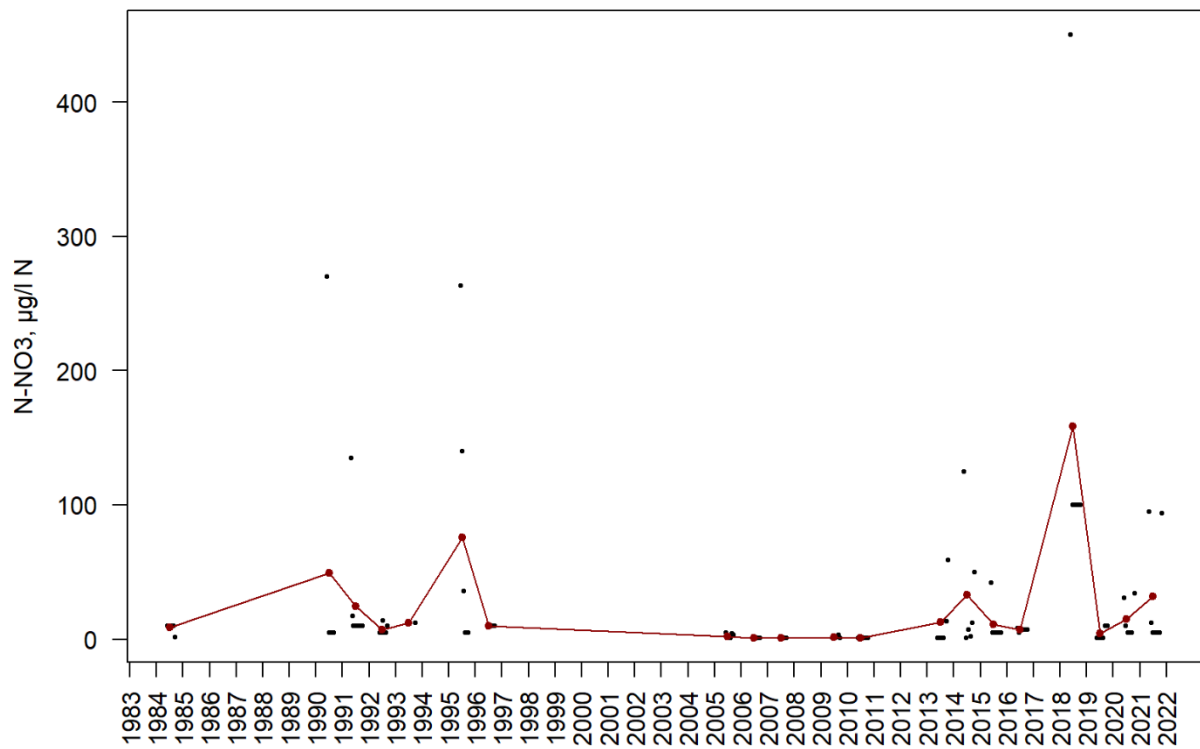
Figur 4.8. Trendanalyse av KLFA (µg/l) i Tunevannet (1990-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.9. Trendanalyse av total fosfor ($\mu\text{g/l}$) i Tunevannet (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.10. Trendanalyse av TOT-N ($\mu\text{g/l}$) i Tunevannet (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker). Ekstrem verdi i 1995 ikke vist.



Figur 4.11. NO₃-N konsentrasjoner (µg/l) i Tunevannet (2005-2021). Trendlinjen er ikke vist på grunn av dårlig datagrunnlag, årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.12. Trendanalyse av STS (mg/l) i Tunevannet (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).

4.4 Trender i Lyseren

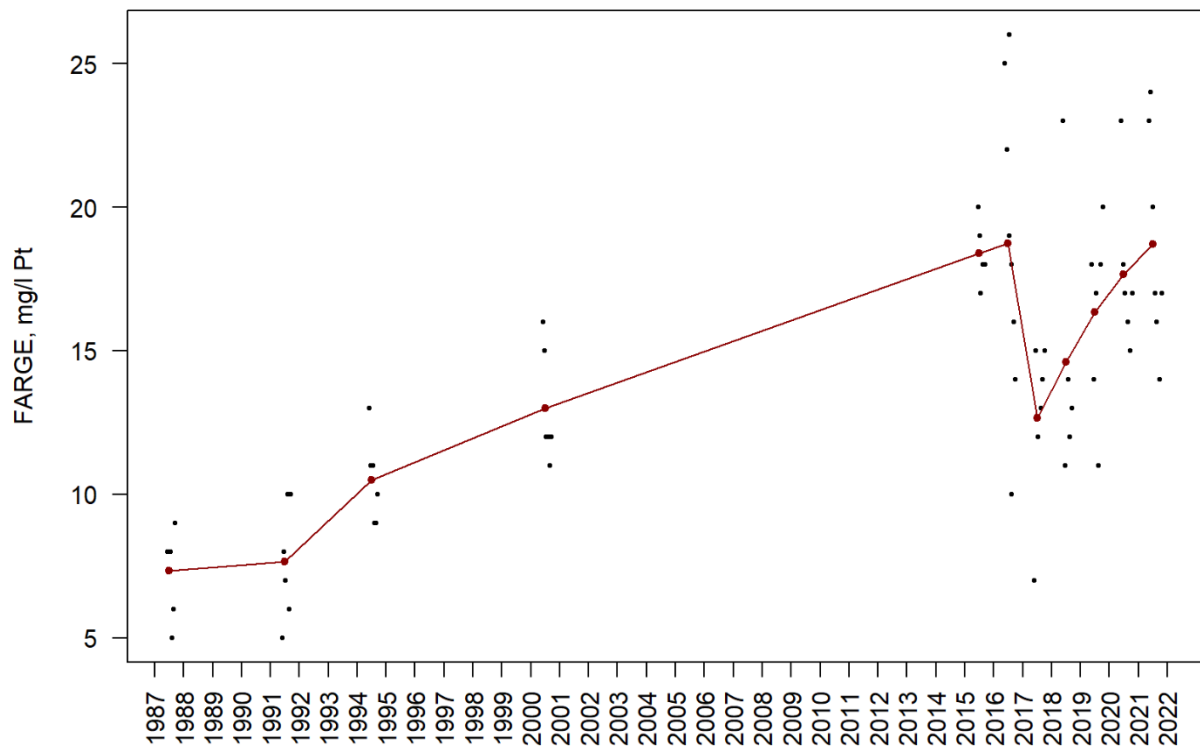
Oversikt over trender i Lyseren, vist som p-verdier, er gitt i tabell 4.3. Det er analysert fra to år, hhv. 1983 og 2013. Dataserien fra 2013 er mer konsistent, men relativt kort, og det er utfordrende å trekke klare konklusjoner.

Tabell 4.3. Trender i Lyseren vist som p-verdier, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene brukt i trendanalysen, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene 2019-2021 og miljømål.

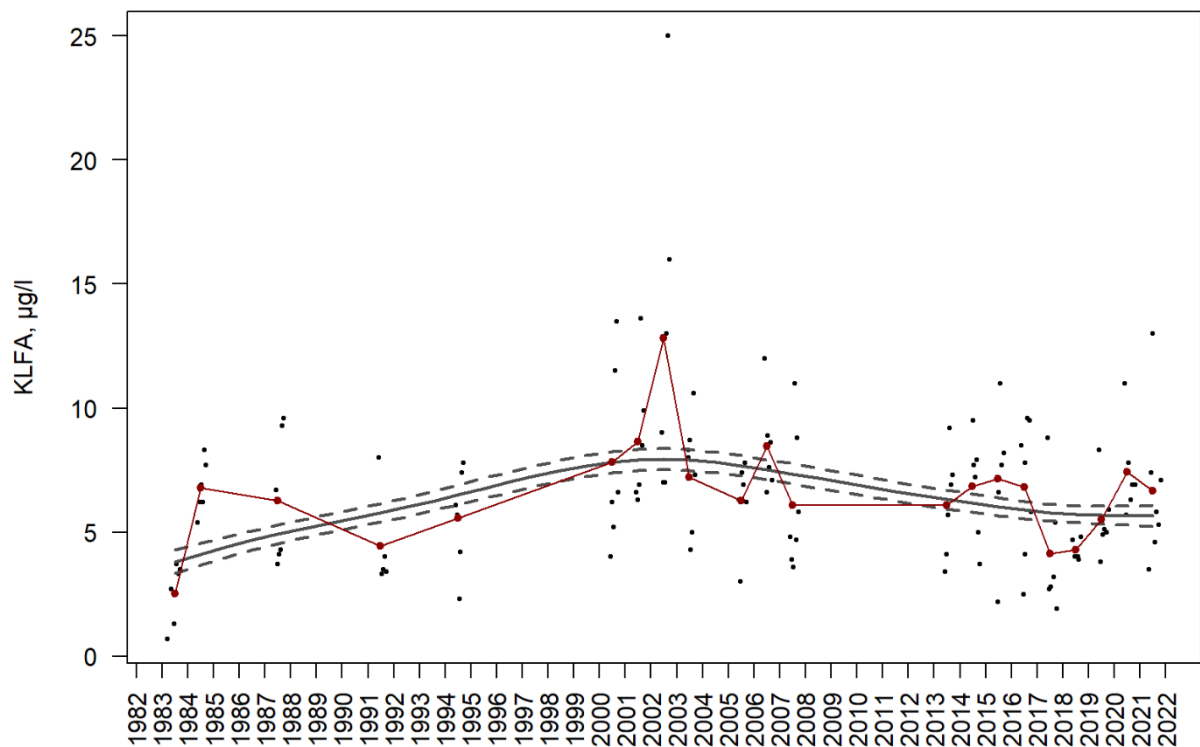
Parameter	Trendanalyse				Konsentrasjon		
	Fra år	Til år	Antall år	p verdi	Snitt	Snitt 2019-2021	Miljømål
FARGE, mg/l Pt	2015	2021	7	0,65	16,7	17,6	
KLFA, µg/l	2013	2021	9	1	6,1	6,5	7
	1983	2021	21	0,9	6,6		
P-TOT, µg/l	2013	2021	9	0,06	12,5	12,9	13
	1983	2021	20	0,03	12,0		
N-TOT, µg/l	2013	2021	9	0,53	387	416	550
	1983	2021	21	0,06	368		
NO ₃ -N, µg/l	2013	2021	8	0,22	72,6	79,7	
STS, µg/l	2013	2021	9	0,53	2,6	3,1	

I Lyseren ble det funnet én signifikant økende trend av TOT-P, hvis vi bruker data fra 1983. Om vi ser på data fra 2013, har TOT-P og TOT-N en p-verdi på 0,06 (økende).

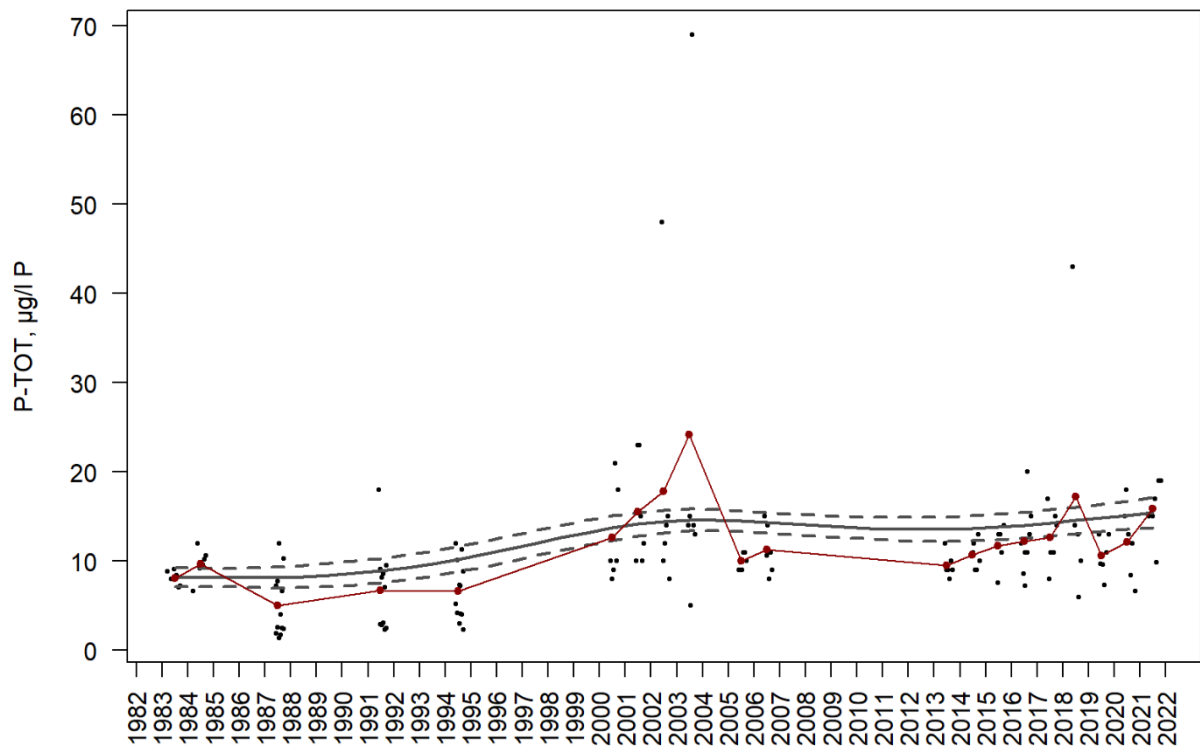
- Fargetallet (figur 4.13) er blitt målt sporadisk siden midten av 80-tallet, og lå adskillig lavere da (5-10 mg/l Pt) enn de nyere data fra 2015 og utover (et snitt på om lag 15 mg/l Pt). Mellom 2015 og 2021 fant vi ingen signifikant trend.
- KLFA (figur 4.14) er målt siden tidlig 1980-tallet. Ser vi på trenden for hele perioden fra 80-tallet til 2021, ser det ut til å ha vært en økning frem mot 2000, og en utflating eller svak nedgang deretter. Det var et opphold i dataserien mellom 2008 og 2013. For perioden etter 2013 er det ingen signifikant trend. Nivået de senere år ligger om lag på miljømålet (7 µg/l; svært god).
- TOT-P (figur 4.15) følger omtrent samme trendbilde som Kl a, med en økning frem mot ca 2000, og deretter en utflating. Det er imidlertid flere år uten data mellom 2007-2013, og en mulig men ikke signifikant økning etter 2013 (p 0,06). Analyseres data etter 1983 finner vi imidlertid en signifikant økning med p-verdi 0,03, noe som tyder på at det er viktig å følge med på utviklingen. I 2021 var gjennomsnittet ca. 2 µg/l høyere enn miljømålet (13 µg/l). Tatt i betraktning utviklingen av TOT-P, er det et godt valg å benytte miljømålet 'Svært godt' i denne innsjøen med mange brukerinteresser.
- TOT-N (figur 4.16) har hatt en temmelig jevn gjennomsnittskonsentrasjon på ca. 400 µg/l siden 1983, noe som ligger godt under miljømålet på 550 µg/l. NO₃-N (figur 4.17) er målt sporadisk, og vi kan ikke se noen trend for denne parameteren.
- STS er vist i figur 4.18. Konsentrasjonene har ligget på om lag 2-3 mg/l, med unntak av første halvdel av 2000 tallet, hvor det var store variasjoner. Etter 2013 vises ingen signifikant trend.



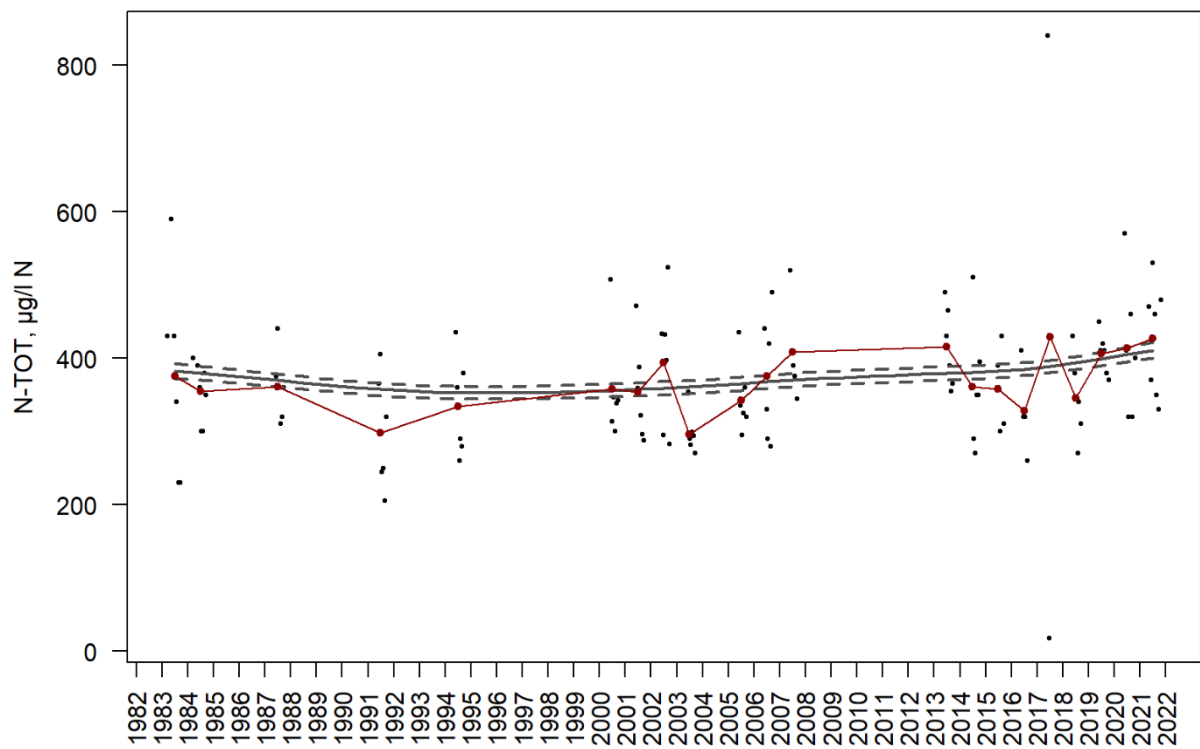
Figur 4.13. Trendanalyse av farge (mg/l Pt) i Lyseren (2015-2021). Trendlinjen er ikke vist på grunn av dårlig datagrunnlag, årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



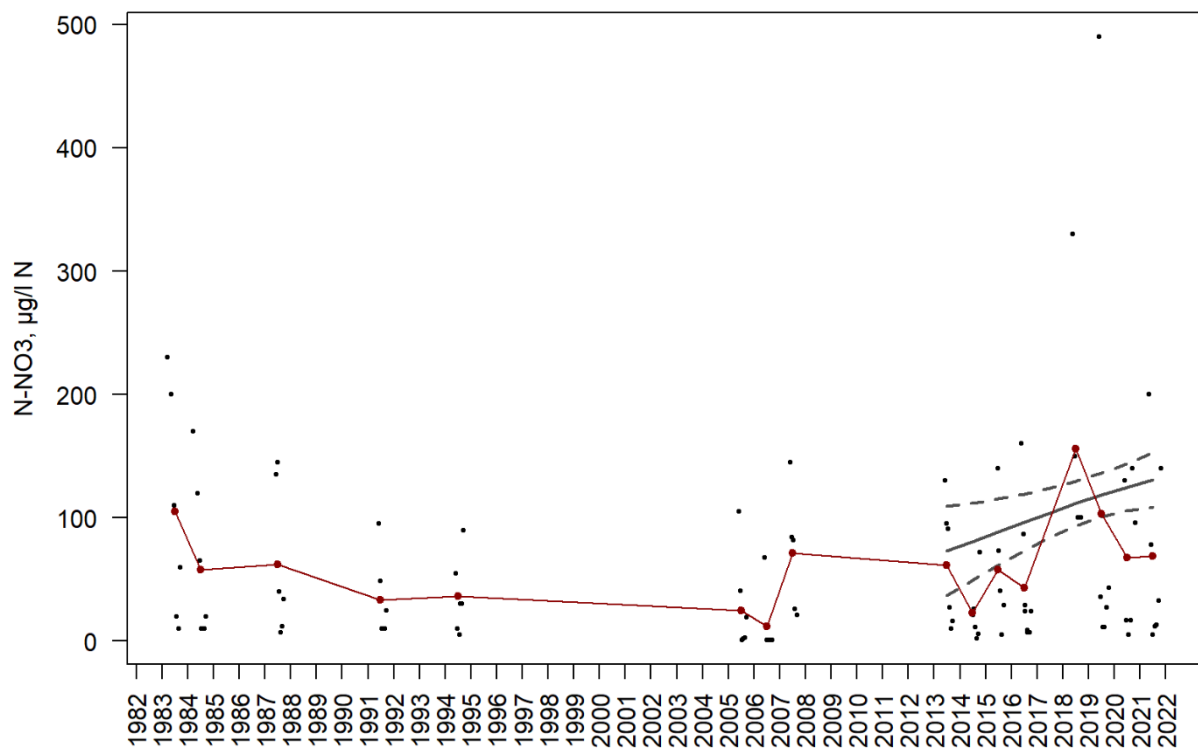
Figur 4.14. Trendanalyse av KLFA (µg/l) i Lyseren (1983-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



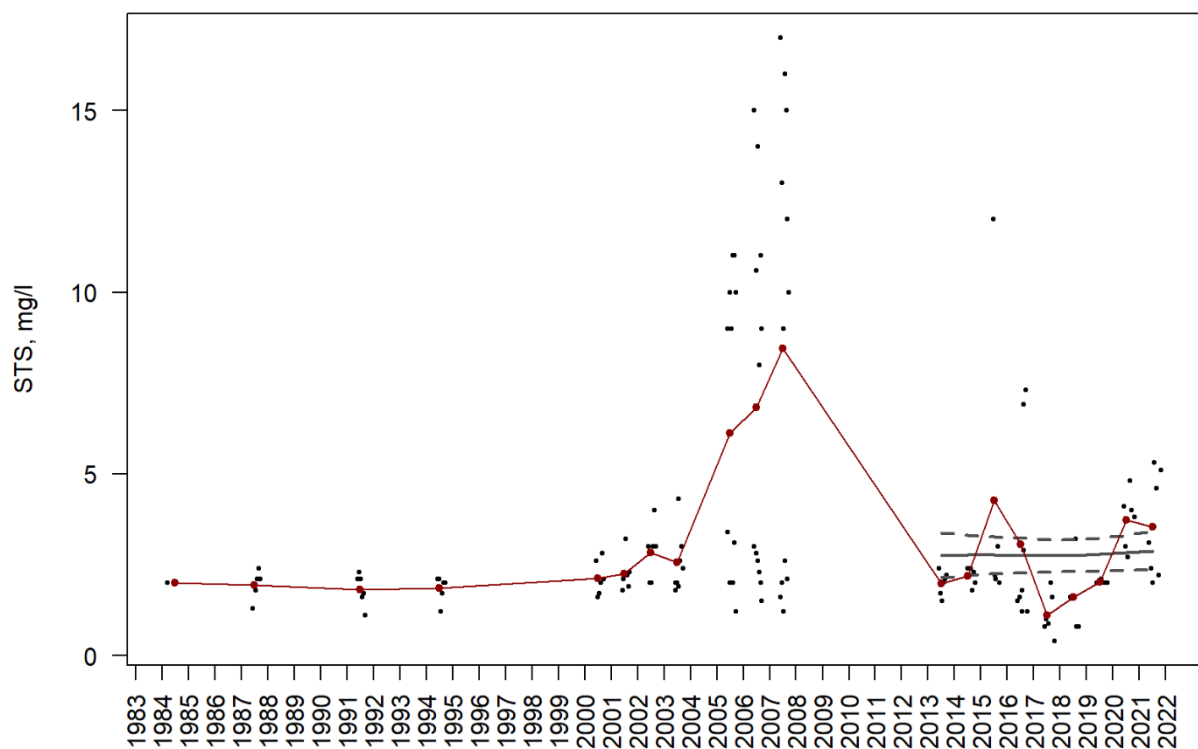
Figur 4.15. Trendanalyse av total fosfor ($\mu\text{g/l}$) i Lyseren (1983-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.16. Trendanalyse av TOT-N ($\mu\text{g/l}$) i Lyseren (1983-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.17. Trendanalyse av NO₃-N (µg/l) i Lyseren (2014-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.18. Trendanalyse av STS (mg/l) i Lyseren (2013-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).

4.5 Trender i Lundebyvannet

Oversikt over trender i Lundebyvannet, vist som p-verdier, er gitt i tabell 4.4.

Tabell 4.4. Trender i Lundebyvannet vist som p-verdier, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene brukt i trendanalysen, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene 2019-2021 og miljømål.

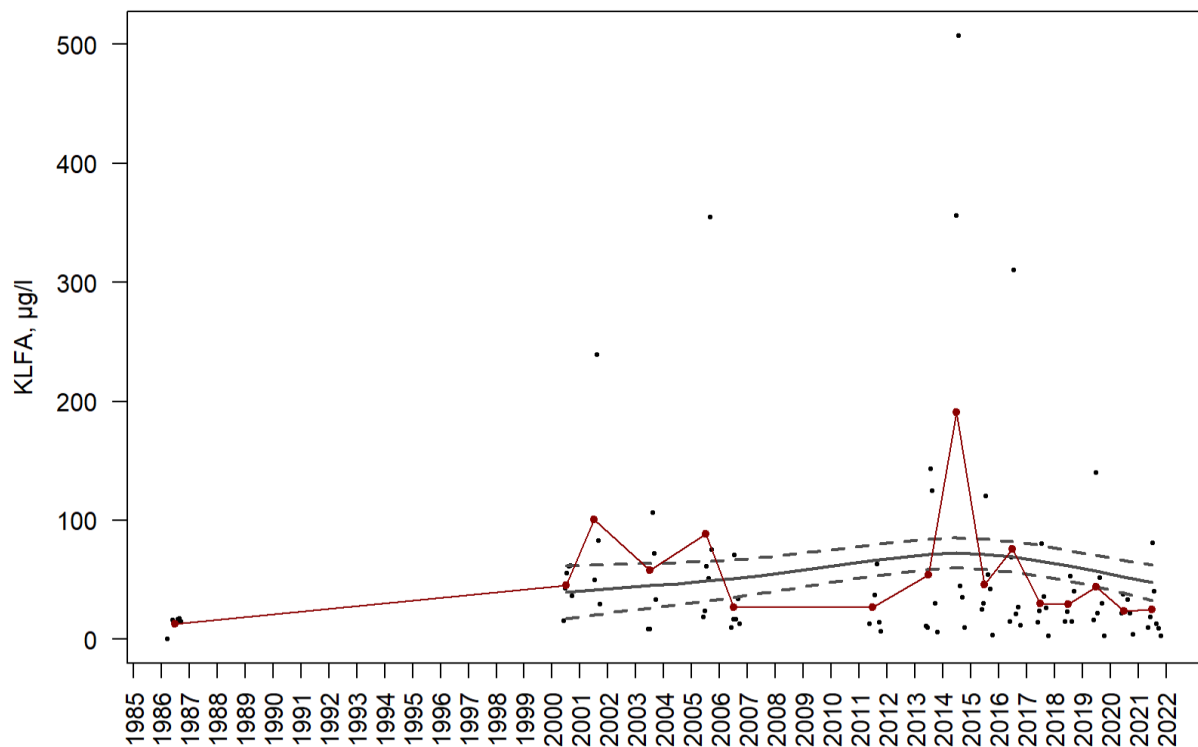
Parameter	Trendanalyse				Konsentrasjon		
	Fra år	Til år	Antall år	p verdi	Snitt	Snitt 2019-2021	Miljømål
FARGE, mg/l Pt	2011	2021	10	0,53	80,8	86,9	
KLFA, µg/l	2011	2021	10	0,09	54,5	30,9	9
	2000	2021	15	0,04	57,7		
P-TOT, µg/l	2011	2021	10	0,24	35,5	24,8	16
	2000	2021	15	0,005	31,5		
N-TOT, µg/l	2011	2021	10	0,65	589	562	475
	2000	2021	15	0,88	597		
NO ₃ -N, µg/l	2013	2021	8	1	128	93,2	
STS, µg/l	2011	2021	10	0,65	5,2	5,2	

I Lundebyvannet ble det utført sporadiske målinger før årlige målinger startet i 2011. Vi fant ingen signifikante trender etter 2011, men en signifikant synkende trend for KLFA og TOT-P etter 2000.

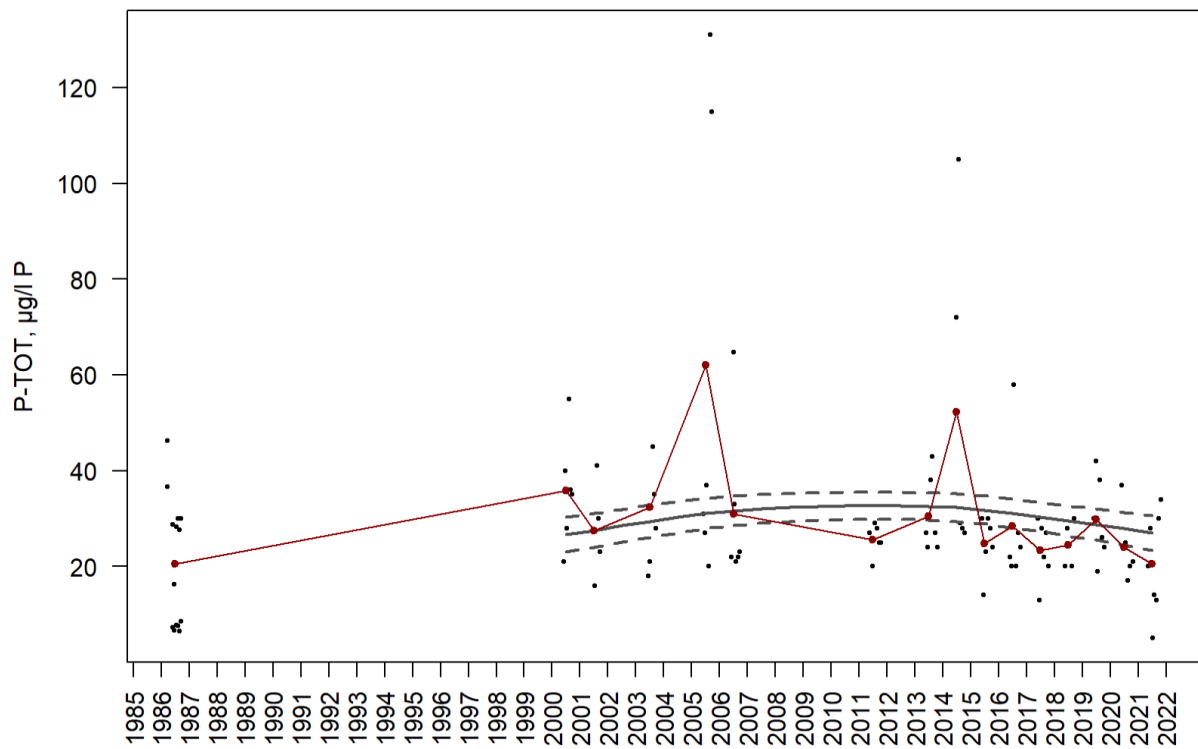
- Farge i Lundebyvannet (figur 4.19) ble målt i 1986 og i 2000, før årlige målinger startet på 2010-tallet. Ingen tydelige trender ble funnet, men målingene på 80-tallet ligger lavere enn snittet de senere årene.
- KLFA (figur 4.20) ble målt enkelte år før 2011, men regelmessig først etter 2011. Konsentrasjonene har variert en del, med særlig høye verdier i 2014. Benyttes data fra 2000 – 2021, har det vært en signifikant reduksjon i KLFA-konsentrasjonene. Som nevnt innledningsvis i kapittel 4 har innsjøen oppblomstringer av *G. semen* som gjør klassifiseringen av miljøtilstand utfordrende.
- TOT-P (figur 4.21) har ligget relativt stabilt på mellom 20 og 30 µg/l, med unntak av enkeltår med svært høye konsentrasjoner (2014 og tørkeåret 2018). Konsentrasjonene er høye i forhold til miljømålet på 16 µg/l. Benyttes data tilbake til 2000 finner vi en signifikant, reduksjon i TOT-P-konsentrasjoner.
- TOT-N (figur 4.22) og NO₃-N (figur 4.23) er målt sporadisk før 2011, og ingen trend ble funnet mellom 2011 og 2021. Gjennomsnittet de siste årene har ligget på ca. 580 µg/l, som er over miljømålet på 475 µg/l.
- STS (figur 4.24) hadde ingen tydelig trend etter 2011, og det kan heller ikke sees noen stor endringer fra tidligere, basert på målinger enkeltår på 1980- og 2000-tallet.



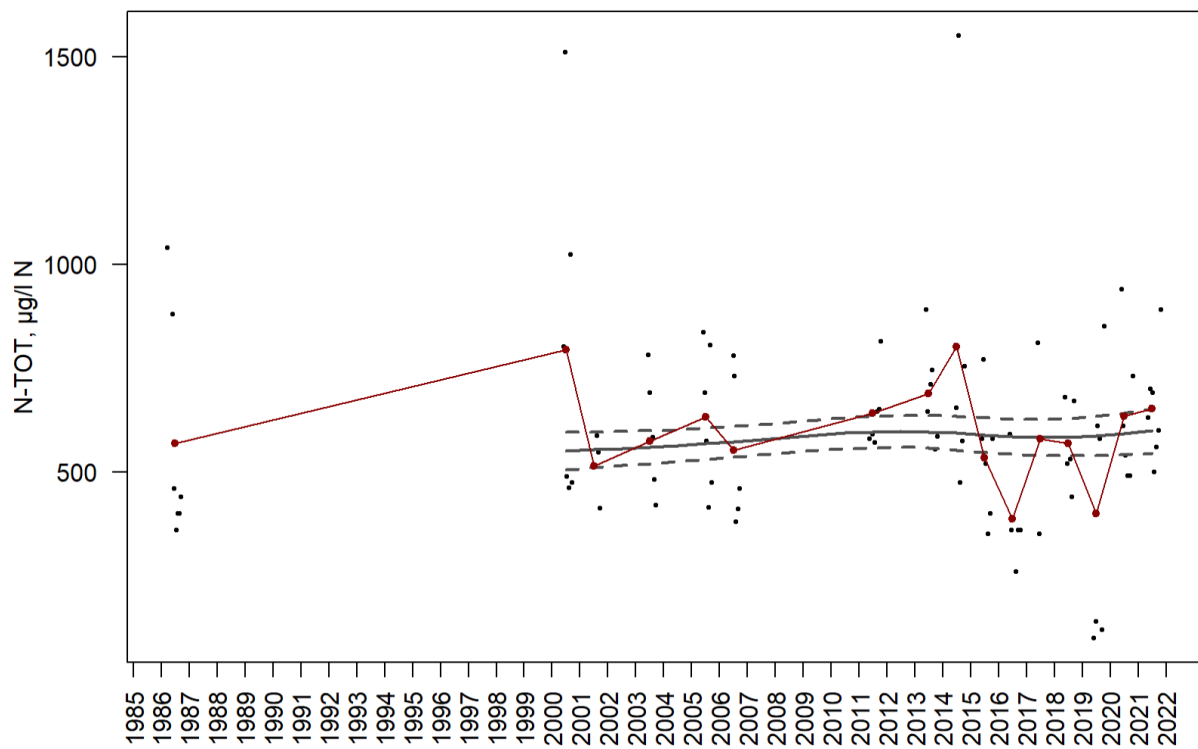
Figur 4.19. Trendanalyse av farge (mg/l Pt) i Lundebyvannet (2011-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



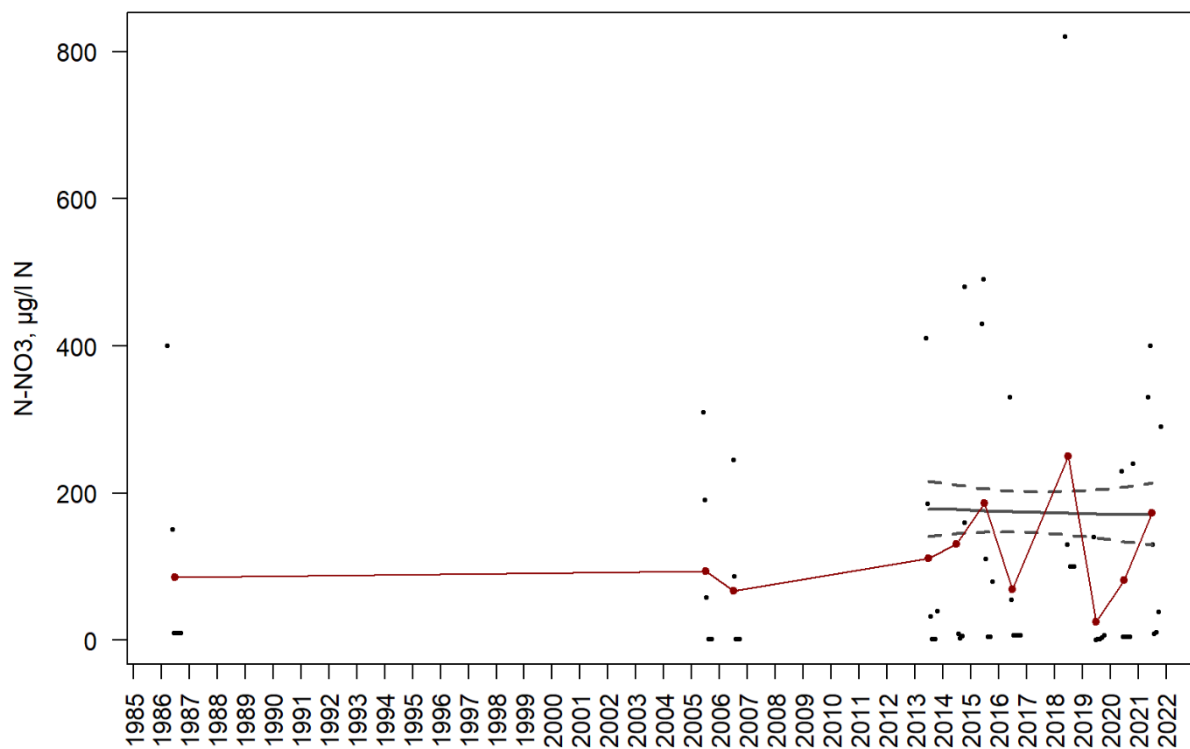
Figur 4.20. Trendanalyse av klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) i Lundebyvannet (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



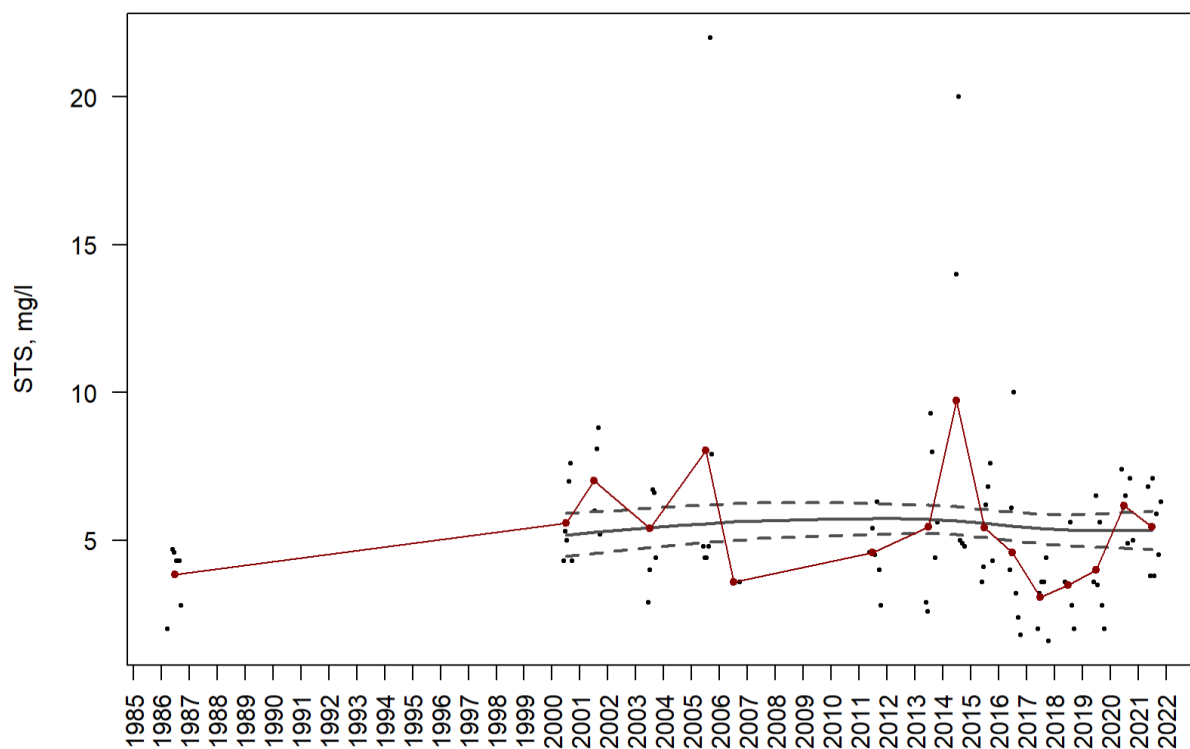
Figur 4.21. Trendanalyse av total fosfor ($\mu\text{g/l}$) i Lundebyvannet (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.22. Trendanalyse av TOT-N ($\mu\text{g/l}$) i Lundebyvannet (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.23. Trendanalyse av $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$) i Lundebyvannet (2013-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.24. Trendanalyse av STS (mg/l) i Lundebyvannet (2000-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).

4.6 Trender i Ertevannet

Oversikt over trender i Ertevannet, vist som p-verdier, er gitt i tabell 4.5. Dataserien for alle parametere er relativt korte, og det bør ikke trekkes for bastante konklusjoner før flere år med data kommer til. I dette vannet ser tilsynelatende trendene, særlig for TOT-N og NO₃-N, ut til å være nedadgående, men dette kommer ikke frem av p-verdi for årsgjennomsnittet. For å nyansere bildet er derfor p-verdiene også vist for månedsgjennomsnitt¹.

Tabell 4.5. Trender i Ertevannet vist som p-verdier for års- og månedsgjennomsnitt, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene brukt i trendanalysen, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene 2019-2021, og miljømål.

Parameter	Trendanalyse					Konsentrasjon		
	Fra år	Til år	Antall år	p-verdi*	p-verdi**	Snitt	Snitt 2019-2021	Miljømål
FARGE, mg/l Pt	2013	2021	9	0,68	0,65	73,9	80,1	
KLFA, µg/l	2013	2021	9	0,53	0,27	22,9	24,1	10,5
P-TOT, µg/l	2013	2021	9	0,06	0,07	37,7	36,2	20
N-TOT, µg/l	2013	2021	9	0,4	0,10	1327	1260	775
NO ₃ -N, µg/l	2013	2021	8	0,32	0,06	747	415	
STS, µg/l	2013	2021	9	0,53	0,63	7,9	8,0	

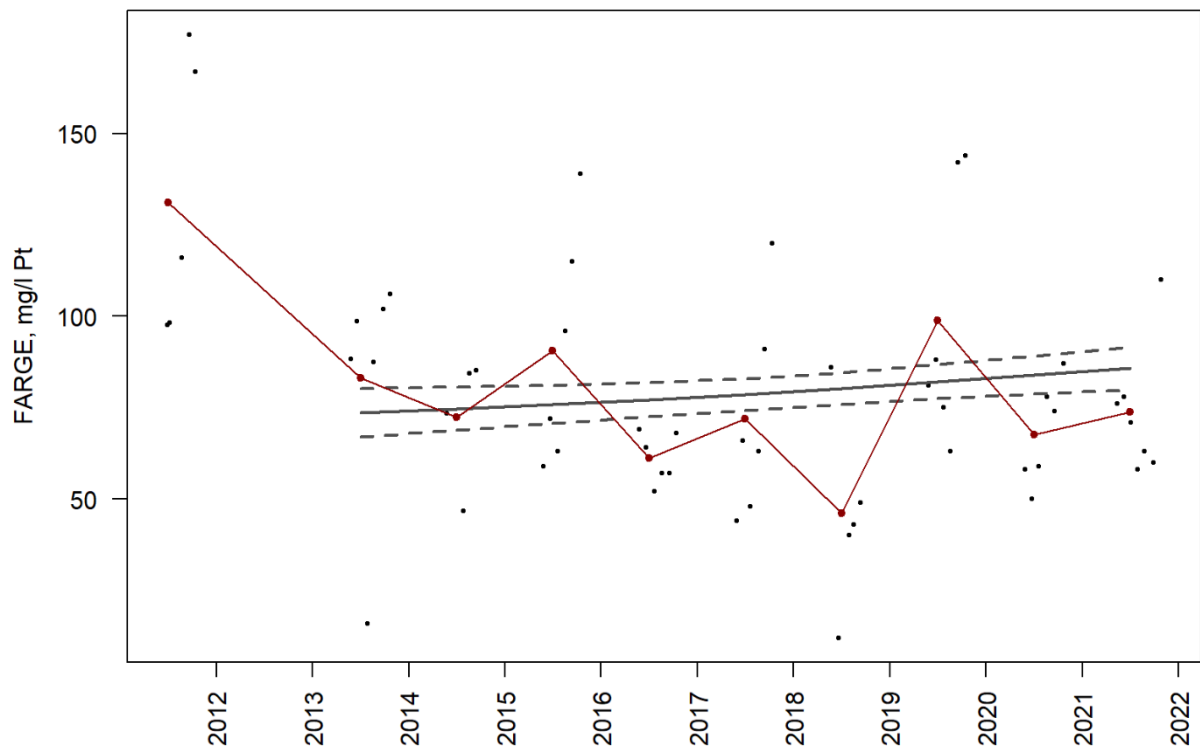
* Basert på årsgjennomsnitt

** Basert på månedsgjennomsnitt

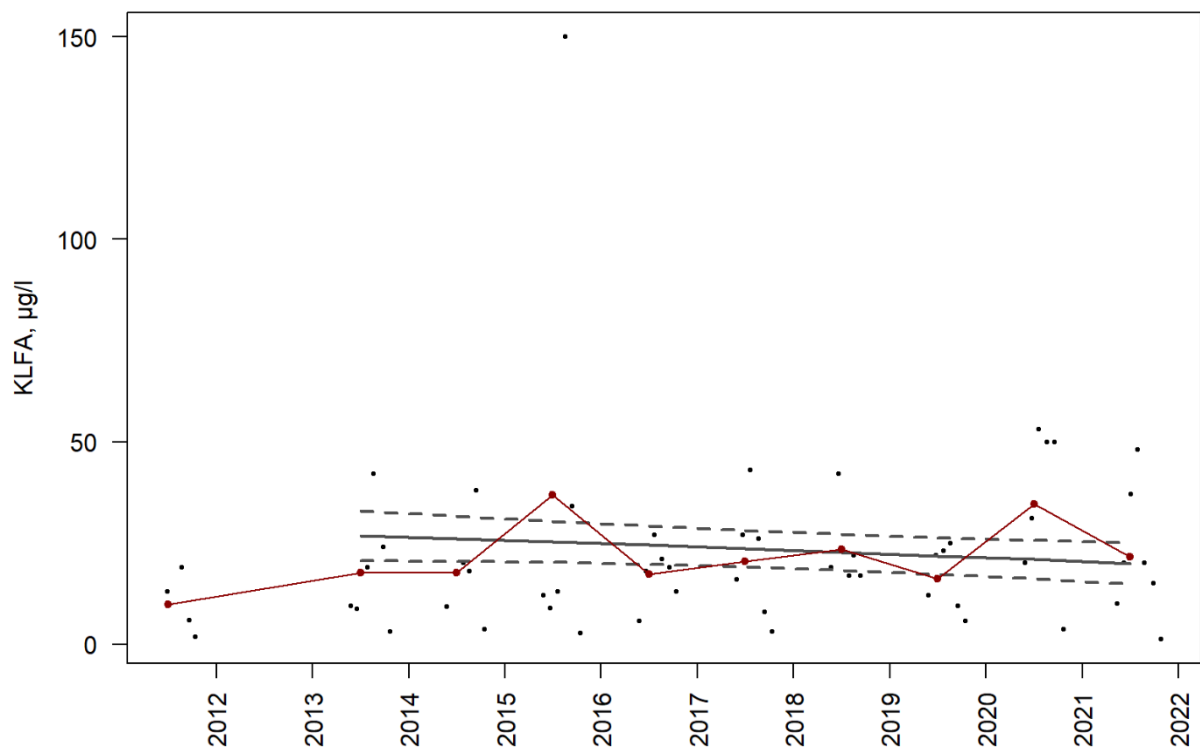
I Ertevannet finnes det kun data fra starten av 2010-tallet. Oppsummert var det ingen signifikante endringer. På figurene 4.26 – 4.30 ser det ut til at trenden for særlig TOT-N og NO₃-N er nedadgående, men dette var altså ikke signifikant. Det er mulig at dette skyldes for få år med data, og at dette eventuelt kan utvikle seg til en mer tydelig trend i fremtida, men lengre dataserier må til for å stadfeste dette.

- Farge (figur 4.25) er målt siden 2012, men det året var det uvanlig høye fargetall. Trendanalysen med data fra 2013 viser ingen signifikant endring.
- KLFA (figur 4.26) har hatt liten endring siden 2013, og hadde et snitt på 21 µg/l mellom 2013-2021, som er det doble av miljømålet på 10,5 µg/l.
- TOT-P (figur 4.27) har også ligget relativt stabilt siden 2013, med et årsgjennomsnitt for 2013-2021 på 38 µg/l. Også her er konsentrasjonene nesten dobbelt så høye som miljømålet på 20 µg/l.
- For TOT-N (figur 4.28) og NO₃-N (figur 4.29) kan det være en mulig utvikling mot lavere konsentrasjoner, men en eventuell nedgang i disse næringsstoffene må vurderes basert på kommende års data.
- STS (figur 4.30) viser ingen trend.

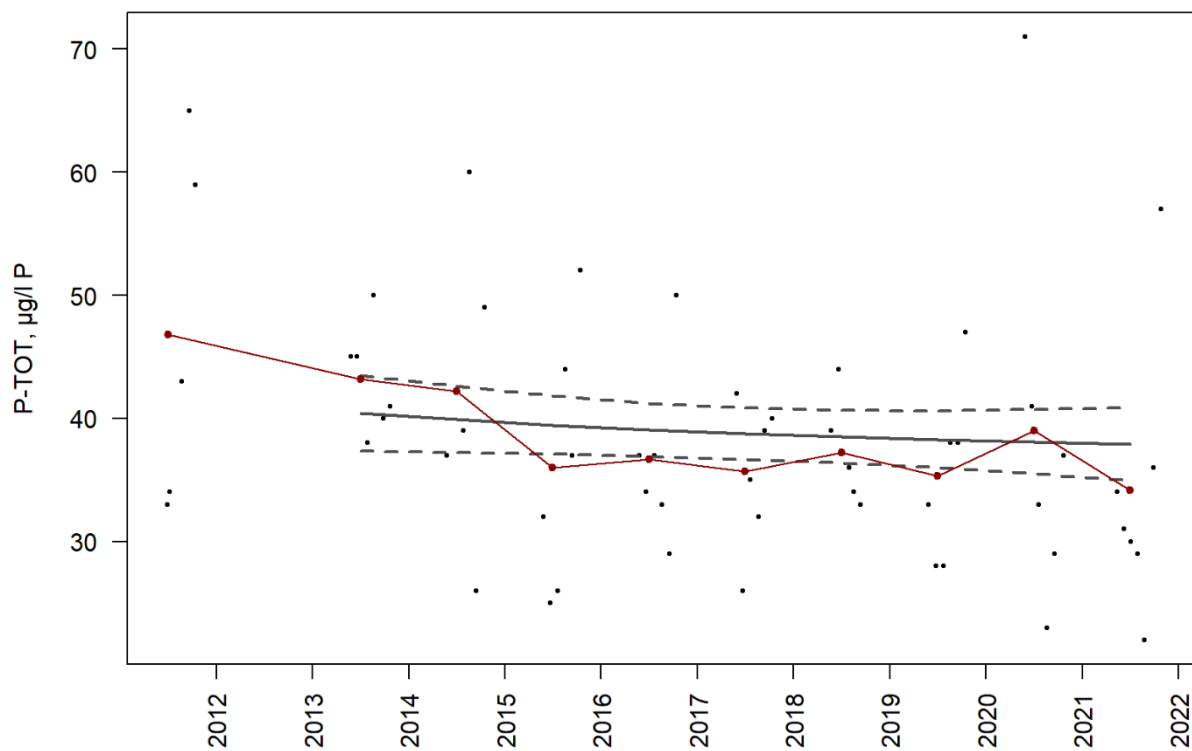
¹ Som nevnt i metodekapittelet ble dette utført for alle innsjøer, men er bare vist her.



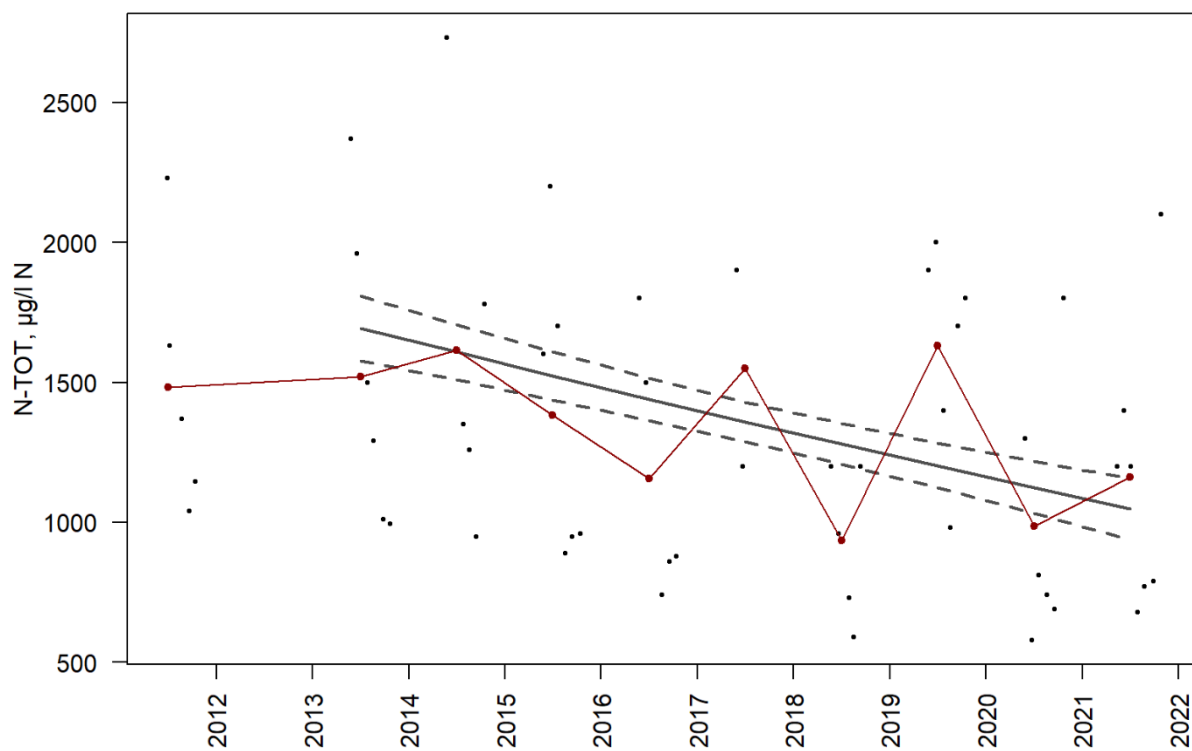
Figur 4.25. Trendanalyse av farge (mg/l Pt) i Ertevannet (2013-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



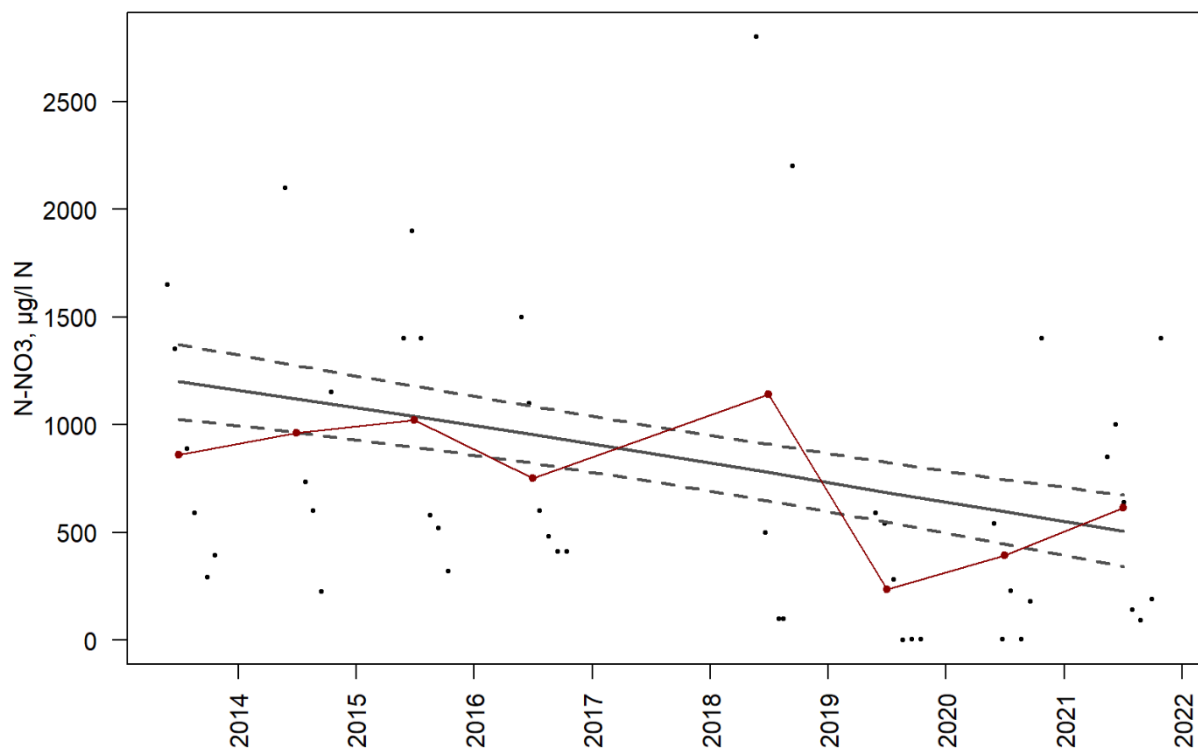
Figur 4.26. Trendanalyse av KLFA (µg/l) i Ertevannet (2013-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



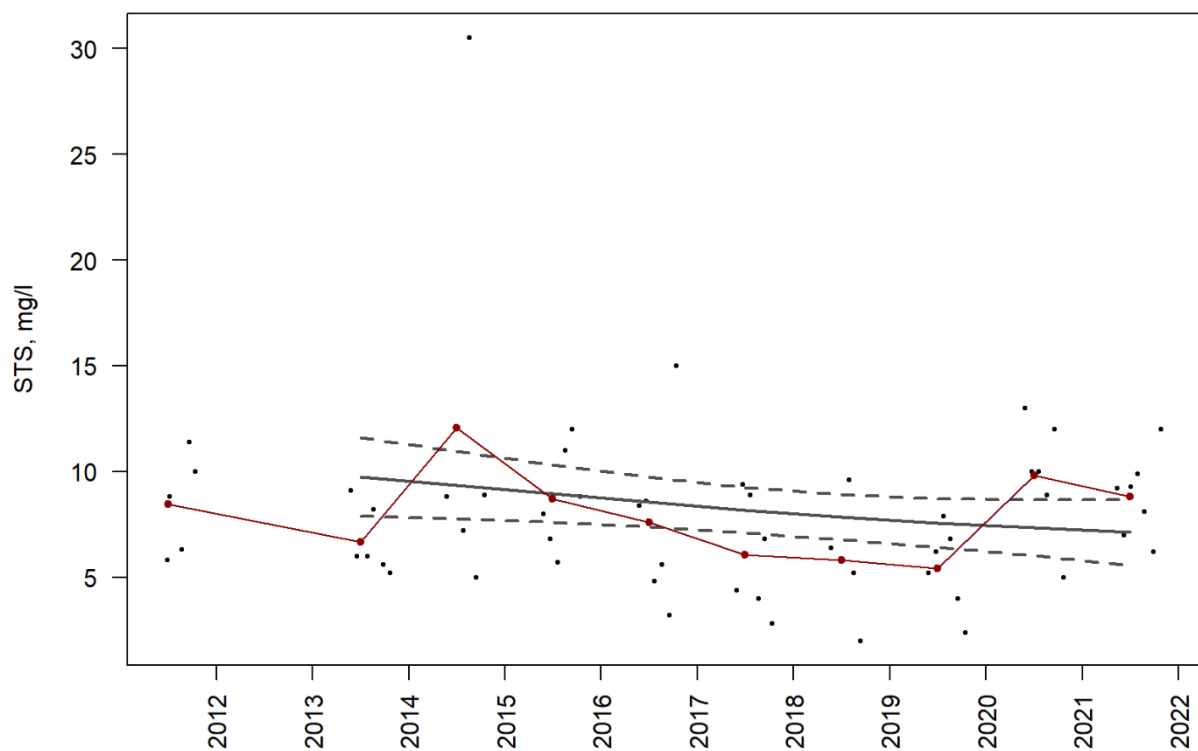
Figur 4.27. Trendanalyse av total fosfor ($\mu\text{g/l}$) i Ertevannet (2013-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.28. Trendanalyse av TOT-N ($\mu\text{g/l}$) i Ertevannet (2013-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.29. Trendanalyse av NO₃-N (µg/l) i Ertevannet (2013-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.30. Trendanalyse av STS (mg/l) i Ertevannet (2013-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).

4.7 Trender i Skinnerflo

Oversikt over trender i Skinnerflo, vist som p-verdier, er gitt i tabell 4.6.

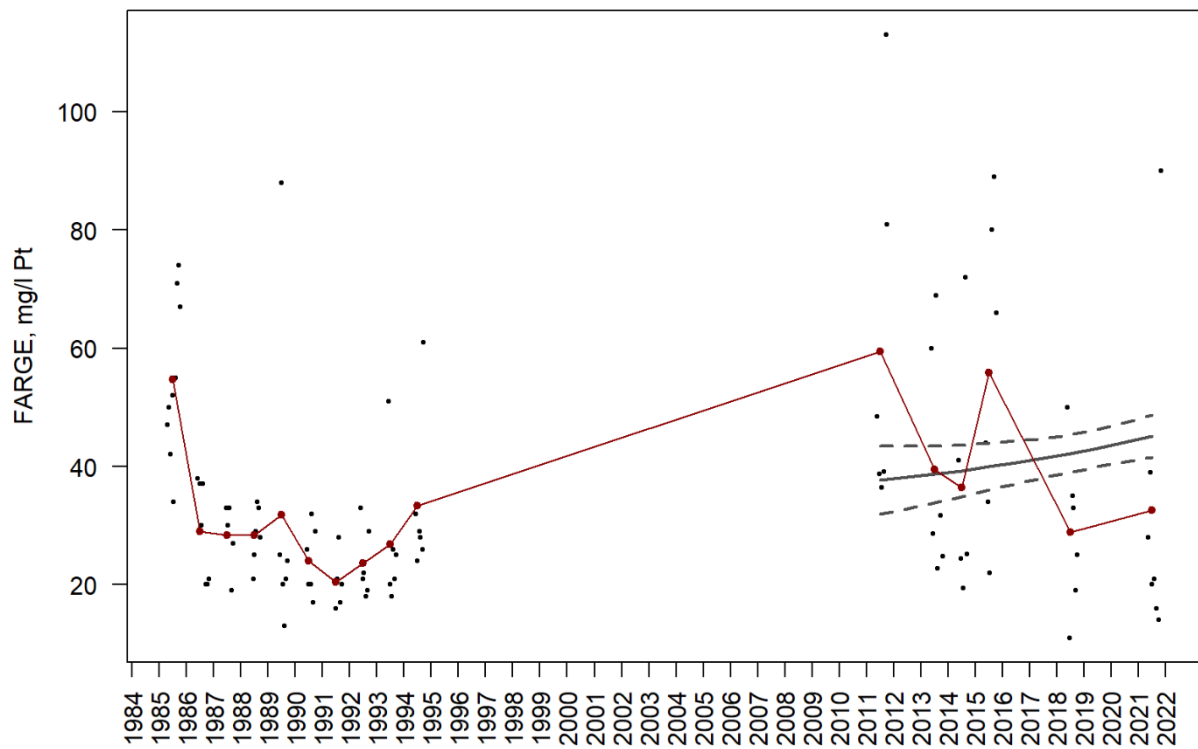
Tabell 4.6. Trender i Skinnerflo vist som p-verdier, årsgjennomsnitt av konsentrasjoner for årene brukt i trendanalysen, gjennomsnitt av konsentrasjon år 2021 og miljømål.

Parameter	Trendanalyse				Konsentrasjon		
	Fra år	Til år	Antall år	p verdi	Snitt	Snitt 2021	Miljømål
FARGE, mg/l Pt	2011	2021	6	0,09	42,1	32,6	
KLFA, µg/l	2011	2021	6	0,09	14,4	24,3	10,5
P-TOT, µg/l	2011	2021	6	0,85	50,2	47,4	20
N-TOT, µg/l	2011	2021	6	0,57	748	739	550
NO ₃ -N, µg/l	2013	2021	5	0,62	527	446	
STS, µg/l	2011	2021	6	0,35	16,6	19,6	

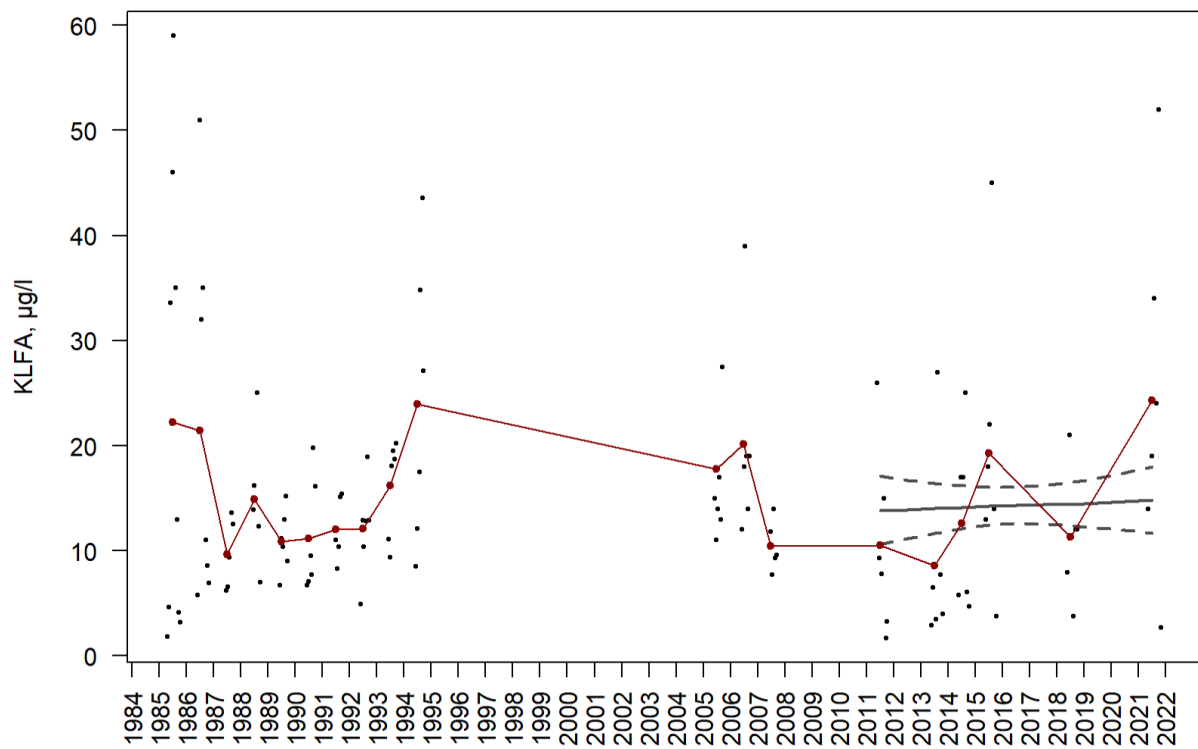
Også i Skinnerflo er det en relativt kort tidsserie med sammenlignbare data, og trendene må ansees som relativt usikre før mer data kommer til. Det er dessuten utfordrende å vurdere trender i denne innsjøen siden vannet i stor grad påvirkes av vann fra Glomma, særlig når det er flom i Glomma. Dermed vil vannkvaliteten dels gjenspeile aktiviteter i det lokale nedbørfeltet og dels i Glommas nedbørfelt. Det er dessuten et lengre opphold i dataserien mellom 1995-2005 (KLFA, TOT-P, TOT-N, NO₃-N og STS) og mellom 1995-2010 (farge). Det er også manglende data for enkelte parametere rundt årene 2008-2012. Trendanalysene er utført på siste del av dataseriene, men dette er relativt korte serier, så på samme måte som for f.eks. Ertevannet bør det ikke trekkes for bastante konklusjoner før mer data kommer til.

- Fargetall som ble målt på åttitallet lå lavere enn konsentrasjonene fra 2011, men det er store variasjoner i verdiene, særlig i siste del av dataserien, og ingen klar trend kan påvises (figur 4.31).
- KLFA har ingen signifikant trend for dataserien etter 2011. I forhold til konsentrasjonene på åttitallet har det ikke skjedd en stor økning av klorofyllnivået i innsjøen. Nivået varierer imidlertid kraftig, med store endringer i gjennomsnittlig konsentrasjon per år (figur 4.32). Miljømålet på 10,5 µg/l ble f.eks. oppnådd i 2013 men ikke i 2021 (26,6 µg/l; tilstandsklasse dårlig).
- TOT-P har ingen signifikant trend etter 2011 (figur 4.33). Dataserien på 80-tallet ligger jevnt over med noe lavere snittkonsentrasjoner enn på 2010-tallet, med unntak av årene 1984-85, da det var svært høye konsentrasjoner av TOT-P i vannet.
- TOT-N (figur 4.34) og NO₃-N (figur 4.35) hadde ingen signifikant endring etter 2011. De høye fosforkonsentrasjonene i midten av 80-tallet gjenspeiles i høye nitrogenkonsentrasjoner.
- STS har ingen signifikant trend etter 2011 (figur 4.36). De høye fosforkonsentrasjonene i midten av 80-tallet gjenspeiles i høye partikkelkonsentrasjoner.

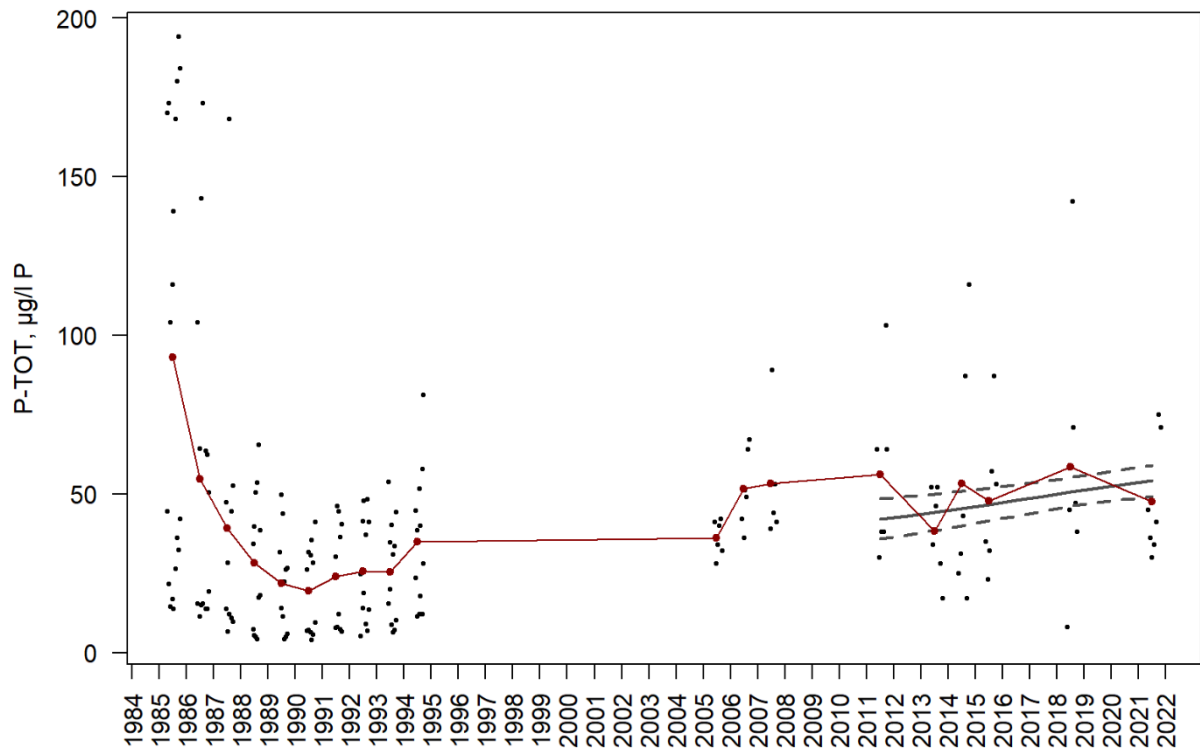
Det var storflom i Glomma i 1985, og de høye verdiene i Skinnerflo av TOT-P, TOT-N og STS i midten av 80-tallet kan sannsynligvis knyttes til denne flommen («Vesleofsen»).



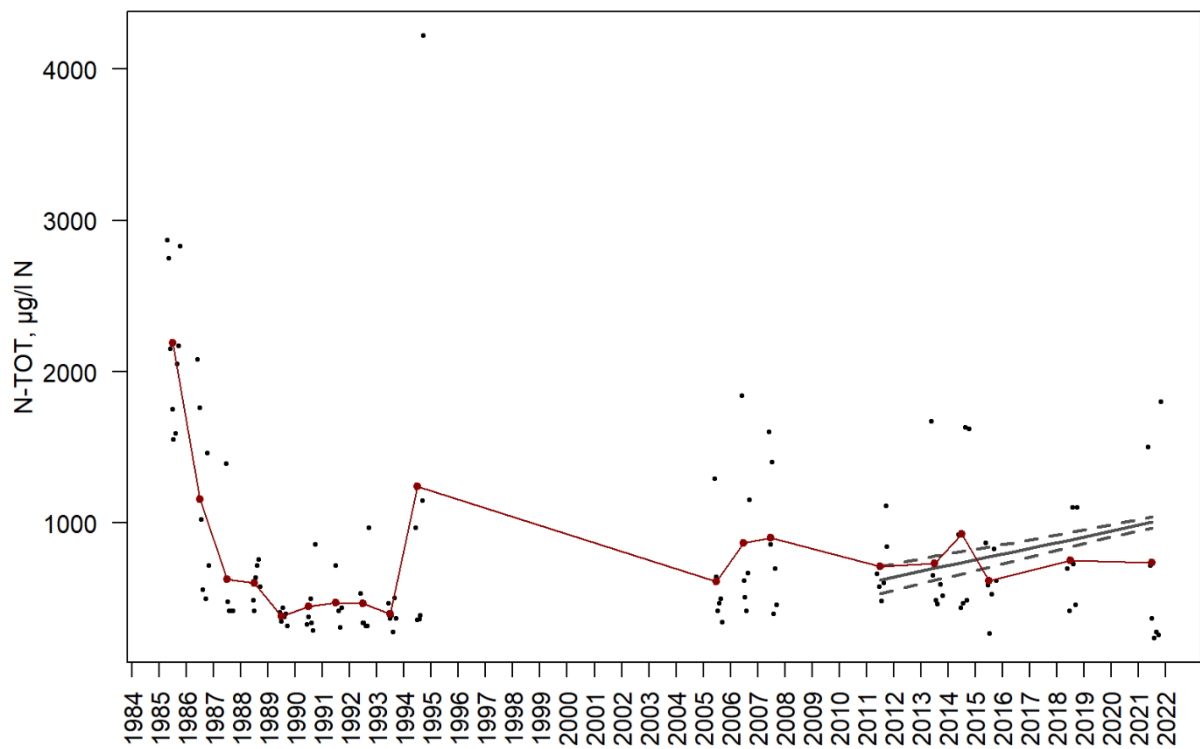
Figur 4.31. Trendanalyse av farge (mg/l Pt) i Skinnerflo (2011-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



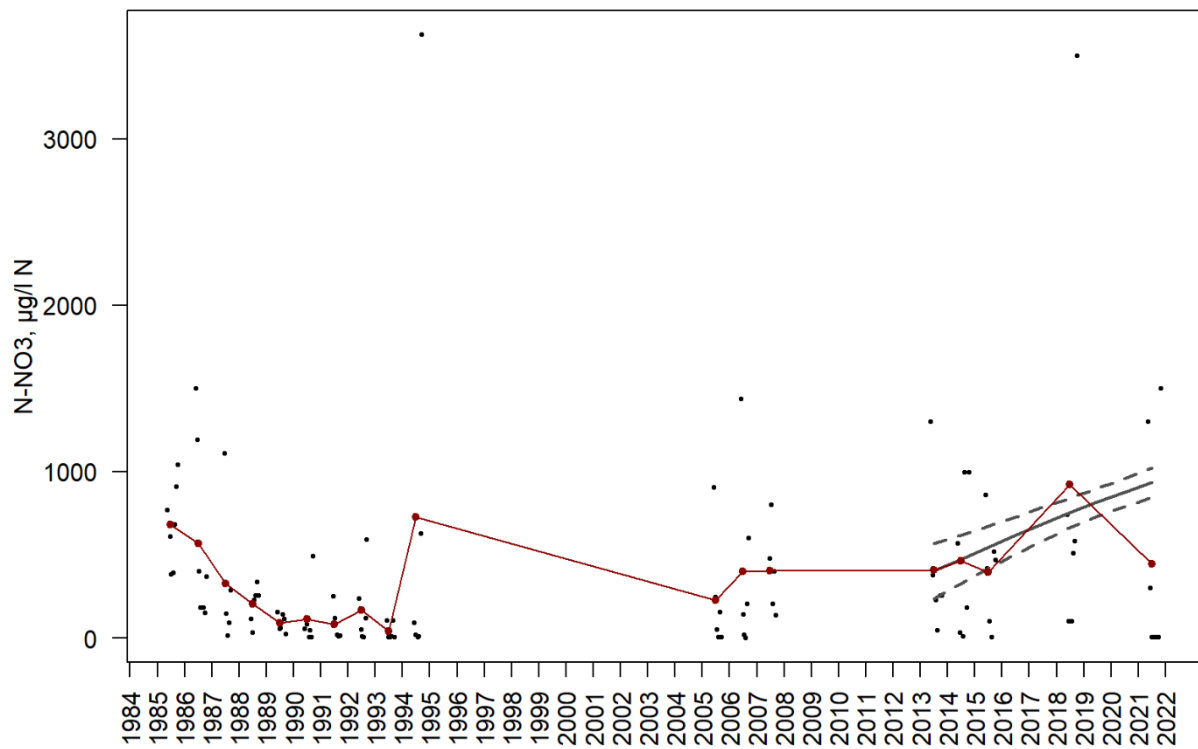
Figur 4.32. Trendanalyse av KLFA (µg/l) i Skinnerflo (2011-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



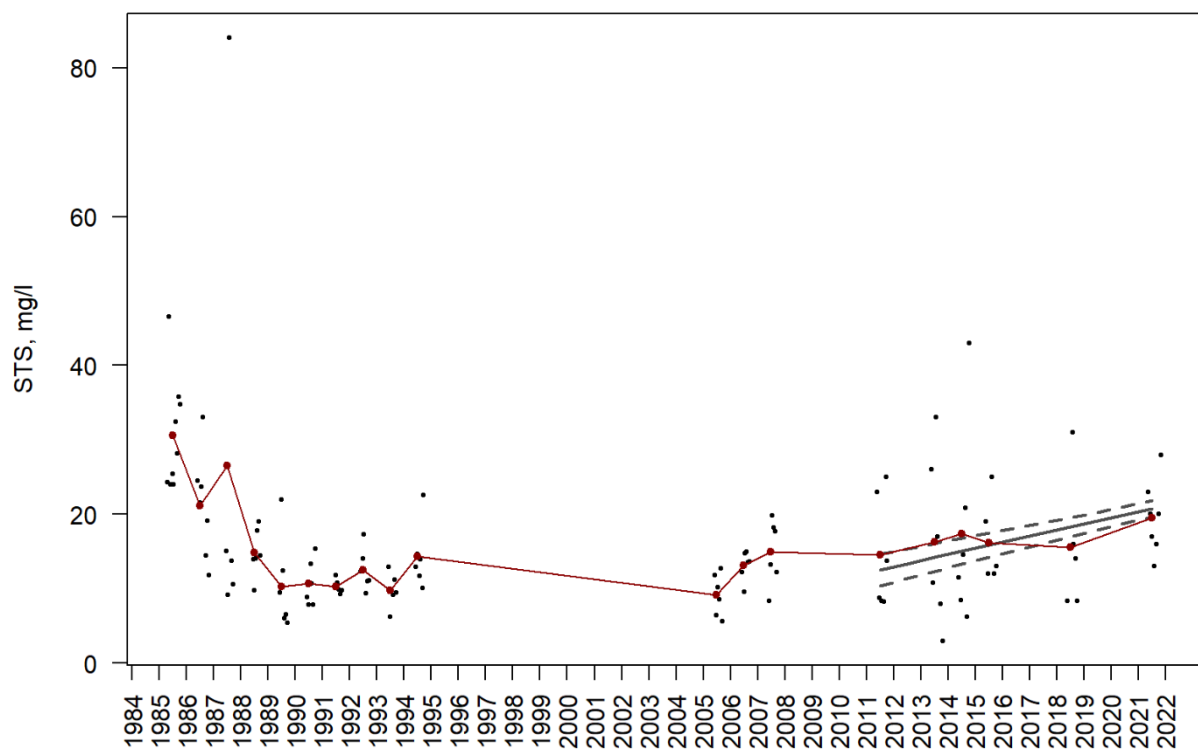
Figur 4.33. Trendanalyse av total fosfor ($\mu\text{g/l}$) i Skinnerflo (2011-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.34. Trendanalyse av TOT-N ($\mu\text{g/l}$) i Skinnerflo (2011-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.35. Trendanalyse av $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$) i Skinnerflo (2011-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).



Figur 4.36. Trendanalyse av STS (mg/l) i Skinnerflo (2011-2021). Trendlinjen er vist i svart linje med standardfeil (+2/-2; prikkete grå linjer), årlig gjennomsnittskonsentrasjon i rød linje og rådata (svarte prikker).

5 Oppsummerende diskusjon

5.1 Vurdering av utviklingen i Rakkestadelva og Hæra

Som vist i kapittel 3, fant vi ingen trender i Rakkestadelva og Hæra. Vi har valgt å sammenligne tilførselene i disse to elvene med data fra Hobølelva og Kråkstadelva i Vannområde Morsa, siden både tilførsels- og trendberegningene er utført på samme måte (*Skarbøvik m.fl., 2022*). Data benyttet fra Vannområde Morsa er et gjennomsnitt for årene 2007-2021 (Hobølelva) og 2011-2021 (Kråkstadelva). Hobølelva er best for sammenligning, siden nedbørfeltet har mange av de samme egenskapene som Rakkestadelva og Hæra; den starter i skogsområder før den renner gjennom dyrket mark under marin grense, og den har raviner i enkelte sidevassdrag. For nitrogen og STS er de tre elvene sammenlignbare, men for TOT-P ligger Hobølelva tydelig lavere. Det er påvist signifikant nedgang i TOT-P i Hobølelva siden målingene startet der i 1985 (*Skarbøvik m.fl., 2022*). Denne sammenligningen kan tyde på at det er potensiale for å redusere TOT-P i Hæra og Rakkestadelva.

Kråkstadelva er ei mindre elv med stor andel (43 %) jordbruksareal i nedbørfeltet, og er tatt med som sammenligningsgrunnlag fordi det er naturlig at elver som Rakkestadelva og Hæra, med lavere andel jordbruksareal, har lavere arealspesifikke tilførsler. Tilførsler per arealenhet av TOT-N og STS er da også tydelig høyere i Kråkstadelva enn for de to elvene i Vannområde Glomma Sør. Imidlertid er forskjellene i TOT-P såpass små at dette igjen peker på potensialet for å redusere fosforavrenningen fra nedbørfeltene til Rakkestadelva og Hæra.

Tabell 5.1. Langtids arealspesifikke tilførsler av TOT-P, TOT-N og STS i Rakkestadelva og Hæra (2006-2021), Hobølelva ved Kure (2007-2021) og Kråkstadelva (2011-2021).

Elv	Nedbørfeltareal km ²	TOT-P kg/km ²	TOT-N tonn/km ²	STS tonn/km ²
Rakkestadelva	462	58	1,0	23
Hæra	235	67	1,2	27
Hobølelva v. Kure	299	46	0,9	21
Kråkstadelva	51	75	1,9	35

Innholdet av koliforme bakterier er høyt i begge elver, mens *E. coli* er særlig høyt i enkelte prøver fra Hæra (analysert siden juni 2020). Selv om en enkelt DNA-prøve viste at bakteriene ikke stammer fra mennesker, er det viktig å være klar over at kloakkavløp kan komme støtvis. Det er derfor fremdeles mulig at bakteriene stammer fra mennesker. Kampanjemålinger langs med elvene kan anbefales hvis kildene til bakteriene ikke er kjent, som beskrevet i avsnitt 3.5.

5.2 Oppsummering av trender i innsjøene

Det var få signifikante trender i de seks undersøkte innsjøene. Nedgang i næringsstoffer ble kun funnet for TOT-P i Lundebyvannet (2000-2021). KLFA gikk signifikant ned i Isesjø (2000-2021) og Lundebyvannet (2000-2021), men begge innsjøer har oppblomstringer av *G. semen* og endringene kan derfor skyldes årsvariasjoner i volum av denne algen.

Av trender som er uheldige for å nå miljømålene, fant vi en signifikant økning i konsentrasjonen av TOT-P i Lyseren for perioden 1983 -2021, og en mulig tendens til økning av TOT-N. I Skinnerflo var det mulig tendens til økning i KLFA (2011-2021).

Totalt sett er det derfor å anbefale at det fortsatt arbeides for å øke innsatsen med miljøltiltak i vannområdet.

Litteraturreferanser

- Arnesen, J. F. (2022), Årsrapport overvåking. Glomma Sør for Øyeren 2021. Rapport, Driftsassistansen i Viken. 37 s.
- Direktoratsgruppa (2018), Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til vannforskriften. Veileder 02:2018. Utgitt av Direktoratets gruppa for gjennomføring av Vanndirektivet. 222 s + vedlegg til veileder 02:2018, 146 s.
- Hagman, C. H. C., A. Ballot, D. Ø. Hjermann, B. Skjelbred, P. Brettum, og R. Ptacnik (2015), The occurrence and spread of *Gonyostomum semen* (Ehr.) Diesing (Raphidophyceae) in Norwegian lakes, *Hydrobiologia*, 744(1), 1-14.
- Kaste, Ø., E. Skarbøvik, I. Greipsland, C. B. Gundersen, K. Austnes, L. B. Skancke, J.-L. Guerrero, og J. E. Sample (2018), The Norwegian river monitoring programme—water quality status and trends 2017, *NIVA-rapport*.
- Kværnø, S., H. Borch, I. Greipsland, A.-G. Blankenberg, H. Eggstad, og M. Bechmann (2014), Beregning av landbruksavrenning i et utvalg av vannområder i vannregion Glomma Bioforsk rapport 9 (37). 109 s.
- Paruch, A. (2020), ANALYSERAPPORT – FEKAL KILDESPORING, Resultater fra mai 2020, uke 20 NIBIO notat 1 s.
- Rohrlack, T., og S. Haaland (2017), Paleolimnologisk undersøkelse av Lundebyvannet i Eidsberg kommune MINA fagrapport 44 20 s.
- Sarpsborg kommune (2017), Tunevannet. Handlingsprogram 2017-2021. Vedtatt 23.05.2017. 35 s.
<https://www.sarpsborg.com/globalassets/dokumenter/samfunn/miljo/handlingsprogram-for-tunevannet-endelig-versjon-vedtatt-23.05.17.pdf>
- Skarbøvik, E., S. Haande, M. Bechmann, B. Skjelbred, og A. Isidorova (2022), Vannovervåking i Morsa 2021. Innsjøer, elver og bekker, november 2020-oktober 2021. NIBIO Rapport 49 (8). 60 s.
- Skarbøvik, E., P. Stålnacke, Ø. Kaste, og K. Austnes (2014), Trends in nutrients and metals in Norwegian rivers and point sources 1990–2009, *Hydrology Research*, 45(3), 441-454.

Appendix

Ordliste

E. coli og koliforme bakterier

Koliforme bakterier er en stor gruppe bakterier, som kan vokse både i vann og jordsmonn, og i tarmen til dyr og mennesker. Escherichia coli den eneste arten av koliforme bakterier som det er spesifikt krav om å analysere for i drikkevann. E. coli kan bare overleve i tarmen til varmblodige dyr, og er – sammen med intestinale enterokokker – en sikker indikator på avføring fra mennesker eller dyr. Drikkevannsforskriften angir at det ikke skal påvises koliforme bakterier i offentlig drikkevann. I private vannkilder bør ikke antallet koliforme bakterier overstige 10/100mL. Ved antall over 10 bør vannet kokes. Drikkevannsforskriften angir videre at det ikke skal påvises E.coli bakterier i offentlig drikkevann. I private vannkilder bør heller ikke E.coli påvises. Ved påvisning av E.coli bør vannet kokes.

Farge

Vannets farge gjenspeiler vannets innhold av løste organiske forbindelser. I overflatevannet er det stort sett vannets humusinnhold som er avgjørende for vannets farge og parameteren benyttes i praksis til å si noe om vannets innhold av humusstoffer.

Fosfor og fosfat (ortofosfat)

Totalfosfor (TOT-P) omfatter alle fosforforbindelsene i vannmassene – både det som er bundet til partikler og det som finnes løst. Partikkelbundet fosfor er det fosforet som er bundet i biologisk materiale og til uorganiske partikler. Alger har behov for en rekke næringsstoffer, men det er ofte fosfat det er minst av og som derfor bestemmer veksten og mengden av algene. Ortofosfat (orto-P) er den fosforfraksjonen som antas umiddelbart tilgjengelig for alger.

Karbon – totalt organisk (TOC)

Totalt organisk karbon er et uttrykk for vannets totale innhold av partikulære og løste organiske forbindelser. I overflatevannet er det stort sett vannets humusinnhold og vannets innhold av alger og dødt organisk materiale som bestemmer konsentrasjonen av TOC. Sammen med vannets farge vil TOC være nyttig for å vurdere den mengden av organisk materiale som skyldes humusstoffer og den mengden som skyldes annet organisk materiale (alger og lignende).

Klorofyll-a

Klorofyll-a er et pigment som er spesifikt for fotosyntetiserende organismer og denne parameteren benyttes ofte som et mål på mengden alger i vannmassene. Variasjonene i klorofyll-a følger i stor grad variasjonene i algevolumberegningene, men det vil derfor være en viss forskjell mellom klorofyll og algevolum avhengig av hvilke arter som dominerer planktonsamfunnet og av andre ytre forhold som for eksempel lystilgang.

Nitrogen, nitrat og ammonium

Total nitrogen (TN) omfatter alle nitrogenforbindelser i vannmassene. Nitrat (NO_3) er et viktig næringsstoff for alger i ferskvann. Selv om det er fosfor som oftest er vekstbegrensende på årsbasis i de fleste innsjøer, er det ikke uvanlig at nitrat er vekstbegrensende i deler av vekstsesongen, spesielt i næringsrike systemer. Ammonium (NH_4) kan imidlertid i slike perioder være kilde til nitrogen hvis konsentrasjonene er høye nok. I de tilfeller hvor nitrogen er vekstbegrensende næringsstoff kan dette medføre framvekst av nitrogenfikserende cyanobakterier, dvs. alger som kan utnytte atmosfærisk nitrogen.

Plantep plankton

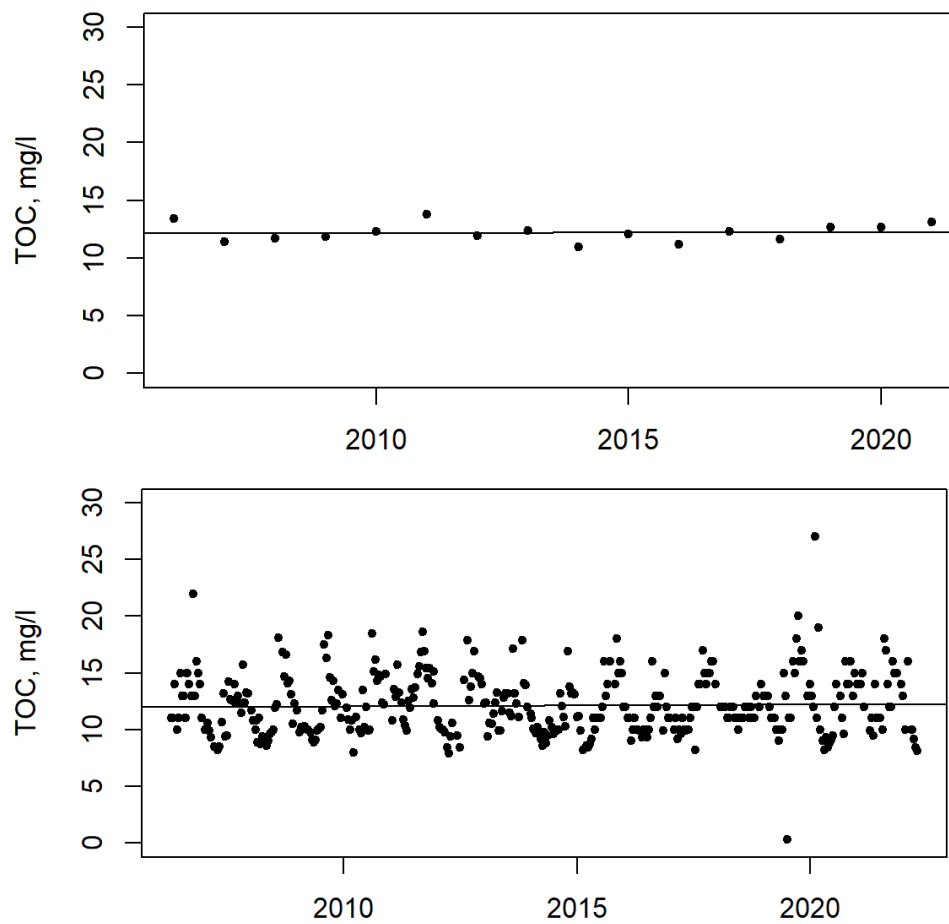
Plantep plankton er fotoautotrofe prokaryoter eller eukaryotiske alger som lever i vann der det er nok lys til å gjennomføre fotosyntese. Ordet «plankton» kommer fra gresk 'planktos' og betyr 'vandrer' eller 'en som driver rundt'. Eksempler på viktige plantep planktongrupper er diatoméer, cyanobakterier (eller blågrønnalger) og dinoflagellater. Gonyostomum semen er en nåleflagellat som finnes i enkelte av innsjøene i vannområdet. Den kan utnytte næringsstoffer fra bunnvannet, og den kan gi forholdsvis høye konsentrasjoner av klorofyll a i forhold til andre planktonarter.

Suspendert stoff - STS

Suspendert stoff er et mål på partikulært materiale (uorganisk og organisk) i vannmassene. Suspendert stoff bestemmes ved at vannet filtreres gjennom et filter og veies. Ved bestemmelse av gløderest gløder man bort det organiske materialet. Gløderesten er et mål på det uorganiske materialet i vannmassene.

Total organisk karbon i Rakkestadelva – figurer

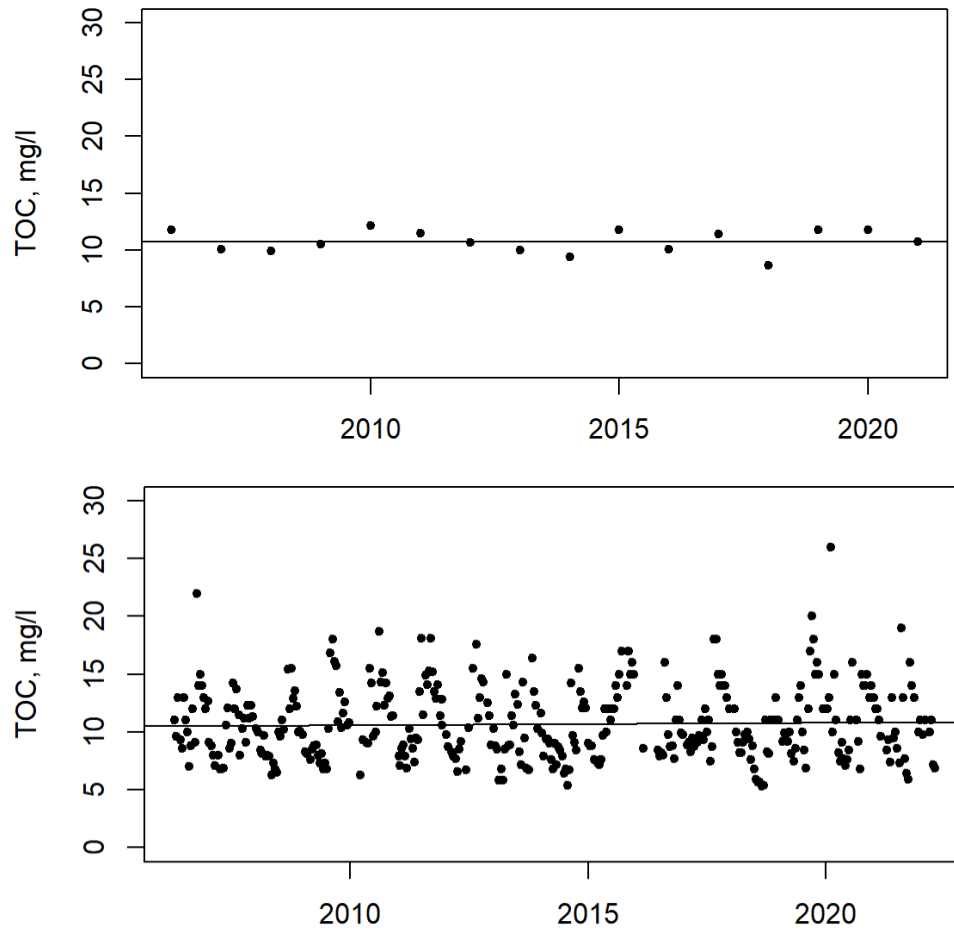
Trendanalyser av data fra 2006 viser at det ikke har vært noen signifikant økning i TOC i Rakkestadelva siden 2006 (p-verdi 0,84 for gjennomsnittlige verdier og 0,5 om alle data legges til grunn).



Figur A1. TOC i Rakkestadelva. Årsgjennomsnitt i øverste figur og alle data i nederste figur.

Total organisk karbon i Hæra – figurer

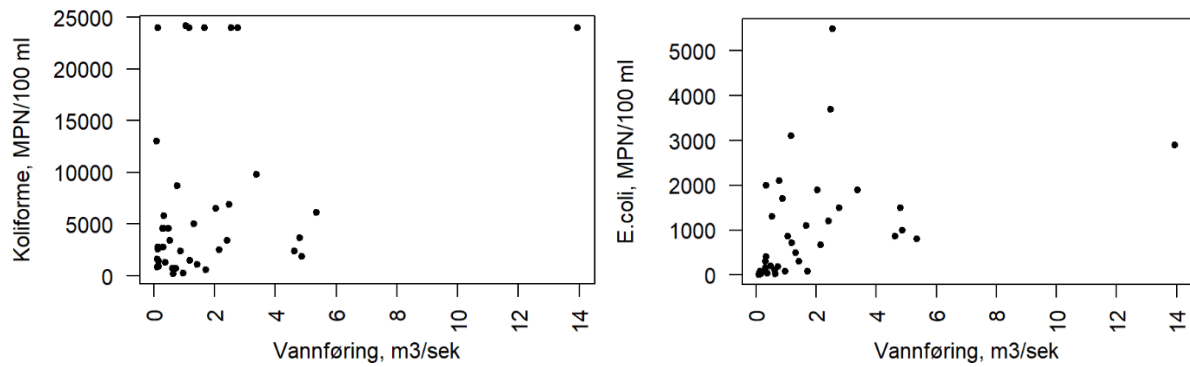
Trendanalyser av data fra 2006 viser at det ikke har vært noen signifikant økning i TOC siden 2006 (p-verdi 0,98 for gjennomsnittlige verdier og 0,51 om alle data legges til grunn).



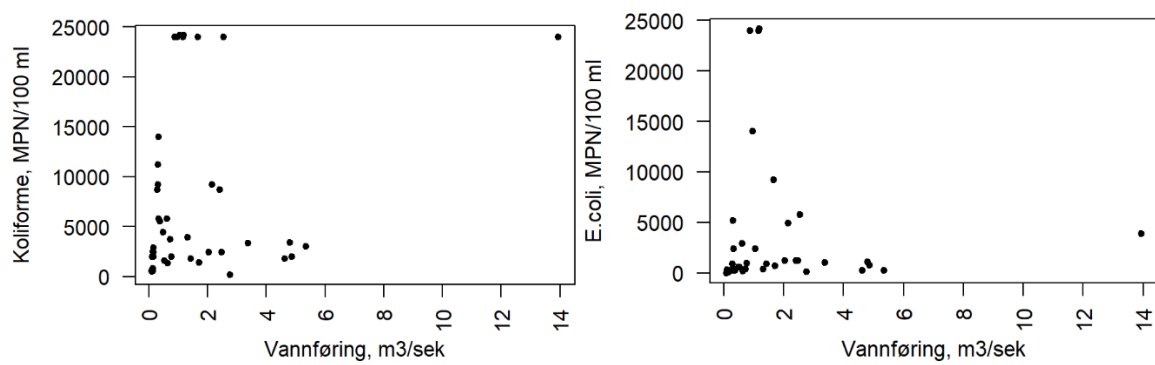
Figur A2. TOC i Hæra. Årsgjennomsnitt i øverste figur og alle data i nederste figur.

Tarmbakterier vs. vannføring og TOT-P i Rakkestadelva og Hæra

Figurene under viser koliforme bakterier (til venstre) og E-coli (til høyre) mot vannføring (målt i Hæra). Det ble ikke funnet noen signifikante sammenhenger.

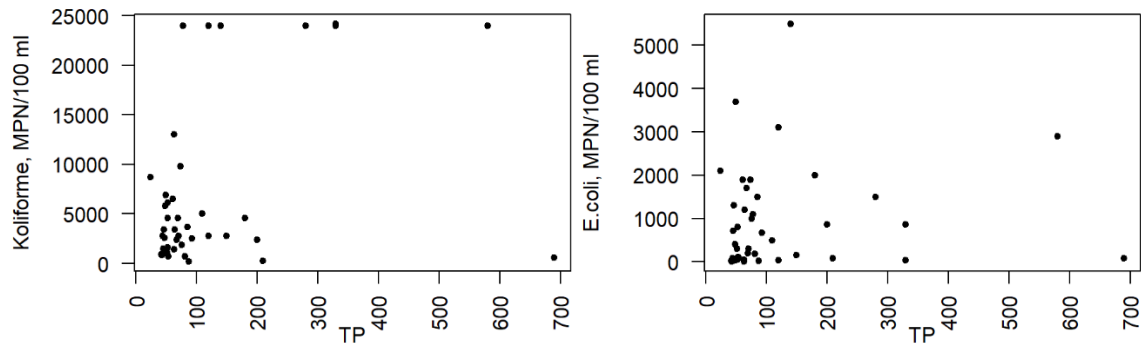


Figur A3. Koliforme tarmbakterier (t.v.) og e-coli (t.h) vs. vannføring i Rakkestadelva.

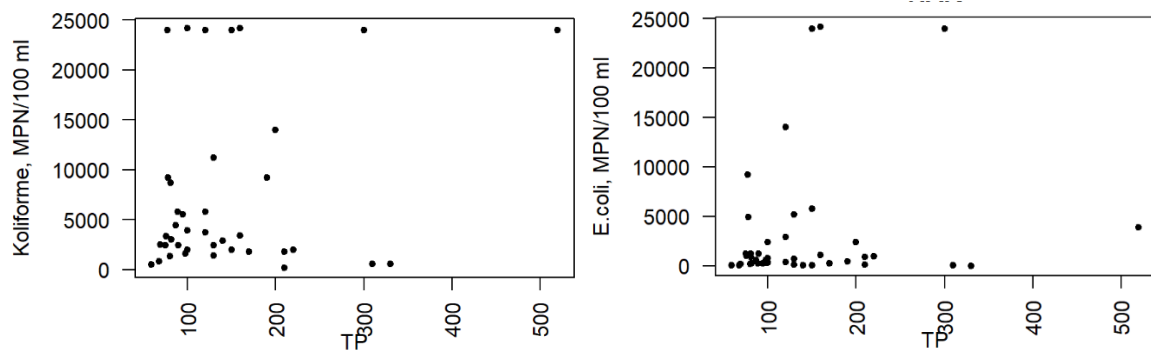


Figur A4. Koliforme tarmbakterier (t.v.) og e-coli (t.h) vs. vannføring i Hæra.

Figurene under viser koliforme bakterier (til venstre) og E-coli (til høyre) mot TOT-P ($\mu\text{g/l}$). Det ble ikke funnet noen signifikante sammenhenger.



Figur A5. Koliforme tarmbakterier (t.v.) og e-coli (t.h) vs. TOT-P ($\mu\text{g/l}$) i Rakkestadelva



Figur A6. Koliforme tarmbakterier (t.v.) og e-coli (t.h) vs. TOT-P ($\mu\text{g/l}$) i Hæra.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter.