PURA

Årungenvassdraget og Gjersjøvassdraget. Fosfor og planteplankton 2012 - 2020.

Oppdragsnr.: **5198072** Dokumentnr.: **03** Versjon: **J02** Dato: **2021-10-29**

Norconsult

Oppdragsgiver:	PURA
Oppdragsgivers kontaktperson:	Anita Borge
Rådgiver:	Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika
Oppdragsleder:	Trond Stabell
Fagansvarlig:	Trond Stabell
Andre nøkkelpersoner:	Leif Simonsen, Lisa Nielsen, Annelene Pengerud

Alle fotos: Norconsult

J02	2022-01-21	Til bruk	Trond Stabell	Annelene Pengerud	Trond Stabell
J01	2021-10-29	Endelig versjon	Trond Stabell	Annelene Pengerud	Trond Stabell
B03	2021-10-20	Utkast til kommentar	Trond Stabell	Annelene Pengerud	Trond Stabell
B02	2021-10-06	Utkast til kommentar	Trond Stabell	Annelene Pengerud	Trond Stabell
B01	2021-08-20	Utkast til kommentar	Trond Stabell		
Versjon	**Dato**	**Beskrivelse**	**Utarbeidet**	**Fagkontrollert**	**Godkjent**

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

PURA har i mange år overvåket elver, bekker og innsjøer i Årungenvassdraget og i Gjersjøvassdraget. Overvåkingsprogrammet som nå følges ble opprinnelig etablert ved oppstart av PURA i 2008, og deretter justert med jevne mellomrom frem til den overvåkingen som foregår i dag. Siden 2012 har dette programmet vært mer eller mindre uforandret.

Forhøyet vekst av planteplankton, såkalt eutrofiering, er en hovedutfordring i innsjøene i disse vassdragene. Som oftest er det tilgangen på fosfor som er begrensende faktor for veksten til planteplankton. I denne rapporten har vi derfor fokusert på innholdet av fosfor i innsjøene og deres tilførselsbekker. Vi har sett på den relative betydningen hver av tilførselsbekkene har for fosfortilførselen til innsjøene, og vi har gjort vurderinger av hvordan fosforinnholdet i bekkene har utviklet seg i tidsperioden 2012 – 2020. For å få til dette har vi sammenholdt målte fosforkonsentrasjoner mot samlet nedbør i perioden i forkant av prøvetakingen. Ved bruk av regresjonsanalyse kan vi da sammenlikne resultater fra ulike tidsperioder, uavhengig av hvordan nedbørforholdene har vært forut for prøvetakingen.

Tabellen under viser vår vurdering av hvordan utviklingen har vært fra perioden 2012 – 2017 til perioden 2018 – 2020 i de undersøkte tilførselsbekkene, og de tilhørende innsjøene. I Tussetjern, Nærevann og Midtsjøvann har det ikke blitt gjort undersøkelser i noen tilførselsbekker, kun i innsjøene.

De mest markante endringene i den siste treårsperioden sammenliknet med de seks foregående årene, er en nedgang av fosforkonsentrasjon i Storgrava, som er en av de største tilførselsbekkene til Årungen (Tabell S-1). Vi ser også en tydelig nedgang i både fosforinnhold og biomasse av planteplankton i Nærevann. Mest negativ utvikling fant vi i nedbørfeltet til Gjersjøen, spesielt i Greverudbekken, der vi har registrert en tydelig økning i fosforinnhold de seneste årene. Dette ser også ser ut til å ha gitt dårligere forhold i Gjersjøen (Tabell S-2).

For å oppfylle kravet om minst *god* tilstand i innsjøene (*svært god* i Tussetjern og Gjersjøen), har vi beregnet at reduksjonen i tilførsel av totalt reaktivt fosfor må være på 46% til Østensjøvann, 49% til Årungen, 43% til Kolbotnvann, 13% til Tussetjern, 24% til Nærevann, 50% til Midtsjøvann og 24% til Gjersjøen.

Tabell S-1. Tilførselsbekker og innsjøer i Årungenvassdraget. Fosforkonsentrasjon som er oppgitt for bekkene er nedbørkorrigert, dvs. framkommet ved bruk av formler for lineær regresjon mellom nedbørmengde og fosforkonsentrasjon. Gjennomsnittsverdi for totalt fosfor er vist for innsjøene. Biomasse av planteplankton i innsjøer er hvert år målt i perioden mai – oktober. Det er medianverdien for tidsperioden som er angitt.

Skibekken	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	**Vurdering av endring**
Totalt fosfor (µg/l)	90	81	- 9	Svak nedgang
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	61	51	- 19	
Skuterudbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	66	53	- 17	Svak nedgang
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	30	27	- 10	
Østensjøvann	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	**Vurdering av endring**
Totalt fosfor (µg/l)	77	70	- 10	Uforandret
Biomasse, planteplankton (mg/l)	3,1	3,8	23	

Bølstadbekken	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	**Vurdering av endring**
Totalt fosfor (µg/l)	69	68	- 1	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	22	26	19	
Norderåsbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	108	105	- 3	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	63	52	- 1	
Vollebekken				
Totalt fosfor (µg/l)	91	89	- 2	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	52	52	0	
Brønnerudbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	73	81	11	Svak økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	39	45	14	
Smebølbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	87	106	21	Svak økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	38	45	18	
Storgrava				
Totalt fosfor (µg/l)	129	103	- 20	Nedgang
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	86	58	- 33	
Årungen	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	**Vurdering av endring**
Totalt fosfor (µg/l)	39	38	- 3	Uforandret
Biomasse, planteplankton (mg/l)	1,9	1,8	- 5	

Tabell S-2. Tilførselsbekker og innsjøer i Gjersjøvassdraget. Oppgitt fosforkonsentrasjon er nedbørkorrigert og basert på gjennomsnitt. Biomasse av planteplankton i innsjøer er oppgitt som medianverdi.

Augestadbekken	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	**Vurdering av endring**
Totalt fosfor (µg/l)	72	80	11	Svak økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	45	53	17	
Skredderstubekken				
Totalt fosfor (µg/l)	51	52	2	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	27	28	7	
Midtoddveibekken				
Totalt fosfor (µg/l)	45	49	8	Svak økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	18	31	75	

Kolbotnvann	2012 - 2017	2018 - 2020	% endring	Vurdering av endring
Totalt fosfor (µg/l)	27	25	- 7	Uforandret
Biomasse, planteplankton (mg/l)	3,3	3,5	4	

Tussetjern	2012 - 2017	2018 - 2020	% endring	Vurdering av endring
Totalt fosfor (µg/l)	23	23	0	Uforandret
Biomasse, planteplankton (mg/l)	1,1	1,3	17	
Nærevann	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	
Totalt fosfor (µg/l)	45	32	- 29	Nedgang
Biomasse, planteplankton (mg/l)	2,1	1,5	- 29	
Midtsjøvann	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	
Totalt fosfor (µg/l)	45	44	- 2	Uforandret
Biomasse, planteplankton (mg/l)	2,3	2,3	1	

Fåleslora	2012 - 2017	2018 - 2020	% endring	Vurdering av endring
Totalt fosfor (µg/l)	26	35	34	Økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	8,6	12	35	
Kantorbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	32	29	- 9	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	6,9	6,3	- 9	
Greverudbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	48	71	48	Økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	18	38	119	
Dalsbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	58	57	- 1	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	22	17	- 23	
Tussebekken				
Totalt fosfor (µg/l)	18	23	29	Økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	2,3	4,0	75	
Gjersjøen	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	**Vurdering av endring**
Totalt fosfor (µg/l)	13	16	23	Økning
Biomasse, planteplankton (mg/l)	0,41	0,65	59	

Innhold

1	Innledning	**8**
2	Metoder	**9**
2.1	Elver og bekker	9
2.2	Innsjøer	11
2.3	Usikkerhet	12
2.4	Vurdering av utvikling over tid	12
3	Årungenvassdraget	**14**
3.1	Østensjøvann med tilløpsbekker	14
3.1.1	Nedbørfelt og tilløpsbekker	*14*
3.1.2	Økologisk tilstand i tilløpsbekker, 2012 – 2020	*15*
3.1.3	Nedbørkorrigerte fosforverdier i tilløpsbekker	*16*
3.1.4	Økologisk tilstand i Østensjøvann, 2012 - 2020	*18*
3.1.5	Beregnet reduksjon av fosfortilførsel fra nedbørfeltet for å oppnå god tilstand i Østensjøvann	*21*
3.1.6	Oppsummering, Østensjøvann med tilløpsbekker	*22*
3.2	Årungen med tilløpsbekker	23
3.2.1	Nedbørfelt og tilløpsbekker	*23*
3.2.2	Økologisk tilstand i tilløpsbekker, 2012 – 2020	*24*
3.2.3	Nedbørkorrigerte fosforverdier i tilløpsbekker	*25*
3.2.4	Økologisk tilstand i Årungen, 2012 - 2020	*27*
3.2.5	Beregnet reduksjon av fosfortilførsel fra nedbørfeltet for å oppnå god tilstand i Årungen	*29*
3.2.6	Oppsummering, Årungen med tilløpsbekker	*29*
4	Gjersjøvassdraget	**31**
4.1	Kolbotnvann med tilløpsbekker	31
4.1.1	Nedbørfelt og tilløpsbekker	*31*
4.1.2	Økologisk tilstand i tilløpsbekker, 2012 – 2020	*32*
4.1.3	Nedbørkorrigerte fosforverdier i tilløpsbekker	*33*
4.1.4	Økologisk tilstand i Kolbotnvann, 2012 - 2020	*34*
4.1.5	Beregnet reduksjon av fosfortilførsel fra nedbørfeltet for å oppnå god tilstand i Kolbotnvann	*36*
4.1.6	Oppsummering, Kolbotnvann med tilløpsbekker	*37*
4.2	Tussetjern	38
4.2.1	Nedbørfelt	*38*
4.2.2	Økologisk tilstand i Tussetjern, 2012 - 2020	*39*
4.3	Nærevann	42
4.3.1	Nedbørfelt	*42*

4.3.2 Økologisk tilstand i Nærevann, 2012 - 2020 *42*
4.4 Midtsjøvann 46
4.4.1 Nedbørfelt *46*
4.4.2 Økologisk tilstand i Midtsjøvann, 2012 - 2020 *46*
4.5 Gjersjøen med tilløpsbekker 50
4.5.1 Nedbørfelt og tilløpsbekker *50*
4.5.2 Økologisk tilstand i tilløpsbekker, 2012 – 2020 *51*
4.5.3 Nedbørkorrigerte fosforverdier i tilløpsbekker *52*
4.5.4 Økologisk tilstand i Gjersjøen, 2012 - 2020 *54*
4.5.5 Beregnet reduksjon av fosfortilførsel fra nedbørfeltet for å oppnå god tilstand i Gjersjøen *56*
4.5.6 Oppsummering, Gjersjøen med tilløpsbekker *57*
Vedlegg **58**
A Årungenvassdraget 58
B Gjersjøvassdraget 62

1 Innledning

På oppdrag for PURA (vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget) utfører Norconsult undersøkelser i innsjøene Kolbotnvann, Tussetjern, Nærevann, Midtsjøvann, Gjersjøen, Østensjøvann, Årungen og Pollevann i Viken fylke. Formålet med overvåkingen er å vurdere tilstanden i innsjøene ut fra påvirkningen eutrofiering (næringsstoffer). Dette gjøres ved analyse av planteplankton i innsjøene og enkelte vannkjemiske målinger. I tillegg utføres målinger av totalt fosfor (TP), totalt reaktivt fosfor (TRP) og en del andre vannkjemiske analyser i tilløpsbekker til disse innsjøene. Tilsvarende gjøres i bekker som har utløp til Bunnefjorden. Både innsjøene og bekkene inngår i en årlig overvåking som har pågått i mange år. Overvåkingsprogrammet som nå følges ble opprinnelig etablert ved oppstart av PURA i 2008 og deretter justert med jevne mellomrom frem til dagens overvåkingsprogram.

Resultatene for den årlige overvåkningen blir presentert i en egen rapport[1]. I tillegg til årsrapportene vil det utarbeides egne rapporter for vurdering av utviklingstrekk i bekkene og innsjøene fra 2012 og fram til i dag. Denne rapporten er den første i den serien. Her har vi spesielt fokus på fosforinnhold i alle de undersøkte tilførselsbekkene i Årungen- og Gjersjøvassdraget, og i tillegg forekomsten av planteplankton i innsjøene.

Vassdragene ender i Bunnefjorden og Bunnebotten, og har dermed også innvirkning på vannkvaliteten der. Rapport nummer to i denne serien tar nettopp for seg alle tilløp til Bunnefjorden og Bunnebotn, både fra Årungenvassdraget og Gjersjøvassdraget, og fra bekker innenfor PURA-området som har direkte utløp til sjøen.

Overvåkingen i den marine delen skjer i regi av *Fagrådet for vann og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord* (Fagrådet).

Det har vært flere ulike aktører involvert i dette arbeidet. I perioden 2012 – 2015 ble både feltarbeid og rapportering utført av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA). De hadde fortsatt ansvaret for rapporteringen i perioden 2016 – 2019, men da utførte Faun Naturforvaltning feltarbeidet. I 2020 og 2021 er det Norconsult som har vært ansvarlig både for feltarbeid og rapportering. Vannkjemiske analyser ble utført av laboratoriet til NIVA i perioden 2012 – 2015, mens Eurofins AS har utført analysene fra og med 2016. Unntaket er analysen av totalt reaktivt fosfor (TRP), som har blitt utført av Nordre Follo kommune (tidligere Ski kommune), og bakteriologiske analyser som i hele perioden har blitt utført av Eurofins. Birger Skjelbred (NIVA) analyserte prøvene for planteplankton i perioden 2012 – 2015, mens det fra og med 2016 er Trond Stabell (Faun 2016 – 2018, Norconsult 2019 – d.d.) som har utført denne analysen. Tor Bergan (Nordre Follo kommune) har i hele perioden deltatt i feltarbeidet, Anita Borge (vannområdeleder i PURA), temagruppe Biologi/Limnologi og flere andre fra de involverte kommunene har også deltatt aktivt i overvåkingsprogrammet.

[1] arsrapp_PURA-2020-langversjon_ENDELIG-for-publisering_20210917.pdf

2 Metoder

Metodikk som er benyttet under feltarbeid og ved analyse av prøver er beskrevet i årsrapportene til PURA, og gjentas ikke her. Det samme gjelder for beregning av nEQR-verdier og fastsettelse av økologisk tilstand. I denne rapporten har vi analysert og bearbeidet overvåkningsdata for en nærmere vurdering av utvikling i vannkvalitet i perioden 2012 – 2020. Metoden som er benyttet er beskrevet under.

2.1 Elver og bekker

Fosfor er vanligvis det begrensende næringsstoffet for planteplankton, og i et stort datamateriale vil vi se at økt fosforkonsentrasjon gir økt mengde av planteplankton. I de fleste innsjøer kommer mesteparterten av fosforet fra innsjøens nedbørfelt. Noe fosfor løser seg i vannet som tilføres nedbørfeltet, og via elver og bekker, eller via diffus avrenning, ender dette i den nedenforliggende innsjøen. Kjenner vi fosforkonsentrasjonen og vanntilførselen, kan vi dermed beregne den totale fosfortilførselen til innsjøen. I praksis kjenner vi imidlertid sjelden vannføringen til de ulike tilførselsbekkene, eller hva konsentrasjonen av fosfor i disse til enhver tid er. Det vanligste er derfor å gjøre et begrenset antall målinger i løpet av en tidsperiode, og ut fra disse beregne en gjennomsnittlig konsentrasjon.

I rennende vann vil vannkjemiske parametere variere mye, i stor grad fordi vannføringen raskt endrer seg ut fra mengden tilført nedbør. Målinger av fosforinnhold f.eks. en gang per måned gir dermed bare et øyeblikksbilde. Vi vet som regel heller ikke hvordan vannføringen påvirker konsentrasjonen. Dersom fosfortilførselen er tilnærmet konstant, vil høy vannføring gi lavere konsentrasjon, men hvis tilførselen øker med økt nedbør kan vi finne at konsentrasjonen øker med økt vannføring. Disse faktorene gjør at en årlig gjennomsnittsverdi for fosfor, f.eks. basert på en prøve per måned, blir svært usikker. Når vi ikke kjenner vannføringen blir det heller ikke mulig å gjøre gode beregninger av fosfortilførselen fra en gitt bekk til en innsjø.

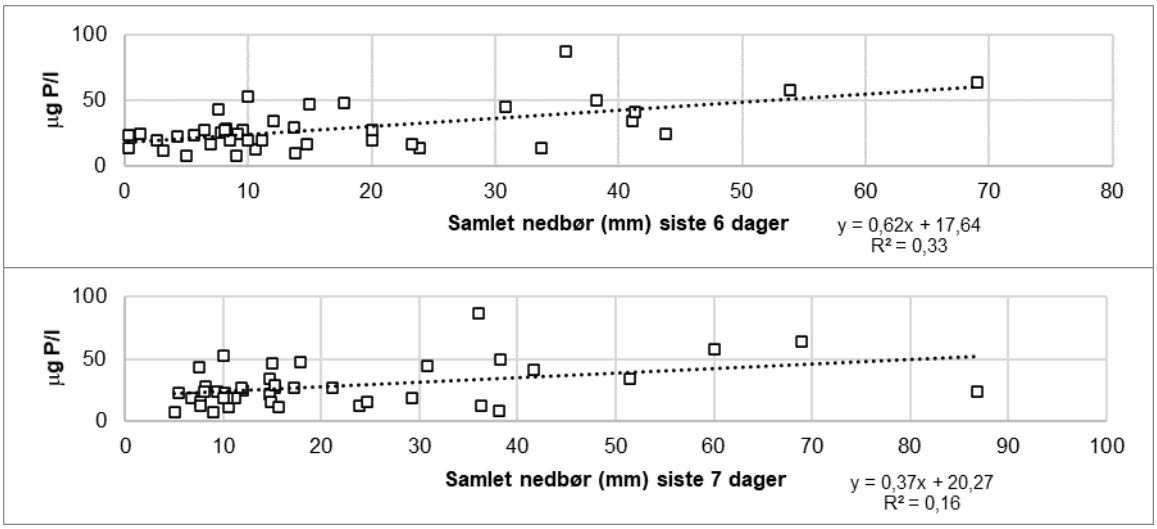
PURA har i hele perioden fra 2012 – 2020 utført månedlige målinger av konsentrasjonen av totalt fosfor og totalt reaktivt fosfor i et stort antall bekker og elver. Et datasett av denne størrelsen gir oss mulighet til å få noe informasjon om hvordan tilført nedbør påvirker fosforkonsentrasjonen i bekkene. Dette gjør det mulig å estimere en fosforkonsentrasjon ved en gitt nedbørmengde. Dersom vi på denne måten fjerner nedbørmengden som en variabel, altså at vi korrigerer for nedbørmengden, gir det oss i neste omgang mulighet til å vurdere hvordan fosforkonsentrasjonen har utviklet seg over tid. Under benytter vi Skuterudbekken, som er en tilførselsbekk til Østensjøvann, som et eksempel for å vise hvordan vi har gjort dette.

1. Vi har hentet ut nedbørdata for perioden 2012 – 2020 fra målestasjonen Meteorologisk institutt har ved NMBU i Ås. Denne ligger omtrent midt i det området av bekker som undersøkes.

2. På vinteren kan nedbøren komme som snø, og da vil enhver sammenheng mellom nedbørmengde og vannføring bryte sammen. I tillegg forventer vi at fosfortilførsler i vekstsesongen har større betydning for forekomsten av planteplankton i innsjøer enn tilførsler som kommer i vinterperioden. Vi har for hvert år derfor kun benyttet nedbørdata i perioden fra 1. april til 1. november.

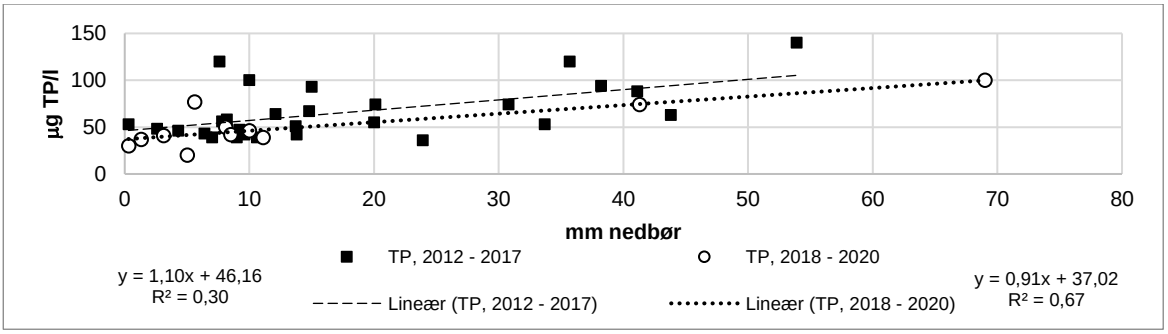
3. Et nedbørfelts størrelse, vegetasjon, jordsmonn og en rekke andre faktorer vil påvirke hvor lang tid det tar før falt nedbør gir tydeligst utslag på konsentrasjonen av næringsstoffer i bekken vi gjør målingene i. Ved å benytte lineær regresjon kan vi se når sammenhengen mellom nedbørmengde og fosforkonsentrasjon er størst. Dette er gjort både for TRP og for totalt fosfor (TP). I eksempelet fra Skuterudbekken har vi vist hvordan dette så ut for to tidsperioder ved bruk av TRP (Figur 2-1). Jo nærmere determinasjonskoeffisienten (r^2) er verdien 1, jo bedre sammenheng er det mellom nedbørmengden og fosforkonsentrasjonen. Den viser at samlet nedbør siste 6 dager før

prøvetakingen samsvarte bedre med målt fosforkonsentrasjon enn den samlede nedbøren de siste 7 dagene. Hele intervallet fra 4 – 12 dager ble testet, men ingen av de øvrige dagene ga i dette tilfellet en høyere r^2-verdi. For denne bekken har vi derfor antatt at nedbørfeltet har karaktertrekk som gjør at den samlede nedbøren de 6 siste dagene før prøvetaking gir best samsvar med fosforkonsentrasjonen i bekken.



Figur 2-1. Skuterudbekken. Konsentrasjon av totalt reaktivt fosfor (TRP) mot samlet nedbør siste 6 dager før prøvetaking (øvre figur) og siste 7 dager før prøvetaking (nedre figur). Data fra perioden 2012 – 2020.

4. For å kunne sammenlikne fosforkonsentrasjonen i samme bekk for ulike tidsperioder må vi velge ut et punkt på x-aksen (samlet nedbør). Ytterkantene i Figur 2-1 bør unngås, og vi valgte en nedbørsmengde på 3 mm pr. dag. Det betyr at for Skuterudbekken benytter vi x = 18 (3 mm pr. dag x 6 dager). I Figur 2-2 er dette vist for totalt fosfor (TP). For perioden 2012 – 2017 benytter vi regresjonsformelen og får: TP = 1,10 x 18 + 46,16 ≈ 66 µg P/l, mens perioden 2018 – 2020 gir: TP = 0,91 x 18 + 37,02 ≈ 54 µg P/l. Det er altså disse to verdiene som sammenliknes. Dersom vi i en annen bekk finner at sammenhengen mellom samlet nedbør og fosforkonsentrasjon er best etter for eksempel 10 dager, sammenlikner vi fosforverdiene ved x = 30 (3 mm dag x 10 dager).



Figur 2-2. Skuterudbekken. Sammenheng mellom konsentrasjon av totalt fosfor (TP) og nedbør siste 6 dager før prøvetaking for periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020.

5. I perioder med svært lite nedbør ser vi at fosforkonsentrasjonen i bekkene kan være opp til 10 ganger høyere enn ellers. Likevel kan fosfortilførselen til innsjøene være lav på grunn av meget beskjeden avrenning. Vi har derfor fjernet alle data fra datasettet der samlet nedbør siste 7 dager før prøvetakingen har vært lavere enn 5 mm.

6. På grunn av betydelige usikkerheter i forholdet mellom nedbørmengde og fosforkonsentrasjon, vil det ikke la seg gjøre å sammenlikne resultater fra år til år med metoden beskrevet over. Vi mener det er mest hensiktsmessig å sammenlikne 6-års perioder. Med data fra de 9 siste årene har vi i denne rapporten derfor sammenliknet resultatene fra perioden 2012 – 2017 med de fra perioden 2018 – 2020.

7. Siden vi ikke kjenner vannføringen til bekkene, kan vi ikke beregne total fosfortilførsel til innsjøene. Vi har imidlertid antatt at vannføringen til hver enkelt bekk er proporsjonal med størrelsen på nedbørfeltet til bekken. På bakgrunn av gjennomsnittlig årlig fosforkonsentrasjon, størrelse på nedbørfeltet og avrenning fra nedbørfeltet (hentet fra Nevina[2]), gir det oss mulighet til å beregne den *relative* betydningen til ulike tilførselsbekker. I Skuterudbekken var gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt reaktivt fosfor (TRP) i 2020 på 32,3 µg/l (= 0,0323 mg/l), nedbørfeltet er på 4,7 km^2 og avrenningen fra nedbørfeltet er oppgitt til 17,2 l/(sek x km^2)

Tilførsel fra Skuterudbekken: $= \frac{0{,}0323\,\frac{\text{mg P}}{\text{L}}\text{ x }4{,}7\text{ km}^2\text{x }17{,}2\,\frac{\text{L}}{\text{sek x km}^2}\text{ x }3{,}15\text{ x }10^7\,\frac{\text{sek}}{\text{år}}}{1{,}0\text{ x }10^6\,\frac{\text{mg}}{\text{kg}}} = 82{,}4\ \frac{kg\ P}{\text{år}}$

Tilsvarende beregning for Skibekken, som er den andre undersøkte tilførselsbekken til Østensjøvann, ga 75,1 kg P/år. Disse verdiene viser ikke den reelle tilførselen, men hvis premisset om proporsjonalitet mellom vannmengde og størrelse på nedbørfelt holder, vil det relative forholdet mellom dem være korrekt. Fra disse beregningene finner vi da at av den totale tilførselen fra disse to bekkene, utgjør tilførselen fra Skuterudbekken utgjør 52% mens den fra Skibekken utgjør 48%.

I Vedlegg A og Vedlegg B vises for hver bekk alle enkeltmålinger av totalt fosfor og totalt reaktivt fosfor for perioden 2012 – 2020, samt figurer av typen vist i Figur 2-2.

2.2 Innsjøer

I denne rapporten har vi for hver av de undersøkte innsjøene hentet inn data for totalt fosfor, klorofyll *a*, biomasse av planteplankton, indeksverdi for artssammensetning av planteplankton (PTI) og høyeste biomasse av cyanobakterier per sesong (Cyanomax) fra portalen Vannmiljø. Der hvor data har manglet i vannmiljø har vi supplert med rapporterte verdier i de publiserte årsrapportene fra PURA. Fra disse datasettene har vi beregnet sesongmessig gjennomsnittsverdi for alle parametere, bortsett fra Cyanomax, der sesongens høyeste verdi er benyttet.

På bakgrunn av disse parameterne beregnes en nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton[3], og hver av tilstandsklassene er gitt sin egen farge. Tilstanden etter påvirkningen *eutrofiering* vurderes som *svært god* (blå), *god* (grønn), *moderat* (gul), *dårlig* (oransje) og *svært dårlig* (rød).
For å se på utviklingen i perioden 2012 – 2020 sammenlikner vi gjennomsnittsverdiene for totalt fosfor og for biomasse av planteplankton for hvert år, og benytter lineær regresjon på dette datamaterialet. I tillegg

[2] https://nevina.nve.no/
[3] For beregning av nEQR-verdi, se klassifiseringsveilederen (02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann (vannportalen.no))

sammenholder vi alle målte verdier i perioden 2012 – 2017 mot de fra 2018 – 2020. Det benyttes en T-test for å vurdere sannsynligheten for at de to datasettene er forskjellige. Samlet danner dette grunnlaget for om vi vurderer forholdene i innsjøene som uforandret, eller om fosforinnholdet eller mengden av planteplankton har økt eller avtatt de siste tre årene (2018 – 2020) sammenliknet med de seks foregående årene (2012 – 2017).

Litt ulike metoder har blitt benyttet for å komme fram til beste estimat på hvor stor reduksjon i fosforkonsentrasjon i hver enkelt innsjø som må til for å gi en forekomst av planteplankton som minst tilsier *god* tilstand. Aktuell metode beskrives i avsnittet der innsjøen omtales.

Vi har antatt at reduksjonen av totalt reaktivt fosfor (TRP) i tilførselsbekkene må være den samme som reduksjonen av totalt fosfor i innsjøene for at målet om minst *god* tilstand i innsjøene skal nås.

2.3 Usikkerhet

Det er betydelige usikkerheter i tilnærmingsmåten vi har beskrevet i avsnitt 2.1.

Hovedproblemene er:

- Avrenningen fra nedbørfeltet ved en gitt nedbørmengde er avhengig av faktorer som fordamping og av hvor mettet jorda er på vann fra før.
- I eksempelet fra Skuterudbekken ser vi på samlet nedbør de siste 6 dagene før prøvetakingen, men vi tar ikke hensyn til når i denne perioden nedbøren kommer. Erosjon og avrenning vil være helt annerledes om for eksempel 20 mm nedbør kommer i løpet av ett døgn, enn hvis samme mengde nedbør fordeles jevnt over denne seksdagersperioden.
- I våre beregninger har vi antatt et det er en proporsjonalitet mellom størrelsen på et nedbørfelt og vannføringen i bekken. Dette vil ikke alltid være tilfelle.
- De største elvene, som Gjersjøelva og Årungenelva, har store nedbørfelt, men før vannet når ned til prøvepunktene har det passert en eller flere innsjøer. Her sedimenteres mye partikler, og næringsstoffer som fosfor og nitrogen omsettes i næringskjedene i innsjøen. Vi kan derfor ikke forvente at sammenhengen mellom nedbør og konsentrasjonen av næringsstoffer i store elver blir den samme som i bekker hvor det ikke ligger en innsjø høyere opp i nedbørfeltet.
- Dersom et prøvepunkt ligger like nedstrøms en innsjø vil vi normalt få en lavere konsentrasjon av TRP enn dersom det er stor avstand fra innsjøen og til prøvepunktet, eventuelt at det ikke er noen innsjø oppstrøms prøvepunktet. Årsaken til dette er at planteplankton i innsjøer effektivt tar opp lett tilgjengelige fosforfraksjoner som TRP, og at konsentrasjonen i vannet derfor til enhver tid holdes lav.
- Vi har registrert nedbørmengde på en målestasjon (NMBU, Ås), og antatt at denne er representativ for nedbøren i hele undersøkelsesområdet. Dette området er ikke veldig stort, men likevel kan det forekomme nedbørsepisoder hvor det er stor forskjell på hvor mye regn som tilføres de ulike nedbørfeltene.

Til tross for betydelig usikkerhet, mener vi at beregning av nedbørkorrigerte fosforverdier gir en bedre mulighet til å vurdere utviklingen i bekken over tid enn ved å se på konsentrasjonsverdier alene. Det er imidlertid behov for relativt mye data for å få et utslag som er tilstrekkelig stort til at det trenger gjennom den støyen som disse usikkerhetene gir. I analysene mener vi det derfor bør inngå data fra minst tre år, og i denne undersøkelsen har vi derfor sammenliknet resultatene fra de siste tre årene (2018 – 2020) med de seks foregående (2012 – 2017).

2.4 Vurdering av utvikling over tid

Vi har benyttet en fem-delt skala for å vurdere utviklingen av fosforinnhold eller mengden av planteplankton i lokalitetene over tid; nedgang – svak nedgang – uforandret – svak økning – økning.

I denne vurderingen har vi benyttet beste faglige skjønn. For elvene og bekkene har vi blant annet sett på om hele rådatamaterialet viser samme tendens som nedbørkorrigerte data, og om utviklingen er den samme både for totalt fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP). Dersom alle disse indikerte samme retning, har vi ment at utslaget bør være minst 10-15% for at vi skal karakterisere det som en *svak endring*, og minst 20% for at vi sier at det er en klar *endring*.

De aller fleste av elvene og bekkene i PURA – området er leirpåvirket. Dette kan skape flere vanskeligheter ved tilstandsvurderinger, blant annet at TP da gir et relativt dårlig bilde på graden av eutrofiering. Årsaken til dette er at leirpartiklene inneholder fosfor som i svært liten grad er tilgjengelig for vekst hos planter eller alger. Ved måling av TRP utelukker vi fosfor som finnes i selve leirpartiklene, og denne fosforfraksjonen er derfor trolig en bedre indikator på tilførselen av næringsstoffer til rennende vann enn TP. I denne rapporten legger vi i de fleste tilfeller større vekt på utviklingen vi ser i TRP enn i TP. I beregninger for hvor store fosforreduksjoner som kreves for å oppnå målet om *god* økologisk tilstand, er det også TRP vi benytter.

I innsjøer etableres samfunn av planteplankton, noe vi ikke finner i rennende vann. I og med at fosfor vanligvis er begrensende element for planteplankton i ferskvann, blir tilgjengelig fosfor raskt og effektivt tatt opp av algecellene. Dette resulterer i at konsentrasjonen av TRP i innsjøer som oftest er svært lav i vekstsesongen. Til tross for problemer knyttet til TP, anses TP dermed vanligvis som den beste vannkjemiske indikatoren på trofigraden i innsjøer. Det er da også TP som systematisk blir målt i innsjøene som overvåkes i PURA.

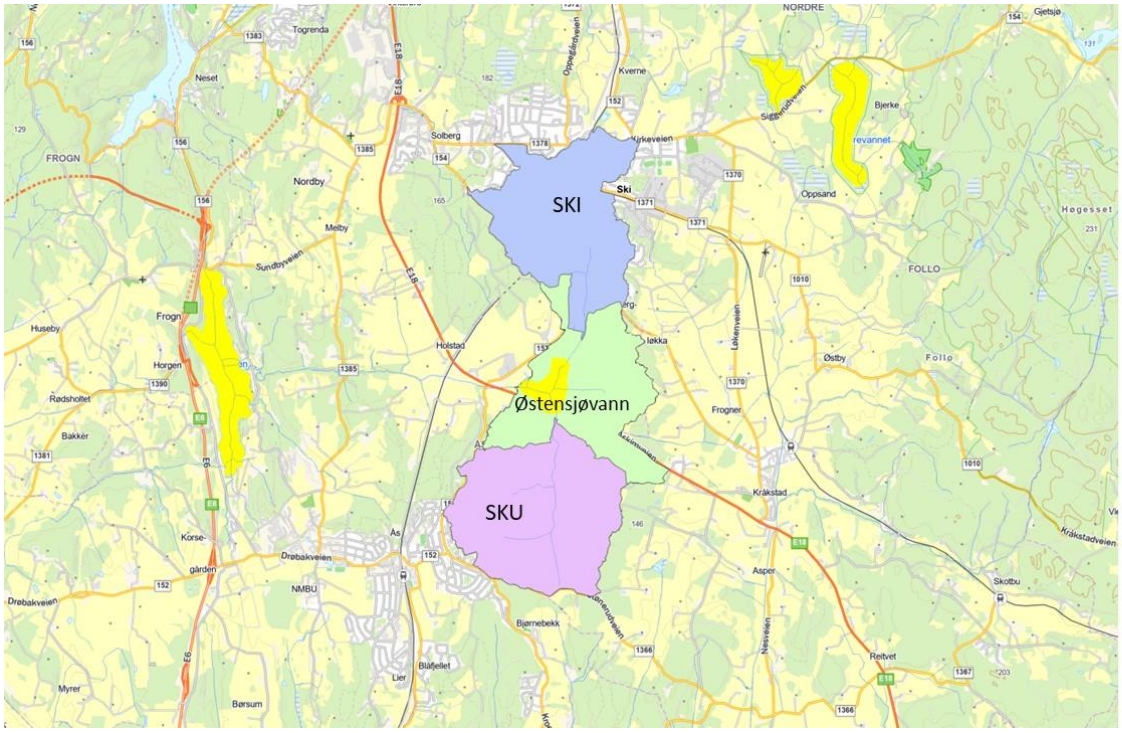
3 Årungenvassdraget

3.1 Østensjøvann med tilløpsbekker

3.1.1 Nedbørfelt og tilløpsbekker

Nedbørfeltet til Østensjøvann er på 12,9 km^2. I nord dekker dette store deler av Ski sentrum, mens det både rundt innsjøen og i sør er mye landbruksvirksomhet.

Innsjøen er relativt grunn med et maksimaldyp på ca. 7 meter. I tillegg ligger den åpent og er sterkt vindeksponert. Med en stor andel av sedimentoverflaten på grunt vann og kraftig vannomrøring må vi forvente betydelig resuspensjon av sedimenter i vannmassene. I tillegg til ekstern tilførsel av næringssalter, kan dette representere en intern fosforkilde for planteplanktonet i innsjøen. Forutsetningene for at Østensjøvann skal kunne oppnå *god* økologisk tilstand er dermed vanskeligere enn i innsjøer som er dypere og mer vindbeskyttet.



Figur 3-1. Nedbørfeltet til Østensjøvann. Farge på vannforekomstene indikerer økologisk tilstand som angitt i Vann-Nett pr. 1/1-22 (gul = moderat).

Østensjøvann ble i 1992 fredet som et naturreservat, og er et viktig våtmarksområde. Utløpsbekken fra innsjøen, Bølstadbekken, er den største tilførselsbekken til Årungen, og påvirker dermed vannkvaliteten der. Alt dette er faktorer som gjør at det bør være et sterkt fokus på å redusere tilførsel av næringssalter og annen forurensning til Østensjøvann.

De to viktigste tilførselsbekkene til Østensjøvann er Skibekken fra nord, og Skuterudbekken fra sør.

Nedbørfeltet til Skibekken ved prøvepunktet er på 2,6 km^2, mens det til Skuterudbekken er nesten dobbelt så stort med 4,7 km^2. Av det totale bekkearealet som undersøkes utgjør nedbørfeltet til Skibekken 36% og det til Skuterudbekken 64%. Til sammen dekker bekkene ved prøvestasjonene nesten 57% av nedbørfeltet til

Østensjøvann. Skibekken får blant annet tilførsler fra Ski sentrum, og urbane områder utgjør ca. halvparten av nedbørfeltet ved prøvestasjonen. I Skuterudbekken er imidlertid den urbane andelen lav, mens dyrket mark utgjør hele 60%. Ser vi på hele nedbørfeltet til Østensjøvann utgjør dyrket mark akkurat halvparten, skog en fjerdedel og urbane områder noe over 10% (Tabell 3-1).

Tabell 3-1. Nedbørfeltparametere for Østensjøvann og de to største tilførselsbekkene til innsjøen.

Tilførsel	Areal (km^2)	Nedbørfelt				Avrenning (L/sek x km^2)
		Leire, %	Dyrket mark, %	Urban, %	Skog, %	
Skibekken	2,6	52	14	46	13	17,5
Skuterudbekken	4,7	52	59	6	32	17,2
Øvrig areal	5,6					
Østensjøvann	**12,9**	**69**	**50**	**13**	**25**	

3.1.2 Økologisk tilstand i tilløpsbekker, 2012 – 2020

For leirpåvirkede bekker er det for fosforinnhold bare satt klassegrense mellom *god* og *moderat* tilstand. Tilstandsklassen *moderat* bør derfor tolkes som *moderat eller dårligere*, mens *god* bør tolkes som *god eller svært god*. For bekker med leirdekningsgrad på over 50% er denne grensen satt til 80 µg/l for totalt fosfor, og på 10 µg/l for fosfat. I PURA – overvåkingen benyttes imidlertid totalt reaktivt fosfor. Denne fosforfraksjonen måles på ufiltrerte prøver, mens analysen av fosfat gjøres på filtrerte prøver. Fosfat og TRP kan derfor ikke sammenliknes direkte, og derfor bruker vi heller ikke denne grenseverdien på 10 µg/l for fosfat i tilstandsvurderingen. Skibekken havner da de fleste årene i klassen *moderat* for totalt fosfor (Tabell 3-2), mens Skuterudbekken i alle årene siden 2012 har hatt en gjennomsnittlig konsentrasjon av TP på under 80 µg/l. TRP – verdiene er også gjennomgående mye lavere i Skuterudbekken enn i Skibekken (Tabell 3-3).

Av de biologiske parameterne har påvekstalger gitt omtrent like resultater i de to bekkene, mens samfunnet av bunndyr har gitt klart bedre resultat i Skuterudbekken enn i Skibekken. Det er for få registreringer av påvekstalger og bunndyr til å påpeke noen utvikling over tid, men bunndyrindeksen ASPT har gitt stadig høyere verdier i Skuterudbekken, noe som kan indikere en bedring. Ytterligere data for bunndyr de nærmeste årene vil avdekke med større grad av sikkerhet om det siden 2014 har skjedd en forbedring av levevilkårene for de mer forurensingsfølsomme artene i denne bekken.

Tabell 3-2. Skibekken. Økologisk tilstand i perioden 2012 – 2020. Fosforkonsentrasjon oppgitt som årsmiddel.

Skibekken	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Totalt fosfor (µg/l)	103	103	102	70	135	63	82	64	93
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	72	79	73	47	81	44	63	48	52
Bunndyr (ASPT)			3,00		4,80			3,00	
Påvekstalger (PIT)	24,5	25,5			15,3			16,9	

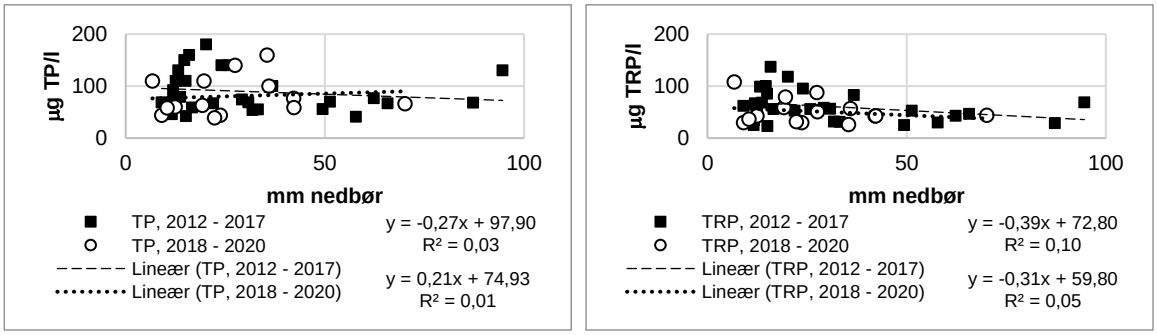
Tabell 3-3. Skuterudbekken. Økologisk tilstand i perioden 2012 – 2020. Fosforkonsentrasjon oppgitt som årsmiddel.

Skuterudbekken	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Totalt fosfor (µg/l)	60	68	78	51	51	54	37	41	79
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	28	25	36	23	21	26	17	20	32
Bunndyr (ASPT)			4,77		5,50			6,00	
Påvekstalger (PIT)	25,4	29,1			21,9			19,7	

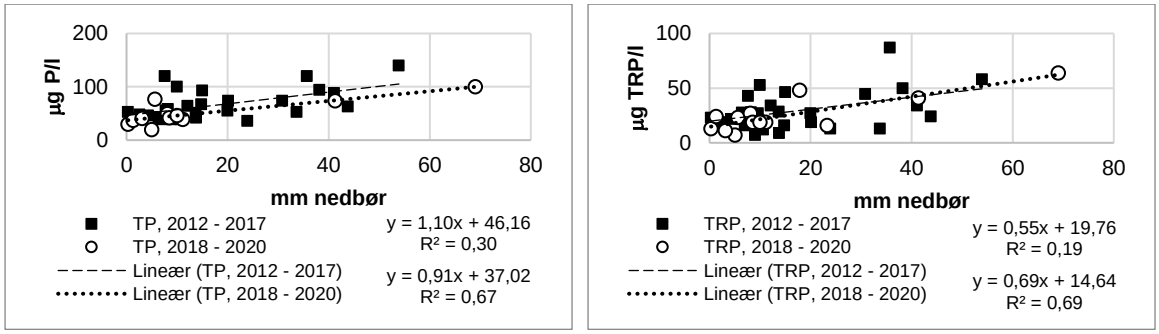
3.1.3 Nedbørkorrigerte fosforverdier i tilløpsbekker

Verken for TP eller TRP klarer vi å se en tydelig utvikling for perioden 2012 – 2020 (se vedlegg A, Figur V-A-1 og Figur V-A-2). I rennende vann vil vannkjemiske parametere imidlertid variere mye, i stor grad fordi vannføringen raskt endrer seg ut fra mengden tilført nedbør. I Figur 3-2 har vi plottet fosformålingene fra månedene april - oktober for perioden 2012 – 2017 mot akkumulert nedbør i forkant av prøvetakingen. Disse har vi så sammenliknet med tilsvarende data for perioden 2018 – 2020. Det ble utført en lineær regresjonsanalyse mellom registrert fosforkonsentrasjon og summen av falt nedbør (mm) de foregående ti dagene i Skibekken og de foregående seks dagene i Skuterudbekken. Etter å ha testet akkumulert nedbør i et intervall fra 4 – 12 dager, var henholdsvis ti og seks dager de tidsintervallene som ga best samsvar med fosforkonsentrasjonen i disse bekkene.

Disse kurvene gir oss mulighet til å sammenlikne resultater uavhengig av nedbørsforholdene da prøvene ble tatt. Det er mange andre faktorer enn nedbørmengden i forkant av prøvetakingen som påvirker fosforkonsentrasjonen. For å få et pålitelig datasett må vi derfor benytte data fra flere år. Her har vi valgt å benytte en periode på seks år, men tre år gir også såpass mange datapunkter at vi mener det gir akseptabel pålitelighet å sammenlikne resultatene fra de siste tre årene (2018 – 2020) med de foregående seks (2012 – 2017).



Figur 3-2. Skibekken. Fosforkonsentrasjon plottet mot akkumulert nedbør. Lineær regresjon er basert på akkumulert nedbør siste ti dager før prøvetakingen.



Figur 3-3. Skuterudbekken. Fosforkonsentrasjon plottet mot akkumulert nedbør. Lineær regresjon er basert på akkumulert nedbør siste seks dager før prøvetakingen.

Det er ikke opplagt om konsentrasjonen av fosfor vil øke eller avta dersom vannføringen i en bekk øker. Dersom fosforkilden f.eks. er fra kloakk, hvor tilførselen er mindre avhengig av nedbøren, kan vi forvente at mer vann fører til fortynning og lavere konsentrasjoner. Kommer fosforet i hovedsak fra dyrket mark i nedbørfeltet, kan mer vann føre til kraftigere utvasking gjennom erosjon slik at konsentrasjonen av fosfor øker selv om vannmengden også øker. Mønsteret vi ser for Skibekken og Skuterudbekken er derfor ikke overraskende. En høy grad av tilførsler fra urbane områder gir en fosforkonsentrasjon som er uavhengig, eller svakt avtakende med økt nedbør i Skibekken. Nedbørfeltet til Skuterudbekken domineres av dyrket mark, og der er det tydelig at fosforkonsentrasjonen øker med økt nedbørmengde. Her var også sammenhengen mellom nedbørmengde og fosforkonsentrasjon mye tydeligere enn i Skibekken. Dette ser vi lettest fra verdien på koeffisienten r^2. Denne kan ligge mellom 0 og 1, og forklaringskraften øker jo nærmere vi kommer 1.

Ved å bruke formlene for lineær regresjon, og ved å standardisere nedbøren til 3 mm per dag, ser vi at det for perioden 2018 – 2020 er en viss reduksjon i fosfortilførsel sammenliknet med perioden 2012 – 2017. Nedgangen ligger i området 10 – 20%, men på grunn av usikkerhetene som ligger i estimatene vurderer vi dette som en *svak* nedgang. Dette samsvarer også med inntrykket vi får ved å se på alle målte fosforverdier i perioden 2012 – 2020 (Vedlegg A, Figur V-A-1 og Figur V-A-2).

Tabell 3-4. Nedbørkorrigert fosforkonsentrasjon for Skibekken. Regresjonen er basert på samlet nedbør siste 10 dager, og med en standardisert nedbør på 3 mm per dag er denne beregnet ut fra 30 mm nedbør.

Skibekken	2012 - 2017	2018 - 2020	% endring	Vurdering av endring
Totalt fosfor (µg/l)	90	81	-9	Svak nedgang
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	61	51	-19	

Tabell 3-5. Nedbørkorrigert fosforkonsentrasjon for Skuterudbekken. Regresjonen er basert på samlet nedbør siste 6 dager, og med en standardisert nedbør på 3 mm per dag er denne beregnet ut fra 18 mm nedbør.

Skuterudbekken	2012 - 2017	2018 - 2020	% endring	Vurdering av endring
Totalt fosfor (µg/l)	66	53	-17	Svak nedgang
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	30	27	-10	

3.1.4 Økologisk tilstand i Østensjøvann, 2012 - 2020

Vi kjenner ikke den totale tilførselen av fosfor til Østensjøvann, men resultatene fra de viktigste tilløpsbekkene kan tyde på at denne har vært avtakende de siste årene. I så fall burde det være muligheter for at forholdene i innsjøen også har bedret seg i samme periode.

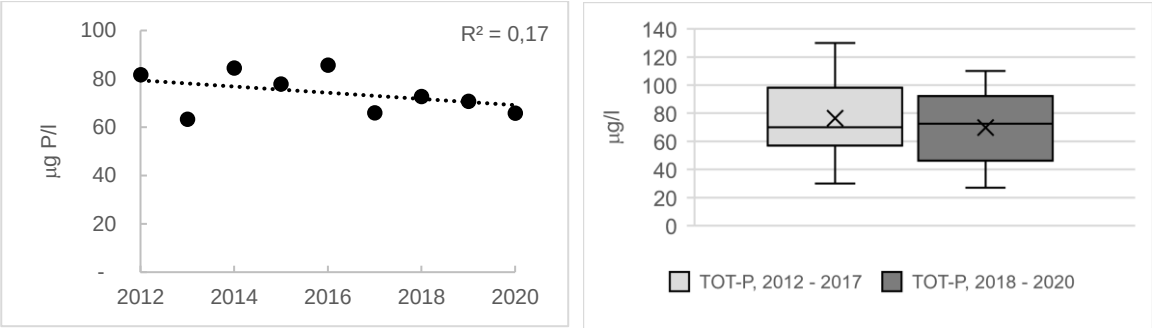
Alle data som inngår i kvalitetselementet planteplankton er for perioden 2012 – 2020 samlet i tabell 3-6. Dersom vi utelukkende ser på tilstandsklassene, viser de ingen tydelig endring over tid for noen av de kvalitetselementene som inngår. Det samme er tilfellet for innholdet av fosfor. Samtidig viser tabellen at biomassen av planteplankton gjennomgående ligger en klasse bedre enn den for totalt fosfor. Det kan være flere grunner til dette, men det antyder at det er en betydelig andel av fosforet som er lite tilgjengelig for vekst for planteplanktonet. Innsjøen er grunn, og observasjoner i mikroskop tyder på at det periodevis er betydelig forekomst av resuspenderte sedimenter i prøvene. Vi forventer at fosforet som er bundet til disse partiklene har relativt lav biotilgjengelighet.

Videre ser vi i tabellen at delindeksen for artssammensetning (PTI) gir langt bedre resultat enn den for biomasse av planteplankton. Artsdiversiteten i samfunnet av planteplankton er vanligvis høy i Østensjøvann, og det er ikke vanlig med store oppblomstringer fra enkeltarter. Så lenge sannsynligheten for slike oppblomstringer er lav, kan en noe høyere gjennomsnittlig biomasse aksepteres. Dette er årsaken til at innsjøen i seks av de siste ni årene har kommet ut med *moderat* tilstand ut fra kvalitetselementet *planteplankton*, altså hele to tilstandsklasser bedre enn det fosforinnholdet skulle tilsi, og vanligvis én tilstandsklasse bedre enn biomassen av planteplankton har indikert.

Tabell 3-6. Østensjøvann, økologisk tilstand i perioden 2012 – 2020. Gjennomsnittsverdier for vekstsesongen (mai – oktober), unntatt Cyanomax som angir høyeste registrerte forekomst av cyanobakterier gjennom sesongen. Tall i parentes viser nEQR-verdi.

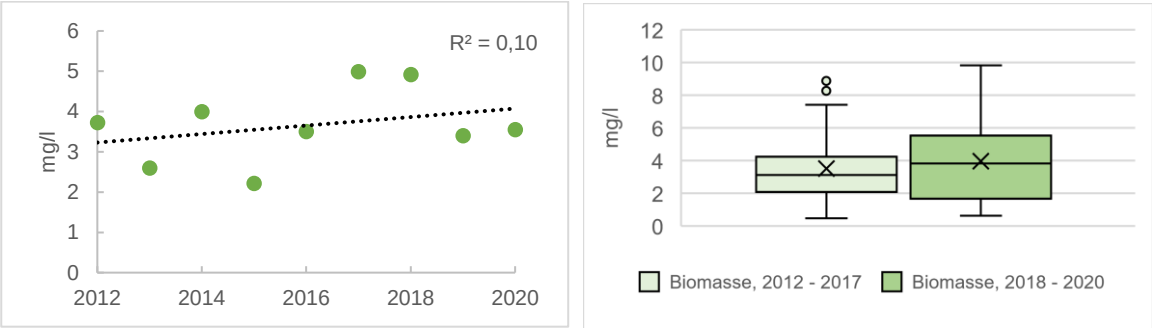
Østensjøvann	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Totalt fosfor (µg/l)	82 (0,16)	63 (0,21)	85 (0,15)	78 (0,17)	86 (0,15)	66 (0,20)	73 (0,18)	71 (0,18)	66 (0,20)
Planteplankton, biomasse (mg/l)	3,7 (0,34)	2,6 (0,41)	4,0 (0,32)	2,2 (0,46)	3,5 (0,35)	5,0 (0,26)	4,9 (0,27)	3,4 (0,36)	3,5 (0,35)
Klorofyll a (µg/l)	36,2 (0,22)	37,3 (0,21)	41,0 (0,20)	23,7 (0,35)	50,3 (0,15)	41,3 (0,19)	30,8 (0,26)	24,1 (0,33)	47,7 (0,17)
PTI	2,32 (0,88)	2,50 (0,67)	2,66 (0,48)	2,42 (0,76)	2,46 (0,73)	2,53 (0,63)	2,81 (0,35)	2,46 (0,72)	2,54 (0,62)
Cyanomax (mg/l)	0,55 (0,71)	0,76 (0,66)	2,47 (0,37)	0,51 (0,72)	1,16 (0,57)	2,69 (0,35)	8,12 (0,08)	0,36 (0,75)	0,50 (0,72)
Planteplankton, nEQR	**0,58**	**0,49**	**0,37**	**0,58**	**0,49**	**0,40**	**0,23**	**0,53**	**0,44**

Dersom vi heller enn å bare se på fargekodene for tilstandsklasser ser på *verdiene* for totalt fosfor, kan de tyde på at disse over tid er svakt avtakende i Østensjøvann (Figur 3-4). Dette er hva vi ville forvente ut fra beregningene som viste en reduksjon i fosforinnhold i tilførselsbekkene. Dette styrker antakelsen om at den estimerte nedgangen i tilløpsbekkene er korrekt. Også når vi ser på resultatene for 2012 – 2017 samlet, og sammenlikner disse mot resultatene for 2018 – 2020, ser vi at de tre siste årene ligger noe lavere (Figur 3-4). Endringen er ikke signifikant (T-test, $p = 0,38$), men sannsynligheten for at den er reell er såpass stor at vi vurderer dette som en *svak reduksjon*.



Figur 3-4. Østensjøvann. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor i perioden 2012 - 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre). I et boksplott (høyre) er datasettet delt inn i fire deler. Den laveste og høyeste fjerdedelen av datsettet befinner seg i området markert av utstikkerne, henholdsvis under og over boksen. Den halvparten av datasettet som havner i midten, ligger i området som dekkes av boksen. X markerer gjennomsnitt, mens midtstrek i boksen tilsvarer median. Sterkt avvikende data (outliers) er markert utenfor boksplottet.

Som alltid er det fosforets betydning for forekomsten av planteplankton vi er opptatt av, ikke fosforinnholdet i seg selv. Kan vi så se tendenser til en tilsvarende nedgang i biomassen av planteplankton som vi fant for fosforinnhold? Fra figur 3-5 ser vi at dette ikke er tilfelle. Det kan heller se ut som vi over tid har hatt en svak *økning* i forekomsten av planteplankton. Sammenhengen er imidlertid så svak (T-test, p = 0,53) at vi betrakter forholdene som *uforandret* fra perioden 2012 – 2017 til perioden 2018 – 2020 (Tabell 3-7).



Figur 3-5. Østensjøvann. Gjennomsnittlig biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).

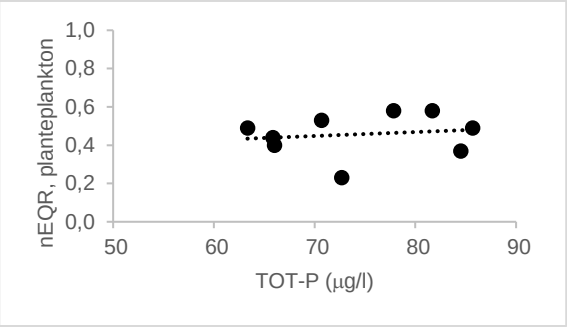
Tabell 3-7. Østensjøvann. Oversikt over verdier for gjennomsnitt ($\bar{x}$), median og 75 persentil for totalt fosfor og biomasse av planteplankton i periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020.

Østensjøvann	**2012 - 2017**			**2018 - 2020**			**Vurdering av endring**
	$\bar{x}$	**Median**	**75 P**	**$\bar{x}$**	**Median**	**75 P**	
Totalt fosfor (µg/l)	77	70	98	70	73	92	Svak nedgang
Biomasse, planteplankton (mg/l)	3,5	3,1	4,2	4,0	3,8	5,5	Uforandret

Den øvre kanten av boksen i figur 3-5 angir grensen for 75 persentilen, som forteller at bare 25% av datasettet ligger over denne verdien. Denne ligger klart høyere for perioden 2018 – 2020 enn den gjorde i foregående seksårs-periode. Selv om vi ikke ser noen tydelig forskjell i den gjennomsnittlige biomassen gjennom sesongen, kan dette indikere at hyppigheten av episoder med høy biomasse av planteplankton er økende. Dette må i tilfelle sies å være en negativ utvikling.

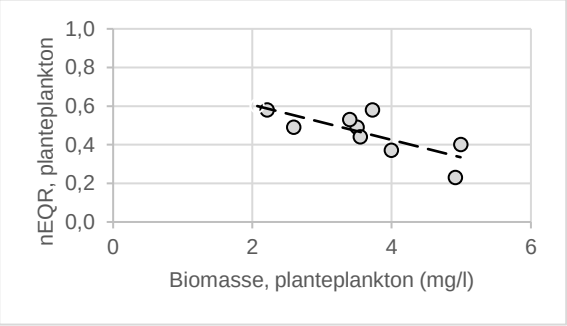
Sammenholder vi hele kvalitetselementet planteplankton, i form av nEQR-verdi, mot gjennomsnittlig verdi for totalt fosfor, finner vi ingen sammenheng. Innenfor et intervall på ca. 60 – 90 µg/l fosfor ser altså ikke fosforkonsentrasjonen ut til å ha noen påvirkning på biomassen av planteplankton (Figur 3-6).

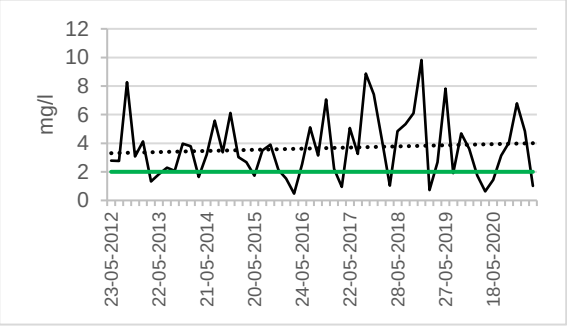
Det kan være flere grunner til en slik manglende sammenheng. Dersom fosfor som er lite tilgjengelig for planteplanktonets vekst utgjør en stor andel av det totale fosforet, vil det maskere størrelsen på den fosforfraksjonen som virkelig betyr noe. I Østensjøvann er innholdet av både uorganiske og organiske partikler ofte høy. Dette gir høy turbiditet, og dårlige lysforhold. Dersom lysforholdene, eller andre faktorer tidvis er den vekstbegrensende faktoren for planteplanktonet, vil vi ikke se en tydelig sammenheng mellom forekomsten av planteplankton og fosforinnholdet.



Figur 3-6. Sammenheng mellom totalt fosfor (årlig gjennomsnitt) og nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton.

Vi vet ikke hvor langt ned i fosforkonsentrasjon vi må før samvariasjonen med biomassen av planteplankton blir bedre, men vi kan likevel estimere hvor langt ned denne biomassen må for å oppnå målsettingen om *god* økologisk tilstand. For vanntypen som Østensjøvann tilhører ligger grensen mellom *moderat* og *god* tilstand for biomassen av planteplanktonet på 1,24 mg/l. På grunn av den gunstige artssammensetningen i innsjøen, vet vi at vi kan oppnå dette ved en høyere biomasse. Ved å plotte gjennomsnittlig biomasse av planteplankton mot nEQR-verdi for hele kvalitetselementet, ser vi at vi kan forvente en *god* tilstand (nEQR > 0,60) i Østensjøvann dersom totalbiomassen av planteplankton kommer ned på 2,0 mg/l (Figur 3-7). Denne målsettingen er markert som en grønn linje i Figur 3-7. Med dagens tilførsel er det stort sett bare prøvene på senhøsten (oktober) som ligger under dette nivået i Østensjøvann, og gjennomsnittlig biomasse ligger på omtrent på det dobbelte (stiplet linje i Figur 3-7).





Figur 3-7. Sammenheng mellom biomasse av planteplankton (årlig gjennomsnitt) og nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton (venstre), og biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020. Stiplet linje markerer gjennomsnitt. Grønn linje markerer antatt gjennomsnittlig biomasse for å oppnå god økologisk tilstand.

Hvor mye må så fosfortilførselen reduseres for at skal komme ned mot en gjennomsnittlig biomasse av planteplankton på 2,0 mg/l? Siden vi ikke ser noen sammenheng mellom fosforinnhold og biomasse, blir den

beste tilnærmingen å se på hvor mye planteplankton vi får ut per enhet fosfor i dag, og anta at denne vil være omtrent den samme framover. I perioden 2012 – 2020 varierte dette *utbyttet* av planteplankton i intervallet 28 – 76 µg planteplankton (PP)/µg TOT-P, med et gjennomsnitt på 50 µg PP/µg TOT-P. Ved å benytte denne verdien skulle vi oppnå 2,0 mg/l planteplankton ved en gjennomsnittlig konsentrasjon av TOT-P på 40 µg/l (2000 µg PP/50=40 µg)

3.1.5 Beregnet reduksjon av fosfortilførsel fra nedbørfeltet for å oppnå god tilstand i Østensjøvann

Totalt reaktivt fosfor (TRP) anses i rennende vann å være et bedre mål på biotilgjengelig fosfor enn totalt fosfor (TP). Dette gjelder særlig i leirpåvirkede elver hvor vi må forvente at en del av fosforet i analysen av totalt fosfor opprinnelig er bundet i uorganiske partikler med svært lav biotilgjengelighet. I innsjøene er imidlertid ikke TRP et godt mål på forekomst av planteplankton, siden TRP raskt tas opp av primærprodusentene. Dette medfører at konsentrasjonen vanligvis er svært lav uansett om innsjøen er næringsfattig eller næringsrik. Vårt beste estimat for hvilken TRP-konsentrasjon vi trenger i tilløpsbekkene for å oppfylle kravet til *god* tilstand i Østensjøvann, får vi ved å anta at behovet for reduksjon av TRP i bekkene er det samme som behovet for reduksjon av TP i innsjøen.

I perioden 2012 – 2020 var konsentrasjonen av TP i Østensjøvann i gjennomsnitt på 74 µg/l. Dersom denne må ned til 40 µg/l for å oppnå en nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton på 0,60, tilsvarer det en reduksjon på 46%. Vi må anta at dette kan oppnås med en tilsvarende reduksjon i tilførselen fra nedbørfeltet. Ser vi da på de nedbørkorrigerte TRP-verdiene i tilløpsbekkene, tilsier det at TRP må reduseres fra 58 µg/l til 31 µg/l i Skibekken og fra 31 µg/l til 16 µg/l i Skuterudbekken. I og med at det ikke spiller noen rolle for tilstanden i Østensjøvann hvor fosforreduksjonen kommer fra, behøver ikke reduksjonen være lik i begge. Dersom det f.eks. skulle vise seg mer hensiktsmessig og kostnadseffektivt å ta en større andel av reduksjonen i Skibekken, vil effekten bli den samme så lenge formelen oppgitt i Tabell 3-8 oppfylles. I denne er det tatt hensyn til forholdet mellom størrelsen på nedbørfeltene til disse to bekkene.

Tabell 3-8. Estimert behov for fosforreduksjon for å oppnå god økologisk tilstand i Østensjøvann. Verdier er oppgitt som gjennomsnittlig, nedbørkorrigert TRP-konsentrasjon (TRP_n) (hhv. for 30 mm nedbør (TRP_{n30}) og 18 mm nedbør (TRP_{n18})).

Lokalitet	Andel av undersøkt bekkeareal	TRP_n, 2012 - 2020	Andel av bekketilførsler, 2012 - 2020	Mål, TRP_n	Reduksjon fra dagens nivå
Skibekken	0,36	58	53	31	46% i begge bekkene, eller oppfylle formel: $[SKI\text{-}TRP_{n30}] \times 0{,}36 + [SKU\text{-}TRP_{n18}] \times 0{,}64 < 21{,}4$
Skuterudbekken	0,64	29	47	16	

Det er naturlig nok mange usikkerheter knyttet til vurderingene av behov for fosforreduksjon. De største av disse er slik vi vurderer det de følgende:

- Tilførsler fra areal som ikke inngår i nedbørfeltet til de undersøkte tilløpsbekkene utgjør ca. 40% av nedbørfeltet til Østensjøvann. For å oppnå ønsket tilstand i innsjøen, må den prosentvise reduksjonen av fosfortilførsel fra dette arealet være på samme nivå som i bekkene.
- Dersom en betydelig andel av fosforet i Østensjøvann er lite biotilgjengelig og er knyttet til partikler, kan vi anta at denne holder seg relativt konstant uavhengig av tilførselen av TRP fra bekkene. I så fall kan vi oppnå ønsket respons i innsjøen med betydelig lavere reduksjon av TRP i bekkene enn det vi har beregnet oss fram til.
- Vi kjenner ikke til hvor stor andel av fosforet i Østensjøvann som kommer fra interne kilder, som resuspensjon av sedimenter eller tilførsler fra fisk.

- Selv med en konsentrasjon av TP på 40 µg/l kan det være andre faktorer enn fosfor som begrenser veksten til planteplanktonet. En konsentrasjon av TP på 40 µg/l vil ofte fortsatt kunne understøtte en høy biomasse av planteplankton. Det er derfor ikke sikkert at en tydelig reduksjon i denne biomassen vil vise seg før fosforinnholdet kommer enda lavere.

Med disse usikkerheten vil det ganske sikkert bli behov for å justere målsettingene etter hvert som vi får stadig mer datamateriale, men utførte beregninger gir allikevel en indikasjon på hvor stor reduksjon i tilførsler som kreves for at Østensjøvann skal kunne oppnå *god* tilstand ut fra kvalitetselementet planteplankton.

3.1.6 Oppsummering, Østensjøvann med tilløpsbekker

Sammenliknet med perioden 2012 – 2017 ser det ut til at fosforbelastningen til Skibekken og Skuterudbekken de siste tre årene har blitt redusert med 10 – 20%. Disse to tilførselsbekkene har tilnærmet samme betydning for tilførselen av TRP til Østensjøvann, som trolig er den mest relevante for hvor stor forekomst av planteplankton vi får i innsjøen. Konsentrasjonen av TRP var omtrent dobbelt så høy i Skibekken som i Skuterudbekken, men dette oppveies av et motsatt forhold for nedbørfeltenes størrelse.

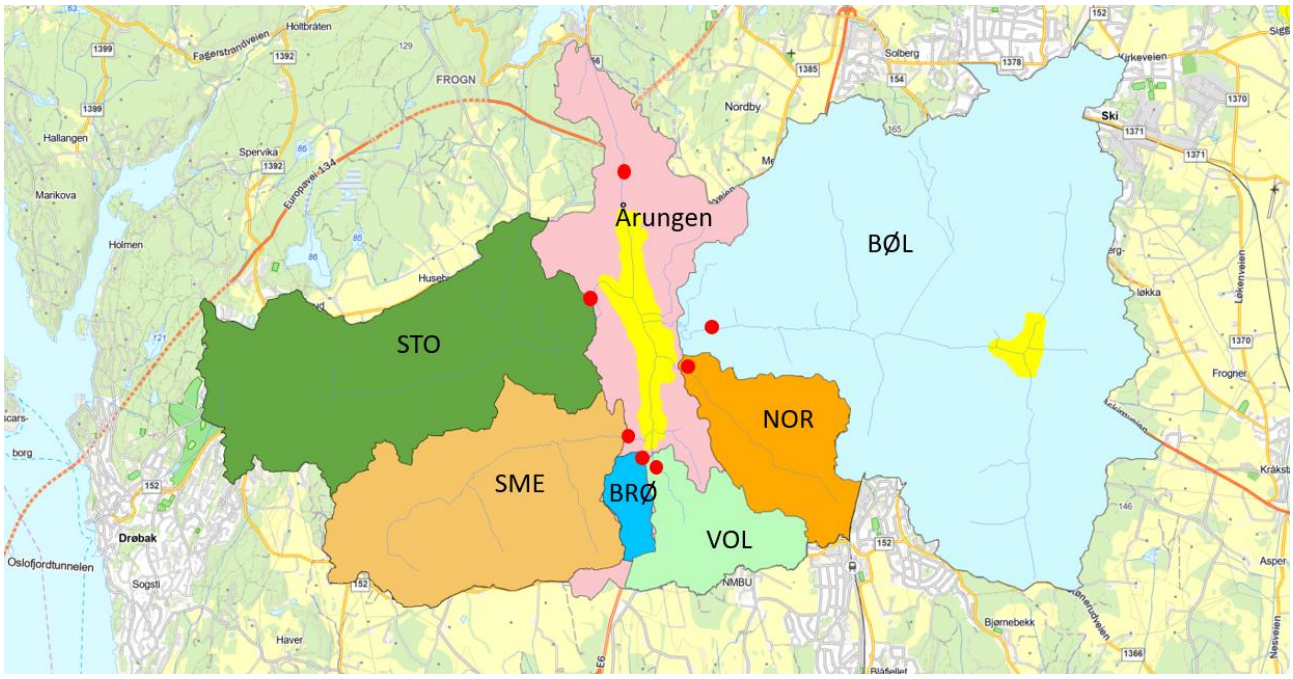
For perioden 2012 – 2020 ser reduksjonen i fosforinnhold i tilførselsbekkene ut til å ha gitt en svak reduksjon av fosforinnholdet også i Østensjøvann. Dette har imidlertid ikke influert på biomassen av planteplankton i innsjøen, som vi vurderer å være uforandret mellom periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020.

Vi har beregnet at vi kan oppnå *god* økologisk tilstand for kvalitetselementet *planteplankton* dersom den gjennomsnittlige biomassen av planteplankton (PP) i vekstsesongen kommer ned mot 2,0 mg/l. Med et gjennomsnittlig utbytte av planteplankton på 50 µg PP/µg TP, vil dette kreve at innholdet av totalt fosfor ligger på 40 µg/l. Dette betyr en reduksjon på 46% fra dagens nivå. Om denne reduksjonen hentes fra nedbørfeltet til Skibekken, Skuterudbekken eller begge, spiller ingen rolle for forholdene i Østensjøvann. Vi har laget en formel hvor vi benytter nedbørkorrigert konsentrasjon av TRP som gjør det mulig å følge med på om dette målet nås, uavhengig av nedbørforholdene i enkeltår, og uavhengig av hvor tiltakene gjøres for å redusere fosfortilførselen til Østensjøvann.

3.2 Årungen med tilløpsbekker

3.2.1 Nedbørfelt og tilløpsbekker

Årungen har et nedbørfelt på 50 km², hvor dyrket mark utgjør 48%, skog 15% og urbane områder 5% (Figur 3-8). Leirdekningsgraden for hele nedbørfeltet samlet er på 66% (Nevina, NVE). I dette nedbørfeltet overvåker PURA tilstanden i tilløpsbekkene Bølstadbekken (BØL) og Norderåsbekken (NOR) i øst, Vollebekken (VOL) og Brønnerudbekken (BRØ) i sør og Smebølbekken (SME) og Storgrava (STO) i vest. Samlet dekker disse tilløpene et areal på ca. 46,4 km², eller hele 92% av nedbørfeltet til Årungen.



Figur 3-8. Nedbørfeltet til Årungen og dens tilløpsbekker. Farge på vannforekomstene indikerer økologisk tilstand som angitt i Vann-Nett pr. 1/1-22 (gul = moderat).

Forhøyet tilførsel av næringssalter, såkalt eutrofiering, er den mest aktuelle påvirkningen i Årungen. Dette kan resultere i tidvis høy forekomst av planteplankton, i verste fall med oppblomstringer av giftproduserende cyanobakterier.

Alle de undersøkte tilløpsbekkene til Årungen har en leirdekningsgrad på minst 50%. Andelen av nedbørfeltet til Årungen som består av dyrket mark er så høy som 48%. For bekkene er denne lavest i Brønnerudbekken med 38%, og høyest for Storgrava med 64%. Urbane områder utgjør 5% av nedbørfeltet til Årungen, mens andelen skog er på 34% (Tabell 3-9).

Tabell 3-9. Nedbørfeltparametere for Årungen og for seks av tilførselsbekkene til innsjøen.

Tilførsel	Areal (km^2)	Nedbørfelt				Avrenning (L/sek x km^2)
		Leire, %	Dyrket mark, %	Urban, %	Skog, %	
Bølstadbekken	23,9	68	46	8,2	36	16,4
Norderåsbekken	3,2	51	44	2,1	43	15,7
Vollebekken	2,1	50	40	8,3	18	15,9
Brønnerudbekken	0,6	82	38	1,9	41	14,7
Smebølbekken	7,1	74	56	0,0	37	15,1
Storgrava	8,5	64	64	3,4	24	15,4
Øvrige tilførsler	4,6					
Årungen	**50,0**	**66**	**48**	**5,0**	**34**	

3.2.2 Økologisk tilstand i tilløpsbekker, 2012 – 2020

For leirpåvirkede bekker er det for fosforinnhold bare satt klassegrense mellom *god* og *moderat* tilstand. Med bare to tilstandsklasser er det ikke enkelt å påpeke noen tydelig utvikling i tilstand over tid. Dersom resultatene for fosforinnhold i perioden 2012 – 2020 sammenholdes med biologiske data i samme periode, er det særlig i Norderåsbekken forholdene ser ut til å ha bedret seg, men det er også tegn som tyder på en forbedring i Vollebekken, Smebølbekken og Storgrava. Noen flere år med data for påvekstalger og bunndyr vil gi en sikrere vurdering av utviklingen i disse bekkene. Ingen av bekkene ser ut til å ha hatt en tydelig negativ utvikling i denne tidsperioden.

Tabell 3-10. Tilløpsbekker til Årungen. Økologisk tilstand i perioden 2012 – 2020. Fosforkonsentrasjon oppgitt som årsmiddel.

Bølstadbekken	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Totalt fosfor (µg/l)	82	85	77	68	69	74	52	60	91
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	35	38	43	26	23	30	28	30	43
Bunndyr (ASPT)			6,31		5,79			5,75	
Påvekstalger (PIT)		29,0			27,4			27,6	
Norderåsbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	113	132	89	92	79	77	73	78	116
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	72	63	44	50	43	51	48	47	69
Bunndyr (ASPT)			5,91		6,33			6,53	
Påvekstalger (PIT)	28,6	30,1						12,3	
Vollebekken									
Totalt fosfor (µg/l)	109	63	75	89	86	53	89	86	103
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	72	49	51	42	44	34	64	40	57

Bunndyr (ASPT)			4,39		3,83			5,67	
Påvekstalger (PIT)					21,2			27,6	
Brønnerudbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	88	48	84	73	61	66	44	57	99
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	39	27	46	35	28	34	30	31	41
Bunndyr (ASPT)			5,07		4,75			5,00	
Påvekstalger (PIT)	24,1	26,0						11,9	
Smebølbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	91	44	72	66	70	83	60	61	117
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	40	22	34	32	35	40	31	35	52
Bunndyr (ASPT)			6,67		3,80			5,09	
Påvekstalger (PIT)	27,1	41,1			25,9			24,9	
Storgrava									
Totalt fosfor (µg/l)	115	98	131	71	97	100	94	83	121
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	61	65	90	37	54	59	63	48	68
Bunndyr (ASPT)			4,11		3,00			4,43	
Påvekstalger (PIT)	25,4	19,2			26,5			24,1	

3.2.3 Nedbørkorrigerte fosforverdier i tilløpsbekker

For alle tilløpsbekkene er det gjort tilsvarende regresjonsanalyser som vist i Figur 3-2 for Skibekken (se også Vedlegg A). I Tabell 3-11 har vi samlet formlene som kan benyttes for å beregne nedbørkorrigerte konsentrasjoner av totalt fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP). Vi har testet datasettet mot akkumulert nedbør de foregående 4 – 12 dagene, og benyttet den tidsperioden som samlet viste best korrelasjon med fosforverdiene. Deretter er datasettet for seksårsperioden 2012 – 2017 sammenliknet med det for treårsperioden 2018 – 2020.

Bølstadbekken var den tilførselsbekken som for TRP viste dårligst samsvar mellom nedbørforhold og målte konsentrasjoner. Dette er ikke overraskende siden bekken kommer fra Østensjøvann. TRP omsettes raskt av planteplankton i innsjøer, og verdiene for denne fosforfraksjonen i utløpsbekken vil derfor påvirkes mer av omsetningen i innsjøen enn av nedbørforholdene. Vårt beste estimat indikerte at det har vært en moderat økning av TRP i Bølstadbekken de siste årene sammenliknet med perioden 2012 – 2017. For totalt fosfor fant vi imidlertid ingen endring. Hvordan utviklingen har vært i denne bekken er derfor usikkert, men vi legger her mer vekt på målingene av totalt fosfor enn TRP, og da er det mest sannsynlig at endringen har vært liten.

I alle de øvrige bekkene var det godt samsvar mellom resultatene for TRP og TP mot nedbørmengde. De viste at det ikke har vært noen endring i fosforinnholdet fra 2012 – 2017 til 2018 – 2020 i Norderåsbekken og Vollebekken, mens det ser ut til å ha vært en svak økning av fosforinnholdet i Brønnerudbekken og Smebølbekken, og en klar nedgang i Storgrava. I Smebølbekken er dette bildet i overensstemmelse med det som framkommer ved å se på alle fosformålingene i perioden 2012 – 2020 uten nedbørkorrigering (Vedlegg A, Figur V-A-7), mens tendensen i Brønnerudbekken og Storgrava framkommer mye tydeligere i nedbørkorrigerte data (Vedlegg A, Figur V-A-6 og Figur V-A-8).

Tabell 3-11. Tilløpsbekker til Årungen. Sammenheng mellom nedbør og konsentrasjon av fosfor uttrykt som formler etter lineær regresjon. D viser det antall dager med akkumulert nedbør (N) som ga best korrelasjon med fosformålingene. R^2 forteller hvor god sammenhengen mellom nedbørmengden og fosforkonsentrasonene er, 0 indikerer ingen sammenheng, og 1 perfekt sammenheng.

Tilførsel	D	Totalt fosfor (TP)				Totalt reaktivt fosfor (TRP)			
		2012 - 2017		2018 - 2020		2012 - 2017		2018 - 2020	
		Formel	r^2	Formel	r^2	Formel	r^2	Formel	r^2
Bølstadbekken	6	TP = 1,43N + 42,9	0,40	TP = 0,70N + 55,7	0,16	TRP = 0,37N + 15,1	0,14	TRP = -0,01N + 26,0	0,00
Norderåsbekken	6	TP = 1,99N + 72,5	0,21	TP = 1,12N + 84,7	0,15	TRP = 1,92N + 28,7	0,40	TRP = 0,80N + 48,0	0,23
Vollebekken	7	TP = 2,39N + 40,4	0,60	TP = 1,85N + 50,4	0,24	TRP = 1,07N + 29,1	0,49	TRP = 1,02N + 30,3	0,26
Brønnerudbekken	9	TP = 1,56N + 30,4	0,40	TP = 1,23N + 47,5	0,28	TRP = 0,60N + 22,9	0,60	TRP = 0,97N + 18,5	0,43
Smebølbekken	10	TP = 1,30N + 48,2	0,28	TP = 3,09N + 12,8	0,40	TRP = 0,53N + 22,4	0,28	TRP = 0,93N + 17,4	0,43
Storgrava	5	TP = 2,27N + 95,3	0,22	TP = 1,40N + 82,2	0,37	TRP = 0,29N + 81,8	0,01	TRP = 0,82N + 45,6	0,36

Tabell 3-12. Nedbørkorrigert fosforkonsentrasjon i tilløpsbekker til Årungen. Beregningene er basert på samlet nedbør siste D dager, som angitt i Tabell 3-11., og med en standardisert nedbør på 3 mm per dag (f.eks. hvis D=6, så er 18 mm nedbør benyttet i formelen i Tabell 3-11).

Bølstadbekken	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	**Vurdering av endring**
Totalt fosfor (µg/l)	69	68	- 1	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	22	26	19	
Norderåsbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	108	105	- 3	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	63	52	- 1	
Vollebekken				
Totalt fosfor (µg/l)	91	89	- 2	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	52	52	0	
Brønnerudbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	73	81	11	Svak økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	39	45	14	
Smebølbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	87	106	21	Svak økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	38	45	18	
Storgrava				
Totalt fosfor (µg/l)	129	103	- 20	Nedgang
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	86	58	- 33	

3.2.4 Økologisk tilstand i Årungen, 2012 - 2020

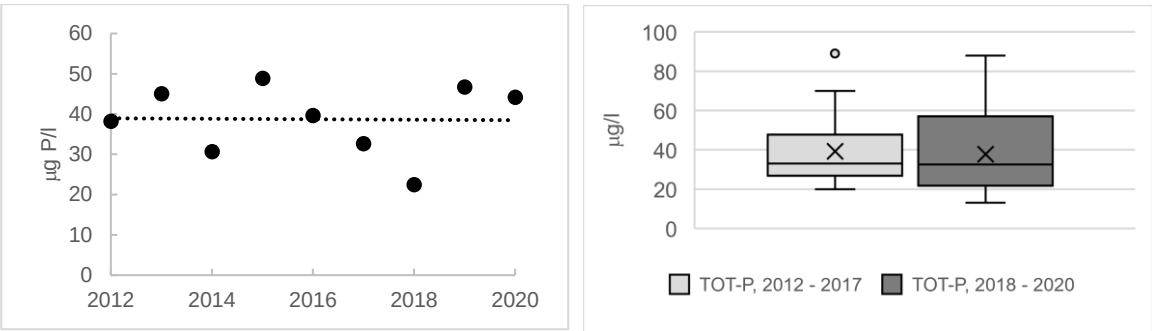
Resultatene for tilløpsbekkene til Årungen tyder på at utviklingen har gått i positiv retning i noen av dem, mens den har vært negativ eller uforandret i andre. Den naturlige forventningen for Årungen vil dermed være at det ikke har skjedd store endringer i fosforinnhold eller forekomst av planteplankton i perioden fra 2012 til 2020

Alle data som inngår i kvalitetselementet planteplankton er for disse årene samlet i Tabell 3-13. Vurdert ut fra fargespekteret har det heller ikke vært noen entydig utvikling i positiv eller negativ retning i Årungen.

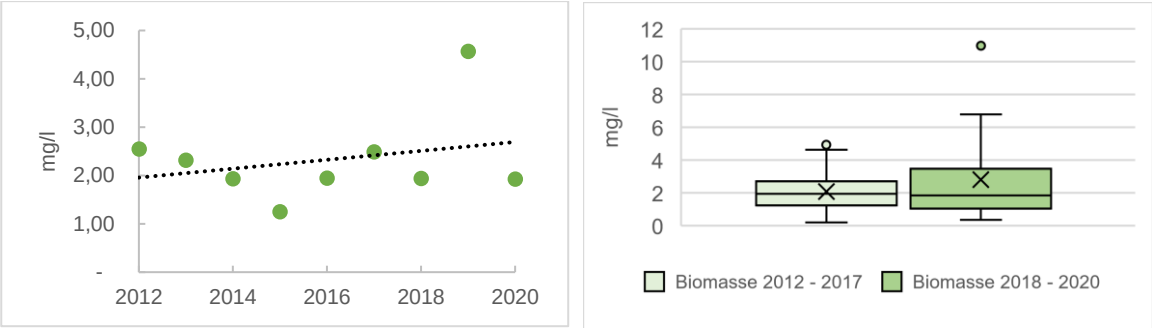
Tabell 3-13. Årungen, økologisk tilstand i perioden 2012 – 2020. Gjennomsnittsverdier for vekstsesongen (mai – oktober), unntatt Cyanomax som angir høyeste registrerte forekomst av cyanobakterier gjennom sesongen. Tall i parentes viser nEQR-verdi.

Årungen	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Totalt fosfor (µg/l)	38 (0,36)	45 (0,33)	31 (0,46)	49 (0,30)	40 (0,39)	33 (0,44)	23 (0,44)	47 (0,32)	44 (0,34)
Planteplankton, biomasse (mg/l)	2,6 (0,42)	2,3 (0,45)	1,9 (0,50)	1,2 (0,60)	1,9 (0,50)	2,5 (0,42)	1,9 (0,50)	4,6 (0,29)	1,9 (0,50)
Klorofyll a (µg/l)	15,4 (0,47)	21,5 (0,37)	16,5 (0,45)	11,2 (0,57)	16,4 (0,44)	14,2 (0,49)	16,5 (0,45)	11,6 (0,56)	13,1 (0,52)
PTI	2,26 (0,95)	2,52 (0,65)	2,86 (0,32)	2,34 (0,85)	2,49 (0,68)	2,48 (0,69)	2,65 (0,50)	2,66 (0,48)	2,63 (0,62)
Cyanomax (mg/l)	0,06 (0,93)	0,20 (0,79)	0,33 (0,76)	0,02 (0,38)	0,49 (0,73)	0,71 (0,67)	0,20 (0,79)	0,33 (0,76)	1,3 (0,53)
Planteplankton, nEQR	**0,69**	**0,53**	**0,40**	**0,72**	**0,58**	**0,57**	**0,49**	**0,45**	**0,51**

Heller ikke når vi går mer i detalj kan vi se noen endring i forholdene i Årungen over tidsspennet fra 2012 til 2020. Innholdet av totalt fosfor viser ingen endring (Figur 3-9). Biomassen av planteplankton ser ut til å øke over tid, men det er kun en stor oppblomstring i juni 2019 som er årsaken til dette (Figur 3-10). Dersom det datapunktet fjernes, vil kurven for planteplankton bli horisontal på samme måte som den for totalt fosfor. Dette gjenspeiles i at det ikke er noen forskjell i medianverdi for periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (Figur 3-9, høyre del). Vår vurdering er derfor at det ikke har skjedd noen utvikling verken i positiv eller negativ retning de siste tre årene i innsjøen sammenliknet med de foregående seks årene (Tabell 3-14).



Figur 3-9. Årungen. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor i perioden 2012 - 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre). I et boksplott (høyre) er datasettet delt inn i fire deler.



Figur 3-10. Årungen. Gjennomsnittlig biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).

Tabell 3-14. Årungen. Oversikt over verdier for gjennomsnitt ($\bar{x}$), median og 75 persentil for totalt fosfor og biomasse av planteplankton i periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020.

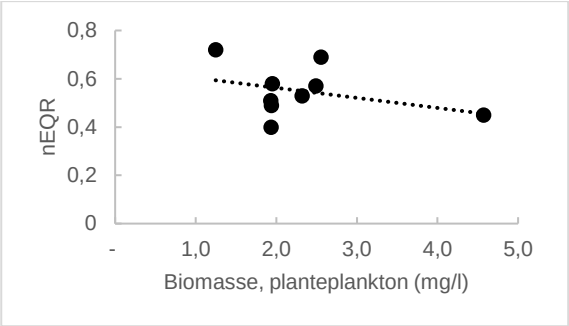
Årungen	**2012 - 2017**			**2018 - 2020**			**Vurdering av endring**
	$\bar{x}$	**Median**	**75 P**	**$\bar{x}$**	**Median**	**75 P**	
Totalt fosfor (µg/l)	39	33	47	38	33	53	Uforandret
Biomasse, planteplankton (mg/l)	2,1	1,9	2,6	2,8	1,8	3,1	Uforandret

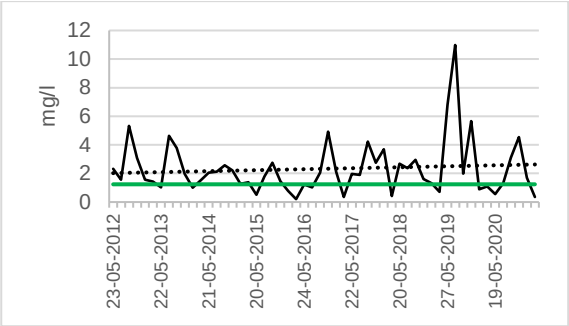
Uten noen systematisk endring over tid verken i fosforinnhold eller biomasse av planteplankton, må vi også her basere oss på hvor mye biomasse vi tidligere har fått ut per enhet fosfor, og anta at dette forholdet vil holde seg på samme nivå dersom innholdet av TP i innsjøen endres. I perioden 2012 – 2020 varierte dette utbyttet av planteplankton (PP) fra 26 til 98 µg PP/µg TP, med et gjennomsnitt på 62 µg PP/µg TP.

For Årungen ser vi at grensen til *god* økologisk tilstand (nEQR-verdi > 0,60) ligger på ca. 1 mg/l (Figur 3-11). Da mener vi det er mest korrekt å benytte den angitte klassegrensen i klassifiseringsveilederen for denne vanntypen, som er 1,24 mg/l (Figur 3-11). Vårt beste estimat er da at vi vil nå en biomasse av planteplankton som tilsvarer god økologisk tilstand ved:

1240 µg PP/l / 62 µg PP/µg TP = 20 µg TP/l.

Sammenliknet med gjennomsnittlig konsentrasjon av TP for årene 2012 – 2020 tilsvarer det en reduksjon på 49%.





Figur 3-11. Sammenheng mellom biomasse av planteplankton (årlig gjennomsnitt) og nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton (venstre), og biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020. Stiplet linje markerer gjennomsnitt. Grønn linje markerer antatt gjennomsnittlig biomasse for å oppnå god økologisk tilstand.

3.2.5 Beregnet reduksjon av fosfortilførsel fra nedbørfeltet for å oppnå god tilstand i Årungen

Vårt beste estimat for hvilken TRP-konsentrasjon vi må ned på i tilførselsbekkene til Årungen for at innsjøen skal oppfylle kravet om minst god økologisk tilstand, er en reduksjon som tilsvarer den vi har beregnet er nødvendig for TP i innsjøen. Det betyr en gjennomsnittlig reduksjon på nær 50%.

Tabell 3-15. Estimert behov for fosforreduksjon for å oppnå god økologisk tilstand i Årungen. Verdier er oppgitt som gjennomsnittlig, nedbørkorrigert TRP-konsentrasjon (TRP_{nx}). n= nedbør, x = antall mm.

Lokalitet	Andel av undersøkt bekkeareal	TRP_n, 2012 - 2020	TRP, andel av bekketilførsler, (%), 2012 - 2020	Mål, TRP_n	Reduksjon fra dagens nivå
Bølstadbekken	0,526	23	30	12	49% i alle bekkene, eller oppfylle formel: [BØL-TRP_{n18}] x 0,526 + [NOR-TRP_{n18}] x 0,070 + [VOL-TRP_{n21}] x 0,046 + [BRØ-TRP_{n27}] x 0,010 + [SME-TRP_{n30}] x 0,156 + [STO-TRP_{n15}] x 0,187 < 21,0
Norderåsbekken	0,070	64	11	34	
Vollebekken	0,046	52	6,0	27	
Brønnerudbekken	0,010	40	1,0	21	
Smebølbekken	0,156	40	16	21	
Storgrava	0,187	77	36	40	

3.2.6 Oppsummering, Årungen med tilløpsbekker

Ved å sammenlikne fosforkonsentrasjoner i tilløpsbekkene til Årungen målt i årene 2012 – 2017 med tilsvarende målinger fra perioden 2018 – 2020, kan det se ut til at disse har holdt seg tilnærmet konstante i Norderåsbekken og Vollebekken. Biologiske data i disse to bekkene tyder imidlertid på en liten forbedring, men datagrunnlaget her er for lite til å hevde dette med sikkerhet. I Brønnerudbekken og Smebølbekken kan det se ut som det i de siste årene har vært en svak økning av fosforinnholdet, mens dette har blitt klart lavere i Storgrava.

Bølstadbekken er den klart største tilførselsbekken til Årungen. Her ser vi ingen tydelig retning verken for fosfor eller biologiske data. Usikkerheten for denne bekken er dermed stor, men vår beste vurdering er at belastningen av næringssalter til denne bekken har vært tilnærmet uforandret i denne perioden.

Til tross for den observerte forbedringen i Storgrava, er dette trolig den bekken som fortsatt har størst tilførsel av TRP til Årungen. Denne er estimert til ca. 35%, mens Bølstadbekken bidrar med ca. 30%.

I Årungen ser vi i perioden 2012 – 2020 ingen endring verken i konsentrasjon av totalt fosfor eller i biomassen av planteplankton. Det var en stor oppblomstring på forsommeren i 2019, men dette kan være tilfeldig. I en såpass næringsrik innsjø som Årungen kan forholdene tilfeldigvis favorisere en art som har evne til å danne slike oppblomstringer. I noen innsjøer skjer dette ofte, mens det i Årungen ser ut til å være en sjelden hendelse.

For å komme ned mot en gjennomsnittlig biomasse av planteplankton på 1,24 mg/l, som er grenseverdien mellom god og moderat tilstand for denne vanntypen, har vi beregnet at fosfortilførselen må reduseres med ca. 50% fra dagens nivå.

4 Gjersjøvassdraget

4.1 Kolbotnvann med tilløpsbekker

4.1.1 Nedbørfelt og tilløpsbekker

Nedbørfeltet til Kolbotnvann er lite. Dette lar seg ikke beregne ved bruk av NEVINA, som er et verktøy fra NVE for å generere nedbørfelt. Årsaken til dette er trolig at Augestadbekken, Skredderstubekken og Midtoddveibekken bare går åpent på korte strekninger. Dermed kan vi heller fastslå andelen av ulike landskapsformer i nedbørfeltene, men avrenning fra urbane områder utgjør trolig mesteparten av nedbørfeltet til alle disse bekkene. I tidligere arbeider har nedbørfeltet til Kolbotnvann blitt beregnet til 2,96 km^2 (Figur 4-1, Faafeng m.fl. 1990), og det er dette vi har benyttet her (Tabell 4-1). Ut fra kartet som er tegnet i den rapporten har vi beregnet arealet til hver av bekkene. Vårt estimat blir da at nedbørfeltene til disse tre tilløpsbekkene samlet har et areal på 1,64 km^2, som utgjør 55% av innsjøens totale nedbørfelt.

Figur 4-1. Nedbørfeltet til Kolbotnvann og dens tilløpsbekker. Faafeng, B., Erlandsen, A., Løvik, J.A. & Oredalen, T.J. 1990. Kolbotnvannet med tilløp 1990. NIVA Rapport 2604: 42s.

Kolbotnvannet har potensielt høy bruks- og rekreasjonsverdi, men i dag er denne begrenset på grunn av generelt høy forekomst av planteplankton, og tidvis store oppblomstringer. Disse oppblomstringene domineres vanligvis av cyanobakterier, som kan være toksinproduserende. Gjennom de siste tiårene har tilførselen av næringssalter til innsjøen blitt betydelig redusert. Likevel er denne fortsatt for høy, og en ytterligere reduksjon i fosfortilførsel vil være nødvendig for å unngå at store oppblomstringer av planteplankton skal forekomme.

Tabell 4-1. Nedbørfeltparametere for Kolbotnvann og for tre av tilførselsbekkene til innsjøen. Nedbørfeltdata kan ikke hentes ut fra NEVINA, og mangler dermed for disse bekkene.

Tilførsel	Areal (km^2)	Nedbørfelt				Avrenning (L/sek x km^2)
		Leire, %	Dyrket mark, %	Urban, %	Skog, %	
Augestadbekken	0,42					
Skredderstubekken	1,08					
Midtoddveibekken	0,14					
Øvrige tilførsler	1,32					
Kolbotnvann	**2,96**					

4.1.2 Økologisk tilstand i tilløpsbekker, 2012 – 2020

De undersøkte tilløpsbekkene til Kolbotnvann er ikke definert som leirpåvirket, og vi kan dermed benytte den vanlige fem-delte inndelingen i tilstandsklasser også for totalt fosfor (Tabell 4-2).

De to klart største bekkene, Augestadbekken og Skredderstubekken, har begge et fosforinnhold som hvert år har tilsvart *dårlig* eller *svært dårlig* tilstand. De biologiske parameterne har i hovedsak vært i samsvar med dette, men samfunnet av påvekstalger kunne tyde på noe lavere belastning i Skredderstubekken i 2019. I Midtoddveibekken ga fosforinnholdet *moderat tilstand* i årene 2012 – 2016, men de siste fire årene har vi registrert konsentrasjoner tilsvarende *dårlig* tilstand også der.

Tabell 4-2. Tilløpsbekker til Kolbotnvann. Økologisk tilstand i perioden 2012 – 2020. Fosforkonsentrasjon oppgitt som årsmiddel.

Augestadbekken	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Totalt fosfor (µg/l)	55	85	59	75	89	77	100	89	82
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	29	49			62	48	78	61	49
Bunndyr (ASPT)			4,50		4,25			3,00	
Påvekstalger (PIT)	32,7	31,2			18,6			20,8	
Skredderstubekken									
Totalt fosfor (µg/l)	50	70	39	62	48	58	69	49	55
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	18	26			22	41	53	27	33
Bunndyr (ASPT)			4,43		3,80			4,33	
Påvekstalger (PIT)	39,1	39,6			24,4			15,5	

Midtoddveibekken									
Totalt fosfor (µg/l)	44	35	34	33	32	40	40	50	60
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)					14	25	28	28	39
Bunndyr (ASPT)					4,00			4,40	
Påvekstalger (PIT)					36,9			43,7	

4.1.3 Nedbørkorrigerte fosforverdier i tilløpsbekker

For alle tilløpsbekkene er det gjort tilsvarende regresjonsanalyser som vist i Figur 3-2 for Skibekken. I Tabell 4-3 har vi samlet formlene som kan benyttes for å beregne nedbørkorrigerte konsentrasjoner av totalt fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP). Vi har testet datasettet mot akkumulert nedbør de foregående 4 – 12 dagene, og benyttet den tidsperioden som samlet viste best korrelasjon med fosforverdiene. Deretter er datasettet for seksårsperioden 2012 – 2017 sammenliknet med det for treårsperioden 2018 – 2020.

Tabell 4-3. Tilløpsbekker til Kolbotnvann. Sammenheng mellom nedbør og konsentrasjon av fosfor uttrykt som formler etter lineær regresjon. D viser det antall dager med akkumulert nedbør som ga best korrelasjon med fosformålingene.

Tilførsel	D	Totalt fosfor (TP)				Totalt reaktivt fosfor (TRP)			
		2012 - 2017		2018 - 2020		2012 - 2017		2018 - 2020	
		Formel	r^2	Formel	r^2	Formel	r^2	Formel	r^2
Augestadbekken	7	TP = 0,36N + 64,4	0,10	TP =-0,09N + 81,7	0,00	TRP =-0,26N + 50,9	0,05	TRP =-0,44N + 62,4	0,06
Skredderstubekken	10	TP = 1,02N + 20,2	0,56	TP = 0,66N + 31,9	0,43	TRP = 0,12N + 22,9	0,06	TRP = 0,64N + 9,1	0,48
Midtoddveibekken	4	TP = 1,12N + 31,7	0,24	TP = 0,38N + 44,1	0,07	TRP = 0,83N + 13,9	0,65	TRP = 0,62N + 23,2	0,45

I Augestadbekken var det ingen eller en svak positiv sammenheng mellom innholdet av totalt fosfor og nedbør, mens denne sammenhengen var svakt negativ for TRP. Dette kan tyde på at en stor andel av fosfortilførselen til bekken er uavhengig av nedbørforholdene, noe som vil være naturlig i en bekk hvor nedbørfeltet er mer preget av urbane områder enn av dyrket mark. I de to andre bekkene økte konsentrasjonen av både TP og TRP med økt nedbørmengde.

Nedbørkorrigerte verdier for fosfor tydet på at det har vært en svak økning av fosforinnholdet i Augestadbekken fra 2012 – 2017 til 2018 - 2020, mens det ikke ser ut til å ha vært noen endring i Skredderstubekken. I Midtoddveibekken viste beregnede TRP – verdier en betydelig økning de siste årene. Her har vi imidlertid lite data fra perioden 2012 – 2017. Vi vurderer den beregnede økningen som meget usikker, og stoler mer på datasettet for totalt fosfor. Vår beste vurdering er derfor at det har vært en svak økning fra 2012 – 2017 til 2018 – 2020 av fosforinnholdet også i Midtoddveibekken. Også når vi ser på hele datasettet fra 2012 – 2020 kan det se ut til at det gjennom denne perioden har vært en svak økning i fosforinnholdet i Augestadbekken og Midtoddveibekken (Vedlegg B, Figur V-B-1 og Figur V-B-3).

Tabell 4-4. Nedbørkorrigert fosforkonsentrasjon i tilløpsbekker til Kolbotnvann. Beregningene er basert på samlet nedbør siste D dager, som angitt i Tabell 4-3., og med en standardisert nedbør på 3 mm per dag (f.eks. hvis D=6, så er 18 mm nedbør benyttet i formelen i Tabell 4-3).

Augestadbekken	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	**Vurdering av endring**
Totalt fosfor (µg/l)	72	80	11	Svak økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	45	53	17	
Skredderstubekken				
Totalt fosfor (µg/l)	51	52	2	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	27	28	7	
Midtoddveibekken				
Totalt fosfor (µg/l)	45	49	8	Svak økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	18	31	75	

4.1.4 Økologisk tilstand i Kolbotnvann, 2012 - 2020

Utviklingen i de tre undersøkte tilløpsbekkene til Kolbotnvann i perioden 2012 – 2020 gir ikke grunnlag for å tro at det skal ha skjedd noen bedring i Kolbotnvann i samme periode.

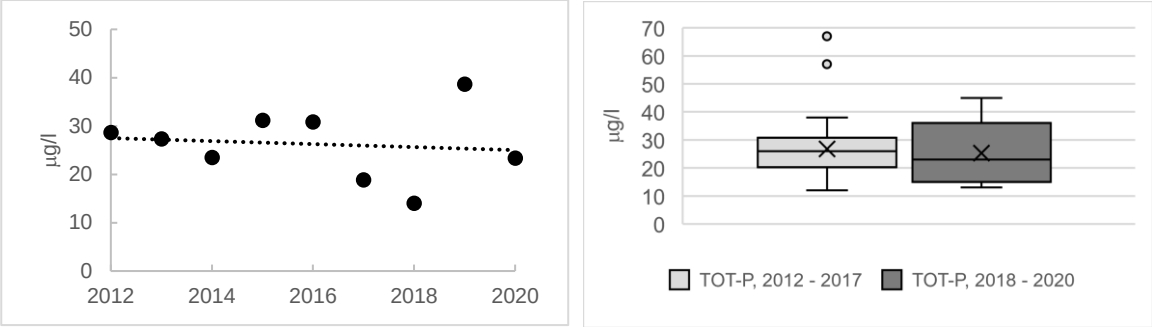
I denne innsjøen er det vanskelig å vurdere dette fordi den ofte, men ikke hvert år, har en eller flere store oppblomstringer av planteplankton. Det er vanligvis en eller flere av cyanobakteriene *Planktothrix*, *Dolichospermum* eller *Aphanizomenon* som står bak disse oppblomstringene. Om vi får slike oppblomstringer eller ikke, eller hvor kraftige de er, kan være nokså tilfeldig ut fra værforholdene og andre faktorer som påvirker konkurransen innad i planktonsamfunnet. Oppblomstringene er normalt også kortvarige, gjerne bare 1 – 2 uker, og med kun en prøvetaking per måned vil det være tilfeldig hvor i oppblomstringen vi treffer, hvis vi i det hele tatt treffer den.

Ut fra fargespekteret i Tabell 4-5, som viser økologisk tilstand for ulike parametere, er det ingen åpenbar utvikling i innsjøen over tid. For fosfor kan det være en tendens til at konsentrasjonen er avtakende. Dette fordi tre av de laveste gjennomsnittsverdiene for sesongen har kommet de siste fire årene. De tre siste årene har det heller ikke vært ekstreme oppblomstringer av cyanobakterier av typen vi fant vi 2014, 2016 og 2017.

Tabell 4-5. Kolbotnvann. Økologisk tilstand i perioden 2012 – 2021. Gjennomsnittsverdier for vekstsesongen (mai – oktober), unntatt Cyanomax som angir høyeste registrerte forekomst av cyanobakterier gjennom sesongen. Tall i parentes viser nEQR-verdi.

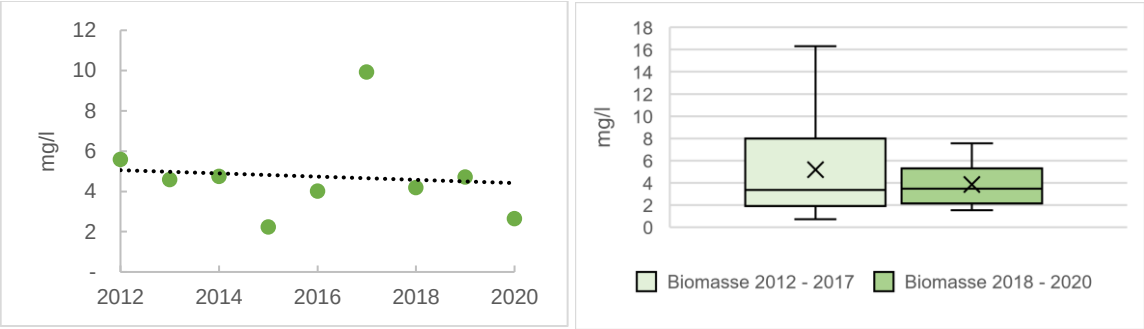
Kolbotnvann	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Totalt fosfor (µg/l)	29 (0,35)	36 (0,26)	24 (0,44)	31 (0,31)	31 (0,32)	19 (0,54)	14 (0,66)	39 (0,23)	23 (0,44)
Planteplankton, biomasse (mg/l)	5,6 (0,12)	4,6 (0,25)	4,7 (0,24)	2,2 (0,42)	4,0 (0,29)	10,1 (0,00)	4,2 (0,28)	4,7 (0,24)	2,6 (0,38)
Klorofyll a (µg/l)	18,3 (0,39)	27,3 (0,26)	18,8 (0,38)	17,3 (0,41)	35,7 (0,21)	49,9 (0,14)	21,0 (0,34)	22,0 (0,33)	13,0 (0,48)
PTI	2,69 (0,33)	2,80 (0,24)	2,61 (0,39)	2,68 (0,34)	3,28 (0,13)	3,47 (0,09)	2,73 (0,30)	2,77 (0,27)	2,63 (0,38)
Cyanomax (mg/l)	1,72 (0,43)	7,8 (0,09)	10,3 (0,00)	2,3 (0,38)	11,3 (0,00)	16,1 (0,00)	3,5 (0,30)	5,77 (0,17)	2,4 (0,37)
Planteplankton, nEQR	**0,30**	**0,19**	**0,23**	**0,38**	**0,12**	**0,05**	**0,30**	**0,24**	**0,39**

Ser vi på alle målingene av totalt fosfor i perioden 2012 – 2020 finner vi imidlertid ikke noe tydelig forskjell på de tre siste årene sammenliknet med seksårsperioden 2012 – 2017. Vi kan se antydning til en fallende trend i fosforkonsentrasjonen i Figur 4-2, men boksplottet i samme figur viser at både gjennomsnitt og median av fosforverdier kun var marginalt lavere i 2018 – 2020 enn i 2012 - 2017, og 75 persentilen lå høyere. Vi vurderer derfor at fosforinnholdet de siste tre årene er *uforandret* fra de foregående seks årene.



Figur 4-2. Kolbotnvann. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor i perioden 2012 - 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre). Den laveste og høyeste fjerdedelen av datsettet befinner seg i området markert av utstikkerne, henholdsvis under og over boksen. Den halvparten av datasettet som havner i midten, ligger i området som dekkes av boksen. X markerer gjennomsnitt, mens midtstrek i boksen tilsvarer median. Sterkt avvikende data (outliers) er markert utenfor boksplottet.

For planteplankton er det, på grunn av enkelte store oppblomstringer, mer hensiktsmessig å sammenlikne medianen mellom ulike tidsperioder enn gjennomsnittet og maksimalverdier. Både for median og 75 persentil er verdiene for 2012 – 2017 nesten identiske med de for perioden 2018 – 2020. Vi kan dermed ikke se at det har vært en utvikling i den ene eller andre retningen i Kolbotnvann de siste ni årene, og vurderer dermed forekomsten av planteplankton som *uforandret* i denne tidsperioden (Tabell 4-6).

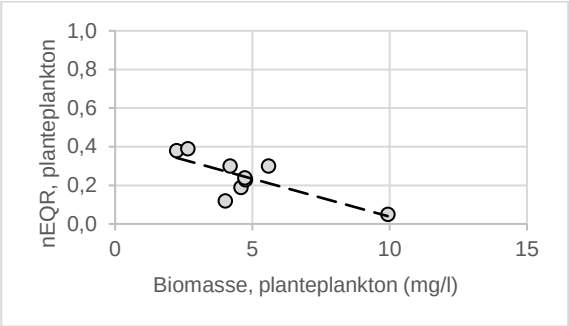


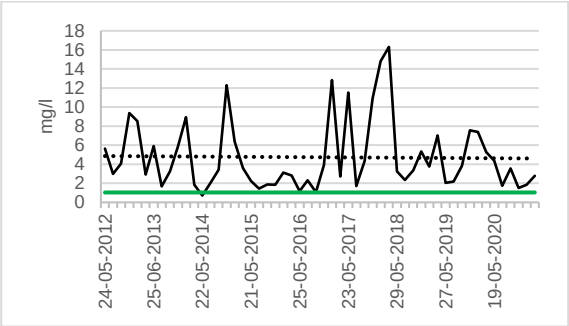
Figur 4-3. Kolbotnvann. Gjennomsnittlig biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).

Tabell 4-6. Kolbotnvann. Oversikt over verdier for gjennomsnitt ($\bar{x}$), median og 75 persentil for totalt fosfor og biomasse av planteplankton i periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020.

Kolbotnvann	**2012 - 2017**			**2018 - 2020**			**Vurdering av endring**
	$\bar{x}$	**Median**	**75 P**	**$\bar{x}$**	**Median**	**75 P**	
Totalt fosfor (µg/l)	27	26	30	25	23	34	Uforandret
Biomasse, planteplankton (mg/l)	5,18	3,34	6,92	3,84	3,46	7,10	Uforandret

De store oppblomstringene av cyanobakterier i Kolbotnvann gjør at biomassen av planteplankton per enhet fosfor tidvis er svært høy, og mange ganger det vi normalt finner i de øvrige PURA – sjøene. Når vi plotter gjennomsnittlig biomasse for vekstsesongen mot nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton, kan det se ut som nEQR aldri kan komme opp på 0,60, som er grenseverdien til god tilstand (Figur 4-4). Dette er selvsagt mulig, og det forteller oss at vi på en fosforkonsentrasjon et sted i intervallet 0 – 20 µg P/l vil få et knekkpunkt, hvor oppblomstringene vil forsvinne og biomassen av planteplankton brått avtar. Vi vet dessverre ikke hvor dette knekkpunktet ligger, men ved fosforkonsentrasjoner under 10 µg/l er det sjelden vi registrerer større oppblomstringer. Sannsynligvis vil disse bli sjeldne eller forsvinne helt ved et fosforinnhold på ca. 15 µg/l. Denne konsentrasjonen mener vi er et ambisiøst, men samtidig oppnåelig mål. Dersom dette nås bør det gjøres en ny vurdering av målsetting ut fra hvordan biomassen av planteplankton ser ut da.





Figur 4-4. Sammenheng mellom biomasse av planteplankton (årlig gjennomsnitt) og nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton (venstre), og biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020. Stiplet linje markerer gjennomsnitt. Grønn linje markerer antatt gjennomsnittlig biomasse for å oppnå god økologisk tilstand.

4.1.5 Beregnet reduksjon av fosfortilførsel fra nedbørfeltet for å oppnå god tilstand i Kolbotnvann

I 2012 – 2020 var den gjennomsnittlige fosforkonsentrasjonen i Kolbotnvann på litt over 26 µg/l. Dersom denne skal ned til 15 µg/l representerer det en reduksjon på 43%. For å oppnå dette har vi antatt at konsentrasjonen av TRP i bekkene må reduseres tilsvarende.

I Tabell 4-7 har vi beregnet det relative bidraget av TRP til Kolbotnvann fra hver enkelte av de undersøkte tilførselsbekkene. Dette er vist som gjennomsnittlig bidrag i hele perioden 2012 – 2020. På grunn av at den har størst nedbørfelt bidrar Skredderstubekken med over halvparten av TRP-tilførslene, mens Augestadbekken bidrar med noe under 40% og Midtoddveibekken med under 10%.

Tabell 4-7. Estimert behov for fosforreduksjon for å oppnå god økologisk tilstand i Kolbotnvann. Verdier er oppgitt som gjennomsnittlig, nedbørkorrigert TRP-konsentrasjon (TRP_{nx}). n= nedbør, x = antall mm.

Lokalitet	Andel av undersøkt bekkeareal	TRP_n, 2012 - 2020	TRP, andel av bekketilførsler, (%), 2012 - 2020	Mål, TRP_n	Reduksjon fra dagens nivå
Augestadbekken	0,256	49	38	26	43% i alle bekkene, eller oppfylle formel: [AUG-TRP_{n21}] x 0,256 + [SKR-TRP_{n30}] x 0,659 + [MID-TRP_{n12}] x 0,085 < 17,5
Skredderstubekken	0,659	27	55	14	
Midtoddveibekken	0,085	28	7	15	

4.1.6 Oppsummering, Kolbotnvann med tilløpsbekker

Biomassen av planteplankton i Kolbotnvann har den siste niårsperioden vært ca. fem ganger høyere enn det som skal til for å oppfylle kravet om minst god økologisk tilstand. Konsentrasjonen av fosfor i innsjøen er langt lavere enn man skulle forvente ut fra den store forekomsten av planteplankton. Dette skyldes at det i innsjøen er flere arter som har evne til å danne store oppblomstringer, og at vi dermed får langt mer planteplankton per fosforenhet enn det som er vanlig. Dette betyr igjen at fosfornivået må langt ned for at innsjøen skal oppnå *god* tilstand. På et visst fosfornivå er det imidlertid ikke lenger et næringsgrunnlag for slike oppblomstringer. Hvor dette nivået ligger er ikke mulig å vite på forhånd, men når det nås forventer vi at forholdene brått blir mye bedre. Vi mener at målsettingen i første omgang bør settes til en gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon på 15 µg/l, noe som representerer en reduksjon på 43% fra dagens nivå. Dette vil ikke være mulig å oppnå uten en betydelig reduksjon i fosfortilførselen fra Augestadbekken og Skredderstubekken, som er de to største tilførselsbekkene til Kolbotnvann.

I niårsperioden 2012 – 2020, som vi har undersøkt her, har vi ikke sett klare tegn til en bedring av forholdene i tilførselsbekkene. I Augestadbekken og Midtoddveibekken er det mer sannsynlig at fosforinnholdet heller har økt enn avtatt i løpet av denne tidsperioden.

Det er verdt å merke seg at de undersøkte bekkene kun drenerer litt over halvparten av nedbørfeltet til Kolbotnvann. Selv om tidligere målinger har vist lavere fosfornivå i Nordengabekken og Myrvollbekken enn i de undersøkte bekkene i den østlige og nordlige delen av innsjøens nedbørfelt, bør også den sørlige delen inkluderes når tiltak vurderes.

4.2 Tussetjern

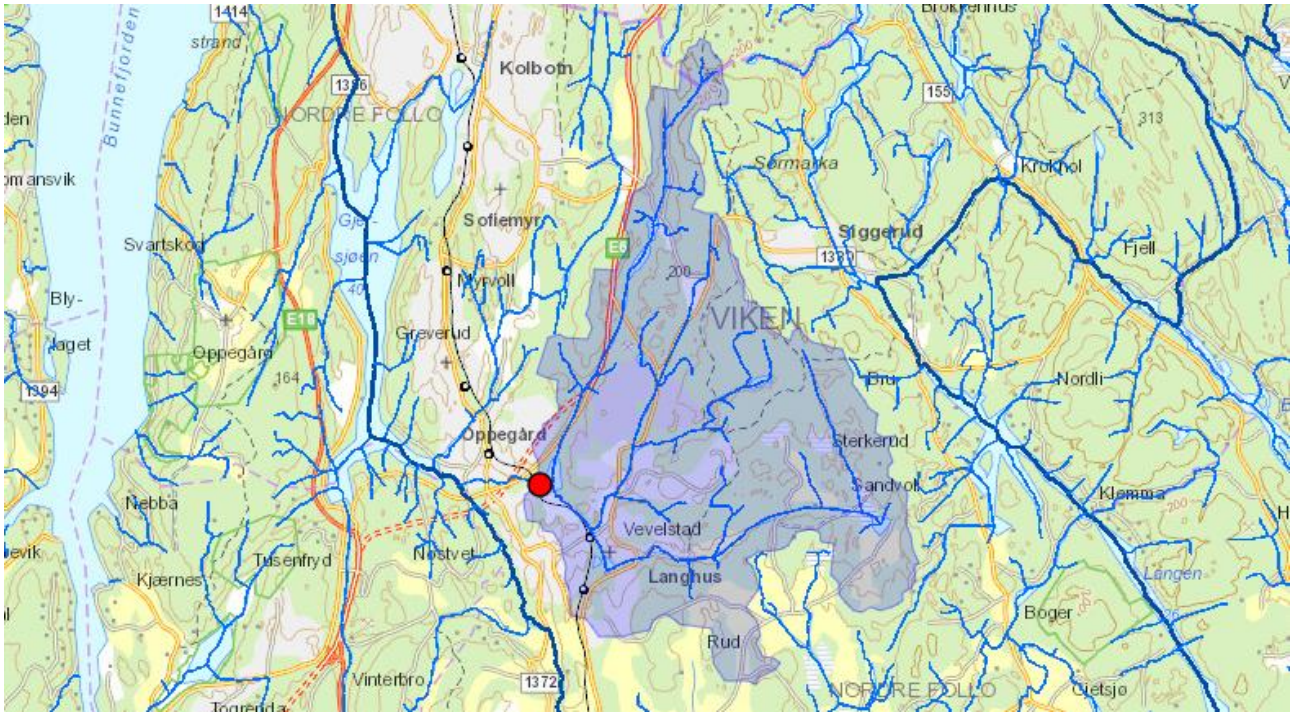
4.2.1 Nedbørfelt

Nedbørfeltet til Tussetjern er på 19,8 km^2, og er også en del av nedbørfeltet til Gjersjøen. Det domineres av skog, som utgjør nesten ¾ av hele nedbørfeltet, mens andelen dyrket mark er på ca. 7% og urbane områder ca. 12%.

Hovedtilførslene til innsjøen kommer fra en bekk i nord som kommer fra tjernet Assuren, og en bekk i øst som kommer fra Fosstjernet. Ingen av disse bekkene er inkludert i overvåkingsprogrammet til PURA.

Innsjøen er meget dyp i forhold til overflatearealet, med et maksimaldyp på ca. 18 meter. Den ligger i tillegg godt beskyttet, og dette er faktorer som kan gjøre fullsirkulasjon vanskelig. Det er mulig at Tussetjern er på grensen til å bli en meromiktisk innsjø, dvs. at dypvannet ikke blir med i sirkulasjonsperiodene vår- og høst, men er permanent stagnert. Utover sommeren blir det helt oksygenfritt i bunnvannet. Dette medfører såkalte reduserende forhold. Det gir økt løselighet til fosforholdige salter, som dermed kan lekke ut fra sedimentene. En slik prosess kan skape en intern kilde til fosfor, noe som gi økt vekst av planteplankton og en forverret tilstand av innsjøen.

Tussetjern er et idyllisk lite vann som brukes både til bading og fritidsfiske. For å opprettholde en høy bruks- og rekreasjonsverdi er det derfor viktig at vannkvaliteten er god. Dette er også viktig fordi utløpsbekken, Tussebekken, renner ut i drikkevannskilden Gjersjøen.



Figur 4-5. Nedbørfeltet til Tussetjern.

4.2.2 Økologisk tilstand i Tussetjern, 2012 - 2020

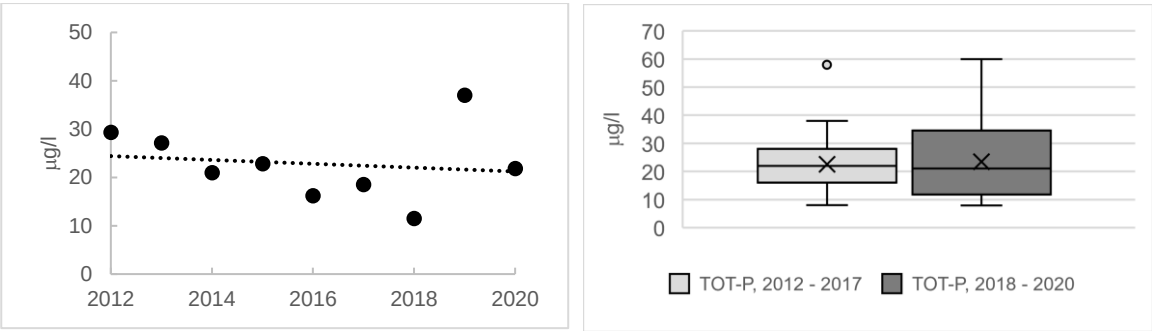
I fem av de ni siste årene har kvalitetselementet planteplankton gitt *svært god* tilstand i Tussetjernet. Det er derfor også naturlig at denne tilstandsklassen fastsettes som målsetting for innsjøen. Som det framgår av Tabell 4-8 er det først og fremst en gunstig artssammensetning av planteplanktonet (PTI) i innsjøen som ofte trekker innsjøen inn i beste tilstandsklasse. Ser vi på biomassen av planteplankton gir den vanligvis en økologisk tilstand som ligger en klasse dårligere enn kvalitetselementet som helhet, mens fosforkonsentrasjonen ofte ligger to tilstandsklasser dårligere. Dette betyr trolig at en betydelig andel av fosforforbindelsene i innsjøen har lav biotilgjengelighet.

Vi kan ikke se noen entydig utvikling av forholdene i innsjøen når vi ser på hele perioden 2012 – 2020. Det kan heller se ut som om disse forbedret seg fra 2012 – 2017, men at utviklingen de siste tre årene så har gått i en mer negativ retning igjen (Tabell 4-8). 2018 var et spesielt år ved at fosforkonsentrasjonen var på sitt laveste, mens gjennomsnittlig biomasse av planteplankton ga den høyeste verdien for den undersøkte niårs-perioden. Sommeren dette året var meget varm og tørr, noe som trolig har gitt lav avrenning, men samtidig høy vanntemperatur. Under disse forholdene fikk vi en relativt stor oppblomstring av grønnalgen *Tetraedron minimum*.

Tabell 4-8. Tussetjern. Økologisk tilstand i perioden 2012 – 2021. Gjennomsnittsverdier for vekstsesongen (mai – oktober), unntatt Cyanomax som angir høyeste registrerte forekomst av cyanobakterier gjennom sesongen. Tall i parentes viser nEQR-verdi.

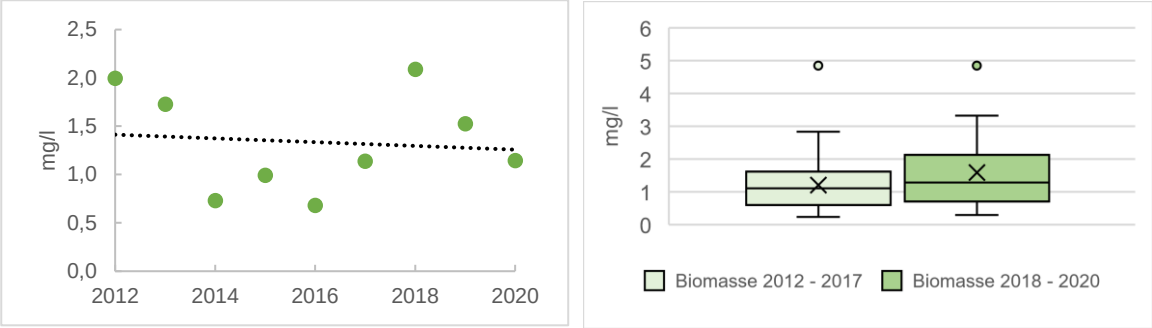
Tussetjern	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Totalt fosfor (µg/l)	29 (0,45)	20 (0,60)	21 (0,58)	23 (0,55)	16 (0,69)	19 (0,63)	12 (0,83)	37 (0,41)	22 (0,57)
Planteplankton, biomasse (mg/l)	2,0 (0,49)	1,7 (0,53)	0,73 (0,82)	0,99 (0,71)	0,68 (0,83)	1,1 (0,64)	2,1 (0,48)	1,5 (0,56)	1,1 (0,64)
Klorofyll a (µg/l)	17,5 (0,43)	15,2 (0,47)	6,8 (0,81)	7,1 (0,79)	9,0 (0,67)	8,1 (0,72)	8,8 (0,68)	9,4 (0,65)	9,4 (0,65)
PTI	2,34 (0,85)	2,27 (0,94)	2,19 (1,00)	2,29 (0,91)	2,18 (1,00)	2,25 (0,96)	2,26 (0,94)	2,23 (0,98)	2,23 (0,99)
Cyanomax (mg/l)	0,00 (1,00)	0,02 (0,98)	0,01 (0,99)	0,00 (1,00)	0,01 (0,99)	0,06 (0,92)	0,02 (0,97)	0,01 (0,98)	0,02 (0,98)
Planteplankton, nEQR	**0,66**	**0,72**	**0,91**	**0,83**	**0,87**	**0,82**	**0,76**	**0,79**	**0,82**

Ved å se på gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon fra år til år, ser vi tydelig hvordan en utvikling mot stadig lavere verdier har blitt brutt de to siste årene (Figur 4-6). De lave fosforkonsentrasjonene i 2018 gjør imidlertid at vi ikke ser noen forskjell i fosforinnhold når vi sammenlikner perioden 2012 – 2017 mot årene 2018 – 2020 (Figur 4-6).



Figur 4-6. Tussetjern. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor i perioden 2012 - 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).

Som for totalt fosfor kan det se ut til at biomassen av planteplankton har vært svakt synkende i perioden 2012 – 2020 (Figur 4-7). Dette bildet skyldes imidlertid de lave verdiene som ble registrert i 2014, 2015 og 2016. Sammenlikner vi perioden 2012 – 2017 mot perioden 2018 – 2020, finner vi at det er stor sannsynlighet (T-test, p = 0,20) for at biomassen av planteplankton har økt i de siste tre årene. Dette ser vi også ved at både medianverdi og gjennomsnitt for disse årene ligger høyere enn i 2012 – 2017 (Figur 4-7, høyre del). Vår vurdering er derfor at det har vært en *svak økning* i biomassen av planteplankton fra 2012-2017 til 2018 – 2020.



Figur 4-7. Tussetjern. Gjennomsnittlig biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).

Tabell 4-9. Tussetjern. Oversikt over verdier for gjennomsnitt ($\bar{x}$), median og 75 persentil for totalt fosfor og biomasse av planteplankton i periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020.

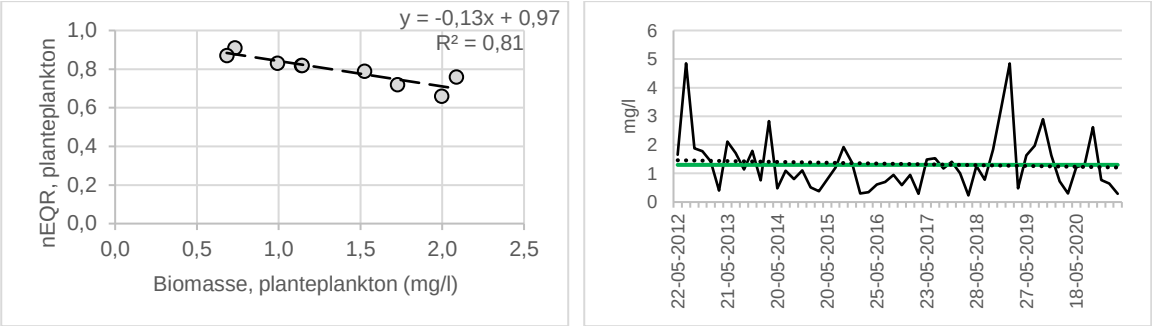
Tussetjern	**2012 - 2017**			**2018 - 2020**			**Vurdering av endring**
	$\bar{x}$	**Median**	**75 P**	**$\bar{x}$**	**Median**	**75 P**	
Totalt fosfor (µg/l)	23	22	26	23	21	32	Uforandret
Biomasse, planteplankton (mg/l)	1,21	1,10	1,56	1,58	1,29	1,68	Svak økning

For vanntypen som Tussetjern tilhører ligger grensen mellom *god* og *svært god* tilstand ut fra biomassen av planteplankton på 0,77 mg/l. På grunn av den gunstige artssammensetningen i innsjøen, og dermed de gjennomgående lave PTI-verdiene, ser vi fra Figur 4-8 at vi kan forvente å oppnå dette selv med en biomasse på 1,3 mg/l. Det vil gi en nEQR-verdi på 0,80 for kvalitetselementet, som er grenseverdien mellom *god* og *svært god* tilstand. Dette er et nivå biomassen i Tussetjern ofte har ligget under, men både i 2018 og 2019 lå den over dette nivået (Figur 4-8).

Biomassen av planteplankton (PP) per fosforenhet (TP) har for Tussetjern i perioden 2012 – 2020 ligget i intervallet 35 – 182 µg PP/µg TP, med et gjennomsnitt på 65 µg PP/µg TP. Dersom denne verdien benyttes, og vi har en målsetting for biomasse av planteplankton på 1300 µg/l, bør fosforkonsentrasjonen ligge på:

1300 µg PP/l / 65 µg PP/µg TP = 20 µg TP/l.

Gjennomsnittlig konsentrasjon av TP for årene 2012 – 2020 har vært på 23 µg/l, og denne målsettingen representerer dermed en reduksjon i fosfortilførslene til innsjøen på 13%.



Figur 4-8. Sammenheng mellom biomasse av planteplankton (årlig gjennomsnitt) og nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton (venstre), og biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (høyre). Stiplet linje markerer gjennomsnitt. Grønn linje markerer antatt gjennomsnittlig biomasse for å oppnå svært god økologisk tilstand.

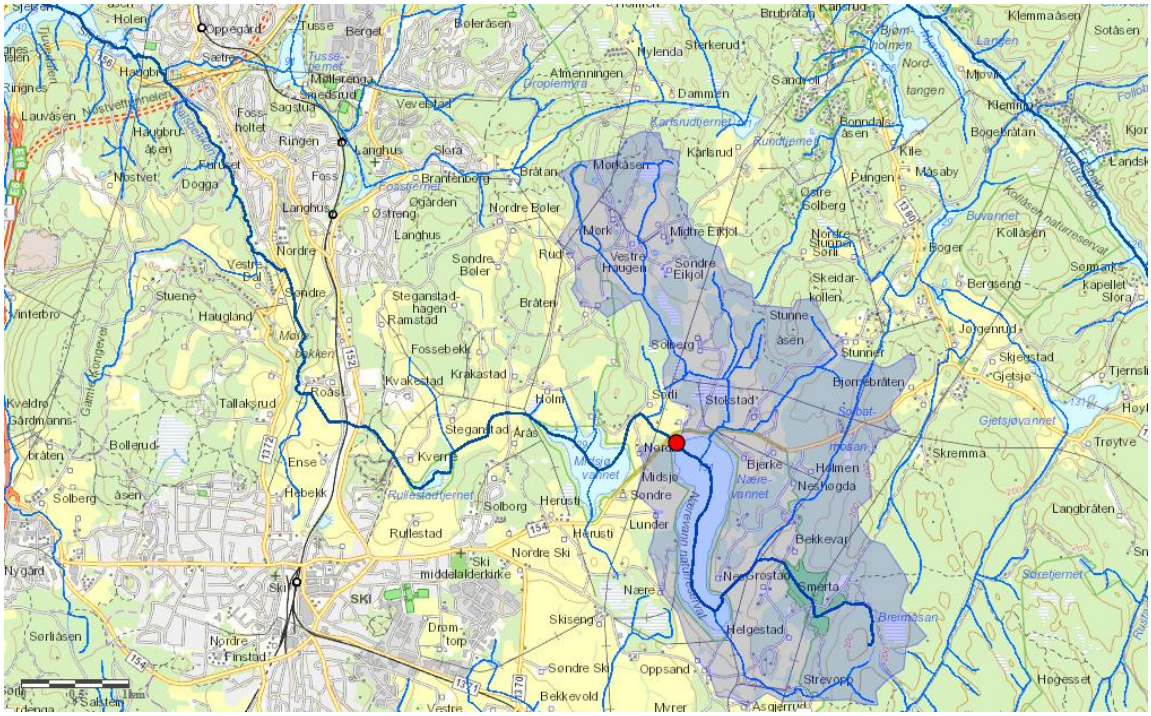
4.3 Nærevann

4.3.1 Nedbørfelt

Nærevann har et areal på 0,63 km^2, og et nedbørfelt på 9,3 km^2. Nedbørfeltet domineres av skog (56%) og dyrket mark (31%), mens det ikke finnes områder som er definert som urbane innenfor nedbørfeltets grenser. Leirdekningsgraden i nedbørfeltet er på 46%.

Innsjøen har et maksimaldyp på ca. 6 meter. Tilførselsbekker kommer inn fra sør og øst, mens utløpsbekken i nord renner inn i Midtsjøvann. Ingen av disse bekkene inngår i overvåkingsprogrammet til PURA. Ved innsjøen er det et rikt plante- og dyreliv, og den har siden 1992 vært fredet som naturreservat..

Nedbørfeltet til Nærevann utgjør den sør-østligste delen av nedbørfeltet til Gjersjøen.



Figur 4-9. Nedbørfeltet til Nærevann

4.3.2 Økologisk tilstand i Nærevann, 2012 - 2020

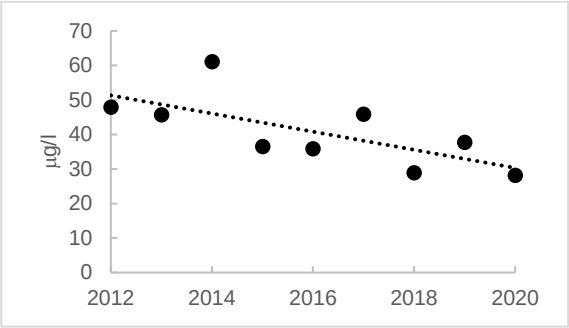
I Nærevann har fosforkonsentrasjon og biomasse av planteplankton stort sett gitt samme tilstandsklasse for årene 2012 - 2020. Det betyr trolig at andelen biotilgjengelig fosfor av det totale fosforinnholdet har vært relativt stabil. I motsetning til f.eks. i Østensjøvann gir det også et inntrykk av et mer lineært forhold mellom fosforinnhold og mengde av planteplankton, altså at mer fosfor har gitt mer planteplankton og motsatt. Indeksen for artssammensetning, PTI, har gjennomgående ligget en tilstandsklasse bedre en biomassen av planteplankton. Det forteller at innsjøen har et gunstig samfunn av planteplankton med høy diversitet og lav forekomst av arter som har evne til å danne store oppblomstringer.

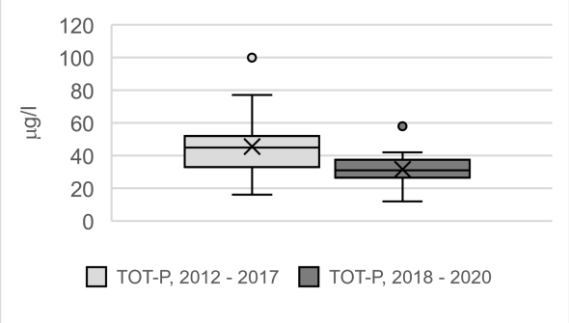
Bare ut fra fargespekteret i Tabell 4-10 kan vi se at det har skjedd en forbedring av forholdene i Nærevann i løpet av denne niårsperioden. Mesteparten av den oransje fargen, som illustrer *dårlig* økologisk tilstand, er å finne i årene 2012 – 2014. Vi ser også at nEQR-verdien for hele kvalitetselementet planteplankton beveger seg mot stadig høyere verdier når vi går fra 2012 og mot 2020 (Tabell 4-10).

Tabell 4-10. Nærevann. Økologisk tilstand i perioden 2012 – 2021. Gjennomsnittsverdier for vekstsesongen (mai – oktober), unntatt Cyanomax som angir høyeste registrerte forekomst av cyanobakterier gjennom sesongen. Tall i parentes viser nEQR-verdi.

Nærevann	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Totalt fosfor (µg/l)	48 (0,28)	53 (0,27)	61 (0,22)	37 (0,41)	36 (0,42)	46 (0,33)	29 (0,47)	38 (0,41)	28 (0,48)
Planteplankton, biomasse (mg/l)	3,0 (0,38)	2,9 (0,39)	2,4 (0,43)	2,0 (0,49)	1,1 (0,66)	2,5 (0,42)	1,3 (0,59)	1,8 (0,53)	2,1 (0,48)
Klorofyll a (µg/l)	29,2 (0,27)	28,0 (0,29)	26,2 (0,31)	18,2 (0,42)	18,8 (0,41)	21,1 (0,38)	15,5 (0,46)	15,3 (0,47)	25,0 (0,32)
PTI	2,56 (0,59)	2,54 (0,32)	2,59 (0,56)	2,42 (0,76)	2,57 (0,59)	2,41 (0,77)	2,49 (0,67)	2,40 (0,78)	2,44 (0,74)
Cyanomax (mg/l)	0,04 (0,95)	0,05 (0,94)	0,96 (0,61)	0,13 (0,83)	0,42 (0,74)	3,1 (0,32)	0,22 (0,79)	0,13 (0,84)	0,15 (0,81)
Planteplankton, nEQR	**0,46**	**0,48**	**0,46**	**0,61**	**0,56**	**0,50**	**0,60**	**0,64**	**0,57**

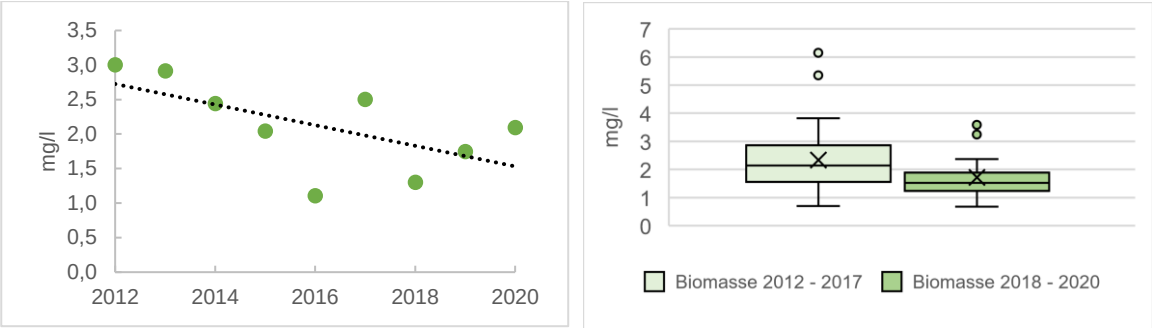
Denne utviklingen over tid ser vi enda tydeligere i plott av gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon for hvert år, og i boksplott som sammenlikner spennet av verdier i periodene 2012 – 2017 mot de fra 2018 – 2020. Fosforinnholdet viser en klart fallende trend, og målingene gjort i 2018 – 2020 er signifikant lavere enn de som er fra 2012 – 2017 (T-test, $p < 0,01$) (Figur 4-10).





Figur 4-10. Nærevann. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor i perioden 2012 - 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).

Biomassen av planteplankton viser samme utvikling over tid som konsentrasjonen av fosfor, og ligger klart lavere i den siste delen av denne undersøkte tidsperioden enn i den første. Sammenlikner vi årene 2012 – 2017 mot 2018 – 2020, er også biomassen av planteplankton signifikant lavere i den siste treårsperioden (T-test, $p = 0,05$) (Figur 4-11).



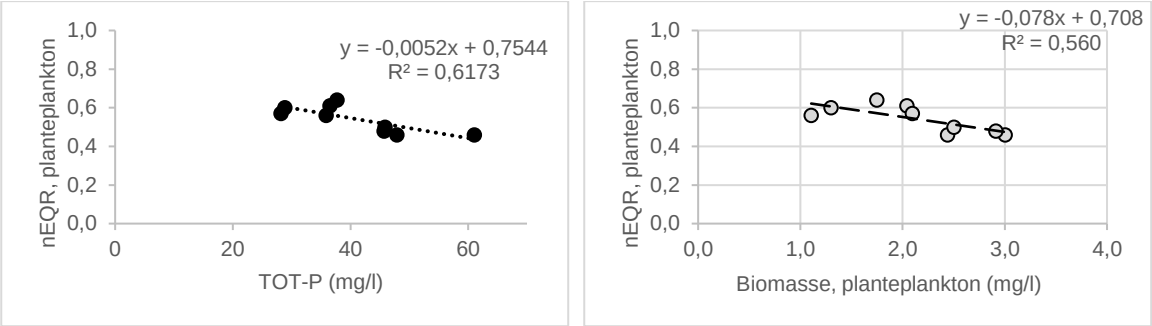
Figur 4-11. Nærevann. Gjennomsnittlig biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).

Vi kan altså med stor grad av sikkerhet si at både fosforinnhold og biomasse av planteplankton har avtatt i Nærevann i 2018 – 2020 sammenliknet med perioden 2012 – 2017 (Tabell 4-11).

Tabell 4-11. Nærevann. Oversikt over verdier for gjennomsnitt ($\bar{x}$), median og 75 persentil for totalt fosfor og biomasse av planteplankton i periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020.

Nærevann	**2012 - 2017**			**2018 - 2020**			**Vurdering av endring**
	$\bar{x}$	**Median**	**75 P**	**$\bar{x}$**	**Median**	**75 P**	
Totalt fosfor (µg/l)	45	45	52	32	31	37	Nedgang
Biomasse, planteplankton (mg/l)	2,34	2,14	2,83	1,71	1,52	1,98	Nedgang

For Nærevann vil den naturlige målsettingen for vannforekomsten være at kvalitetselementet planteplankton skal oppfylle kravene til *god* økologisk tilstand. Som vi ser av Figur 4-12 er det i denne innsjøen god sammenheng mellom fosforkonsentrasjon og nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton. Ved å benytte formelen for den lineære regresjonen finner vi at vi bør oppnå en nEQR-verdi på 0,60, som er grenseverdien til *god* tilstand, ved en fosforkonsentrasjon like i underkant av 30 µg/l. En tilsvarende regresjon mellom biomassen av planteplankton og nEQR-verdi viser at denne grenseverdien kan nås ved en biomasse på 1,3 mg/l. Den oppgitte grenseverdien i klassifiseringsveilederen for denne vanntypen ligger på 1,24 mg/l. Siden denne ligger så nær den beregnede verdien, er det naturlig å benytte grenseverdien fra klassifiseringsveilederen. I Figur 4-13 er denne grenseverdien lagt inn som en grønn strek. Denne figuren viser alle de månedlige resultatene for biomasse av planteplankton, og hvordan denne i gjennomsnitt (prikket linje) har beveget seg fra ca. 3 mg/l i 2012 og ned til et nivå som nå ligger i nærheten av *god* økologisk tilstand.



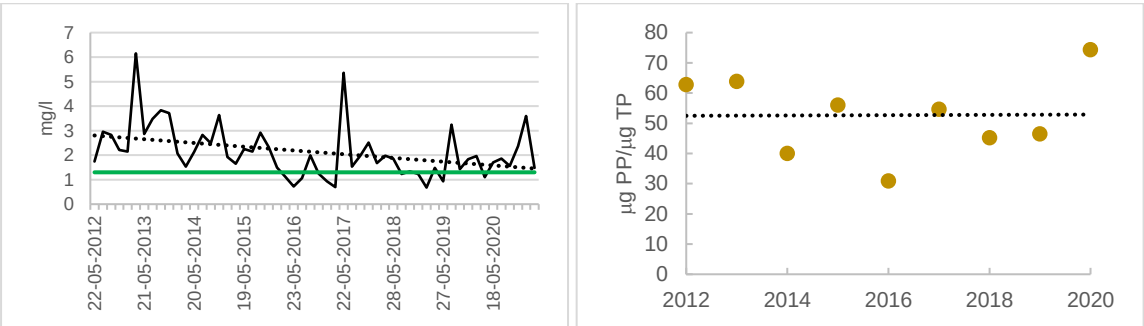
Figur 4-12. Nærevann. Sammenheng mellom nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton, og årlig gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor (venstre) og biomassen av planteplankton (høyre).

Biomassen av planteplankton (PP) per fosforenhet (TP) har for Nærevann i perioden 2012 – 2020 ligget i intervallet 30 – 74 µg PP/µg TP, med et gjennomsnitt på 53 µg PP/µg TP (Figur 4-13). Dersom denne verdien benyttes, og vi har en målsetting for biomasse av planteplankton på 1240 µg/l, bør fosforkonsentrasjonen ligge på:

1240 µg PP/l / 53 µg PP/µg TP = 24 µg TP/l.

De to estimatene for beregning av hvilken konsentrasjon av fosfor som vil gi *god* økologisk tilstand for planteplankton ligger ikke langt fra hverandre (hhv. 30 µg/l og 24 µg/l). Vi mener da det estimatet som gir den laveste konsentrasjonen bør benyttes som målsetting for innsjøen.

Gjennomsnittlig konsentrasjon av TP for årene 2012 – 2020 har vært på 41 µg/l, og en målsetting på 24 µg/l representerer en reduksjon i fosfortilførslene til innsjøen på 41%. De tre siste årene har imidlertid konsentrasjonen av totalt fosfor i gjennomsnitt ligget på 32 µg/l, og dersom denne verdien er mer representativ for belastningen til innsjøen i dag, krever det en reduksjon i fosfortilførsel på 24% for å nå målsettingen på 24 µg/l.



Figur 4-13. Planteplankton. Biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (venstre). Stiplet linje markerer gjennomsnitt. Grønn linje markerer antatt gjennomsnittlig biomasse for å oppnå god økologisk tilstand. Biomasse av planteplankton pr. enhet total fosfor (høyre).

4.4 Midtsjøvann

4.4.1 Nedbørfelt

Midtsjøvann har et areal på 0,30 km^2, og et nedbørfelt på 12,7 km^2. Nedbørfeltet domineres av skog (53%) og dyrket mark (33%), mens urbane områder kun utgjør 0,3%. Leirdekningsgraden i nedbørfeltet er på 47%.

Innsjøen har et maksimaldyp på ca. 5 meter. Den største tilførselsbekken kommer inn i den nord-østre delen av innsjøen. Fra denne tilføres hovedsakelig vann fra Nærevann, men også fra en mindre bekk i nord. Ytterligere to små bekker tilføres fra nord, mens det er en tilførselsbekk fra sør. Ingen av disse bekkene inngår i overvåkingsprogrammet til PURA. Utløpet fra Midtsjøvann er startpunktet for Dalsbekken som renner ut i den søndre delen av Gjersjøen. Ved innsjøen er det et rikt plante- og dyreliv, og den har siden 1992 vært fredet som naturreservat.

Nær 75% av nedbørfeltet til Midtsjøvann er felles med nedbørfeltet til Nærevann, og det utgjør den sør-østligste delen av nedbørfeltet til Gjersjøen.

Figur 4-13. Nedbørfeltet til Midtsjøvann

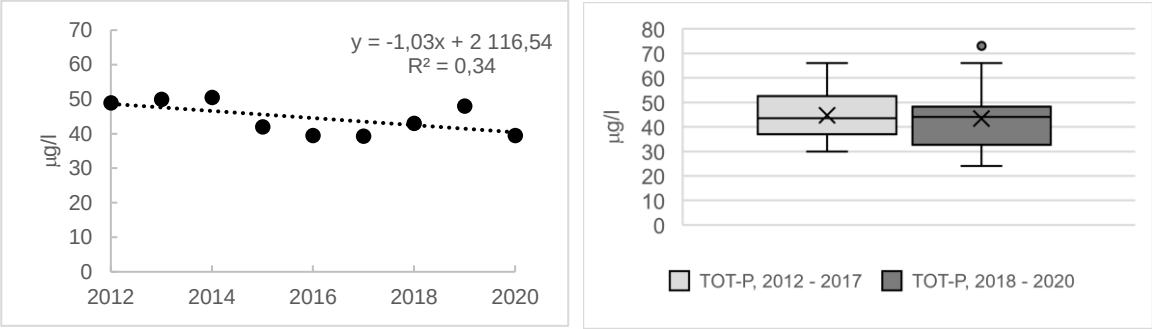
4.4.2 Økologisk tilstand i Midtsjøvann, 2012 - 2020

Forholdene ser ut til å ha vært svært stabile i Midtsjøvann i perioden 2012 – 2020. Totalt fosfor har i hele perioden gitt *dårlig* tilstand, mens kvalitetselementet planteplankton hele tiden har gitt *moderat* tilstand (Tabell 4-12). Den gjennomsnittlige biomassen av planteplankton har variert noe, men har i hovedsak ligget i grenseområdet mellom *moderat* og *dårlig* tilstand. Indeksen for artssammensetning, PTI, har i gjennomsnitt ligget om lag en tilstandsklasse bedre en biomassen av planteplankton. Det forteller at innsjøen har et gunstig samfunn av planteplankton med høy diversitet og lav forekomst av arter som har evne til å danne store oppblomstringer. Bortsett fra i 2017 og i 2018 har biomassen av cyanobakterier vært lav (Tabell 4-12).

Tabell 4-12. Midtsjøvann. Økologisk tilstand i perioden 2012 – 2021. Gjennomsnittsverdier for vekstsesongen (mai – oktober), unntatt Cyanomax som angir høyeste registrerte forekomst av cyanobakterier gjennom sesongen. Tall i parentes viser nEQR-verdi.

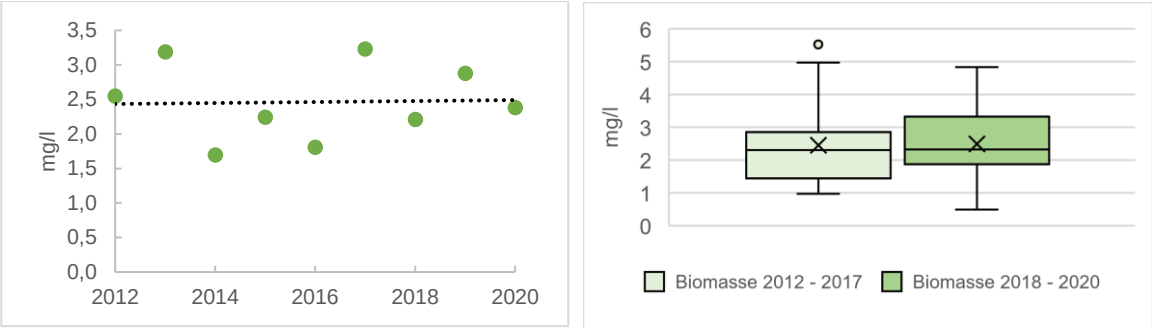
Midtsjøvann	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Totalt fosfor (µg/l)	49 (0,28)	50 (0,29)	51 (0,29)	42 (0,36)	40 (0,39)	39 (0,40)	43 (0,35)	48 (0,31)	40 (0,39)
Planteplankton, biomasse (mg/l)	2,5 (0,42)	3,2 (0,37)	1,7 (0,54)	2,2 (0,46)	1,8 (0,52)	3,2 (0,37)	2,2 (0,46)	2,9 (0,39)	2,4 (0,44)
Klorofyll a (µg/l)	27,0 (0,30)	26,7 (0,30)	23,7 (0,34)	21,2 (0,40)	21,5 (0,36)	27,3 (0,29)	22,3 (0,36)	28,5 (0,28)	27,7 (0,29)
PTI	2,47 (0,70)	2,54 (0,62)	2,54 (0,60)	2,53 (0,63)	2,65 (0,50)	2,32 (0,87)	2,44 (0,74)	2,44 (0,74)	2,40 (0,79)
Cyanomax (mg/l)	0,02 (0,98)	0,01 (0,98)	0,02 (0,97)	0,09 (0,89)	0,20 (0,80)	2,86 (0,34)	1,5 (0,49)	0,29 (0,77)	0,10 (0,88)
Planteplankton, nEQR	**0,53**	**0,48**	**0,52**	**0,53**	**0,47**	**0,51**	**0,55**	**0,54**	**0,57**

Følger vi gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon over tid viser en lineær regresjon at det kan ha vært en svak nedgang i fosforinnholdet i innsjøen. I et boksplott som sammenlikner spennet av verdier i periodene 2012 – 2017 mot de fra 2018 – 2020, er det imidlertid ikke noen åpenbar forskjell mellom de to tidsperiodene, og den er ikke signifikant (T-test, p = 0,76) (Figur 4-14).



Figur 4-14. Midtsjøvann. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor i perioden 2012 - 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).

I perioden 2012 – 2020 ser vi ingen endring i biomassen av planteplankton (Figur 4-15).



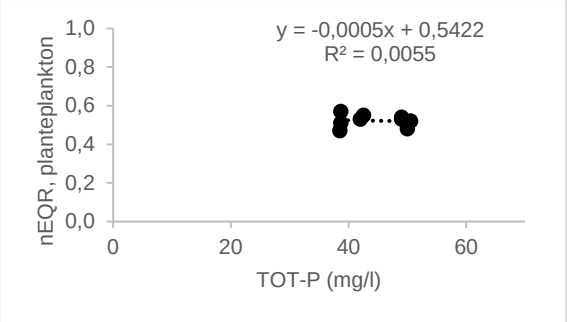
Figur 4-15. Midtsjøvann. Gjennomsnittlig biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).

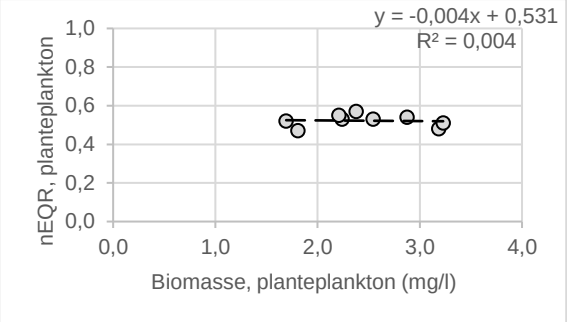
I motsetning til i naboinnsjøen Nærevann, der både fosforinnhold og forekomst av planteplankton har hatt avtatt over tid, ser vi altså ikke tegn til endringer i Midtsjøvann (Tabell 4-13). Det kan indikere at en betydelig andel av fosfortilførselen til innsjøen kommer fra den fjerdedelen av nedbørfeltet som ikke er felles med Nærevann, men det kan også bety at det er stor intern tilførsel av fosfor fra sedimentene til vannmassene. Dette kan f.eks. skje via bioturbasjon, ekskresjon fra fisk eller tilførsler fra fugl.

Tabell 4-13. Midtsjøvann. Oversikt over verdier for gjennomsnitt ($\bar{x}$), median og 75 persentil for totalt fosfor og biomasse av planteplankton i periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020.

Midtsjøvann	**2012 - 2017**			**2018 - 2020**			**Vurdering av endring**
	$\bar{x}$	**Median**	**75 P**	**$\bar{x}$**	**Median**	**75 P**	
Totalt fosfor (µg/l)	45	44	52	44	45	48	Uforandret
Biomasse, planteplankton (mg/l)	2,33	2,31	2,79	2,49	2,33	3,75	Uforandret

For Midtsjøvann vil den naturlige målsettingen for vannforekomsten være at kvalitetselementet planteplankton skal oppfylle kravene til *god* økologisk tilstand. Innenfor det relativt beskjedne spennet av gjennomsnittsverdier for totalt fosfor og for biomasse av planteplankton, fant vi ingen samvariasjon med nEQR-verdier for kvalitetselementet planteplankton (Figur 4-16). Det betyr trolig at vi ved lavere fosforkonsentrasjoner vil finne et knekkpunkt hvor nEQR-verdiene for planteplankton vil stige brått. Vi vet ikke hvor dette punktet ligger, og vårt beste estimat blir da å anta at mengden planteplankton per fosforenhet holder seg på samme nivå som nå, også dersom fosforkonsentrasjonen går ned.





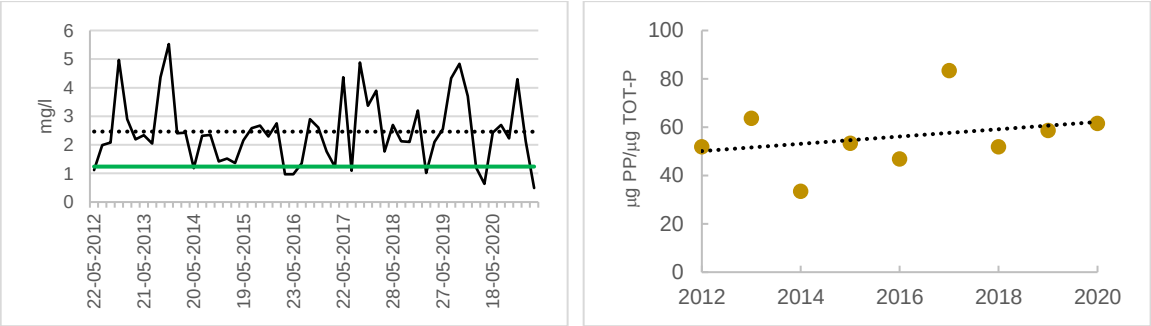
Figur 4-16. Midtsjøvann. Sammenheng mellom nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton, og årlig gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor (venstre) og biomassen av planteplankton (høyre).

Den oppgitte grenseverdien i klassifiseringsveilederen for vanntypen som Midtsjøvann faller inn under er på 1,24 mg/l, og det er naturlig å benytte denne grenseverdien som målsetting for innsjøen. I Figur 4-17 er grenseverdien lagt inn som en grønn strek. Denne figuren viser alle de månedlige resultatene for biomasse av planteplankton, og hvordan denne i gjennomsnitt (prikket linje) har beveget seg i perioden 2012 – 2020. Vi ser da tydelig at denne ligger helt flatt på ca. 2,5 mg/l (Figur 4-17).

Biomassen av planteplankton (PP) per fosforenhet (TP) har vært svakt økende i perioden 2012 – 2020 og ligget i intervallet 34 – 84 µg PP/µg TP (Figur 4-17, høyre del), med et gjennomsnitt for hele perioden på 56 µg PP/µg TP. Dersom denne verdien benyttes, og vi har en målsetting for biomasse av planteplankton på 1240 µg/l, bør fosforkonsentrasjonen ligge på:

1240 µg PP/l / 56 µg PP/µg TP = 22 µg TP/l.

En målsetting på 22 µg/l representerer dermed en reduksjon i fosfortilførslene til innsjøen på 50%.

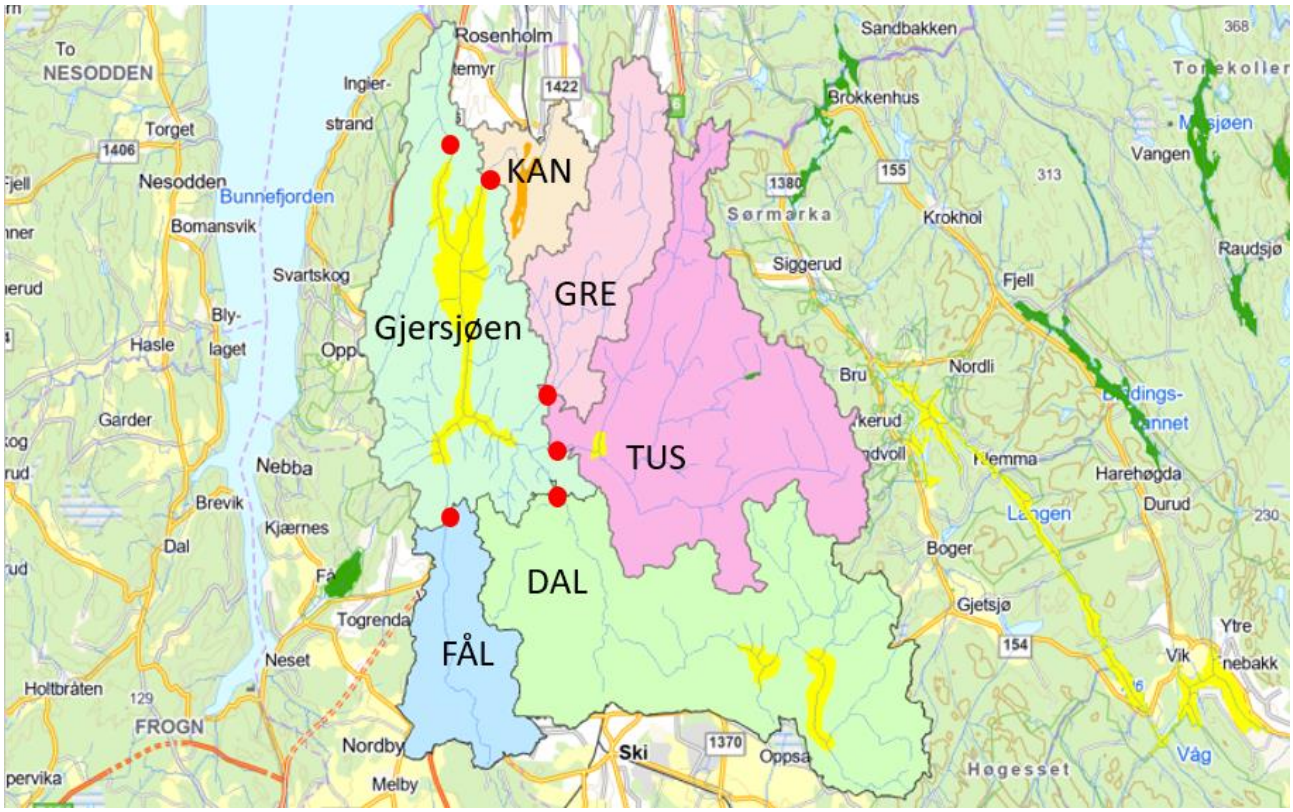


Figur 4-17. Planteplankton. Biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (venstre). Stiplet linje markerer gjennomsnitt. Grønn linje markerer antatt gjennomsnittlig biomasse for å oppnå god økologisk tilstand. Biomasse av planteplankton pr. enhet total fosfor (høyre).

4.5 Gjersjøen med tilløpsbekker

4.5.1 Nedbørfelt og tilløpsbekker

Gjersjøen har et nedbørfelt på 82 km^2, hvor skog utgjør 60%, dyrket mark 15% og urbane områder 13% (Figur 4-18). Leirdekningsgraden for hele nedbørfeltet samlet er på 31% (Nevina, NVE). I dette nedbørfeltet overvåker PURA tilstanden i tilløpsbekkene Fåleslora i sør, Kantorbekken (KAN) i nord og Greverudbekken (GRE), Tussebekken (TUS) og Dalsbekken (DAL) i øst. Disse tilløpene dekker totalt et areal på ca. 68 km^2, eller 82% av hele nedbørfeltet til Gjersjøen.



Figur 4-18. Nedbørfeltet til Gjersjøen og dens tilløpsbekker. Farge på vannforekomstene indikerer økologisk tilstand som angitt i Vann-Nett pr. 1/1-22 (gul = moderat, oransje = dårlig).

Gjersjøen er drikkevannskilde for Nordre Follo og Ås kommune, og det er dermed av stor betydning at innsjøen har god vannkvalitet. Forhøyet tilførsel av næringssalter, såkalt eutrofiering, er den mest aktuelle påvirkningen i Gjersjøen. Dette kan resultere i tidvis høy forekomst av planteplankton, i verste fall med oppblomstringer av giftproduserende cyanobakterier. Dersom fosforkonsentrasjonen i tilløpsbekkene, og dermed også i selve innsjøen holdes på et lavt nivå, elimineres denne risikoen. Målsettingen for innsjøen bør være at biomassen av planteplankton ligger innenfor grenseverdien til *svært god* økologisk tilstand.

Sammenliknet med nedbørfeltene til for eksempel Østensjøvann og Årungen er leirdekninggraden i nedbørfeltet til Gjersjøen betydelig lavere. Denne er høyest i arealene som drenerer til Dalsbekken og Fåleslora, med henholdsvis 47% og 43%, mens den er under 30% i de tre øvrige undersøkte bekkene. For nedbørfeltet til Gjersjøen som helhet ligger leirdekningsgraden på 31%. Det er en del urbane områder i

nedbørfeltet, særlig i nedbørfeltet til Kantorbekken, mens skogsområder dekker hele 60% av arealet. (Tabell 4-14).

Tabell 4-14. Nedbørfeltparametere for Gjersjøen og for fem av tilførselsbekkene til innsjøen.

Tilførsel	Areal (km^2)	Nedbørfelt				Avrenning (L/sek x km^2)
		Leire, %	Dyrket mark, %	Urban, %	Skog, %	
Fåleslora	7,1	43	19	11	51	15,6
Kantorbekken	3,7	7,1	0,2	52	30	14,9
Greverudbekken	10,2	29	7,3	22	61	15,4
Dalsbekken	26,0	47	31	7,2	50	16,8
Tussebekken	20,5	23	6,4	14	73	16,3
Øvrige tilførsler	14,4					
Gjersjøen	**81,9**	**31**	**15**	**13**	**60**	15,6

4.5.2 Økologisk tilstand i tilløpsbekker, 2012 – 2020

For leirpåvirkede bekker er det for fosforinnhold bare satt klassegrense mellom *god* og *moderat* tilstand. Med bare to tilstandsklasser er det ikke enkelt å påpeke noen tydelig utvikling over tid.

Ut fra fargekodene i Tabell 4-15 ser det likevel nokså åpenbart ut at innholdet av totalt fosfor de siste årene har blitt lavere i Kantorbekken. Dette reflekteres imidlertid ikke i en tilsvarende forbedring i de biologiske parameterne. Greverudbekken ser ut til å ha hatt motsatt utvikling. Verdiene for totalt fosfor har hele tiden ligget over grenseverdien til *god* tilstand, men de er gjennomgående høyere de siste årene enn i begynnelsen av denne tidsperioden. Heller ikke her ser vi noen tydelig endring i de biologiske parameterne. Vurdert ut fra resultatene av påvekstalger og bunndyr ser både Dalsbekken og Tussebekken ut til å ligge i grenseområdet mellom *god* og *moderat* tilstand, men uten noen klar utvikling over tid

Tabell 4-15. Tilløpsbekker til Gjersjøen. Økologisk tilstand i perioden 2012 – 2020. Fosforkonsentrasjon oppgitt som årsmiddel.

Fåleslora	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Totalt fosfor (µg/l)	27	28	32	41	26	22	19	28	46
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	8	9			6	8	8	8	14
Bunndyr (ASPT)			3,00		4,71			4,88	
Påvekstalger (PIT)					9,7			20,6	
Kantorbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	47	66	46	47	24	23	19	27	39
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	9	32			7	6	5	6	13
Bunndyr (ASPT)			3,67		4,14			4,00	
Påvekstalger (PIT)	22,1	21,8			25,8			19,8	

Greverudbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	48	43	39	51	44	51	68	73	74
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	23	13			18	26	48	41	41
Bunndyr (ASPT)			5,60		4,44			5,13	
Påvekstalger (PIT)	24,1	21,6			19,5			22,3	
Dalsbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	49	41	48	63	65	47	29	45	67
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	12	12			26	19	11	16	24
Bunndyr (ASPT)			6,41		5,75			6,00	
Påvekstalger (PIT)	22,7	23,9			29,9			19,7	
Tussebekken									
Totalt fosfor (µg/l)	33	23	20	28	21	15	16	27	28
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	9	6			3	4	5	5	6
Bunndyr (ASPT)			6,20		5,57			6,00	
Påvekstalger (PIT)	18,3	30,4			16,8			16,0	

4.5.3 Nedbørkorrigerte fosforverdier i tilløpsbekker

For alle tilløpsbekkene er det gjort tilsvarende regresjonsanalyser som vist i Figur 3-2 for Skibekken. I Tabell 4-16 har vi samlet formlene som kan benyttes for å beregne nedbørkorrigerte konsentrasjoner av totalt fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP). Vi har testet datasettet mot akkumulert nedbør de foregående 4 – 12 dagene, og benyttet den tidsperioden som samlet viste best korrelasjon med fosforverdiene. Deretter er datasettet for seksårsperioden 2012 – 2017 sammenliknet med det for treårsperioden 2018 – 2020.

Tabell 4-16. Tilløpsbekker til Gjersjøen. Sammenheng mellom nedbør (N) og konsentrasjon av fosfor uttrykt som formler etter lineær regresjon. D viser det antall dager med akkumulert nedbør som ga best korrelasjon med fosformålingene.

Tilførsel	D	Totalt fosfor (TP)				Totalt reaktivt fosfor (TRP)			
		2012 - 2017		2018 - 2020		2012 - 2017		2018 - 2020	
		Formel	r^2	Formel	r^2	Formel	r^2	Formel	r^2
Fåleslora	7	TP = 0,92N + 6,9	0,52	TP = 0,67N + 21,1	0,27	TRP = 0,35N + 1,2	0,63	TRP = 0,28N + 5,7	0,36
Kantorbekken	6	TP = 0,36N + 25,7	0,13	TP = 0,42N + 21,7	0,18	TRP = -0,03N + 7,4	0,01	TRP = 0,02N + 5,9	0,00
Greverudbekken	10	TP = 0,12N + 13,9	0,07	TP = 0,27N + 30,1	0,05	TRP = 0,59N + 30,4	0,18	TRP = 0,75N + 48,6	0,15
Dalsbekken	5	TP = 2,48N + 20,6	0,45	TP = 4,61N + 12,1	0,73	TRP = 0,33N + 16,5	0,05	TRP = 1,88N – 11,6	0,78
Tussebekken	6	TP = 0,31N + 12,4	0,27	TP = 0,01N + 23,0	0,00	TRP = 0,02N + 1,9	0,08	TRP =-0,01N + 4,0	0,00

I Kantorbekken og i Tussebekken var det liten sammenheng mellom nedbørforholdene i forkant av prøvetakingen og fosforkonsentrasjon. Dette kan delvis skyldes at verdiene gjennomgående er lave, noe som

gjør at usikkerheten i analysemetoden får større innvirkning. I tillegg ligger prøvepunktene ikke langt fra utløpet av innsjøer, der TRP raskt blir tatt opp og omsatt av planteplankton.

Det mest markante funnet i denne analysen av tilløpsbekkene til Gjersjøen, var den kraftige økningen av både TP og TRP i Greverudbekken i perioden 2018 – 2020 sammenliknet med den foregående seksårsperioden. For TP var denne økningen på ca. 50%, mens den for TRP var på over 100%. Også i Fåleslora kunne vi se en økning i fosforkonsentrasjonene, men ikke i like sterk grad som i Greverudbekken. Det samme mønsteret finner vi i disse to bekkene også når vi ser på data for perioden 2012 – 2020 som ikke er nedbørkorrigert (Vedlegg B, Figur V-B-4 og Figur V-B-6).

I Kantorbekken ser det ut til å ha vært en svak nedgang i fosforinnholdet, men siden det er betydelig usikkerhet i disse beregningene vurderer vi likevel utviklingen der som uforandret. I Dalsbekken er det også sannsynlig at det har vært en nedgang i innholdet av TRP. Siden vi ikke fant det samme for TP, har vi imidlertid også for denne bekken valgt å betrakte utviklingen som *uforandret*. I Tussebekken var det stor prosentvis økning i TRP fra 2012 – 2017 til 2018 – 2020, men her er verdiene svært lave og usikkerheten dermed tilsvarende stor. Siden vi fant samme mønster for TP, mener vi at den mest korrekte vurderingen er at det har skjedd en økning i fosforbelastningen til denne bekken.

Generelt er utviklingen i tilførselsbekkene til Gjersjøen urovekkende ved at de enten har et uforandret eller økende innhold av fosfor.

Tabell 4-17. Nedbørkorrigert fosforkonsentrasjon i tilløpsbekker til Gjersjøen. Beregningene er basert på samlet nedbør siste D dager, som angitt i Tabell 4-16., og med en standardisert nedbør på 3 mm per dag (f.eks. hvis D=6, så er 18 mm nedbør benyttet i formelen i Tabell 4-16).

Fåleslora	**2012 - 2017**	**2018 - 2020**	**% endring**	**Vurdering av endring**
Totalt fosfor (µg/l)	26	35	34	Økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	8,6	12	35	
Kantorbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	32	29	- 9	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	6,9	6,3	- 9	
Greverudbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	48	71	48	Økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	18	38	119	
Dalsbekken				
Totalt fosfor (µg/l)	58	57	- 1	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	22	17	- 23	
Tussebekken				
Totalt fosfor (µg/l)	18	23	29	Økning
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	2,3	4,0	75	

4.5.4 Økologisk tilstand i Gjersjøen, 2012 - 2020

Resultatene for tilløpsbekkene til Gjersjøen skulle tilsi at utviklingen over tid i innsjøen mer sannsynlig vil være negativ enn positiv. Alle data som inngår i kvalitetselementet planteplankton er for årene 2012 - 2020 samlet i Tabell 4-18. Her ser vi da også at det er langt mindre blått, som tilsier *svært god* økologisk tilstand, på den høyre halvdelen enn på den venstre. Frekvensen av ruter i tabellen som viser dårligere enn *god* tilstand er også høyere de fem siste årene enn de første fire.

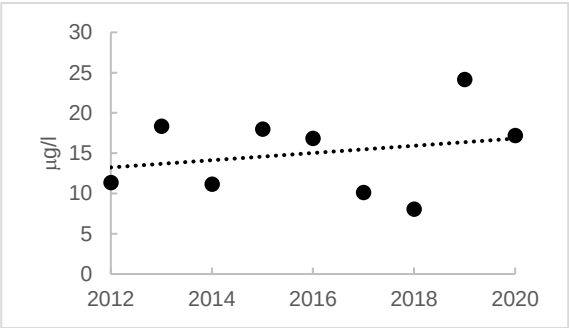
Innslaget av cyanobakterier har økt i perioden fra 2012 til 2020. Det ser vi tydelig i raden som gir maksimal biomasse av cyanobakterier for sesongen ($Cyano_{max}$). Dette gir seg også utslag i høyere verdi for indeksen for artssammensetning (PTI) (Tabell 4-18).

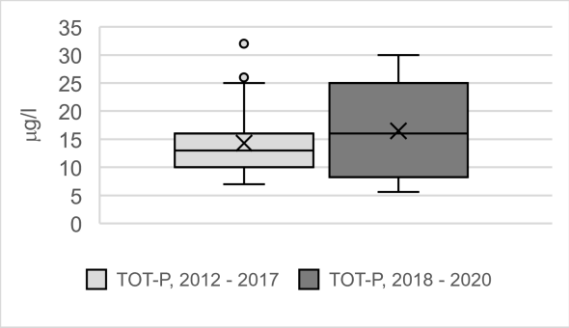
Tabell 4-18. Gjersjøen. Økologisk tilstand i perioden 2012 – 2020. Gjennomsnittsverdier for vekstsesongen (mai – oktober), unntatt Cyanomax som angir høyeste registrerte forekomst av cyanobakterier gjennom sesongen. Tall i parentes viser nEQR-verdi.

Gjersjøen	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Totalt fosfor (µg/l)	11 (0,74)	18 (0,56)	11 (0,76)	16 (0,62)	17 (0,60)	10 (0,79)	5 (0,83)	24 (0,43)	17 (0,59)
Planteplankton, biomasse (mg/l)	0,53 (0,86)	0,25 (1,00)	0,32 (0,98)	0,66 (0,79)	0,35 (0,96)	0,78 (0,73)	0,81 (0,72)	0,66 (0,79)	0,74 (0,75)
Klorofyll a (µg/l)	3,5 (0,94)	3,3 (0,96)	4,5 (0,87)	4,4 (0,88)	4,9 (0,86)	7,0 (0,71)	5,3 (0,83)	3,4 (0,95)	4,9 (0,85)
PTI	2,16 (0,92)	2,24 (0,82)	2,31 (0,74)	2,18 (0,89)	2,52 (0,50)	2,67 (0,34)	2,33 (0,72)	2,24 (0,83)	2,32 (0,73)
Cyanomax (mg/l)	0,04 (0,94)	0,04 (0,95)	0,04 (0,95)	0,02 (0,98)	0,16 (0,80)	0,63 (0,69)	0,27 (0,77)	0,33 (0,76)	0,37 (0,75)
Planteplankton, nEQR	**0,91**	**0,90**	**0,83**	**0,86**	**0,70**	**0,53**	**0,74**	**0,82**	**0,76**

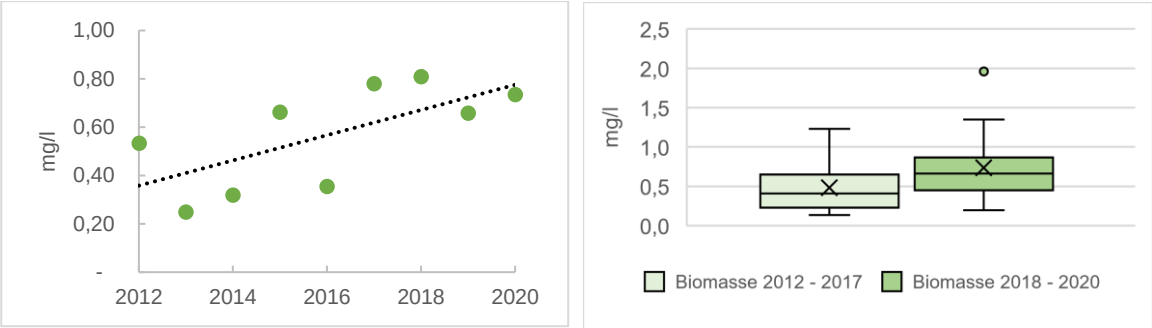
Ser vi nøyere på fosfordata fra perioden 2012 – 2020, kan det se ut til at gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor i vekstperioden har økt noe i perioden (Figur 4-19). Boksplot i Figur 4-19 viser at halvparten av datamaterialet fra 2012 – 2017 hadde verdier i intervallet 10 – 15 µg/l, mens frekvensen av målinger mellom 15 µg/l og 25 µg/l har økt betydelig i perioden 2018 – 2020.

Utslaget er likevel langt tydeligere for biomassen av planteplankton enn for fosfor. Her ser vi en entydig og statistisk signifikant (T-test, p = 0,01) økning i løpet av den undersøkte niårsperioden.





Figur 4-19. Gjersjøen. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor i perioden 2012 - 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).



Figur 4-20. Gjersjøen. Gjennomsnittlig biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (venstre), og en sammenlikning av periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020 (høyre).

Tabell 4-19. Gjersjøen. Oversikt over verdier for gjennomsnitt ($\bar{x}$), median og 75 persentil for totalt fosfor og biomasse av planteplankton i periodene 2012 – 2017 og 2018 – 2020.

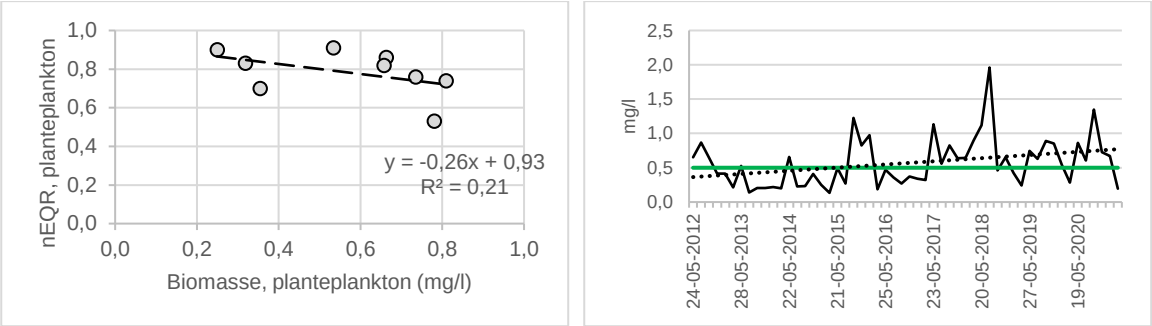
Gjersjøen	**2012 - 2017**			**2018 - 2020**			**Vurdering av endring**
	$\bar{x}$	**Median**	**75 P**	**$\bar{x}$**	**Median**	**75 P**	
Totalt fosfor (µg/l)	14	13	16	16	16	24	Svak økning
Biomasse, planteplankton (mg/l)	0,48	0,41	0,64	0,73	0,65	0,86	Økning

I Gjersjøen ser det ut til å være en viss sammenheng mellom årlig gjennomsnitt av fosforkonsentrasjon og biomasse av planteplankton. Likevel har det variert mye hvor mye planteplankton vi har fått ut per fosforenhet. Vi ser for eksempel at i 2018, hvor det i lange perioder var varmt og svært lite nedbør, at biomassen av planteplankton holdt seg relativt høy selv om de målte fosforkonsentrasjonene var lavere enn vanlig. For hele perioden 2012 – 2020 varierte dette utbyttet av planteplankton (PP) fra 14 til 100 µg PP/µg TP, med et gjennomsnitt på 44 µg PP/µg TP.

For vanntypen Gjersjøen tilhører ligger i henhold til klassifiseringsveilederen grensen mellom *god* og *svært god* tilstand for biomasse av planteplankton på 0,64 mg/l. På grunn av artssammensetningen i Gjersjøen, hvor vi tidvis har et visst innslag av cyanobakterier, må denne imidlertid ned til 0,50 mg/l for at kvalitetselementet planteplankton skal vise *svært god* tilstand (figur 4-21). Vårt beste estimat er da at vi vil komme ned til denne biomassen av planteplankton ved en fosforkonsentrasjon på ca. 11 µg TP/l.

500 µg PP/l / 44 µg PP/µg TP = 11,4 µg TP/l.

Sammenliknet med gjennomsnittlig konsentrasjon av TP for årene 2012 – 2020 tilsvarer det en reduksjon på 24%.



Figur 4-21. Sammenheng mellom biomasse av planteplankton (årlig gjennomsnitt) og nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton (venstre), og biomasse av planteplankton i perioden 2012 – 2020 (høyre). Stiplet linje markerer gjennomsnitt. Grønn linje markerer antatt gjennomsnittlig biomasse for å oppnå svært god økologisk tilstand

4.5.5 Beregnet reduksjon av fosfortilførsel fra nedbørfeltet for å oppnå god tilstand i Gjersjøen

Vårt beste estimat for hvilken TRP-konsentrasjon vi må ned på i tilførselsbekkene til Gjersjøen for at innsjøen skal oppfylle kravet om *svært god* økologisk tilstand, er en reduksjon som tilsvarer den vi har beregnet er nødvendig for TP i innsjøen. Det betyr en gjennomsnittlig reduksjon på 24%.

I Tabell 4-20 har vi beregnet det relative bidraget av TRP til Gjersjøen fra hver enkelte av de undersøkte tilførselsbekkene. Dette er vist som gjennomsnittlig bidrag i hele perioden 2012 – 2020, og vi ser da at Dalsbekken og Greverudbekken skiller seg ut som de klart største. Likevel gir denne tabellen et litt feilaktig inntrykk fordi bidraget fra Greverudbekken har økt kraftig i løpet av disse ni årene. Ser vi på perioden 2012 – 2017 bidro Dalsbekken 64% og Greverudbekken 20% av den totale tilførselen av TRP fra de fem undersøkte bekkene. Tilsvarende tall for perioden 2018 – 2020 var 43% for Dalsbekken og 39% for Greverudbekken. Til sammen utgjør disse to bekkene i overkant av 80% av TRP fra tilførselsbekkene, men per 2020 ser bidraget deres ut til å være tilnærmet likt.

Tabell 4-20. Estimert behov for fosforreduksjon for å oppnå god økologisk tilstand i Gersjøen. Verdier er oppgitt som gjennomsnittlig, nedbørkorrigert TRP-konsentrasjon (TRP_{nx}). n= nedbør, x = antall mm.

Lokalitet	Andel av undersøkt bekkeareal	TRP_n, 2012 - 2020	TRP, andel av bekketilførsler, (%), 2012 - 2020	Mål, TRP_n	Reduksjon fra dagens nivå
Fåleslora	0,105	10	7,6	8	24% i alle bekkene, eller oppfylle formel: [FÅL-TRP_{n21}] x 0,105 + [KAN-TRP_{n18}] x 0,055 + [GRE-TRP_{n30}] x 0,151 + [DAL-TRP_{n15}] x 0,385 + [TUS-TRP_{n18}] x 0,304 < 10,5
Kantorbekken	0,055	7	2,6	5	
Greverudbekken	0,151	26	29	20	
Dalsbekken	0,385	19	54	15	
Tussebekken	0,304	3,0	6,7	2,3	

4.5.6 Oppsummering, Gjersjøen med tilløpsbekker

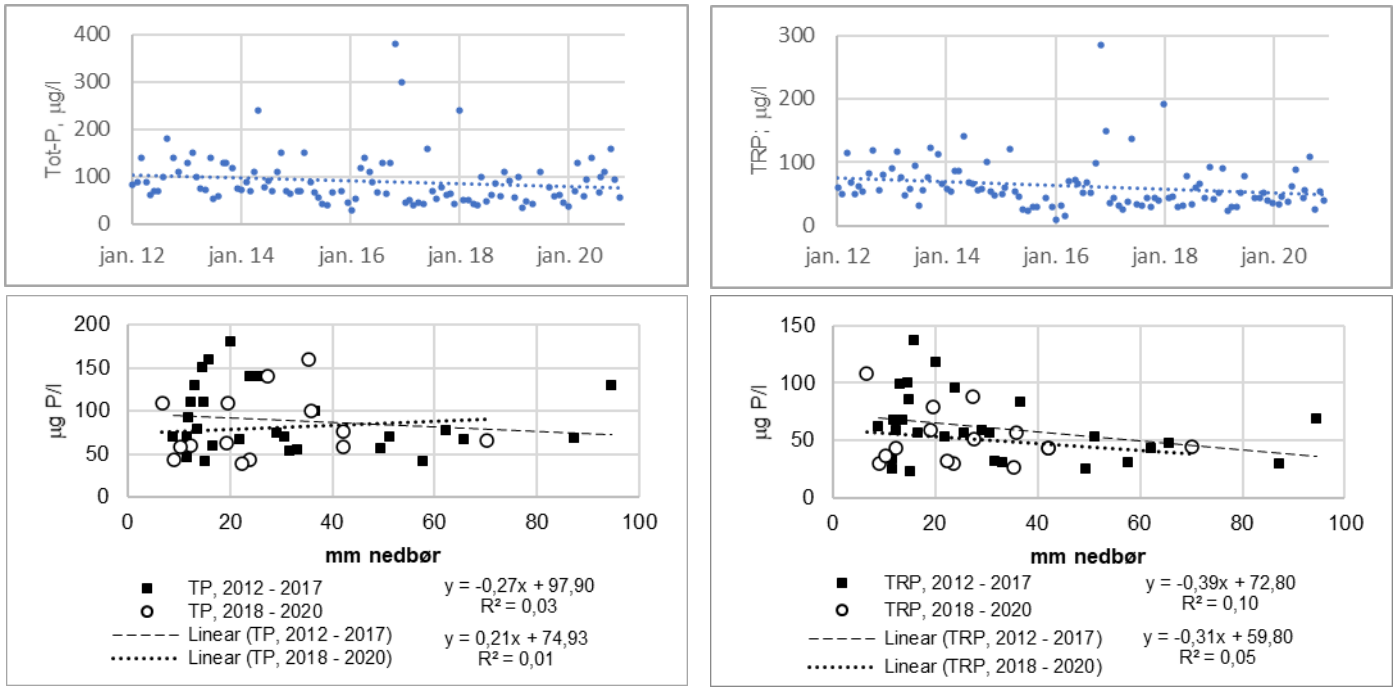
Det er sterke indikasjoner på at fosfortilførselen til Gjersjøen i perioden 2018 – 2020 var høyere enn den var i 2012 – 2017. Dette samsvarer med en økende biomasse av planteplankton i Gjersjøen i samme periode. Vi kan ikke se tegn til økning i fosfortilførsel fra Dalsbekken eller Kantorbekken. Det er derfor sannsynlig at utviklingen i Gjersjøen i hovedsak skyldes økt fosfortilførsel fra Greverudbekken. Tilførselen har også økt fra Fåleslora, men ikke i samme grad som i Greverudbekken. I tillegg drenerer Fåleslora et mye mindre område enn Greverudbekken. Bidraget av TRP fra tilførselsbekkene per 2020 er trolig noe i underkant av 10% fra Fåleslora, mens det er på ca. 40% fra Greverudbekken. Dalsbekken bidrar også nå med noe over 40% av TRP, men her har vi ikke registrert noen økning i tilførselen over tid.

Økningen i fosforinnhold i noen av de største tilførselsbekkene har også medført et noe økt fosforinnhold i Gjersjøen i perioden 2012 – 2020, og en klart større forekomst av planteplankton. Med tanke på Gjersjøens betydning som drikkevannskilde er det viktig at det iverksettes tiltak som kan reversere denne utviklingen.

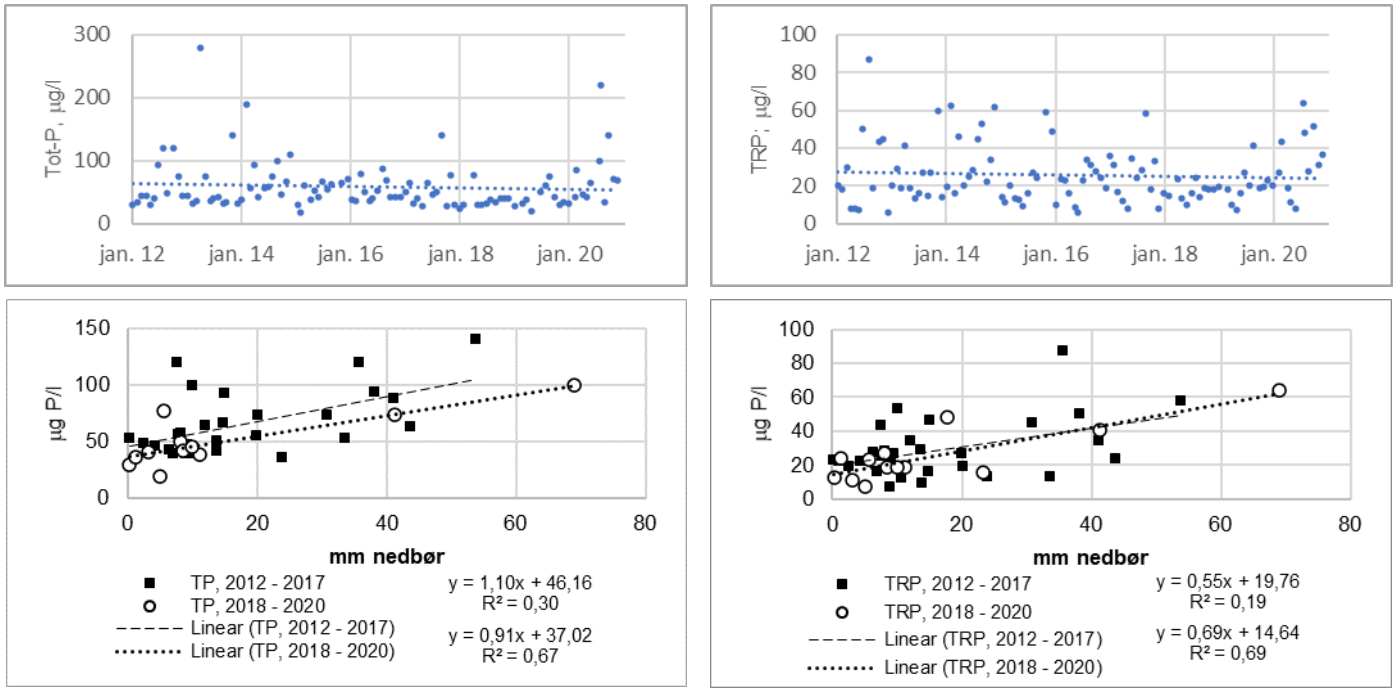
Vedlegg

A Årungenvassdraget

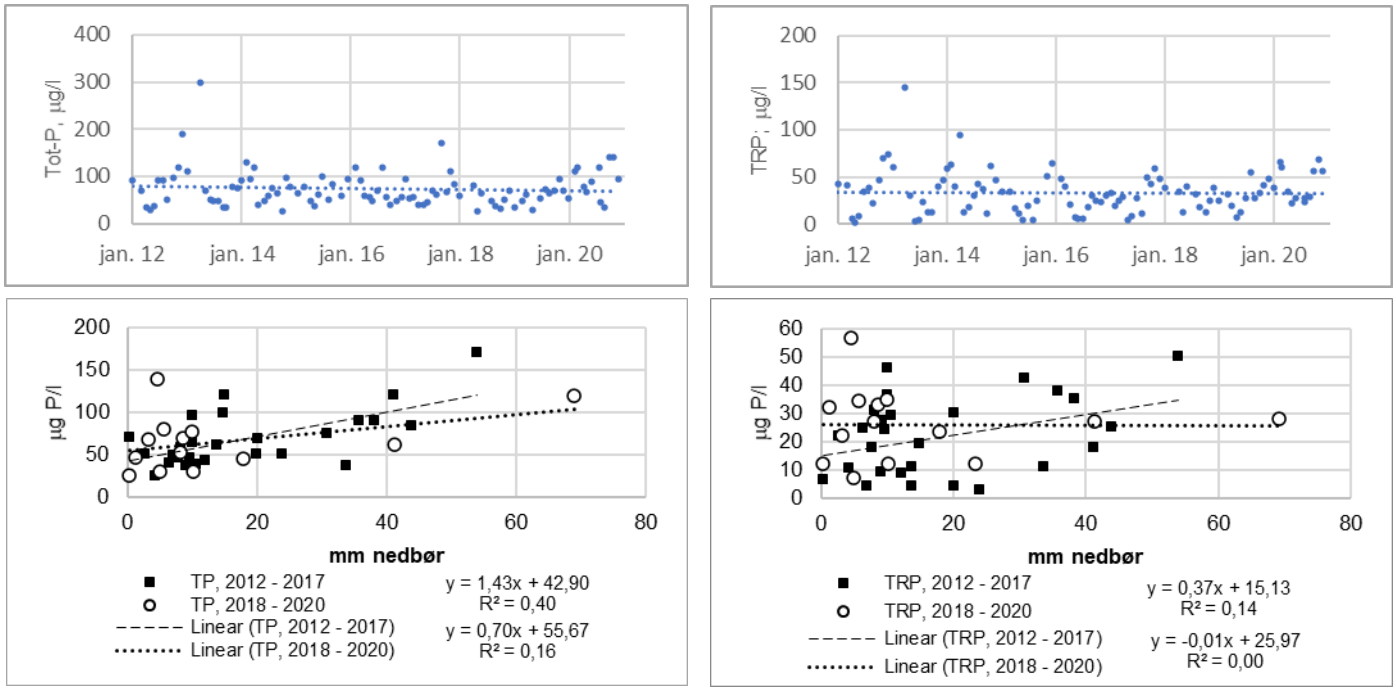
Figurene i dette vedlegget viser samtlige registrerte målinger av totalt fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 i de øvre figurene for hver bekk. I de nedre figurene er disse fosforkonsentrasjonene plottet mot samlet nedbør i en gitt tidsperiode i forkant av prøvetakingen. Følgende data er utelatt fra de nedre figurene: Data fra perioden november – mars, ekstremverdier (> 3 x verdi gitt fra regresjonslinje), og verdier hvor samlet nedbør før prøvetaking var mindre enn 5 mm.



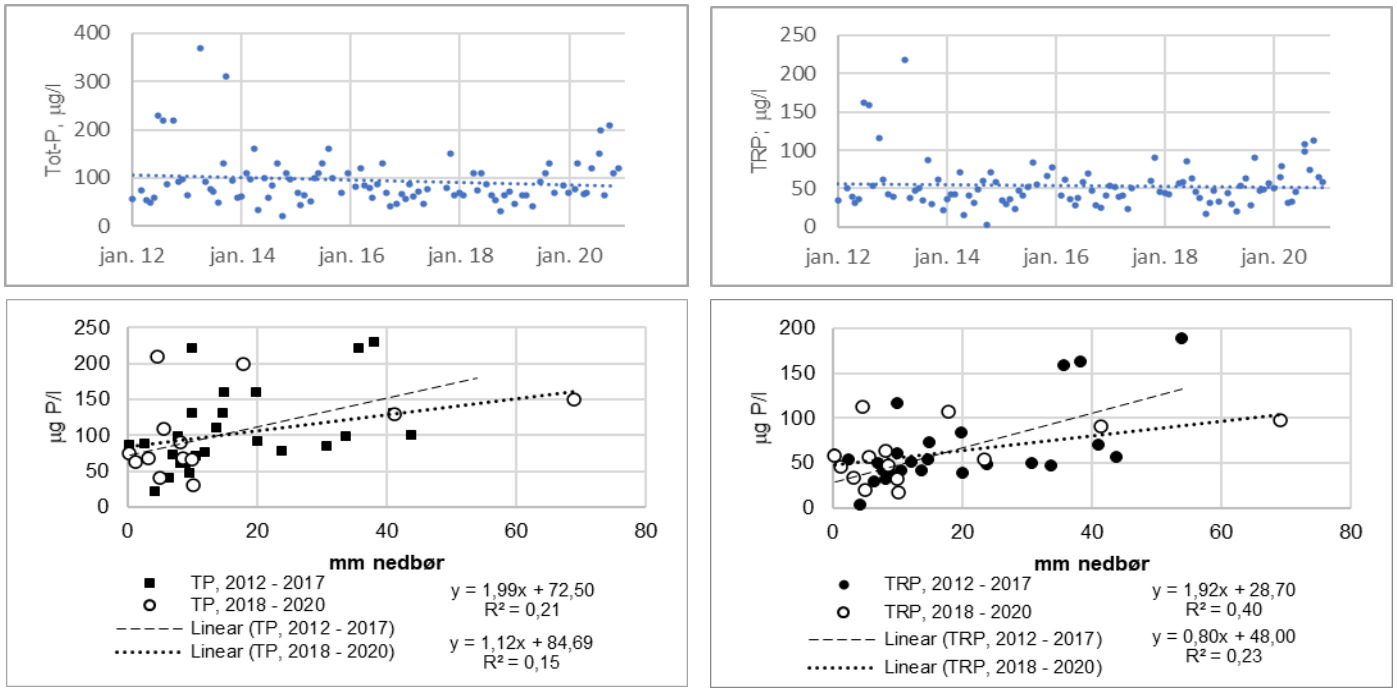
Figur V-A-1. Skibekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre).



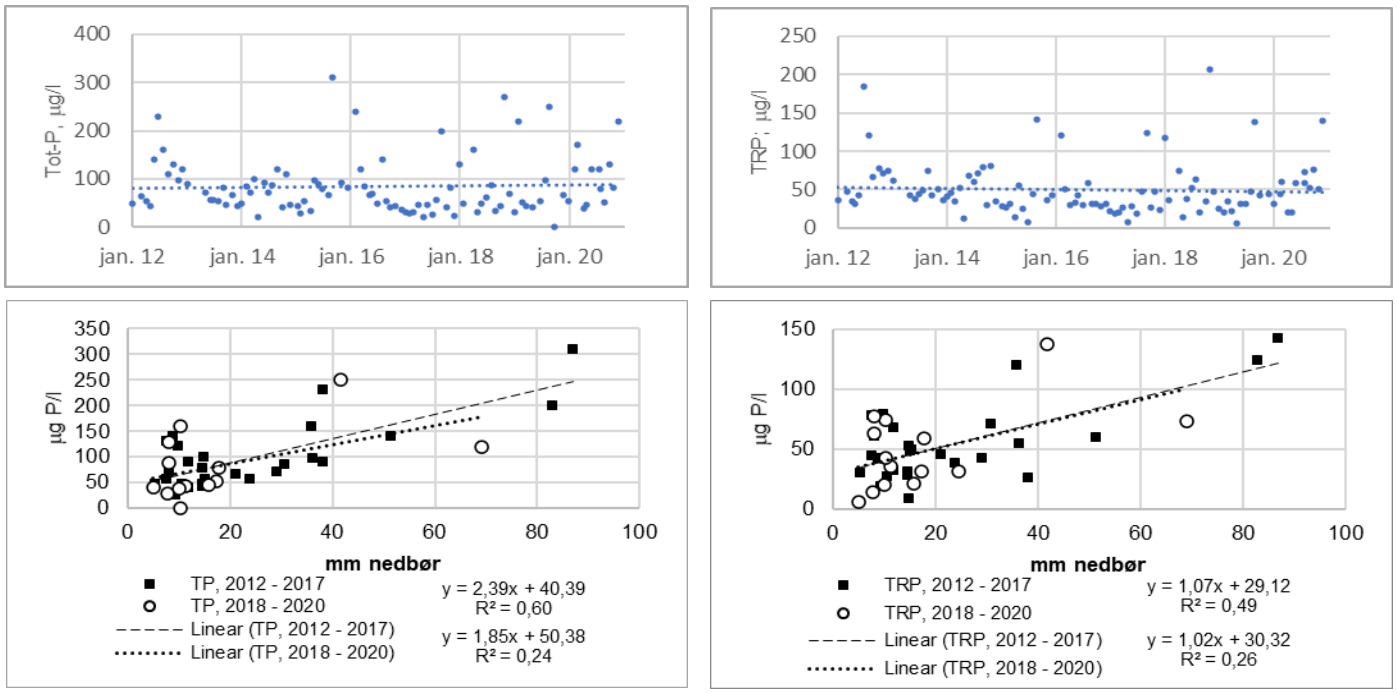
Figur V-A-2. Skuterudbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre*).*



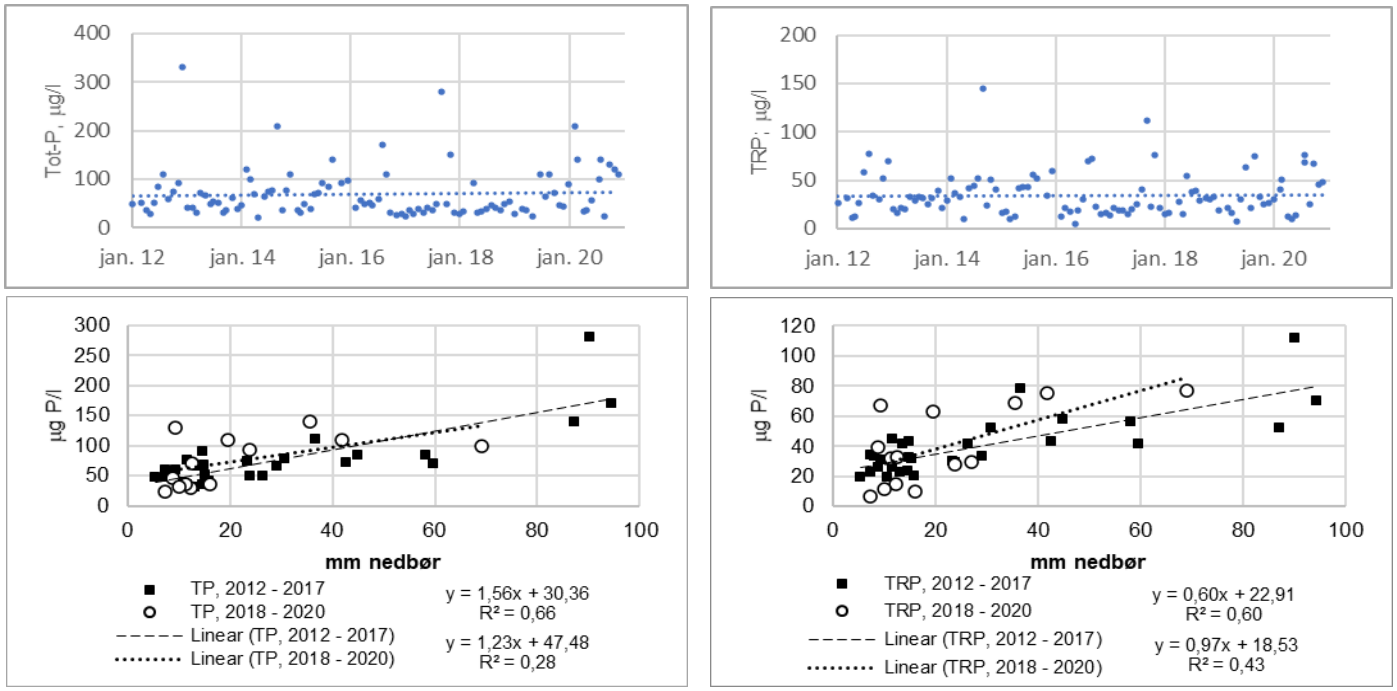
Figur V-A-3. Bølstadbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre).



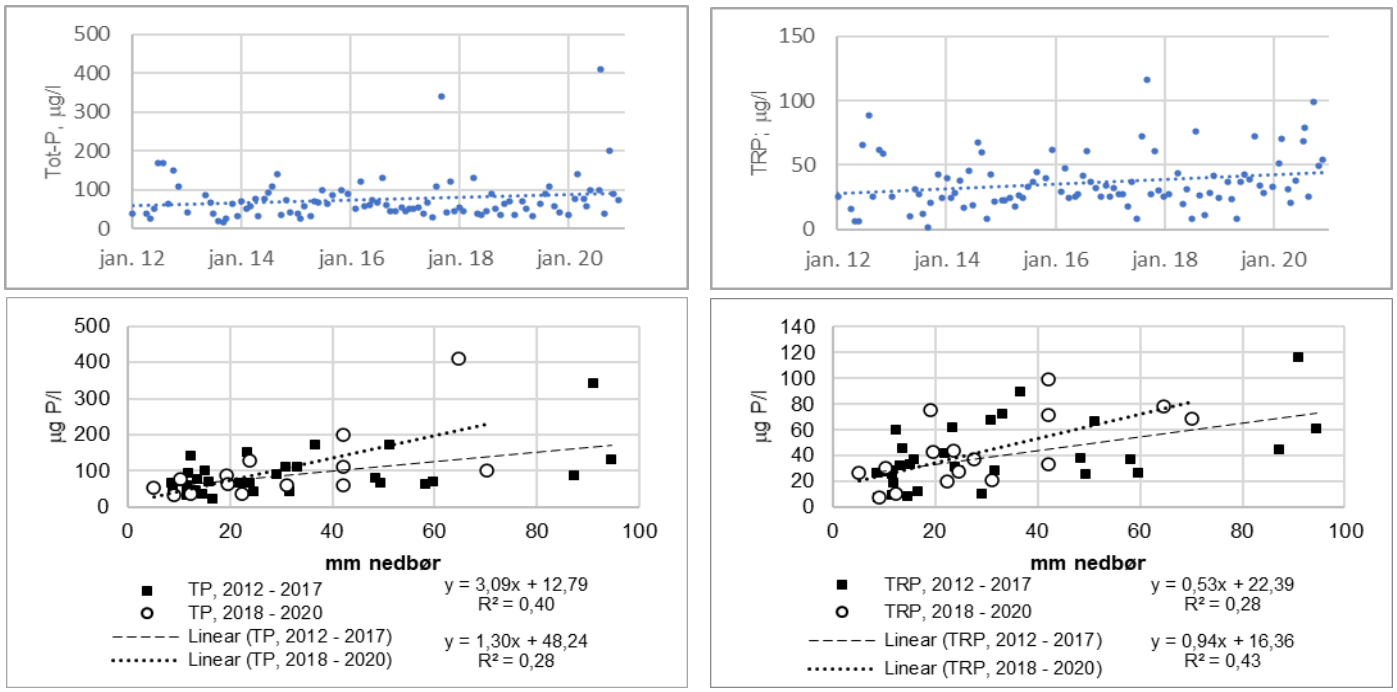
Figur V-A-4. Norderåsbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre).



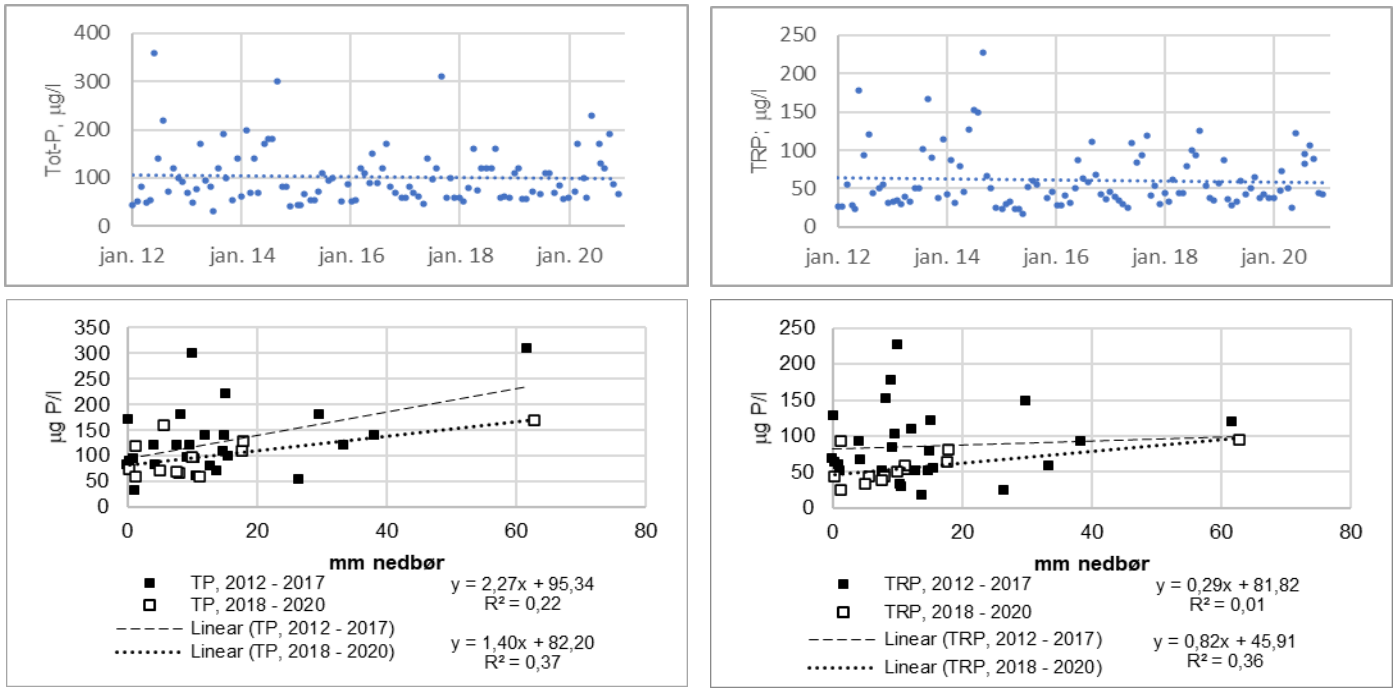
Figur V-A-5. Vollebekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre).



Figur V-A-6. Brønnerudbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre).



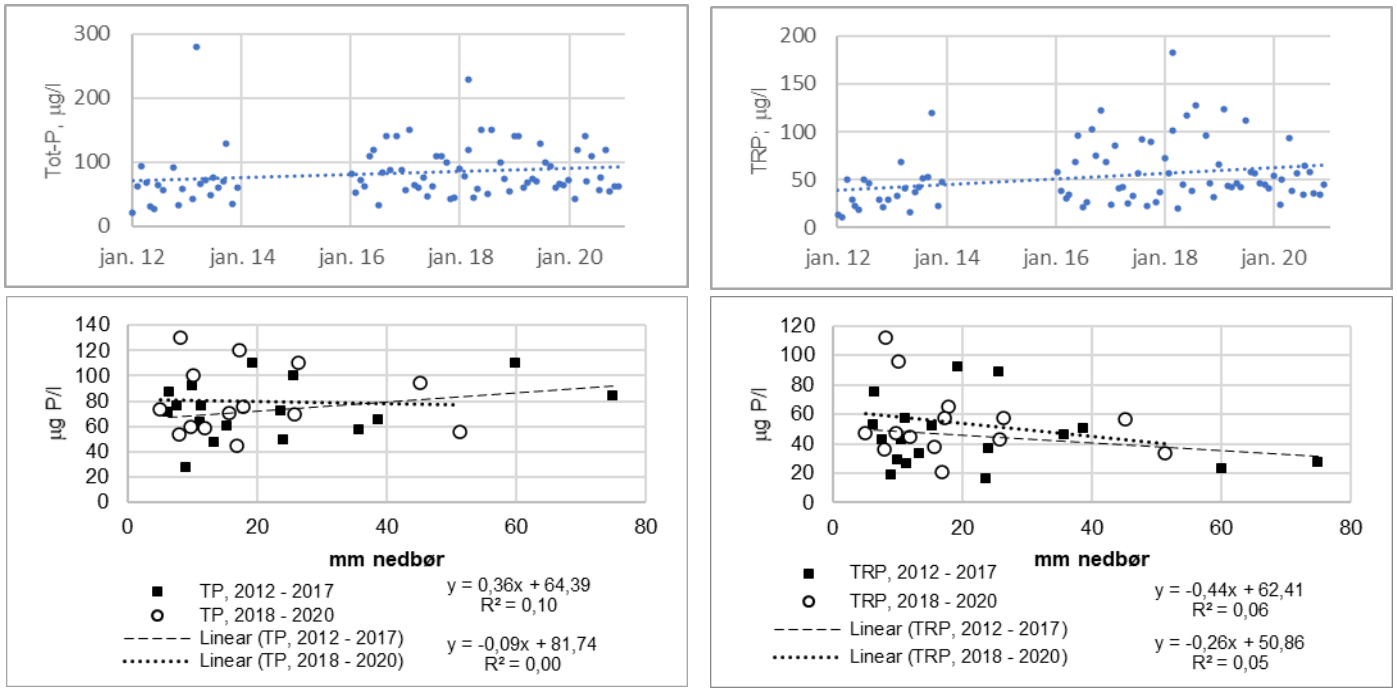
Figur V-A-7. Smebølbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre).



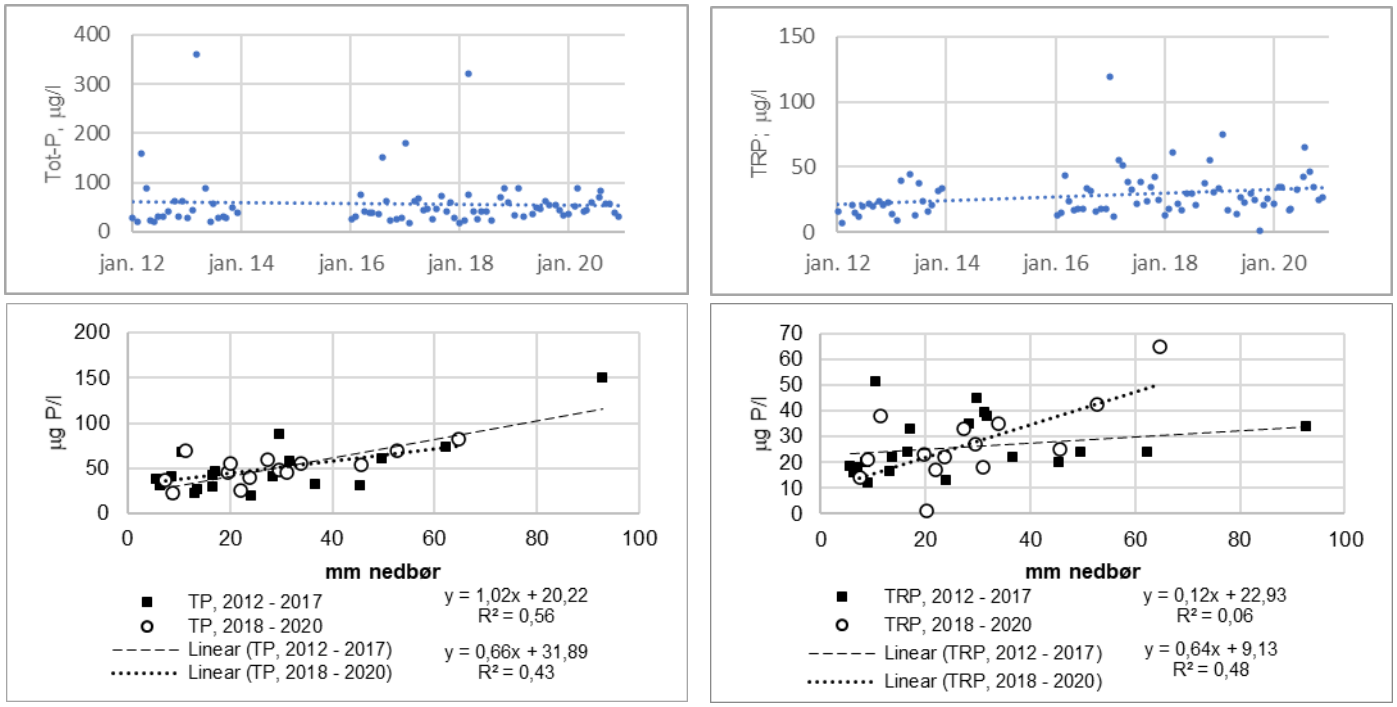
Figur V-A-8. Storgrava. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre).

B Gjersjøvassdraget

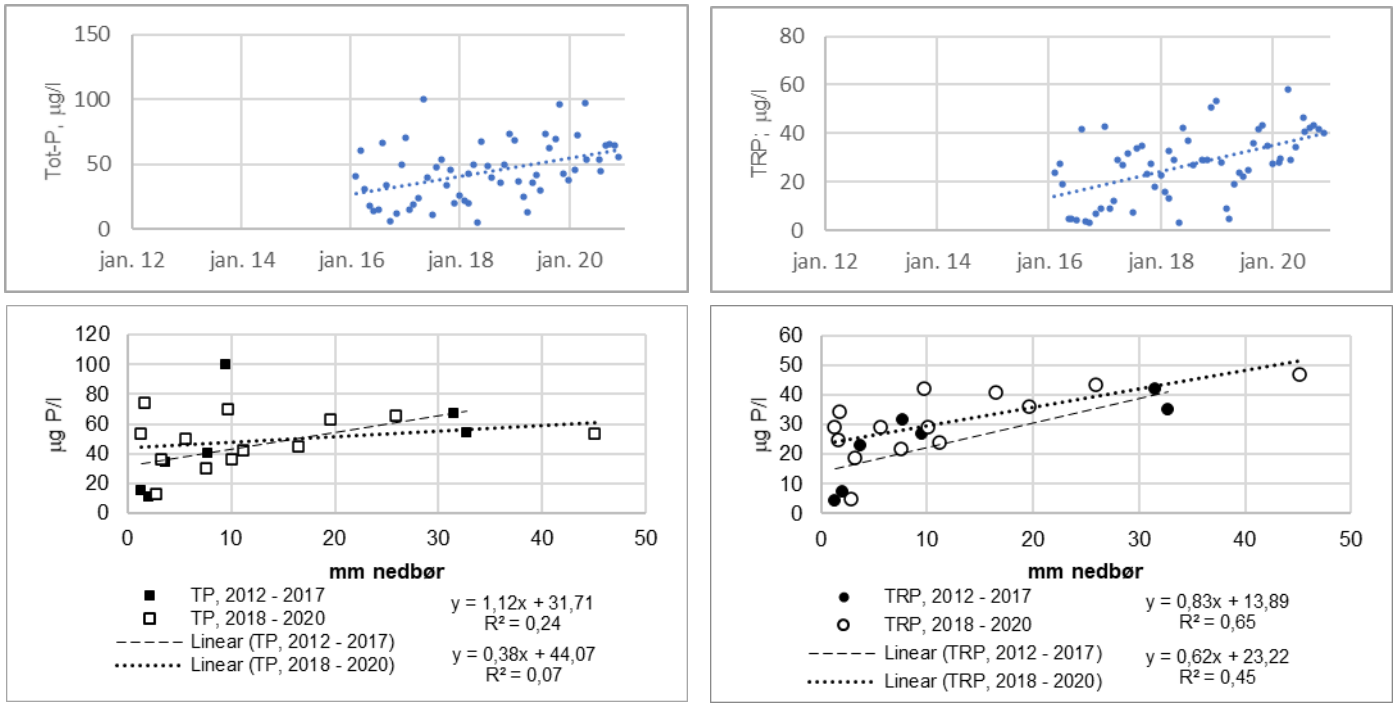
Figurene i dette vedlegget viser samtlige registrerte målinger av totalt fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 i de øvre figurene for hver bekk. I de nedre figurene er disse fosforkonsentrasjonene plottet mot samlet nedbør i en gitt tidsperiode i forkant av prøvetakingen. Følgende data er utelatt fra de nedre figurene: Data fra perioden november – mars, ekstremverdier (> 3 x verdi gitt fra regresjonslinje), og verdier hvor samlet nedbør før prøvetaking var mindre enn 5 mm.



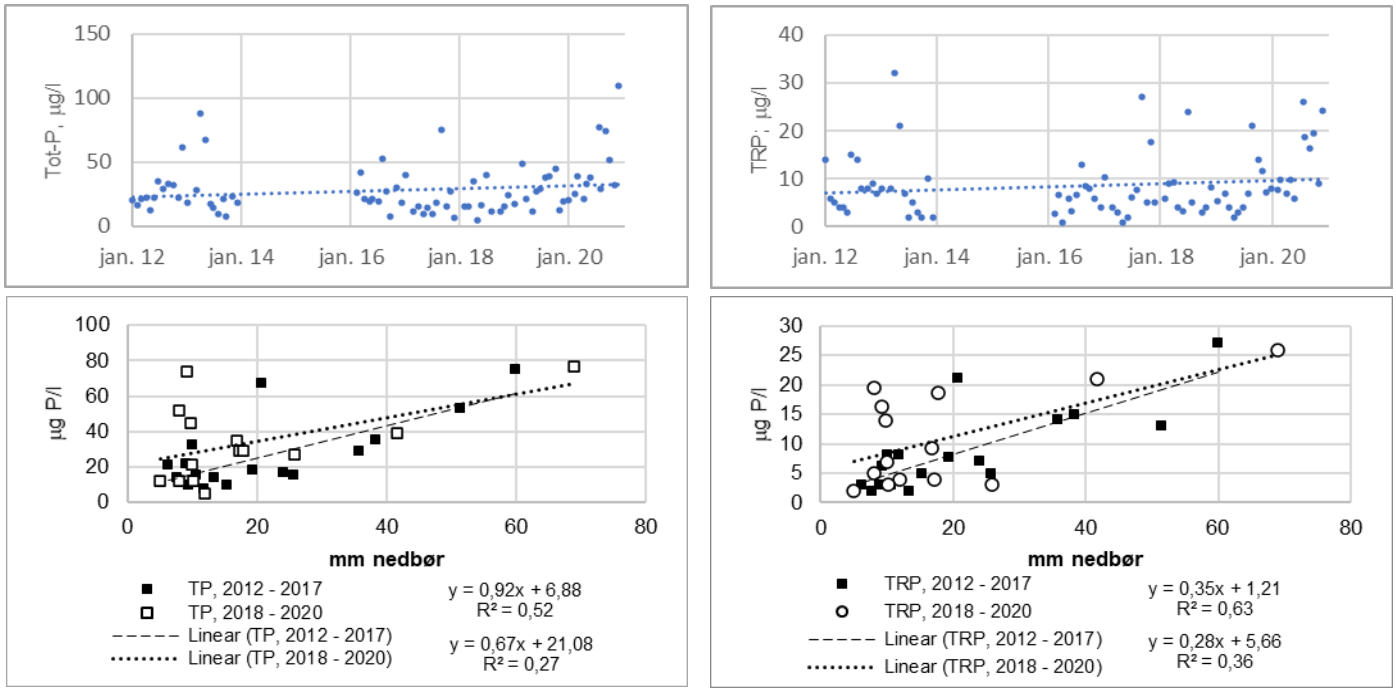
Figur V-B-1. Augestadbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre). Data mangler for 2014 og 2015.



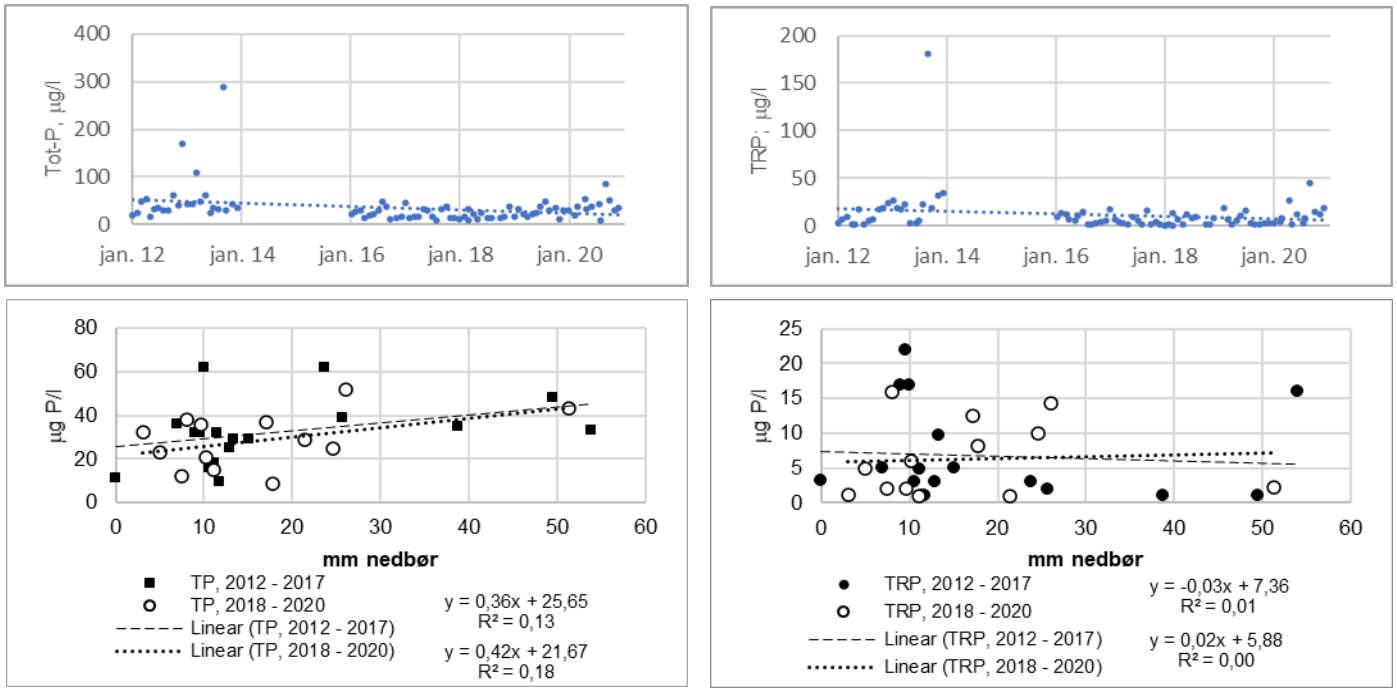
Figur V-B-2. Skredderstubekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre). Data mangler for 2014 og 2015.



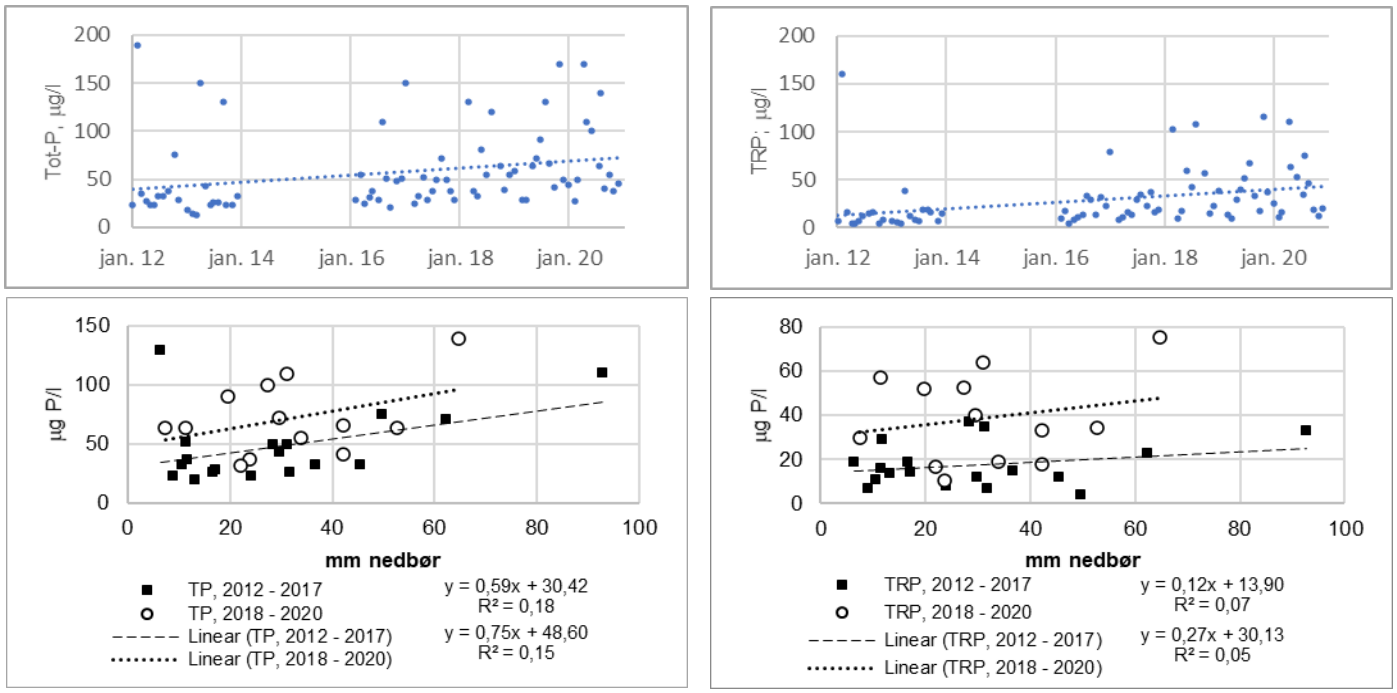
Figur V-B-3. Midtoddveibekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre). Data mangler for 2012 – 2015.



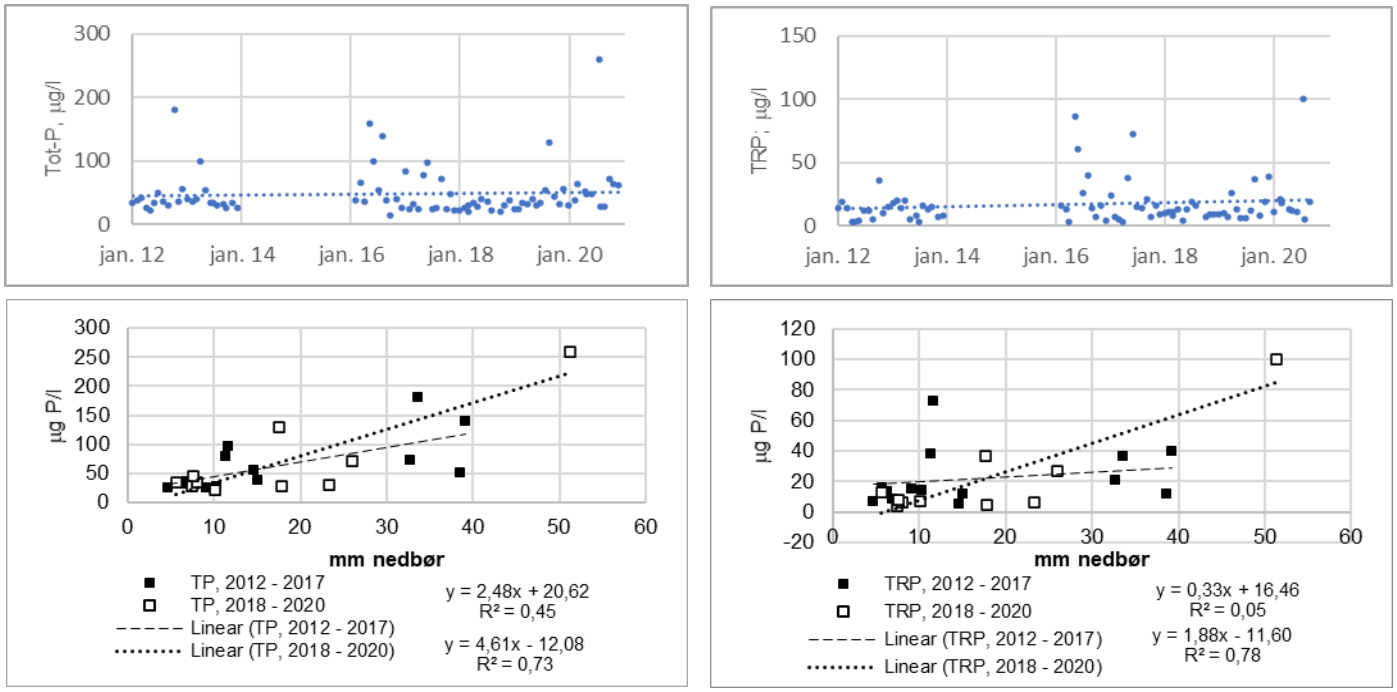
Figur V-B-4. Fålebekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre). Data mangler for 2014 og 2015.



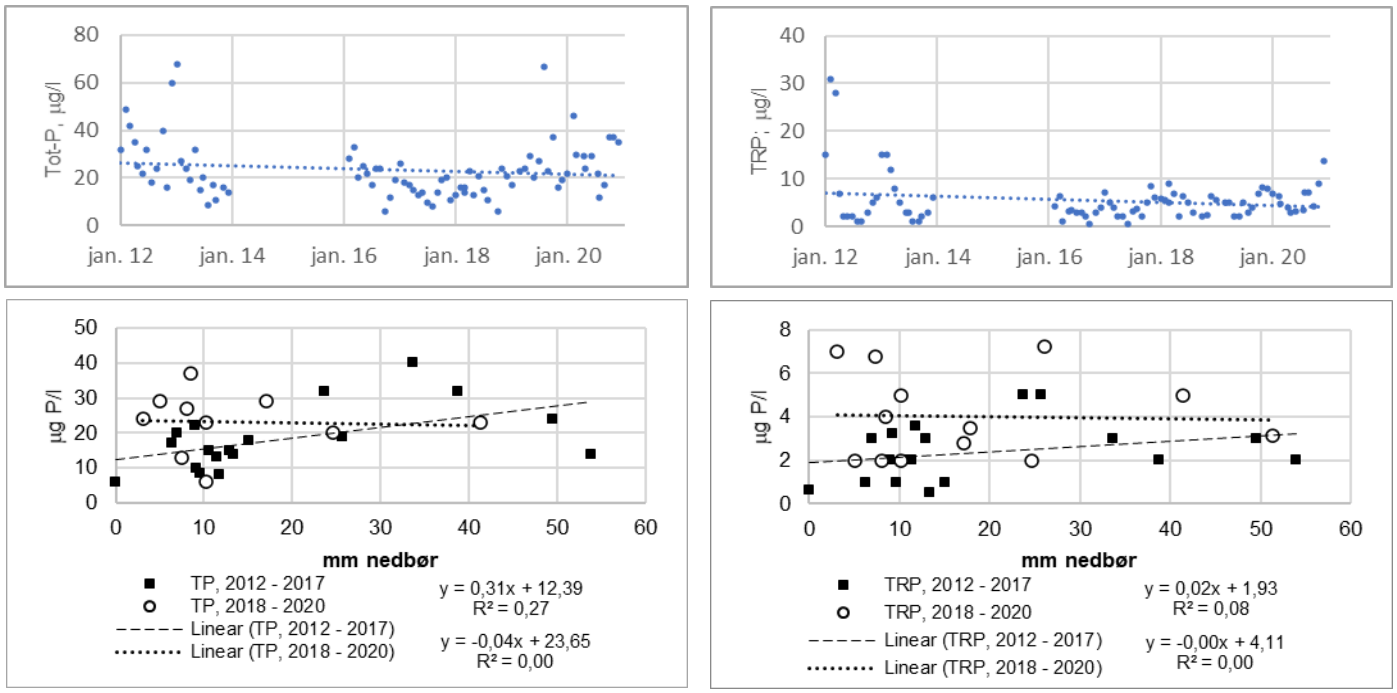
Figur V-B-5. Kantorbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre). Data mangler for 2014 og 2015.



Figur V-B-6. Greverudbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre). Data mangler for 2014 og 2015.



Figur V-B-7. Dalsbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre). Data mangler for 2014 og 2015.



Figur V-1. Tussebekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 10 dager før prøvetaking (nedre figurer, TP til venstre, TRP til høyre). Data mangler for 2014 og 2015.