

PURA

► **Elver og bekker med utløp til Bunnefjorden.
Fosfor og nitrogen 2012 - 2020.**

Oppdragsnr.: 5198072 Dokumentnr.: 04 Versjon: J02 Dato: 2022-01-21



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

J02	2022-01-21	Endelig versjon	Trond Stabell	Annelene Pengerud	Trond Stabell
J01	2021-11-25	Til bruk	Trond Stabell	Annelene Pengerud	Trond Stabell
B01	2021-11-12	Utkast til kommentar	Trond Stabell	Annelene Pengerud	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 (vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget) har i mange år overvåket elver og bekker med utløp til Bunnefjorden, samt elver, bekker og innsjøer i Årungenvassdraget og 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.

En del av elvene og bekkene som inngår i PURA – overvåkingen har utløp direkte til Bunnefjorden. I selve fjorden skjer overvåkingen i regi av *Fagrådet for vann og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord* (Fagrådet).

Dette er en fjord som får mye oppmerksomhet, både på grunn av miljømessige utfordringer i fjorden, og fordi den har høy bruks- og rekreasjonsverdi. Det er naturlig en dårlig utskiftning av dypvannet i Bunnefjorden, noe som kan resultere i at en stor andel av bunnområdene tidvis kan bli helt oksygenfrie. Denne problematikken forverres ved stor tilførsel av organisk materiale til sedimentoverflaten i og med at oksygen forbrukes ved nedbrytning av dette materialet. Høy algevekst kan gi dårlige forhold i de øvre vannmassene, og bidrar i tillegg til ytterligere tilførsel av organisk materiale til dypvannet, noe som øker oksygenforbruket der. Algeveksten er vanligvis begrenset av tilgangen på enten fosfor eller nitrogen. I Bunnefjorden ser det ut til at det er mest kritisk at nitrogeninnholdet er så lavt som mulig for å holde forekomsten av planteplankton på et akseptabelt nivå.

I denne rapporten har vi tatt for oss elver og bekker i PURA-området som har direkte utløp til Bunnefjorden. Vi har sett på data fra tidsperioden 2012 – 2020. Ut fra dette datamaterialet, samt kjennskap til sentrale parametere i nedbørfeltene til de ulike elvene og bekkene, har vi beregnet den relative betydningen hver av disse har på tilførselen av fosfor og nitrogen til Bunnefjorden. I tillegg har vi analysert datamaterialet for i best mulig grad kunne vurdere om tilførselen av næringsstoffer til Bunnefjorden fra hver av disse kildene har økt, avtatt eller vært uforandret i perioden 2012 - 2020.

Resultatene viste at Gjersjøelva og Årungenelva alene sto for ca. 65% av de samlede tilførselene av fosfor, og ca. 75% av de samlede tilførselene av nitrogen fra de 13 undersøkte elvene og bekkene. Nitrogeninnholdet hadde over tid holdt seg enten uforandret, eller var økende i løpet av den undersøkte niårsperioden. Dette betyr at den totale nitrogenbelastningen fra disse vannforekomstene ser ut til å være større i 2020 enn i 2012. Denne økningen var det i stor grad Gjersjøelva som sto for, men også i en del av bekkene som tilføres Bunnefjorden fra sør eller øst fant vi at nitrogeninnholdet hadde økt.

For fosfor var bildet mer sammensatt. De største tilførselene som kommer fra Gjersjøelva og Årungenelva ser ut til å ha vært tilnærmet uforandret fra 2012 – 2020. I de øvrige bekkene har det vært en økning av fosforinnholdet i noen, men en reduksjon i andre. Det er særlig i en del av bekkene på Nesodden at fosforinnholdet ser ut til å ha gått ned. Totalbelastningen av fosfor til Bunnefjorden har trolig vært relativt konstant i denne tidsperioden.

Tabell S-1 oppsummerer vår vurdering av hvordan innholdet av næringsstoffene fosfor og nitrogen har endret seg i hver av de undersøkte vannforekomstene de siste tre årene sammenliknet med den foregående seksårsperioden.

En god vannkvalitet i Bunnefjorden er av stor betydning både for plante- og dyrelivet der, og for bruks- og rekreasjonsverdien til fjorden. Vi har i denne undersøkelsen ikke gjort noe forsøk på å beregne hvor stor andel tilførselen av fosfor og nitrogen fra elvene og bekkene som inngår i PURA-overvåkingen utgjør av den totale tilførselen av disse næringsstoffene til Bunnefjorden. Det er imidlertid liten tvil om at de samlet representerer et betydelig bidrag. Når nitrogen vanligvis er det begrensende næringsstoffet for veksten av planteplankton i Bunnefjorden, de registrerte konsentrasjonene av nitrogen i elvene og bekkene gjennomgående ligger langt

høyere enn de vi finner i Bunnefjorden, og vi i denne undersøkelsen har funnet at disse tilførselene totalt sett er økende fra elvene og bekkene i PURA-området, tilsier det at det bør iverksettes tiltak for å redusere tilførselen av nitrogen. I tillegg til forbedrede forhold i Bunnefjorden, vil en lavere belastning av næringsstoffene fosfor og nitrogen også forbedre den økologiske tilstanden i de ulike tilførselsbekkene.

Tabell S-1. Utvikling av innholdet av fosfor og nitrogen for perioden 2012 – 2020. Oversikten viser elver og bekker innenfor PURA – området som har utløp direkte til Bunnefjorden

Elv / bekk	Fosfor, vurdering av endring 2012 - 2020	Nitrogen, vurdering av endring 2012 - 2020
Gjersjøelva	Uforandret	Økning
Delebekken	Økning	Uforandret
Bekkenstenbekken	Uforandret	Uforandret
Kjernesbekken	Uforandret	Svak økning
Fålebekken	Uforandret	Svak økning
Kaksrudbekken	Svak økning	Økning
Årungenelva	Uforandret	Uforandret
Bonnbekken	Uforandret	Svak økning
Knardalsbekken	Svak nedgang	Uforandret
Dalsbekken (Frogn)	Økning	Uforandret
Haslebekken	Svak nedgang	Uforandret
Torvetbekken	Nedgang	Uforandret
Skoklefallsbekken	Svak nedgang	Uforandret

► Innhold

1	Innledning	6
2	Metoder	9
2.1	Nedbørkorrigerede fosforverdier	9
2.2	Usikkerhet ved bruk av nedbørkorrigerede verdier	11
2.3	Nitrogen	12
3	Bunnefjorden	13
3.1	Nedbørfelt og tilløpsbekker	13
3.2	Tilløpsbekker fra øst	14
3.2.1	Fosfor- og nitrogenbidrag	14
3.2.2	Økologisk tilstand 2012 – 2020	15
3.2.3	Nedbørkorrigerede fosforverdier i tilløpsbekker	16
3.2.4	Tilførsler av nitrogen	18
3.3	Tilløpsbekker fra sør	20
3.3.1	Fosfor- og nitrogenbidrag	20
3.3.2	Økologisk tilstand 2012 – 2020	20
3.3.3	Nedbørkorrigerede fosforverdier i tilløpsbekker	21
3.3.4	Tilførsler av nitrogen	23
3.4	Tilløpsbekker fra vest	25
3.4.1	Fosfor- og nitrogenbidrag	25
3.4.2	Økologisk tilstand 2012 – 2020	25
3.4.3	Nedbørkorrigerede fosforverdier i tilløpsbekker	27
3.4.4	Tilførsler av nitrogen	28
4	Oppsummering	30
	Vedlegg	32
A	Tilløpsbekker fra øst	32
B	Tilløpsbekker fra sør	34
C	Tilløpsbekker fra vest	37

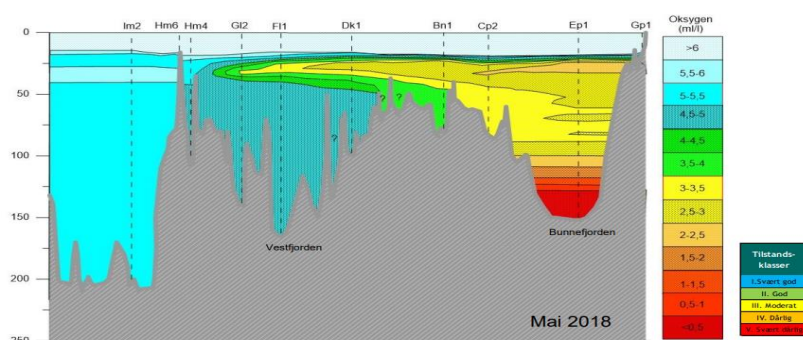
1 Innledning

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 elver og 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 overvåkingen blir presentert i en egen rapport¹. I tillegg til årsrapportene vil vi utarbeide egne rapporter hvor utviklingstrekk i bekkene og innsjøene fra 2012 og fram til i dag vurderes. Den første av disse hadde spesielt fokus på fosforinnhold i alle de undersøkte tilførselsbekkene i Årungen- og Gjersjøvassdraget, og i tillegg forekomsten av planteplankton i innsjøene. I denne rapporten har vi rettet oppmerksomheten mot de elvene og bekkene i PURA-overvåkingen som har direkte utløp til Bunnefjorden. I marine miljøer er det ofte nitrogen som er det begrensende næringsstoffet for veksten til planteplankton. Derfor har vi her sett på hvilken betydning hver av disse elvene og bekkene har for den totale tilførselen av både fosfor og nitrogen til Bunnefjorden. Overvåkingen i fjorden skjer i regi av *Fagrådet for vann og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord* (Fagrådet).

Bunnefjorden utgjør bassenget som ligger øst for halvøya Nesodden, og har et maksimaldyp på 155 meter. Den innerste delen av fjorden, sør for Åsabukta og Kjøyabukta, er et smalt område hvor maksimal dybde bare er på ca. 30 meter. Denne delen kalles gjerne Bunnebotten, men for enkelhets skyld velger vi i denne rapporten å kalle hele denne fjordarmen øst for Nesodden, altså inklusive Bunnebotten, for Bunnefjorden.

I Vestfjorden ligger det på strekningen Drøbak til Nesoddtangen tre terskler med en dybde på 20 – 60 meter. Dette bidrar sterkt til at det er dårlig utskifting av vann som ligger dypere enn ca. 60 m i Bunnefjorden, noe som igjen resulterer i at oksygenforholdene i dette sjiktet ofte er svært dårlige. Et eksempel på dette er vist i Figur 1-1 fra 2018. Stasjonen Ep1 ligger i Bunnefjorden ved Storskog, litt nord for overgangen til Bunnebotten. Ved denne målingen i 2018 var det tilnærmet oksygenfritt vann under ca. 130 meter, men det er observert at den oksygenfrie sonen kan strekke seg vesentlig høyere oppover.

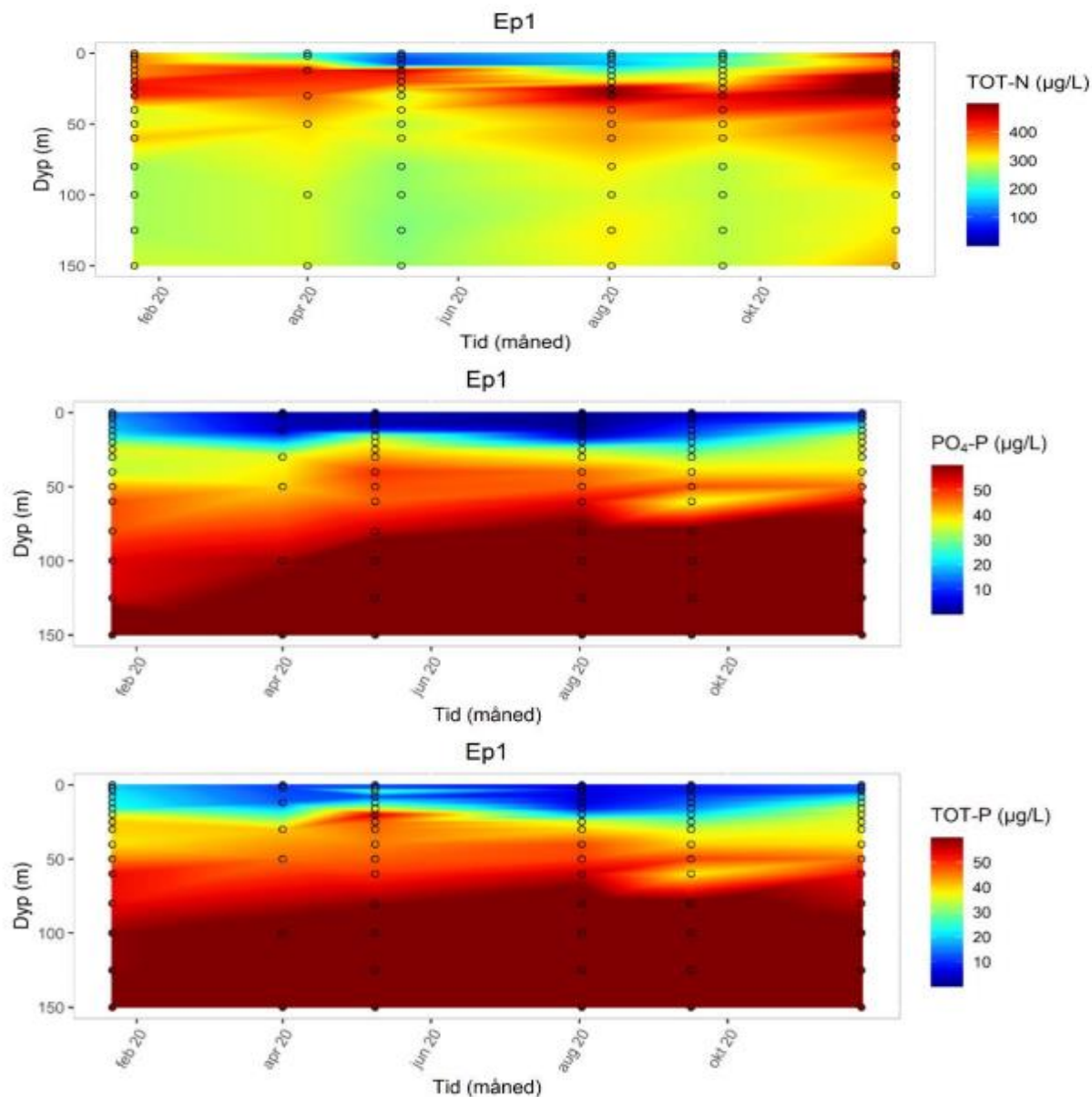


Figur 1-1. Oksygenkonsentrasjon i Oslofjorden i mai 2018. Stasjonen Ep1 ligger i Bunnefjorden utenfor Svartskog. Figuren er hentet fra en tokrapport fra 2018²

¹ [arsrapp PURA-2020-langversjon ENDELIG-for-publisering_20210917.pdf](#)

² [Tokrapport15.5.2018.pdf \(indre-oslofjord.no\)](#)

Den begrensede sirkulasjonen i bunnvannet medfører at konsentrasjonene av næringsalter øker mellom hver dypvannsutskiftning, som normalt oppstår med 3-6 års mellomrom. Figur 1-2, som er hentet fra rapporten fra overvåkingsprogrammet i indre Oslofjord 2020 ³, viser hvordan nitrogen forbrukes i overflatevannet i vekstsesongen (ca. mars – oktober). Det finnes imidlertid store mengder magasinert nitrogen og fosfor under overflatelaget.



Figur 1-2. Konsentrasjon av totalt nitrogen (TOT-N), fosfat (PO₄-P) og totalt fosfor (TOT-P) i Bunnefjorden ved Svartskog (stasjon Ep1) i 2020. Figuren er hentet fra Staalstrøm og medarb, 2021 ³ (Fagrådet).

³ [NIVA Open Access Archive: Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord Årsrapport 2020 \(unit.no\)](https://niva.unit.no)

I indre Oslofjord renses nitrogen i avløpsvannet. Dette har bidratt til at den totale nitrogenbelastningen på fjorden har blitt redusert betraktelig. I et forskningsarbeid fra Universitetet i Oslo ble det vist at nitrogen nå er en begrensende faktor for planteplanktonproduksjonen i fjorden. Dette betyr at nitrogentilførselen vil være med å styre mengden av planteplankton i Bunnefjorden. Forhøyet planktonproduksjon vil føre til økt belastning i form av organisk materiale som synker til bunns, og som i neste omgang vil gi økt oksygenforbruk i bunnvannet (Lundsør og medarb., 2020⁴). For å opprettholde en så god økologisk tilstand i Bunnefjorden som mulig er det altså viktig å redusere tilførselen av næringsstoffer, og da særlig nitrogen. Elvene og bekkene som inngår i PURA-overvåkingen bidrar i betydelig grad til tilførselen av disse næringsstoffene til Bunnefjorden, og det har derfor betydelig interesse å kjenne til hvordan innholdet av næringsstoffer i hver av dem endrer seg over tid.

Det har vært flere ulike aktører involvert i PURA-overvåkingen. 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 hatt dette ansvaret 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. Tor Bergan (Nordre Follo kommune) har i hele perioden vært sentral i innsamlingen av vannprøvene, mens det er medarbeidere fra henholdsvis NIVA og Faun Naturforvaltning som har utført feltarbeid og analyser av biologiske parametere i tidsperioden 2012 - 2020. Anita Borge (prosjektleder i PURA, temagruppe biologi/limnologi og flere andre fra de involverte kommunene har også deltatt aktivt i overvåkingsprogrammet.

⁴ [Long-term coastal monitoring data show nutrient-driven reduction in chlorophyll \(indre-oslofjord.no\)](https://www.indre-oslofjord.no/Long-term-coastal-monitoring-data-show-nutrient-driven-reduction-in-chlorophyll)

2 Metoder

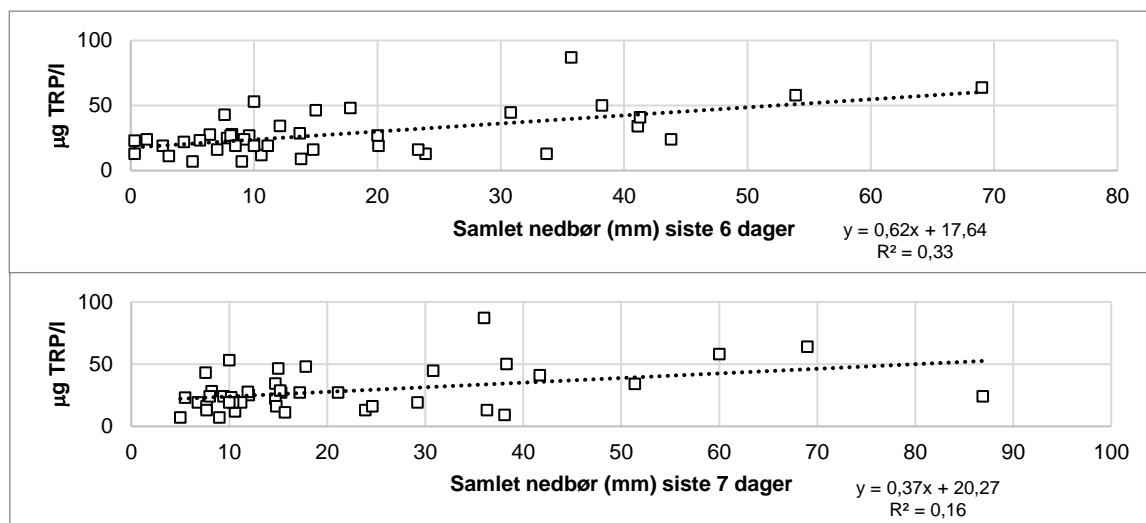
Metodikk som er benyttet under feltarbeid og ved analyse av prøver er beskrevet i årsrapportene til PURA, og gjentas ikke her. Det samme gjelder for beregning av nEQR-verdier og fastsettelse av økologisk tilstand. I denne rapporten har vi analysert og bearbeidet overvåkningsdata for en nærmere vurdering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

2.1 Nedbørkorrigerede fosforverdier

I rennende vann vil konsentrasjon av vannkjemiske parametere variere mye, i stor grad fordi avrenning fra nedbørfeltene og 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.

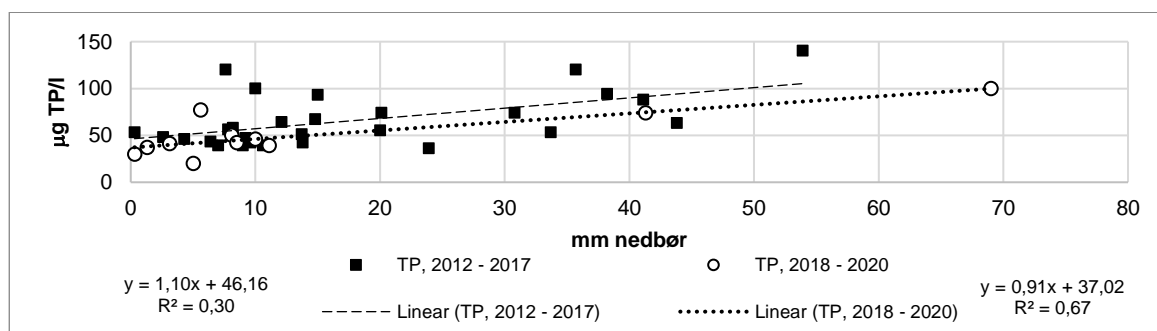
PURA har i hele perioden fra 2012 – 2020 utført månedlige målinger av konsentrasjonen av totalt fosfor og totalt reaktivt fosfor i et stort antall bekker og elver. Et datasett av denne størrelsen gir oss mulighet til å få noe informasjon om hvordan tilført nedbør påvirker fosforkonsentrasjonen i bekkene. 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 data for nedbør og fosforkonsentrasjoner 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 totalt reaktivt fosfor (heretter kalt TRP) og for totalt fosfor (heretter kalt TP). I eksempelet fra Skuterudbekken i Årungenvassdraget 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 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: $TP = 1,10 \times 18 + 46,16 \approx 66 \mu\text{g P/l}$, mens perioden 2018 – 2020 gir: $TP = 0,91 \times 18 + 37,02 \approx 54 \mu\text{g P/l}$. 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 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 nedbørsmengde 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 Bunnefjorden. 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 Nevina⁵), gir det oss mulighet til å beregne den *relative* betydningen til ulike tilførselsbekker. Dette er lettest å eksemplifisere ved å benytte tilførselene til Østensjøvann siden det der kun er undersøkt to tilførselsbekker. I Skuterudbekken var gjennomsnittlig konsentrasjon av TRP i 2020 på 32,3 µg/l (= 0,0323 mg/l), nedbørfeltet er på 4,7 km² og avrenningen fra nedbørfeltet er oppgitt til 17,2 l/(sek x km²)

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

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 52% mens den fra Skibekken utgjør 48%.

I Vedlegg A – C vises for hver bekk alle enkeltmålinger av TP og TRP for perioden 2012 – 2020, samt figurer av typen vist i Figur 2-2.

2.2 Usikkerhet ved bruk av nedbørkorrigerede verdier

Det er betydelige usikkerheter i tilnæringsmåten 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 vannmettet jorda er 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 dam eller 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 stillestående

⁵ <https://nevina.nve.no/>

vann 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 nedbørkorrigerede 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).

2.3 Nitrogen

For nitrogen er det tatt langt færre prøver i perioden 2012 - 2020 enn for fosfor, bare 2 – 6 pr. år. Det gir for lite data til å benytte nedbørkorrigerede verdier for nitrogen, slik vi gjorde for fosfor. For å vurdere eventuell endring over tid i nitrogeninnholdet i de ulike bekkene, har vi derfor basert oss på en lineær regresjon for hele datasettet uten noen form for nedbørkorrigerende. Også her har vi imidlertid utelatt ekstremverdier. Som for fosfor har vi definert dette som verdier som er mer enn tre ganger høyere enn den verdien regresjonslinjen gir.

I tillegg har vi også for nitrogen sammenliknet datasettet fra 2012 – 2017 mot det fra 2018 – 2020, men her har vi gjort dette ved å benytte en t-test. Dette er en statistisk test som gir oss informasjon om hvor sannsynlig det er at det er en reell forskjell mellom to datasett. Dersom t-testen gir en p-verdi på for eksempel 0,25 forteller det at det er 25% sannsynlighet for at forskjellen i målte verdier kan oppstå tilfeldig fra det samme datagrunnlaget eller den samme populasjonen. Jo lavere p-verdien er, jo mer sannsynlig er det altså at de to datasettene som sammenliknes faktisk er forskjellige. T-test benyttes på datasett som er normalfordelt, noe vannkvalitetsdata ofte ikke er. Vi fant et godt samsvar mellom p-verdi og r^2 i regresjonsanalysene. Det gjør at vi likevel oppfatter p-verdi som en god indikator for å vurdere om de to datasettene vi sammenlikner er forskjellige eller ikke.

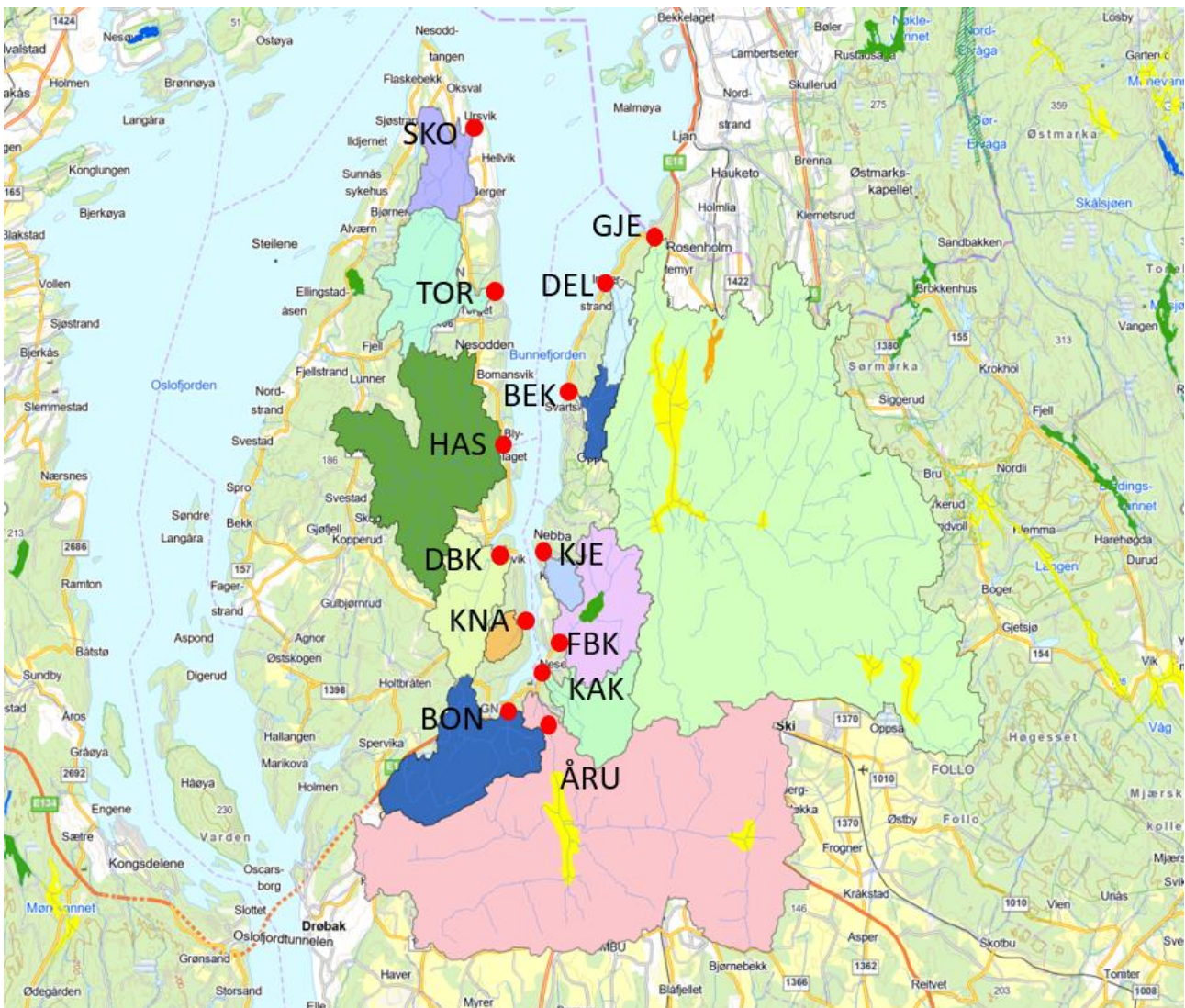
Normalt kreves en p-verdi på 0,05 eller lavere for at vi skal si at resultatet er statistisk signifikant. Da er vi altså minst 95% sikre på at det ene datasettet er forskjellig fra det andre. Arbeid i naturen er noe annet enn for eksempel testing på et laboratorium. Alle faktorene som kan påvirke parameterne vi måler, gjør at vi sjelden finner helt åpenbare sammenhenger. Dersom vi forkaster alle hypoteser som ved testing gir en p-verdi over 0,05, er det stor sannsynlighet for at vi gjør en såkalt type II – feil. Det ville i vårt tilfelle innebære at vi forkaster muligheten for at det har skjedd en endring i nitrogeninnhold i bekkene, når dette faktisk har inntruffet. Ut fra en mer praktisk enn rent statistisk tilnærming, karakteriserer vi derfor at det har vært en *endring* fra perioden 2012 – 2017 til 2018 – 2020 dersom t-test gir en p-verdi som er mindre eller lik 0,10, mens vi kaller det en *svak endring* dersom p-verdien ligger mellom 0,10 og 0,25. Ved p-verdier over 0,25 mener vi sannsynligheten for at registrerte forskjeller i datasettet har oppstått kun ut fra tilfeldigheter er såpass stor at vi omtaler utviklingen som *uforandret*.

Selv der p-verdiene er lave er det imidlertid viktig å være oppmerksom på at det er en mulighet for at forholdene er uforandret, og at det de observerte forskjellene bare er et resultat av tilfeldigheter.

3 Bunnefjorden

3.1 Nedbørfelt og tilløpsbekker

Bunnefjorden utgjør den delen av Oslofjorden som ligger øst for Nesodden (Figur 3-1). Mellom Nesodden og Bygdøy går det en terskel på 50 – 60 meters dyp, og det er ytterligere to terskler på strekningen ned til Drøbak. Utformingen av Bunnefjorden i seg selv vil begrense vannutvekslingen med Vestfjorden, som går på andre siden av Nesodden. Disse tersklene begrenser utvekslingen ytterligere. En stor andel av nedbørfeltene til tilførselsbekkene til Bunnefjorden utgjøres av urbane områder eller av dyrket mark. Dette betyr at belastningen på Bunnefjorden kan bli betydelig, samtidig som vi ikke kan forvente særlig fortyningseffekt fra vann fra Vestfjorden. For å oppnå en akseptabel vannkvalitet i Bunnefjorden er det derfor av stor betydning at tilførsel av næringsstoffer og annen forurensning holdes på et så lavt nivå som mulig.

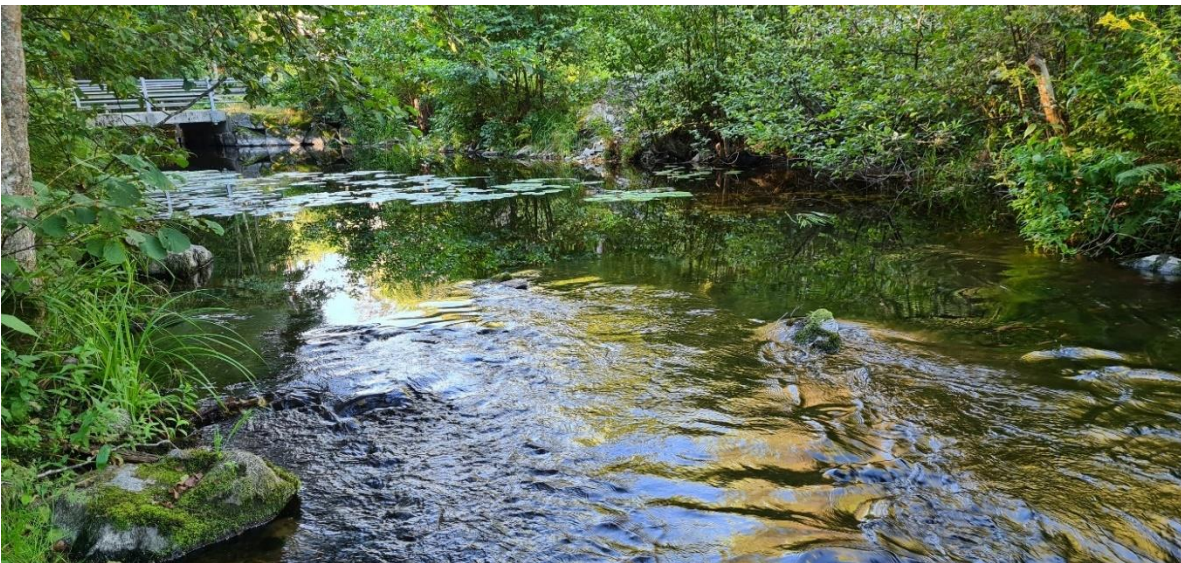


Figur 3-1. Nedbørfeltet til elver og bekker som har utløp til Bunnefjorden. Farge på vannforekomstene indikerer økologisk tilstand som angitt i Vann-Nett pr. 1/1-22 (gul = moderat, oransje = dårlig).

3.2 Tilløpsbekker fra øst

3.2.1 Fosfor- og nitrogenbidrag

Tilløpene til Bunnefjorden fra øst utgjøres av Gjersjøelva, Delebekken, Bekkenstenbekken og Kjernesbekken (Figur 3-2 og 3-3). Av disse dominerer Gjersjøelva fullstendig. Den har et nedbørfelt på hele 85 km², og inkluderer fem av de åtte innsjøene som inngår i PURA – overvåkingen (Nærevann, Midtsjøvann, Tussetjern, Kolbotnvann og Gjersjøen). Ser vi på den samlede tilførselen fra samtlige av de undersøkte elvene og bekkene med utløp til Bunnefjorden, bidro Gjersjøelva i perioden 2012 – 2020 i gjennomsnitt med i 23% av tilført fosfor. Bidraget av TRP var lavere med ca. 14%, mens det for nitrogen var vesentlig høyere med 33% (Tabell 3-1).



Figur 3-2. Gjersjøelva



Figur 3-3. Delebekken

De tre øvrige bekkene fra øst bidrar samlet med bare noe over 1% av fosfortilførselen og noe under 1% av nitrogentilførselen til Bunnefjorden. Likevel vil tiltak i slike små bekker være relevant å vurdere. For Bunnefjorden har det liten betydning hvilken bekk næringsstoffene kommer fra, og det er ikke gitt at kostnaden per kilo redusert fosfor eller nitrogen er lavest i den tilførselskilden som har det største bidraget.

Konsentrasjonen av både TP og TRP var klart størst i Kjernesbekken (Tabell 3-2), men siden bekken har et lite nedbørfelt er bidraget fra denne bekken til Bunnefjorden på godt under 1%. De laveste fosforkonsentrasjonene fra området med tilførsler til Bunnefjorden fra øst ble registrert i Gjersjøelva og Delebekken (Tabell 3-2).

Tabell 3-1. Tilførselver- og bekker fra øst til Bunnefjorden, nedbørfeltparametere og bidrag av TP, TRP og totalt nitrogen (TN). Estimater for bidrag er basert på gjennomsnittsverdier gjennom året, for fosfor kun for året 2020 og for nitrogen for perioden 2012 – 2020.

Tilførsel	Areal (km ²)	Nedbørfelt		Avrenning (L/sek x km ²)	TP bidrag 2012 - 2020 (%)	TRP bidrag 2012 - 2020 (%)	TN (µg/l), gjennomsnitt 2012 - 2020	TN bidrag, 2012 - 2020 (%)
		Leire, %	Dyrket mark, %					
Gjersjøelva	85,0	30	15	15,5	23	14	1377	33
Delebekken	1,6	10	2,7	12,8	0,4	0,1	590	0,2
Bekkenstenbekken	1,5	39	7,7	13,7	0,5	0,4	1149	0,4
Kjernesbekken	0,5	49	25	12,0	0,2	0,3	1155	0,1

3.2.2 Økologisk tilstand 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 20%, 30%, 40% og 50% er denne grensen satt til henholdsvis 40 µg/l, 50 µg/l, 60 µg/l og 80 µg/l for TP, og på 10 µg/l for fosfat. I PURA – overvåkingen benyttes imidlertid TRP. 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. Leirpåvirkning påvirker ikke tilstandsklassene for nitrogen.

Alle de undersøkte bekkene med utløp til Bunnefjorden er definert som leirpåvirket, bortsett fra Gjersjøelva.

Ved kun å se på utvikling i tilstandsklasser, er det vanskelig å se noen tydelig tendens for fosfor i noen av bekkene. Med bare to mulige tilstandsklasser er dette heller ikke å forvente. For nitrogen kan det imidlertid se ut til at forholdene generelt har blitt dårligere i løpet av perioden 2012 – 2020. Vi ser for eksempel i Gjersjøelva og Kjernesbekken at fargekodene som tilsier høyere nitrogenkonsentrasjon er vanligere i den siste delen av perioden enn i den første.

Biologiske parametere har ikke blitt undersøkt tilstrekkelig mange ganger til å kunne vurdere en utvikling. I Delebekken og Bekkenstenbekken indikerte samfunnet av påvekstalger lavere fosforbelastning i 2019 enn i 2012 – 2013, men det er behov for mer data for å bekrefte dette. Kjernesbekken kan påvirkes av saltvann, og undersøkelse av bunndyr og påvekstalger har derfor ikke blitt utført i den bekken.

Tabell 3-2. Østlige tilløp til Bunnefjorden. Tilstand for ulike kvalitetsparametere i perioden 2012 – 2020. Fosfor- og nitrogenkonsentrasjon oppgitt som årsmiddel.

Gjersjøelva	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Totalt fosfor (µg/l)	18	17	15	14	23	12	23	19	20
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	3	4			5	4	4	4	6
Totalt nitrogen (µg/l)	1 300	1 300	1 300	1 300	1 300	1 280	1 350	1 700	1 460
Bunndyr (ASPT)			5,40						
Påvekstalger (PIT)	21,9	27,8			22,6			17,8	
Delebekken									
Totalt fosfor (µg/l)	21	41	16	21	22	12	12	22	26
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	2	2	2	2	2	2	2	3	6
Totalt nitrogen (µg/l)	505	495	570	470	690	663	535	616	593
Bunndyr (ASPT)			6,37		7,25			6,33	
Påvekstalger (PIT)	23,0	25,6						10,0	
Bekkenstenbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	29	16	38	31	39	25	19	17	37
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	5	4	6	6	8	10	7	6	13
Totalt nitrogen (µg/l)	955	1 000	1 125	955	1 193	1 124	1 560	1 284	990
Bunndyr (ASPT)			6,21		6,18			5,86	
Påvekstalger (PIT)	19,9	40,9						11,9	
Kjernesbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	44	22	35	32	31	45	26	30	75
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	22	12	22	16	16	27	18	18	37
Totalt nitrogen (µg/l)	920	645	860	940	1 167	1 268	1 000	1 397	1 308
Bunndyr (ASPT)									
Påvekstalger (PIT)									

3.2.3 Nedbørkorrigerede fosforverdier i tilløpsbekker

For alle tilløpsbakkene er det gjort tilsvarende regresjonsanalyser som vist i metodekapittelet for Skuterudbekken (Figur 2-2). I Tabell 3-3 har vi samlet formlene som kan benyttes for å beregne nedbørkorrigerede 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. I vedlegg A er det for hver bekk laget en figur som både viser samtlige fosformålinger som er gjennomført i perioden 2012 – 2020, og nedbørkorrigerede verdier.

Gjersjøelva var den tilførselsbekken som for TRP viste dårligst samsvar mellom nedbørforhold og målte konsentrasjoner. Dette ser vi Tabell 3-3 i form av lave verdier for determinasjonskoeffisienten r^2 . Dette er ikke overraskende siden elva kommer fra en stor innsjø. TRP omsettes raskt av planteplankton i innsjøer, og verdiene for denne fosforfraksjonen i utløpselva vil derfor påvirkes mer av omsetningen i innsjøen enn av nedbørforholdene. De målte konsentrasjonene tydet ikke på at det har vært noen endring av betydning i fosforinnholdet i Gjersjøelva fra perioden 2012 – 2017 til 2018 – 2020.

I de øvrige bekkene var det bedre samsvar mellom resultatene for TRP mot nedbørmengde. I Delebekken ser det ut til at fosforinnholdet har økt de siste tre årene sammenliknet med de seks foregående, mens det har holdt seg uforandret i Kjernesbekken. I Bekkenstenbekken så vi en reduksjon i TP, men en økning i TRP. Dette gir økt usikkerhet, og vår beste vurdering er at fosforinnholdet i denne bekken har vært relativt uforandret i løpet av denne tidsperioden.

Tabell 3-3. Østlige tilløp til Bunnefjorden. Sammenheng mellom nedbør (Nb) og konsentrasjon av fosfor uttrykt som formel 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
Gjersjøelva	8	$TP = 0,40Nb + 8,4$	0,57	$TP = 0,11Nb + 15,9$	0,05	$TRP = 0,05Nb + 2,9$	0,10	$TRP = -0,01Nb + 4,1$	0,00
Delebekken	7	$TP = 0,36Nb + 12,8$	0,24	$TP = 0,38Nb + 19,8$	0,17	$TRP = 0,04Nb + 1,7$	0,21	$TRP = 0,07Nb + 3,5$	0,10
Bekkenstenbekken	7	$TP = 1,83Nb + 4,3$	0,45	$TP = 0,89Nb + 14,4$	0,33	$TRP = 0,33Nb + 1,5$	0,48	$TRP = 0,33Nb + 4,7$	0,37
Kjernesbekken	6	$TP = 3,18Nb - 8,5$	0,53	$TP = 0,45Nb + 41,3$	0,06	$TRP = 1,68Nb - 1,6$	0,55	$TRP = 0,45Nb + 24,1$	0,22

Tabell 3-4. Nedbørkorrigert fosforkonsentrasjon i østlige tilløp til Bunnefjorden. 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 3-3).

Gjersjøelva	2012 - 2017	2018 - 2020	% endring	Vurdering av endring
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	18	19	3	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	4,1	3,9	- 5	
Delebekken				Økning
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	20	28	37	
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	2,5	5,0	100	
Bekkenstenbekken				Uforandret
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	43	33	- 22	
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	8,4	12	39	
Kjernesbekken				Uforandret
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	49	49	1	
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	29	32	12	

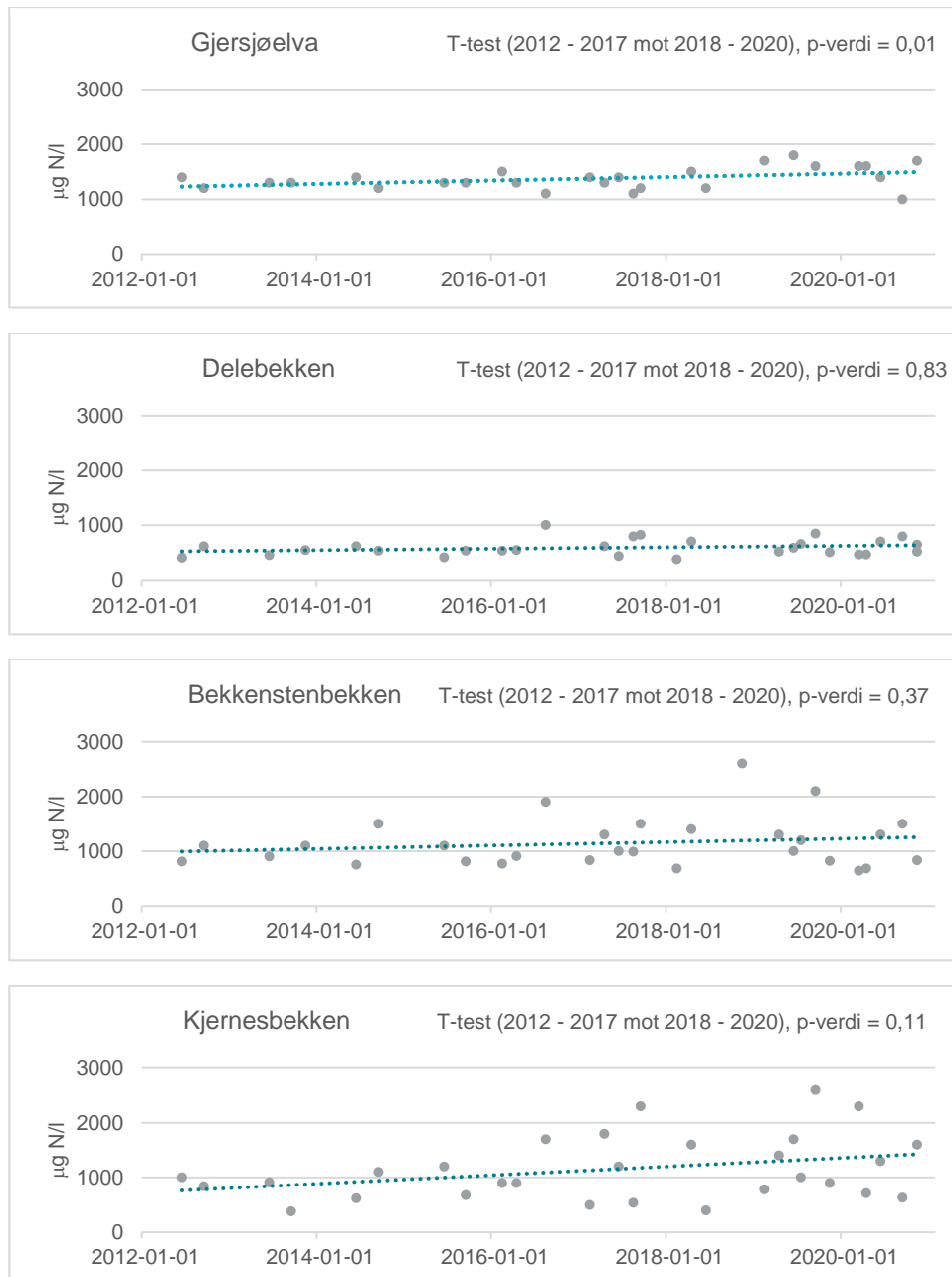
3.2.4 Tilførsler av nitrogen

Som nevnt i metodekapittelet er det foreløpig utført for få målinger av nitrogen til at det gir noen mening med nedbørkorrigerede verdier, slik vi beregnet for fosfor. Figur 3-5 viser derfor alle rådata for nitrogen. Vi har i tillegg lagt inn en regresjonslinje for å antyde om nitrogeninnholdet har økt, blitt redusert eller holdt seg konstant i perioden 2012 – 2020. For å vurdere om det har skjedd en endring i denne tidsperioden, har vi sammenliknet resultatene fra de seks årene 2012 – 2017 mot resultatene fra årene 2018 – 2020 ved å benytte en t-test (se kapittel 2, metoder). Jo lavere p-verdi t-testen gir, jo større sannsynlighet er det for at de to datasettene som sammenliknes er forskjellige.

Alle de østlige tilløpene til Bunnefjorden ser ut til å ha en tendens til økende nitrogeninnhold over tid, men mest markant var dette i Gjersjøelva, hvor målingene i 2012 – 2017 var signifikant lavere enn de fra 2018 – 2020. Her er det altså ganske tydelig at nitrogeninnholdet over tid har vært økende. I Kjernesbekken fikk vi en såpass lav p-verdi (0,11) at vi tør si at det her har vært en *svak økning* i innholdet av nitrogen, mens vi vurderer utviklingen i Delebekken og Bekkenstenbekken (Figur 3-3) som *uforandret*.



Figur 3-4. Bekkenstenbekken



Figur 3-5. Målt innhold av totalt nitrogen i østlige tilløp til Bunnefjorden i perioden 2012 – 2020. Oppgitt p-verdi er basert på en t-test hvor data fra 2012 – 2017 sammenholdes mot data fra 2018 – 2020.

3.3 Tilløpsbekker fra sør

3.3.1 Fosfor- og nitrogenbidrag

Det vi har karakterisert som sørlige tilløp til Bunnefjorden, er bekker som alle har utløp i den indre delen av fjorden som gjerne også kalles Bunnebotten. I denne undersøkelsen omfatter det Fålebekken, Kaksrubbekken, Årungenelva og Bonnbekken. Av disse er Årungenelva den desidert største. Vurdert ut fra størrelse på nedbørfelt og målte konsentrasjoner tilfører den alene noe over 40% av den totale tilførselen av fosfor og nitrogen fra de 13 undersøkte elvene og bekkene. De øvrige bekkene bidrar med 2 – 5% av tilførselene. For Bonnbekken og Fålebekken er andelen tilnærmet den samme for nitrogen som for fosfor, mens nitrogenbidraget fra Kaksrubbekken er omtrent dobbelt så stort som det for fosfor (Tabell 3-5).

De høyeste fosforkonsentrasjonene finner vi i Årungenelva (Tabell 3-6), men det er også elva med høyest leirdekningsgrad. Siden grenseverdien mellom *god* og *moderat* tilstand for vannforekomster med leirdekningsgrad på over 50% er satt til 80 µg/l, betraktes de registrerte konsentrasjonene i Årungenelva fortsatt som *god* tilstand. Sammen med Kaksrubbekken skiller også Årungenelva seg ut med å ha svært høy nitrogenkonsentrasjon (Tabell 3-6).

Tabell 3-5. Tilførselselver- og bekker fra sør til Bunnefjorden, nedbørfeltparametere og bidrag av TP, TRP og totalt nitrogen (TN). Estimater for bidrag er basert på gjennomsnittsverdier gjennom året, for fosfor kun for året 2020 og for nitrogen for perioden 2012 – 2020.

Tilførsel	Areal (km ²)	Nedbørfelt		Avrenning (L/sek x km ²)	TP bidrag (%)	TRP bidrag (%)	TN, gjennomsnitt 2012 - 2020	TN bidrag (%)
		Leire, %	Dyrket mark, %					
Fålebekken	7,4	43	9,7	13,1	2,4	1,7	1003	1,8
Kaksrubbekken	4,0	47	38	15,5	2,2	2,3	4458	5,0
Årungenelva	50,0	66	48	15,7	43	48	3045	44
Bonnbekken	6,7	38	27	14,0	4,1	3,2	1901	3,2

3.3.2 Økologisk tilstand 2012 – 2020

Ut fra beregnet tilstandsklasse kan vi ikke se noen tydelig endring i fosforinnhold i noen av bekkene i perioden 2012 – 2020. Nitrogeninnholdet har i hele denne perioden holdt seg høyt i Årungenelva og Kaksrubbekken, men gjennomsnittsverdiene i Kaksrubbekken kan tyde på at det har vært en økning i løpet av denne perioden. Det samme er tilfellet i Fålebekken og i Bonnbekken, der fargekodene i seg selv gir et godt inntrykk av dette (Tabell 3-6).

Prøvetaking av bunndyr og påvekstalger er ikke utført i Fålebekken på grunn av saltvannspåvirkning, som også er årsak til den reduserte frekvensen av analyser av påvekstalger i Bonnbekken. Verken i Kaksrubbekken eller i Årungenelva er det noe i resultatene fra de biologiske analysene som tyder på at det har skjedd en endring i den økologiske tilstanden der i løpet av den undersøkte niårsperioden.

Tabell 3-6. Tilløpsbekker til Bunnefjorden fra sør. Tilstand for ulike kvalitetselementer i perioden 2012 – 2020. Fosfor- og nitrogenkonsentrasjon oppgitt som årsmiddel.

Fålebekken	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Totalt fosfor (µg/l)	27	28	24	20	26	22	19	28	46
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	8	9			6	8	8	8	14
Totalt nitrogen (µg/l)	620	625	580	920	1 067	1 152	1 270	1 218	1 000
Bunndyr (ASPT)									
Påvekstalger (PIT)									
Kaksrubbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	39	41	37	30	35	40	31	32	48
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	12	19	14	10	11	13	16	13	22
Totalt nitrogen (µg/l)	4 200	2 850	2 650	3 800	3 633	5 480	4 400	5 833	4 860
Bunndyr (ASPT)			6,20		5,75			6,33	
Påvekstalger (PIT)	28,9	25,3						20,3	
Årungenelva									
Totalt fosfor (µg/l)	62	61	57	61	59	42	46	51	72
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	28	31	26	28	18	15	19	20	35
Totalt nitrogen (µg/l)	3 050	3 300	2 067	3 025	2 740	4 060	2 300	4 150	2 720
Bunndyr (ASPT)			4,67						
Påvekstalger (PIT)	22,5	18,9			26,7			17,4	
Bonnbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	47	46	50	38	42	58	48	40	46
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	17	19	9	11	13	18	8	13	17
Totalt nitrogen (µg/l)	1 600	920	1 480	1 225	1 780	2 420	2 328	2 467	1 650
Bunndyr (ASPT)			6,56		5,91			6,64	
Påvekstalger (PIT)								29,5	

3.3.3 Nedbørkorrigerede fosforverdier i tilløpsbekker

For alle tilløpsbekkene er det gjort tilsvarende regresjonsanalyser som vist i metodekapittelet for Skuterubbekken (Figur 2-2). I Tabell 3-7 har vi samlet formlene som kan benyttes for å beregne nedbørkorrigerede 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. I vedlegg A er det for hver bekk laget en figur som både viser samtlige fosformålinger som er gjennomført i perioden 2012 – 2020 og nedbørkorrigerede verdier.

I Årungenelva ligger prøvepunktet like nedenfor utløpet fra Årungen, og som i Gjersjøelva var sammenhengen mellom nedbørmengde og fosforkonsentrasjon svak. Dette ser vi Tabell 3-7 i form av lave verdier for determinasjonskoeffisienten r^2 . Dette er ikke overraskende siden elva kommer fra en innsjø. Omsetting av fosfor i innsjøen vil påvirke fosforinnholdet i utløpselva mer enn nedbørforholdene like i forkant av prøvetakingen. De nedbørkorrigerede verdiene tilsier at det har vært en økning i fosforinnholdet fra 2012 – 2017 til 2018 – 2020, men dette er ikke i overensstemmelse med bildet vi får når vi ser hele datasettet under ett (se Vedlegg B). Vurderingene for Årungenelva blir usikre, men vi mener det mest sannsynlige er at fosforinnholdet har forandret seg lite den siste niårsperioden, og at utviklingen derfor bør karakteriseres som *uforandret*.

I Kaksrubbekken ser innholdet av fosfor ut til å ha økt noe de seneste tre årene sammenliknet med de seks foregående, særlig for TRP, mens vi i Fålebekken og Bonnbekken ikke kan se at det har vært en tydelig endring. Utviklingen betraktes derfor i disse to bekkene som *uforandret*.

Tabell 3-7. Sørlige tilløp til Bunnefjorden. Sammenheng mellom nedbør (Nb) og konsentrasjon av fosfor uttrykt som formel 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
Fålebekken	6	TP = 0,09Nb + 25,1	0,01	TP = 0,06Nb + 21,7	0,03	TRP = 0,08Nb + 5,0	0,06	TRP = 0,11Nb + 4,9	0,37
Kaksrubbekken	7	TP = 1,14Nb + 17,8	0,51	TP = 0,46Nb + 36,1	0,15	TRP = 0,18Nb + 10,0	0,22	TRP = 0,21Nb + 12,7	0,11
Årungenelva	7	TP = 0,25Nb + 33,4	0,06	TP = -0,57Nb + 58,8	0,09	TRP = 0,11Nb + 4,8	0,03	TRP = -0,38Nb + 24,1	0,12
Bonnbekken	5	TP = 2,97Nb + 5,8	0,59	TP = 0,26Nb + 41,3	0,03	TRP = 0,53Nb + 6,3	0,36	TRP = 0,30Nb + 11,1	0,39

Tabell 3-8. Nedbørkorrigerert fosforkonsentrasjon i sørlige tilløp til Bunnefjorden. 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). * markerer svært usikre verdier.

Fålebekken	2012 - 2017	2018 - 2020	% endring	Vurdering av endring
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	27	23	- 15	Uforandret
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	6,5	6,8	6	
Kaksrubbekken				Svak økning
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	42	46	9	
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	14	17	24	
Årungenelva				Uforandret
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	39	47	21*	
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	7,1	16	126*	
Bonnbekken				Uforandret
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	50	45	- 10	
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	14	15	10	

3.3.4 Tilførsler av nitrogen

Som nevnt i metodekapittelet er det foreløpig utført for få målinger av nitrogen til at det gir noen mening med nedbørkorrigerede verdier, slik vi beregnet for fosfor. Figur 3-8 viser derfor alle rådata for nitrogen. Vi har i tillegg lagt inn en regresjonslinje for å antyde om nitrogeninnholdet har økt, blitt redusert eller holdt seg konstant i perioden 2012 – 2020. For å vurdere om det har skjedd en endring i denne tidsperioden, har vi sammenliknet resultatene fra de seks årene 2012 – 2017 mot resultatene fra årene 2018 – 2020 ved å benytte en t-test (se kapittel 2, metoder). Jo lavere p-verdi t-testen gir, jo større sannsynlighet er det for at de to datasettene som sammenliknes er forskjellige.

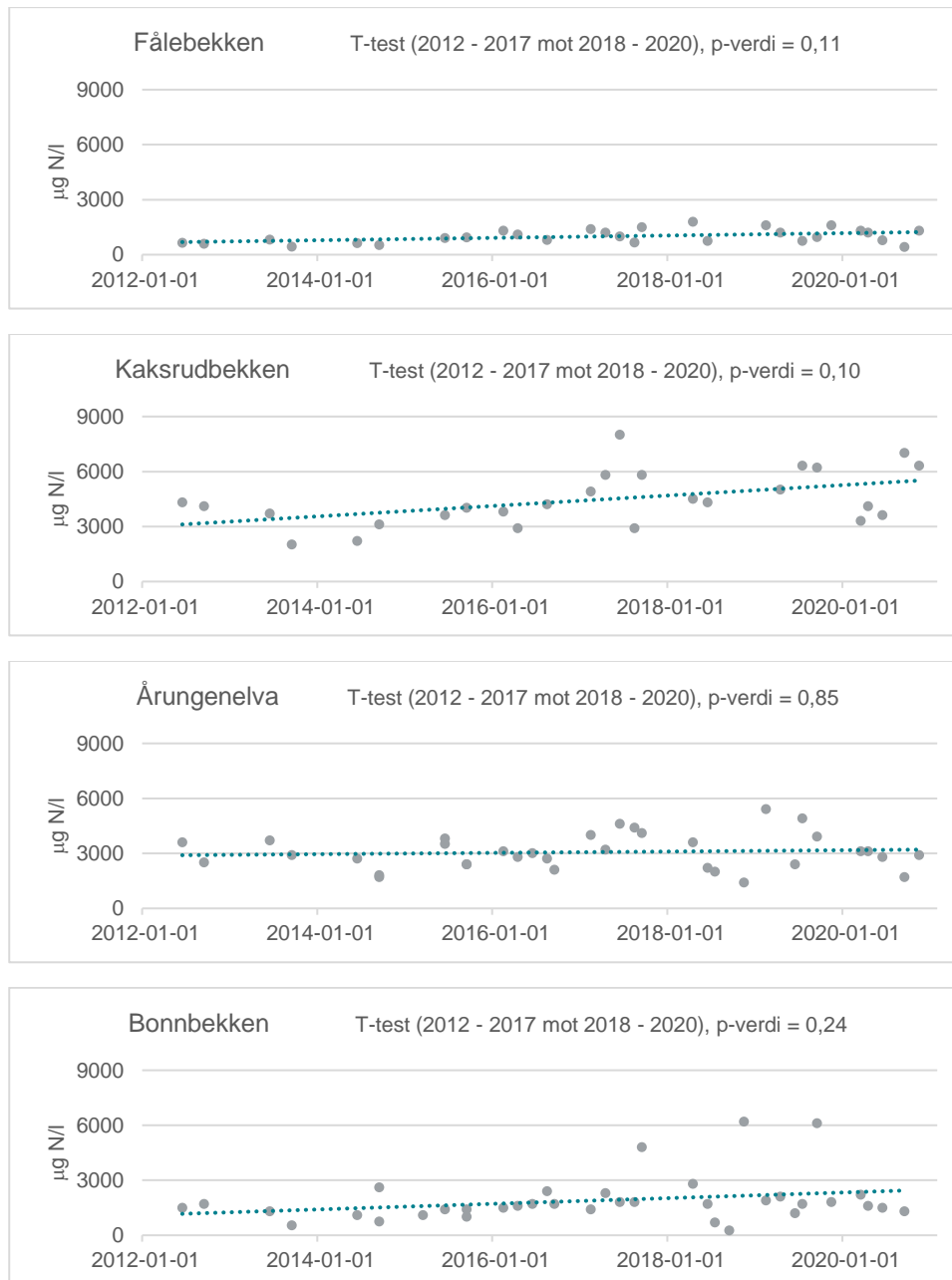
Bortsett fra i Fålebekken var nitrogeninnholdet i de fire bekkene vi behandler her vesentlig høyere enn det vi så i de østlige tilløpene (avsnitt 3.2). Legg merke til at verdiene på y-aksen i Figur 3-8 går mye høyere enn de gjør i Figur 3-5. Som i de østlige tilløpene, ser det ut til at nitrogeninnholdet også i de sørlige tilløpene har økt over tid. Unntaket er Årungenelva, hvor dette ser ut til å ha vært uforandret i perioden 2012 – 2020. Basert på regresjonslinjene og p-verdiene fra t-test, hvor data fra perioden 2012 – 2017 sammenliknes med data fra 2018 – 2020, mener vi at det har vært en *økning* i nitrogeninnholdet i Kaksrubbekken (Figur 3-5), en *svak økning* i Fålebekken og Bonnbecken (Figur 3-6), mens det ikke har vært noen endring i Årungenelva.



Figur 3-6. Kaksrubbekken



Figur 3-7 Bonnbecken



Figur 3-8. Målt innhold av totalt nitrogen i sørlige tilløp til Bunnefjorden i perioden 2012 – 2020. Oppgitt p-verdi er basert på en t-test hvor data fra 2012 – 2017 sammenholdes mot data fra 2018 – 2020.

3.4 Tilløpsbekker fra vest

3.4.1 Fosfor- og nitrogenbidrag

Knardalsbekken har utløp i Bunneboten og kunne blitt gruppert sammen med sørlige tilløp i forrige avsnitt. Vi mener imidlertid at det er mer naturlig å gruppere alle bekkene som kan sies å ligge på halvøya som inkluderer Nesodden, og som dermed har utløp mot Bunnefjorden fra vest. I tillegg til Skoklefallsbekken, Torvetbekken og Haslebekken i Nesodden kommune, inkluderer dette avsnittet derfor også Dalsbekken og Knardalsbekken i Frogn kommune.

Et karakteristisk trekk ved disse bekkene, sammenliknet med de med som tilføres Bunnefjorden fra øst eller sør, er at deres relative bidrag til fosfortilførselen til Bunnefjorden gjennomgående er større enn bidraget til nitrogentilførselen. For bekkene og elvene som kommer inn fra øst eller sør er det motsatt. Der er denne enten tilnærmet lik, eller nitrogenbidraget er større enn fosforbidraget. Forskjellen ser vi tydelig for eksempel i Haslebekken, hvor våre beregninger tilsier at den bidrar med ca. 15% av de totale fosfortilførselene, mens nitrogenbidraget bare er ca. halvparten av dette (Tabell 3-9). Enda mer markant er denne forskjellen i Torvetbekken, hvor tilførselen av TRP utgjør ca. 10% av den totale tilførselen, mens bekken bare bidrar med 2-3% av nitrogentilførselene. Av den totale tilførselen av næringsstoffer fra elvene og bekkene som inngår i PURA – overvåkingen, finner vi at disse fem bekkene bidrar med ca. 25% av TP, ca. 30% av TRP og i underkant av 15% av totalt nitrogen (TN) (Tabell 3-9).

De høyeste fosforkonsentrasjonene finner vi i Torvetbekken og Haslebekken, men dette er også de to bekkene med klart høyest leirdekningsgrad. Nitrogenkonsentrasjonen er høyest i Dalsbekken og Haslebekken, med verdier opp mot 2000 µg/l. I de tre øvrige bekkene ligger denne vanligvis noe over 1000 µg/l (Tabell 3-10).

Tabell 3-9. Tilførselver- og bekker fra vest til Bunnefjorden, nedbørfeltparametere og bidrag av TP, TRP og totalt nitrogen (TN). Estimater for bidrag er basert på gjennomsnittsverdier gjennom året, for fosfor kun for året 2020 og for nitrogen for perioden 2012 – 2020.

Tilførsel	Areal (km ²)	Nedbørfelt		Avrenning (L/sek x km ²)	TP bidrag 2012 - 2020 (%)	TRP bidrag 2012 - 2020 (%)	TN, gjennomsnitt 2012 - 2020	TN bidrag 2012 -2020 (%)
		Leire, %	Dyrket mark, %					
Knardalsbekken	0,9	10	14	14,2	0,3	0,3	1147	0,3
Dalsbekken (Frogn)	5,0	19	15	13,7	2,4	2,6	1627	2,0
Haslebekken	14,4	38	19	14,4	12	15	1655	6,2
Torvetbekken	6,5	38	11	13,9	6,7	11	1594	2,6
Skoklefallsbekken	5,0	16	8,8	13,1	2,3	1,8	1321	1,6

3.4.2 Økologisk tilstand 2012 – 2020

Ut fra beregnet tilstandsklasse kan vi ikke se noen tydelig endring i fosforinnhold i noen av bekkene i perioden 2012 – 2020. Tilstandsklassen fluktuerer mellom *god* og *moderat* i Dalsbekken og Skoklefallsbekken, mens den i hovedsak er *moderat* i Haslebekken, stabilt *moderat* i Torvetbekken og stabilt *god* i Knardalsbekken.

Mens tilstandsklasse for nitrogen over tid i mange av bekkene fra øst og sør ga et inntrykk av økende innhold av nitrogen, ser vi ikke dette i disse vestlige tilløpsbekkene, muligens med unntak for Dalsbekken. I Knardalsbekken gir fargekodene heller et inntrykk av en fallende enn en stigende tendens (Tabell 3-10).

De biologiske analysene som er gjennomført i perioden 2012 – 2020 gir ikke et entydig bilde, men det er indikasjoner på at forholdene i Haslebekken og Torvetbekken har bedret seg i løpet av denne perioden. I Skoklefallsbekken var indeksverdien for påvekstalger (PIT) lavere i 2019 enn i 2012 – 2013 (Tabell 3-10). Dette tyder på bedret tilstand, men analysene av bunndyr har gått i motsatt retning. Det er en mulighet at den organiske belastningen har økt i denne bekken, mens konsentrasjonen av fosfor som er lett tilgjengelig for algevekst har avtatt. Det er imidlertid behov for mer data for å kunne si noe sikkert om dette.

Tabell 3-10. Tilløpsbekker til Bunnefjorden fra vest. Tilstand for ulike kvalitetselementer i perioden 2012 – 2020. Fosfor- og nitrogenkonsentrasjon oppgitt som årsmiddel.

Knardalsbekken	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Totalt fosfor (µg/l)					24	35	19	25	25
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)					10	13	9	8	11
Totalt nitrogen (µg/l)			2 000	1 450	1 020	1 144	1 115	1 179	940
Bunndyr (ASPT)					6,13			5,82	
Påvekstalger (PIT)								17,7	
Dalsbekken (Frogn)									
Totalt fosfor (µg/l)	28	22	51	29	32	44	29	43	53
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	12	12			26	19	11	16	24
Totalt nitrogen (µg/l)	1 180	1 100	1 450	1 450	1 640	1 700	1 700	1 717	1 488
Bunndyr (ASPT)			5,82		5,63			4,86	
Påvekstalger (PIT)	23,2	27,0			17,6			20,5	
Haslebekken									
Totalt fosfor (µg/l)	48	67	80	47	67	62	72	51	61
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	22	37	32	19	25	29	49	24	27
Totalt nitrogen (µg/l)	1 400	1 150	2 167	1 343	1 600	1 920	1 980	1 640	1 440
Bunndyr (ASPT)			6,05		6,13			6,47	
Påvekstalger (PIT)	24,0	26,4			21,7			11,0	
Torvetbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	81	91	87	86	83	81	72	56	61
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	51	69	44	57	47	51	53	34	27
Totalt nitrogen (µg/l)	1 450	1 040	2 000	1 130	1 267	1 584	1 205	1 775	978
Bunndyr (ASPT)			6,56		6,17			6,89	
Påvekstalger (PIT)	34,6	31,9			20,1			13,5	
Skoklefallsbekken									
Totalt fosfor (µg/l)	51	31	51	33	29	44	23	30	39
Totalt reaktivt fosfor (µg/l)	17	11	8	7	8	15	11	10	12
Totalt nitrogen (µg/l)	1 350	820	1 790	1 260	1 183	1 340	1 700	1 567	873
Bunndyr (ASPT)			6,10		4,78			4,57	
Påvekstalger (PIT)	25,6	26,1						16,8	

3.4.3 Nedbørkorrigerede fosforverdier i tilløpsbekker

For alle tilløpsbekkene er det gjort tilsvarende regresjonsanalyser som vist i metodekapittelet for Skuterudbekken (Figur 2-2). I Tabell 3-11 har vi samlet formlene som kan benyttes for å beregne nedbørkorrigerede 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. I vedlegg C er det for hver bekk laget en figur som både viser samtlige fosformålinger som er gjennomført i perioden 2012 – 2020 og nedbørkorrigerede verdier.

I Dalsbekken var sammenhengen mellom nedbørmengde og fosforkonsentrasjon svak, særlig for TRP. Dette ser vi Tabell 3-11 i form av lave verdier for determinasjonskoeffisienten r^2 . Både når vi ser på hele datasettet og på nedbørkorrigerede data, er imidlertid inntrykket at fosforinnholdet i denne bekken har økt fra perioden 2012 – 2017 til perioden 2018 – 2020 (se vedlegg, Figur V-C-2). For alle de øvrige bekkene tyder resultatene på at de siste tre årene har vært en nedgang i fosforinnhold sammenliknet med den foregående seksårsperioden (Tabell 3-12, vedlegg Figur V-C-1, V-C-3, V-C-4 og V-C-5). Vi finner samme mønster både for TP og TRP, og vurderer at vi har hatt en *svak nedgang* i Knardalsbekken, Haslebekken og Skoklefallsbekken, mens det har vært en *nedgang* i Torvetbekken (Figur 3-8).



Figur 3-9. Torvetbekken

Tabell 3-11. Tilløpsbekker til Bunnefjorden fra vest. Sammenheng mellom nedbør (Nb) og konsentrasjon av fosfor uttrykt som formel 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
Knardalsbekken	7	$TP = 2,12Nb + 10,8$	0,85	$TP = 0,80Nb + 11,4$	0,53	$TRP = 0,30Nb + 8,1$	0,63	$TRP = 0,32Nb + 3,1$	0,67
Dalsbekken (Frogn)	5	$TP = 1,16Nb + 21,9$	0,35	$TP = 0,38Nb + 46,4$	0,05	$TRP = 0,03Nb + 18,7$	0,00	$TRP = 0,02Nb + 23,9$	0,00
Haslebekken	6	$TP = 1,30Nb + 45,6$	0,30	$TP = 0,78Nb + 44,6$	0,25	$TRP = 0,06Nb + 30,9$	0,00	$TRP = 0,25Nb + 20,5$	0,14
Torvetbekken	5	$TP = 1,19Nb + 71,2$	0,16	$TP = 1,43Nb + 51,3$	0,29	$TRP = -0,10Nb + 48,9$	0,00	$TRP = 0,68Nb + 25,1$	0,20
Skoklefallsbekken	7	$TP = 1,14Nb + 25,5$	0,21	$TP = 0,39Nb + 28,4$	0,13	$TRP = 0,11Nb + 8,9$	0,03	$TRP = 0,11Nb + 8,3$	0,20

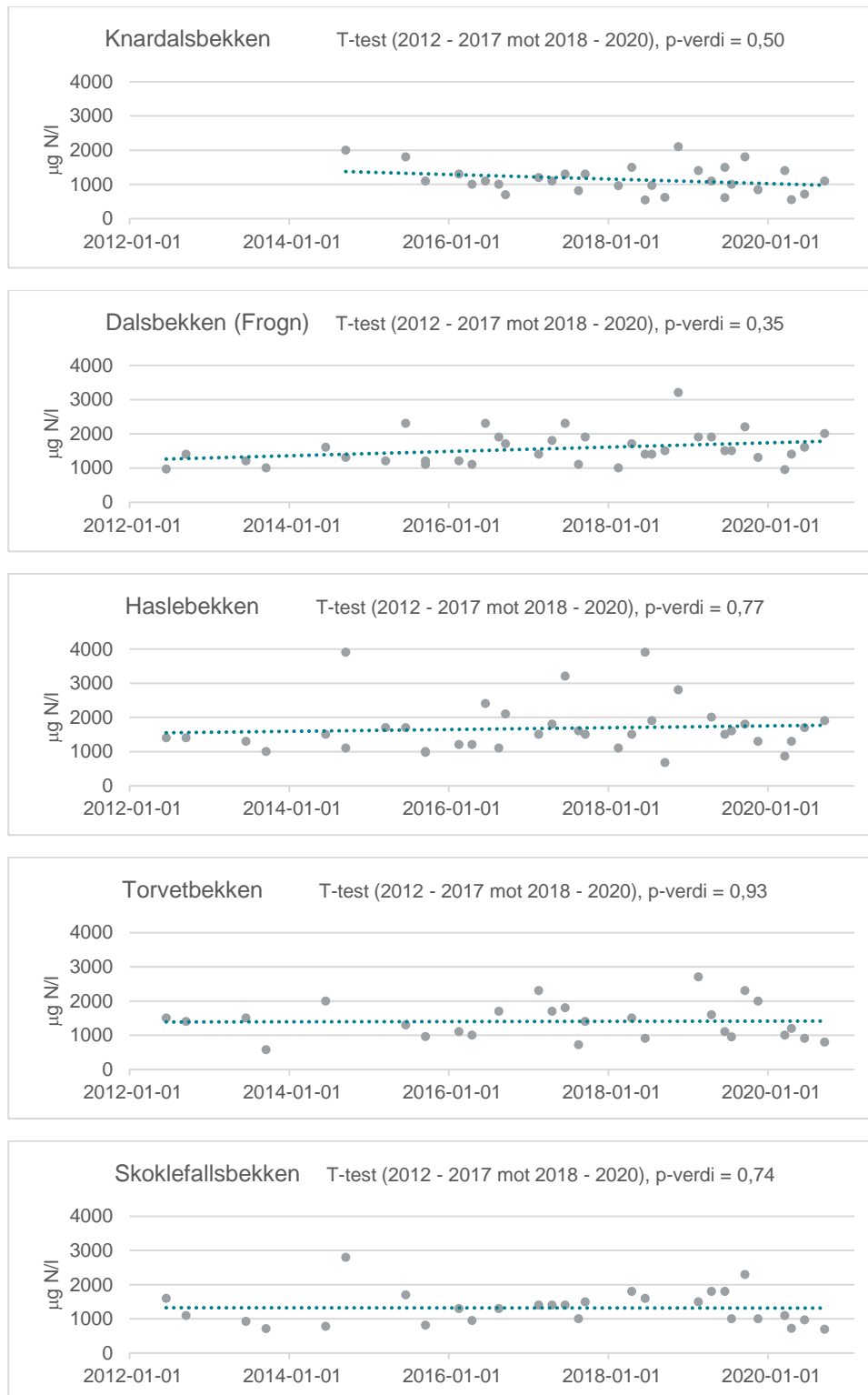
Tabell 3-12. Nedbørkorrigert fosforkonsentrasjon i vestlige tilløp til Bunnefjorden. Beregningene er basert på samlet nedbør siste D dager, som angitt i Tabell 3-11., og med en standardisert nedbør på 3 mm per dag (f.eks. hvis D=6, så er 18 mm nedbør benyttet i formelen i Tabell 3-11).

Knardalsbekken	2012 - 2017	2018 - 2020	% endring	Vurdering av endring
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	34	28	- 16	Svak nedgang
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	14	10	- 32	
Dalsbekken (Frogn)				
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	39	52	33	Økning
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	19	24	26	
Haslebekken				
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	69	59	- 15	Svak nedgang
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	32	25	- 22	
Torvetbekken				
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	89	73	- 18	Nedgang
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	47	35	- 26	
Skoklefallsbekken				
Totalt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	49	37	- 26	Svak nedgang
Totalt reaktivt fosfor ($\mu\text{g/l}$)	11	11	- 5	

3.4.4 Tilførsler av nitrogen

Som nevnt i metodekapittelet er det foreløpig utført for få målinger av nitrogen til at det gir noen mening med nedbørkorrigerede verdier, slik vi beregnet for fosfor. Figur 3-10 viser derfor alle rådata for nitrogen. Vi har i tillegg lagt inn en regresjonslinje for å antyde om nitrogeninnholdet har økt, blitt redusert eller holdt seg konstant i perioden 2012 – 2020. For å vurdere om det har skjedd en endring i denne tidsperioden, har vi sammenliknet resultatene fra de seks årene 2012 – 2017 mot resultatene fra årene 2018 – 2020 ved å benytte en t-test (se kapittel 2, metoder). Jo lavere p-verdi t-testen gir, jo større sannsynlighet er det for at de to datasettene som sammenliknes er forskjellige.

Av samtlige 13 bekker vi har behandlet i denne rapporten, var det kun i Knardalsbekken at regresjonslinjen for nitrogeninnhold over tid viste en fallende tendens (Figur 3-10). I Dalsbekken og i Haslebekken var denne regresjonslinjen svakt stigende, mens den var tilnærmet flat i Torvetbekken og i Skoklefallsbekken. T-testene som sammenlikner datasettet fra 2012 – 2017 mot det fra 2018 – 2020, ga imidlertid i alle bekkene såpass høye p-verdier at vi mener det er mest korrekt å betrakte utviklingen som *uforandret* i alle bekkene.



Figur 3-10. Målt innhold av totalt nitrogen i vestlige tilløp til Bunnefjorden i perioden 2012 – 2020. Oppgitt p-verdi er basert på en t-test hvor data fra 2012 – 2017 sammenholdes mot data fra 2018 – 2020.

4 Oppsummering

Det er 13 vannforekomster som inngår i PURA – overvåkingen som har direkte utløp til Bunnefjorden. Av disse er Årungenelva og Gjersjøelva de klart største. Deres samlede andel av tilførselen av fosfor til Bunnefjorden er på ca. 65% av den totale tilførselen fra de undersøkte elvene og bekkene. For tilførselen av nitrogen er denne andelen på ca. 75%. Minst like interessant som å få en oversikt over den relative betydningen til hver enkelt bekk for tilførsel av næringsstoffer til Bunnefjorden, er det å undersøke hvordan disse bekkene har utviklet seg over tid. I denne undersøkelsen har vi i hovedsak sammenliknet to tidsperioder; seksårsperioden 2012 – 2017 mot treårsperioden 2018 – 2020.

Generelt tyder resultatene på at utviklingen har vært best i bekkene som ligger på Nesoddenhalvøya. Med unntak av i Dalsbekken ser det ut til at fosforinnholdet i disse bekkene har avtatt over tid. I tillegg ser vi ikke klare tegn til en økning av nitrogeninnholdet i noen av dem. Selv om vi heller ikke ser noe reduksjon i innholdet av nitrogen, er dette et bedre resultat enn i elvene og bekkene som har utløp til Bunnefjorden i sør og øst. Der har vi i mange av vannforekomstene registrert at nitrogeninnholdet de seneste årene har vært høyere enn de var i perioden 2012 – 2017. I de sørlige og østlige tilløpene finner vi heller ingen reduksjon i fosforinnholdet over tid. I de fleste av dem ser dette ut til å ha tilnærmet uforandret i den undersøkte tidsperioden 2012 – 2020.

En god vannkvalitet i Bunnefjorden er av stor betydning både for plante- og dyrelivet der, og for bruks- og rekreasjonsverdien til fjorden. Vi har i denne undersøkelsen ikke gjort noe forsøk på å beregne hvor stor andel tilførselen av fosfor og nitrogen fra elvene og bekkene som inngår i PURA-overvåkingen utgjør av den totale tilførselen av disse næringsstoffene til Bunnefjorden. Det er imidlertid liten tvil om at de samlet representerer et betydelig bidrag. Når nitrogen vanligvis er det begrensende næringsstoffet for veksten av planteplankton i Bunnefjorden, de registrerte konsentrasjonene av nitrogen gjennomgående ligger langt høyere enn de vi finner i Bunnefjorden (Figur 1-2), og vi i denne undersøkelsen har funnet at disse tilførselsene totalt sett er økende fra elvene og bekkene i PURA-området, tilsier det at det bør iverksettes tiltak for å redusere tilførselen av nitrogen.

I tillegg til forbedrede forhold i Bunnefjorden, vil en lavere belastning av næringsstoffene fosfor og nitrogen også forbedre den økologiske tilstanden i de ulike tilførselsbekkene.

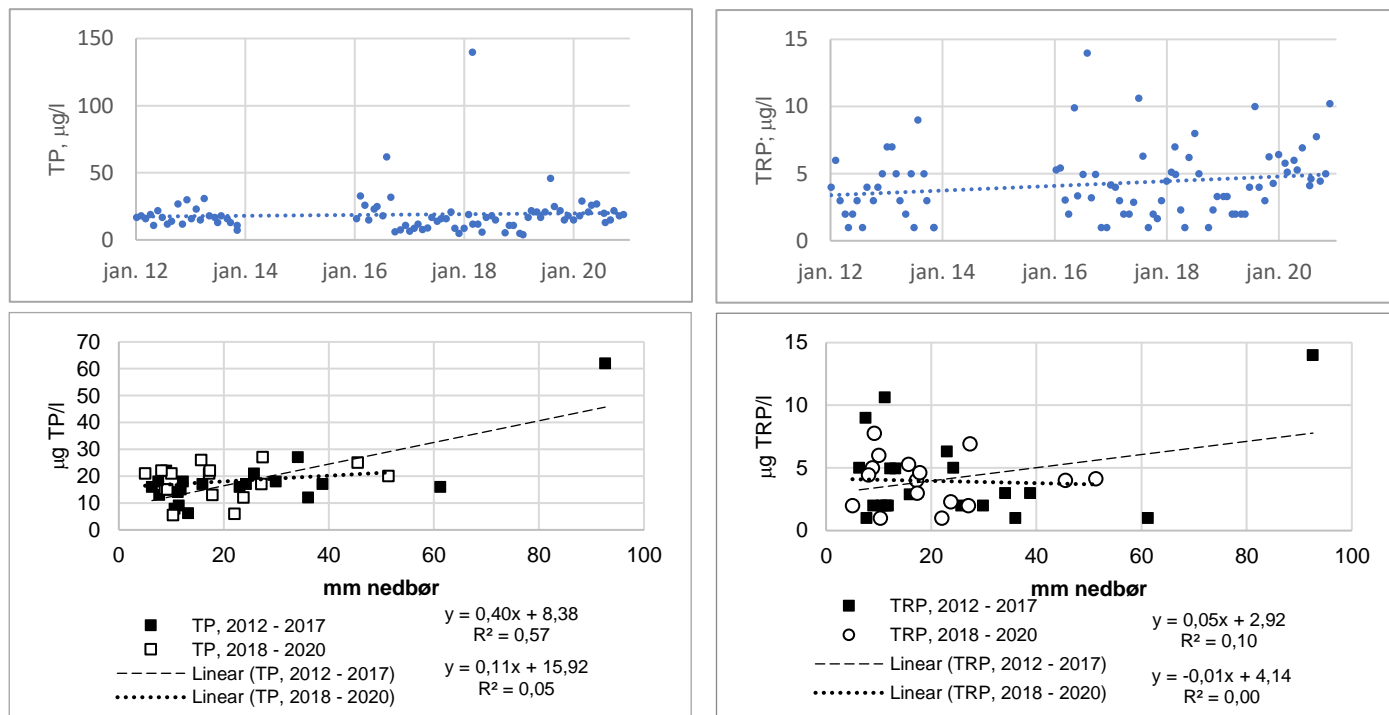
Tabell 4-1. Utvikling av innholdet av fosfor og nitrogen for perioden 2012 – 2020. Oversikten viser elver og bekker innenfor PURA – området som har utløp direkte til Bunnefjorden.

Elv / bekk	Fosfor, vurdering av endring 2012 - 2020	Nitrogen, vurdering av endring 2012 - 2020
Gjersjøelva	Uforandret	Økning
Delebekken	Økning	Uforandret
Bekkenstenbekken	Uforandret	Uforandret
Kjernesbekken	Uforandret	Svak økning
Fålebekken	Uforandret	Svak økning
Kaksrødbekken	Svak økning	Økning
Årungenelva	Uforandret	Uforandret
Bonnbekken	Uforandret	Svak økning
Knardalsbekken	Svak nedgang	Uforandret
Dalsbekken (Frogn)	Økning	Uforandret
Haslebekken	Svak nedgang	Uforandret
Torvetbekken	Nedgang	Uforandret
Skoklefallsbekken	Svak nedgang	Uforandret

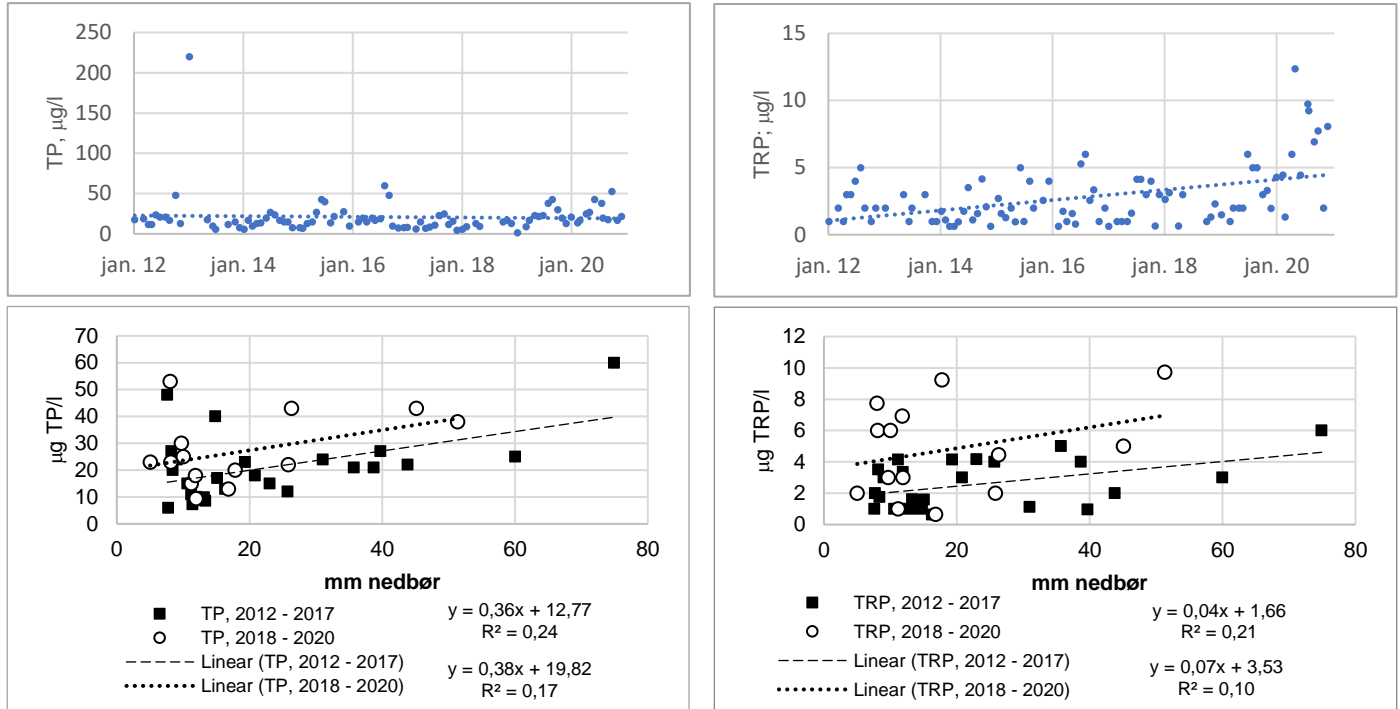
Vedlegg

A Tilløpsbekker fra øst

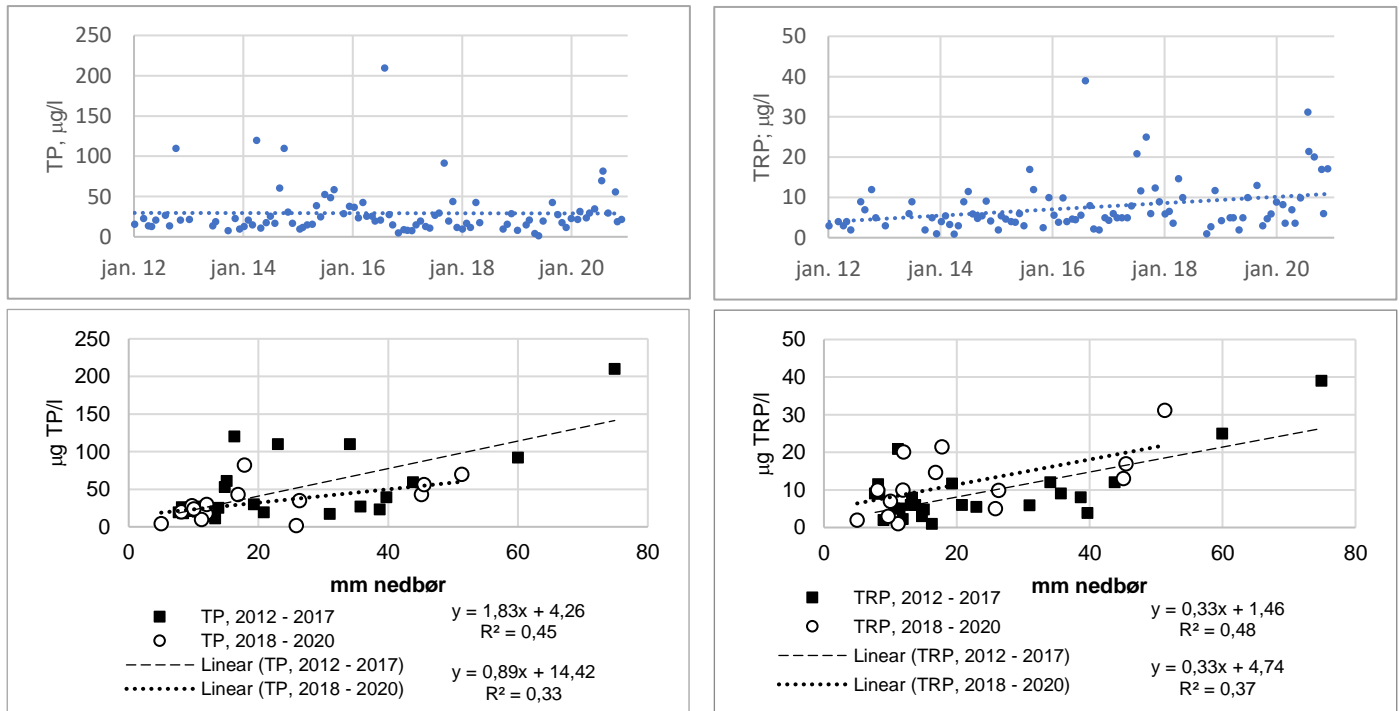
Figurene i dette vedlegget viser samtlige registrerte målinger av totalt fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 i de øvre figurene for hver bekk. I de nedre figurene er disse fosforkonsentrasjonene plottet mot samlet nedbør i en gitt tidsperiode i forkant av prøvetakingen. 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.



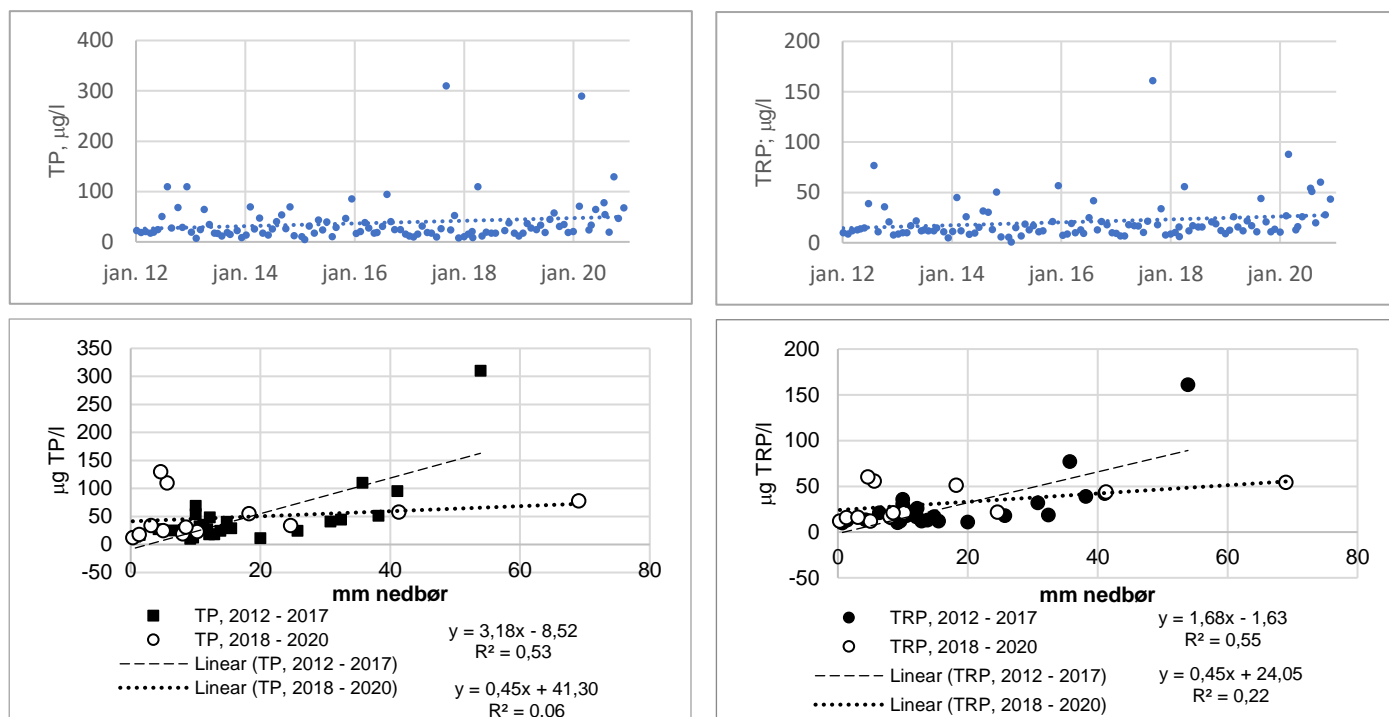
Figur V-A-1. Gjersjøelva. Målt konsentrasjon av total fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 8 dager før prøvetaking (nedre figurer). Data mangler for 2014 og 2015



Figur V-A-2. Delebekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 7 dager før prøvetaking (nedre figurer).



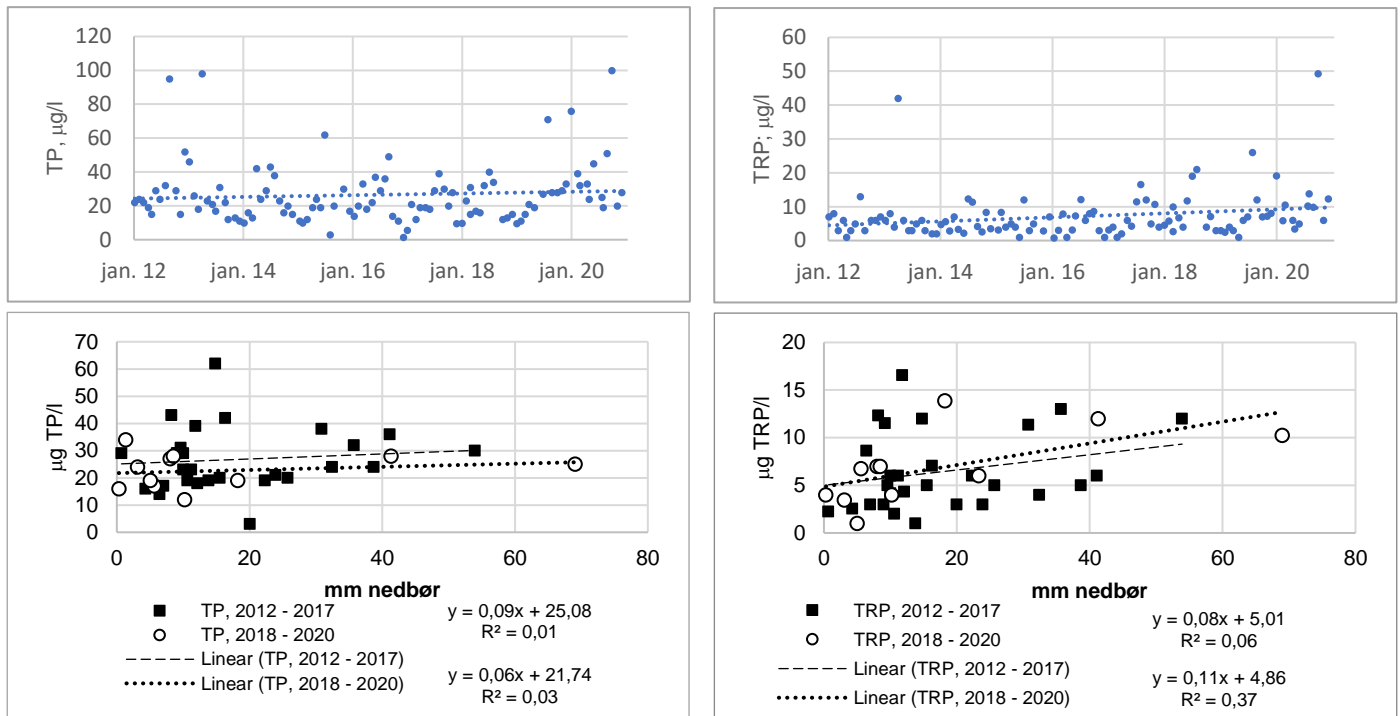
Figur V-A-3. Bekkenstenbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 7 dager før prøvetaking (nedre figurer).



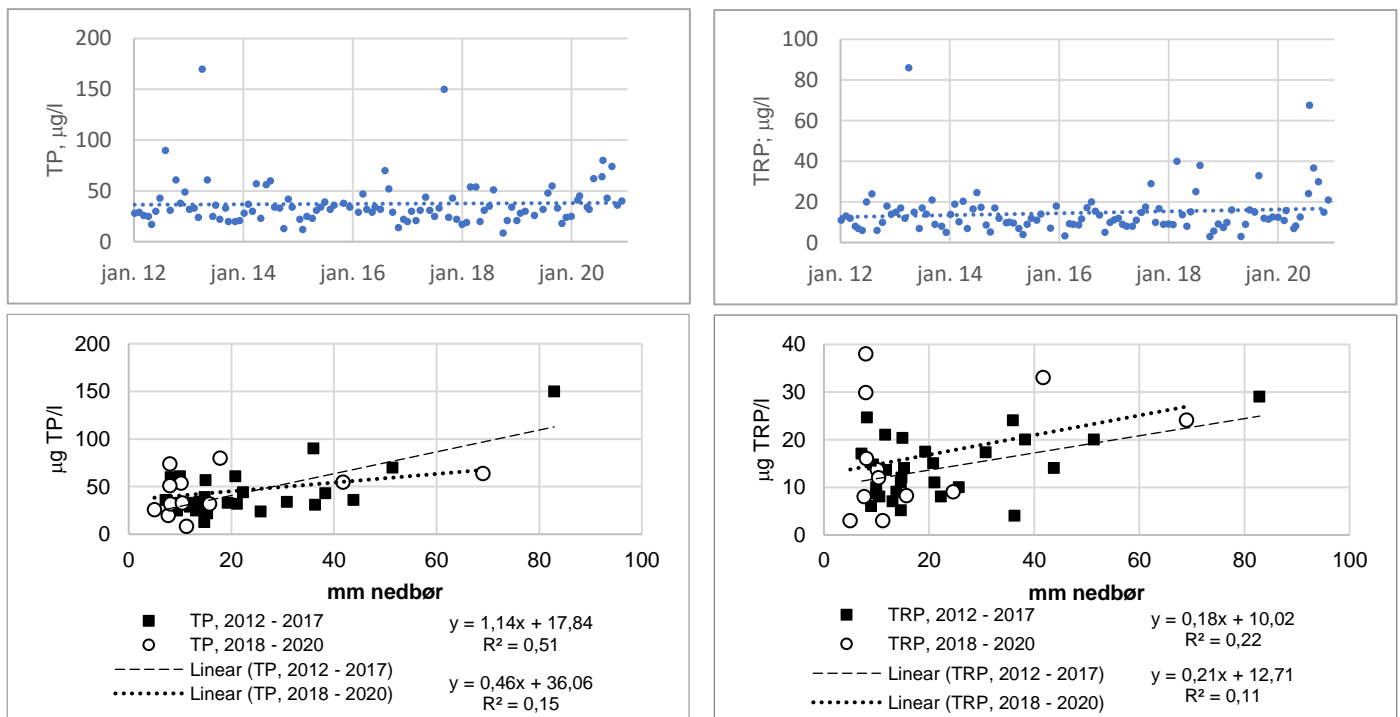
Figur V-A-4. Kjernesbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 6 dager før prøvetaking (nedre figurer).

B Tilløpsbekker fra sør

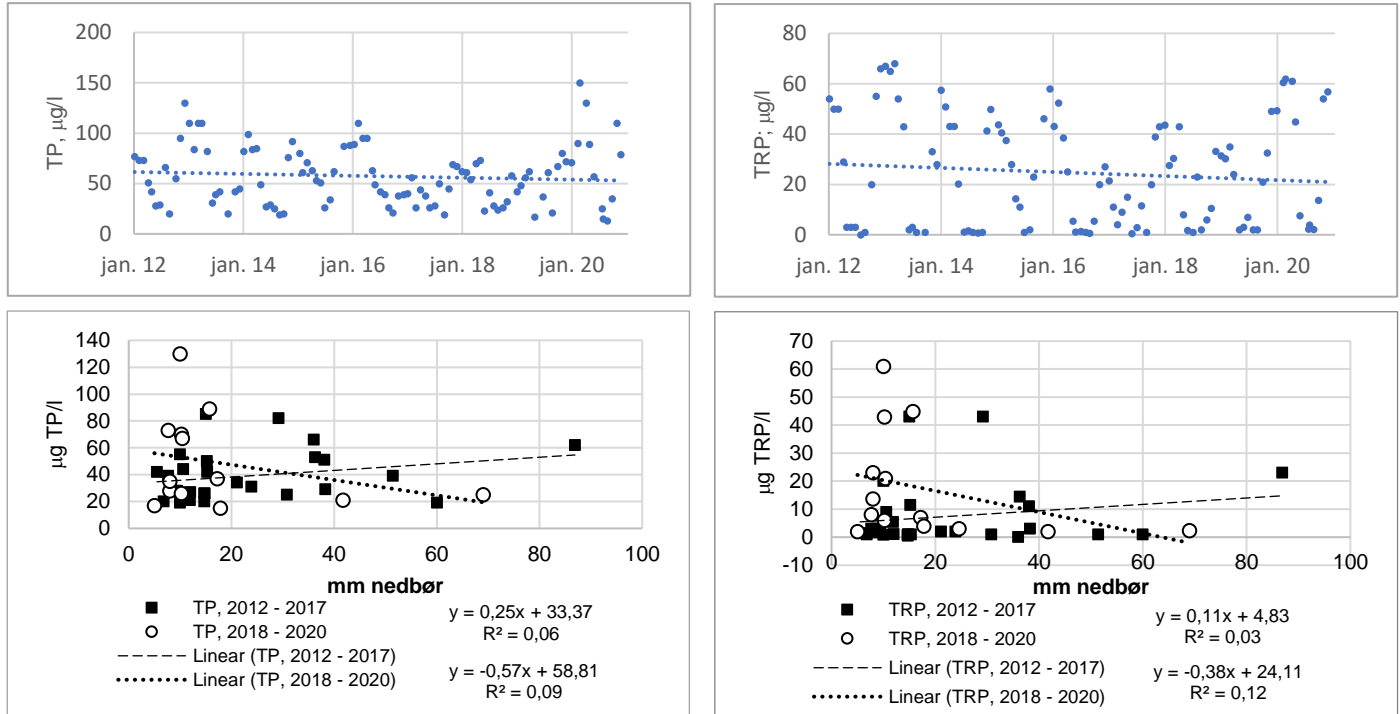
Figurene i dette vedlegget viser samtlige registrerte målinger av totalt fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 i de øvre figurene for hver bekk. I de nedre figurene er disse fosforkonsentrasjonene plottet mot samlet nedbør i en gitt tidsperiode i forkant av prøvetakingen.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



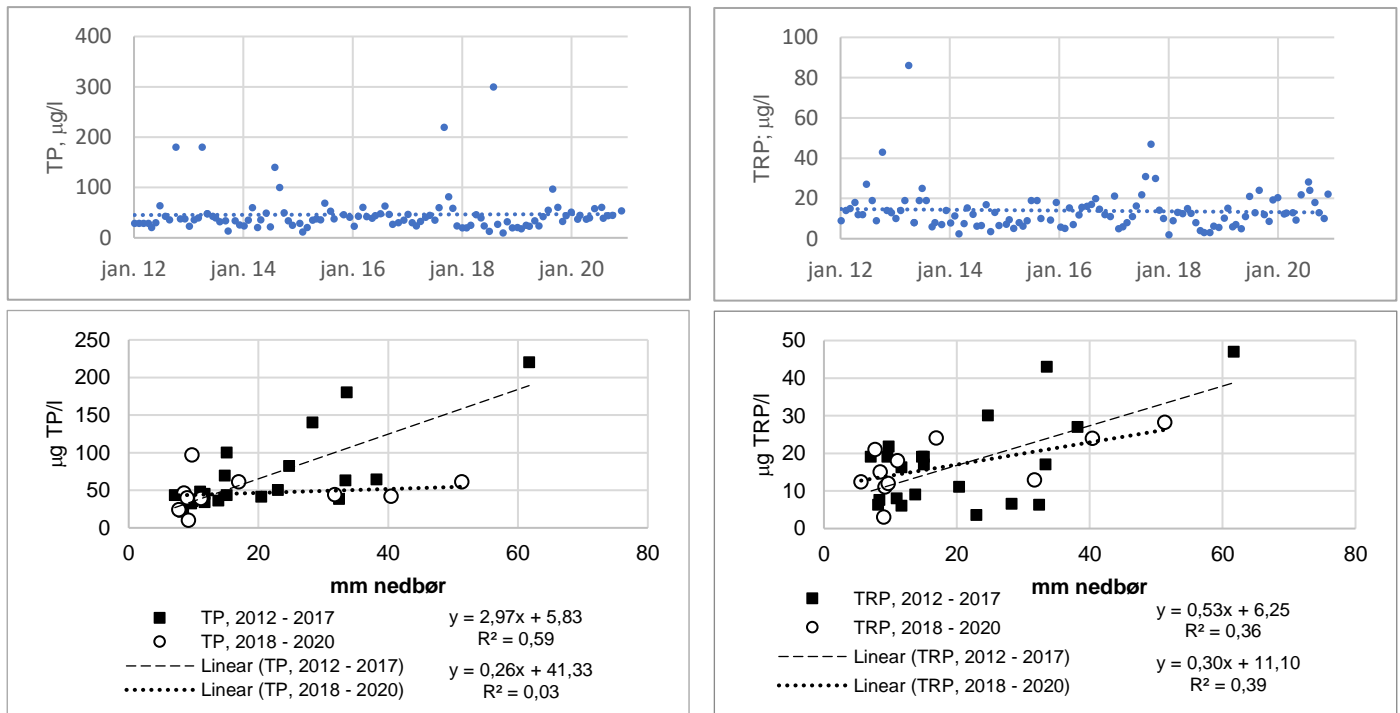
Figur V-B-1. Fålebekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 6 dager før prøvetaking (nedre figurer).



Figur V-B-2. Kaksrubbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 7 dager før prøvetaking (nedre figurer).



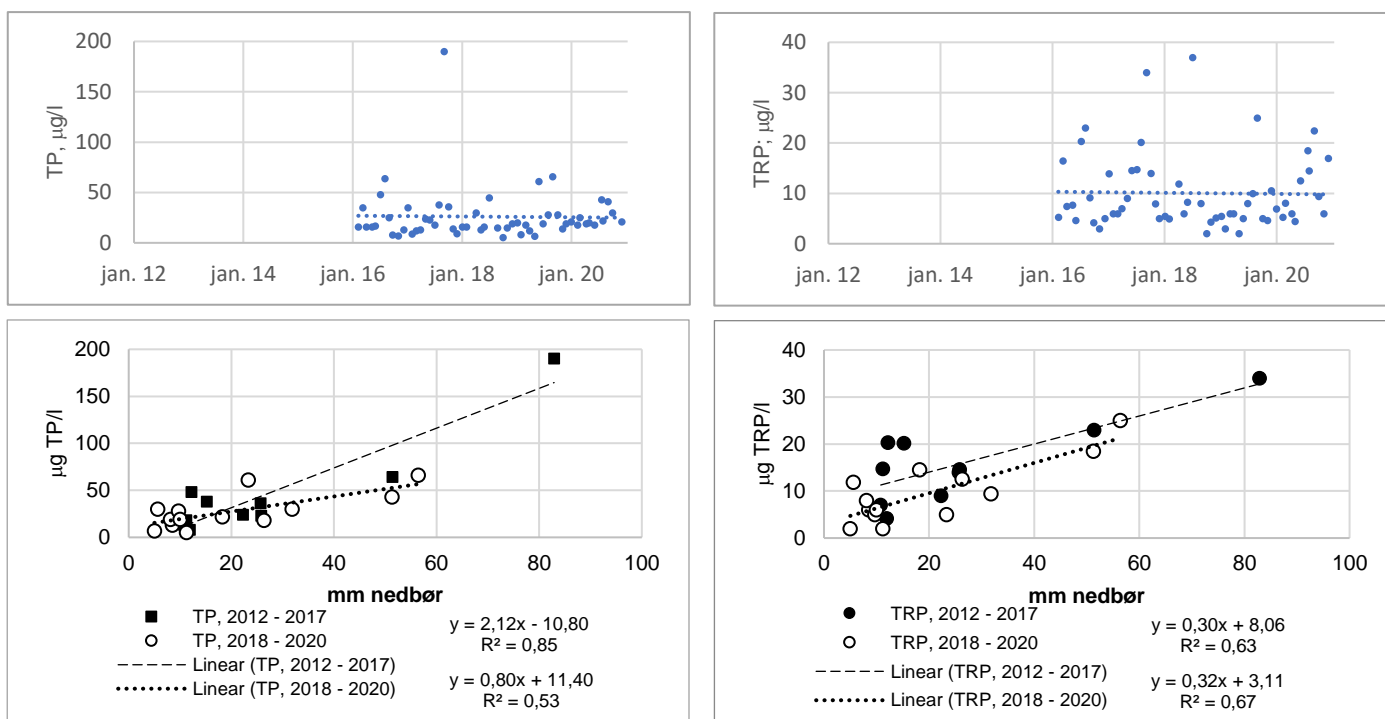
Figur V-B-3. Årungenelva. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 7 dager før prøvetaking (nedre figurer).



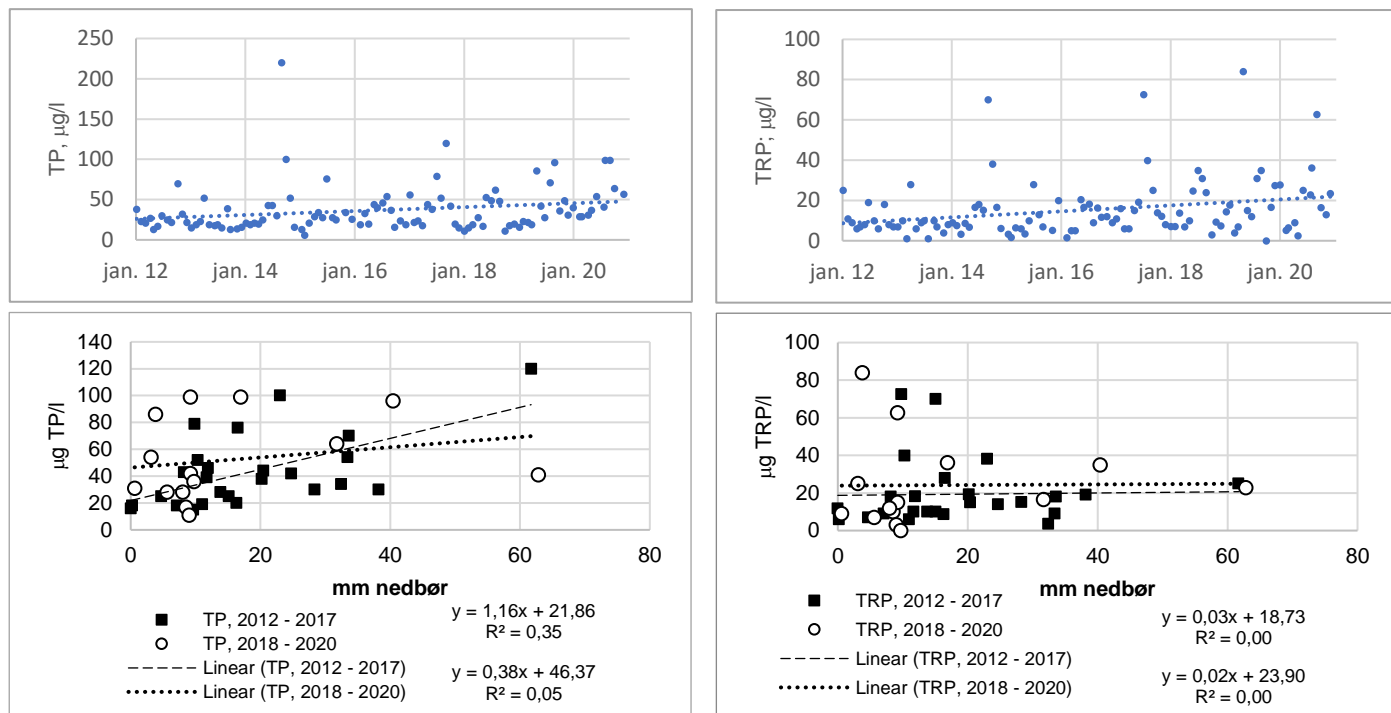
Figur V-B-4. Bonnbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 5 dager før prøvetaking (nedre figurer).

C Tilløpsbekker fra vest

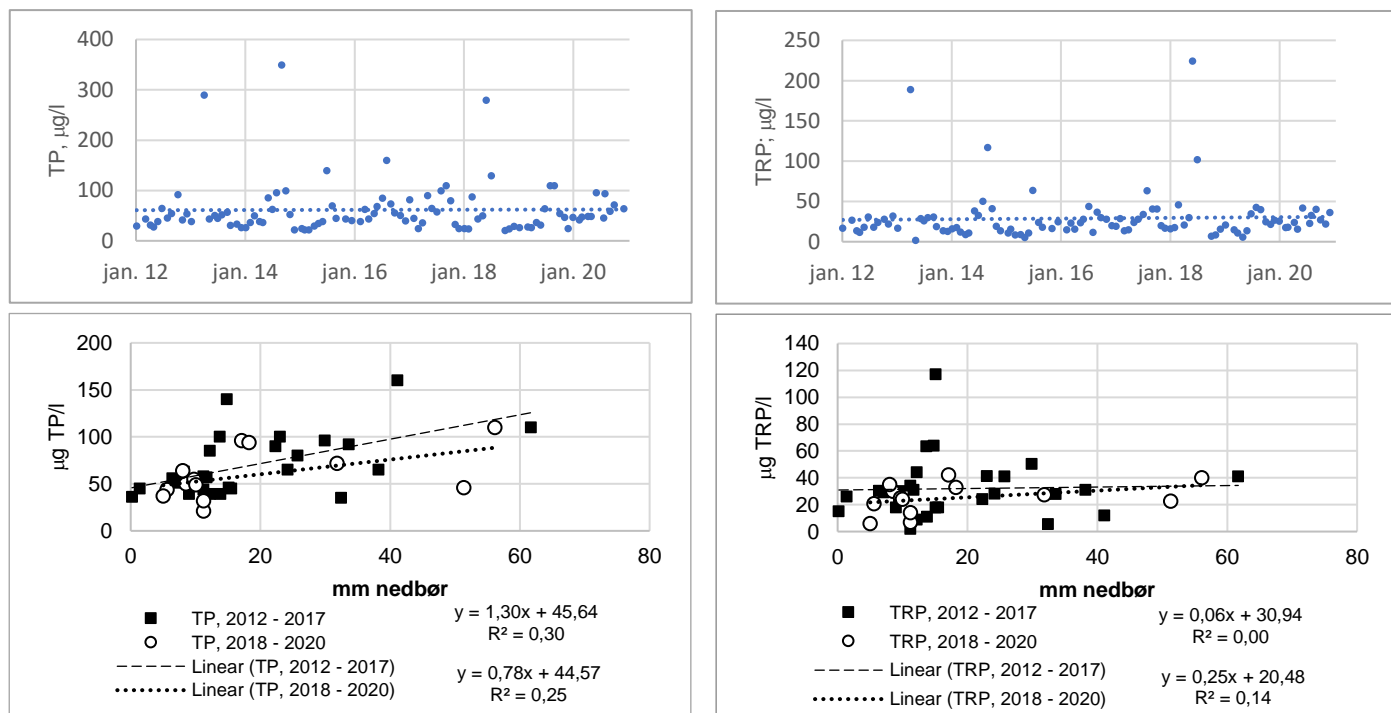
Figurene i dette vedlegget viser samtlige registrerte målinger av totalt fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 i de øvre figurene for hver bekk. I de nedre figurene er disse fosforkonsentrasjonene plottet mot samlet nedbør i en gitt tidsperiode i forkant av prøvetakingen. 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.



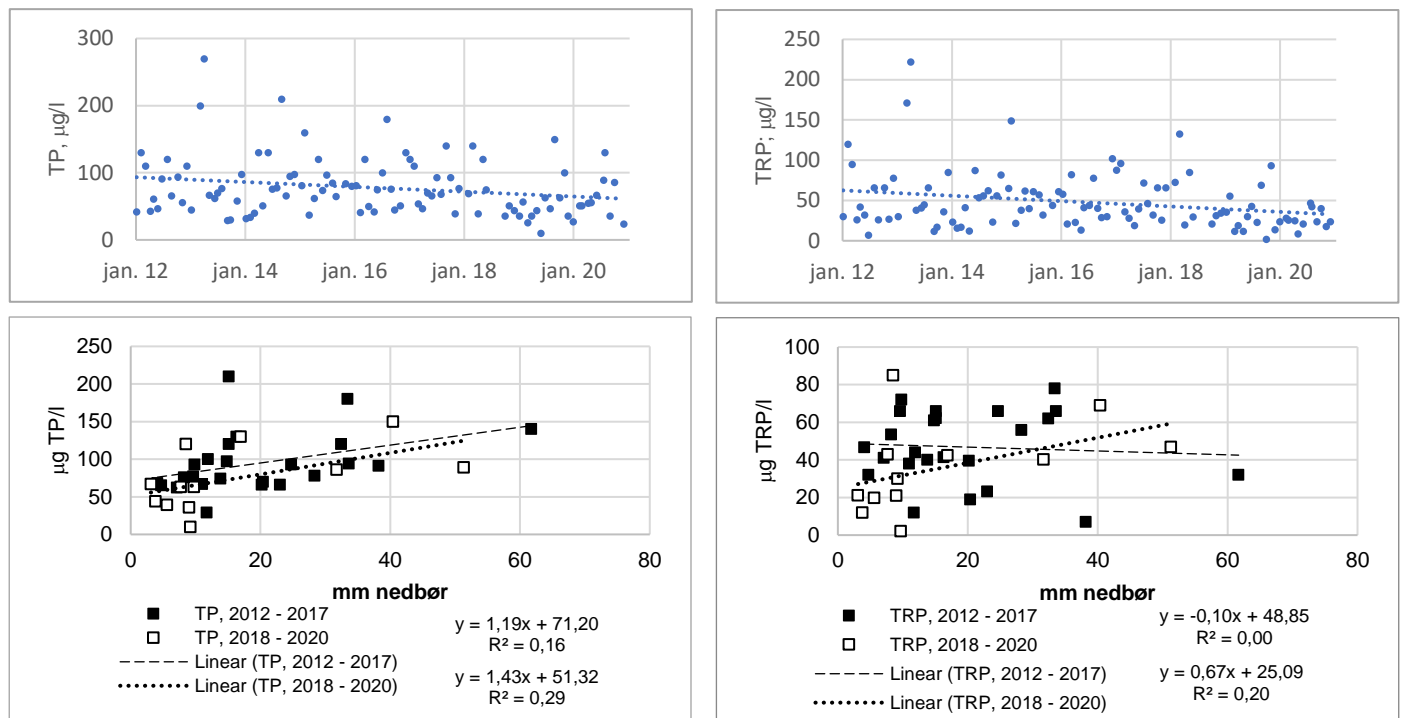
Figur V-C-1. Knardalsbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (TP) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 7 dager før prøvetaking (nedre figurer). Data mangler for perioden 2012 - 2015.



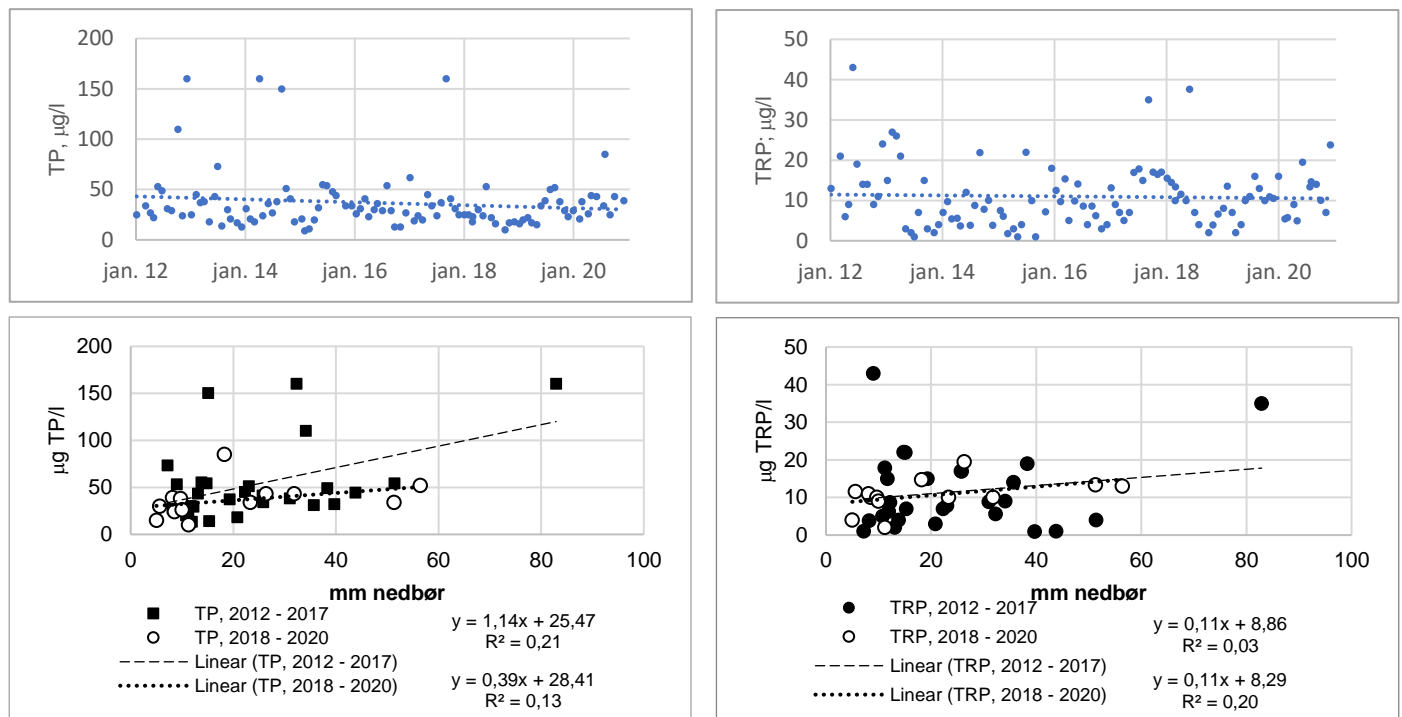
Figur V-C-2. Dalsbekken (Frogn). Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 5 dager før prøvetaking (nedre figurer).



Figur V-C-3. Haslebekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 6 dager før prøvetaking (nedre figurer).



Figur V-C-4. Torvetbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 5 dager før prøvetaking (nedre figurer).



Figur V-C-5. Skolefallsbekken. Målt konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) og totalt reaktivt fosfor (TRP) i perioden 2012 – 2020 (øvre figurer). Fosforkonsentrasjon mot akkumulert nedbør siste 7 dager før prøvetaking (nedre figurer).