

MILJØDIREKTORATET

# BRUK AV SURROGATPARAMETERE FOR VURDERING AV MINIRENSEANLEGGS YTELSE

ADRESSE COWI AS

Kobberslagerstredet 2

Kråkerøy

Postboks 123

1601 Fredrikstad

TLF +47 02694

WWW cowi.no

## INNHold

1	Innledning	2
2	Tidligere undersøkelser	3
3	Korrelasjon turbiditet – fosfor	5
4	Korrelasjon turbiditet – BOF <sub>5</sub>	9
5	Følsomhetsvurderinger	13
5.1	Fosfor	13
5.2	BOF <sub>5</sub>	14
6	Oppsummering, diskusjon og konklusjoner	16
7	Videre arbeid med praktisk bruk av surrogatparametere	18
8	English summary, discussion and conclusions	19
	Referanser	21
	Vedlegg 1	22
	Vedlegg 2	25

UTGIVELSESDATO

21.12.2017

UTARBEIDET

Erik Johannessen

KONTROLLERT

Arild Eikum

GODKJENT

Maria Y. Bislingen

## 1 Innledning

Renseanlegg i spredt bebyggelse har i den gjeldende forskriften krav til prosentvis fjerning av fosfor og organisk stoff målt som henholdsvis tot-P og biokjemisk oksygenforbruk BOF<sub>5</sub>. Som forurensningsmyndighet pålegger det kommunen å føre tilsyn med at forskriftens bestemmelser blir etterlevd. I den forbindelse skal det settes krav ved utslippstillatelser før etablering og det skal gjennomføres tilsyn ved anlegg i drift. Etter hva vi kjenner til er det, med unntak av Østfold og deler av Akershus, relativt lite utbredt å gjennomføre systematisk tilsyn av anlegg i drift.

I Østfold og deler av Akershus gjennomføres tilsyn av Driftsassistansen i Østfold (DaØ) på oppdrag fra medlemskommunene. Dette tilsynet utføres ved at det tas ut vannprøver som sendes inn til et akkreditert laboratorium for analyse av Tot-P og BOF<sub>5</sub>. Resultater i den enkelte kommune rapporteres til kommunal saksbehandler samlet, slik at eventuelle korrigerende tiltak først normalt kan iverksettes 4-12 måneder etter at den fysiske tilsynet har funnet sted. I mellomtiden går flere anlegg ofte med betydelig redusert renseseffekt.

Tidligere FoU virksomhet viser at enkle surrogatparametere kan gi et in-situ svar på anleggets renseseffekt uten å gå veien om uttak av vannprøver og analyser på et akkreditert laboratorium (Johannessen m. fl. 2014a). Kostnadene for tilsyn kan dermed reduseres betydelig og muligheten for å iverksette raske tiltak øker. Disse undersøkelsene viser at det er sterk korrelasjon mellom suspendert stoff og partikulært fosfor. Tilsvarende gode korrelasjoner mellom turbiditet og suspendert stoff er vanlig i avløpsvann. En av hovedkonklusjonene fra denne studien var at ytterligere data var nødvendig for å kunne benytte dette bredt for alle anleggstyper.

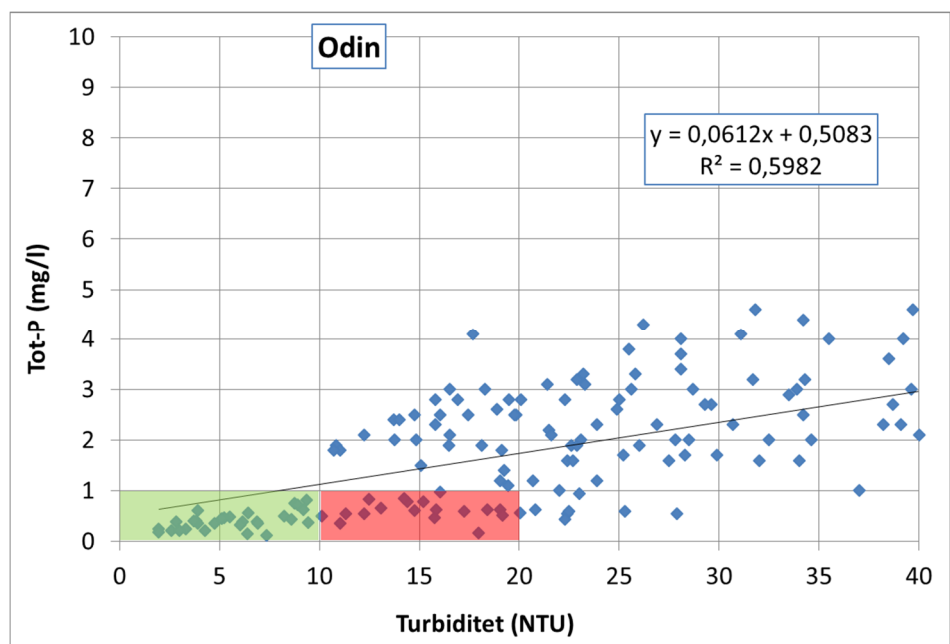
Nødvendige data foreligger gjennom utført tilsyn, men dette må bearbeides slik at det kan anvendes som er verktøy i tilsynssammenheng. Arbeidet utført i denne rapporten vil kunne gi et verktøy til effektiv evaluering av alle typer anlegg, og vil dermed kunne erstatte betydelige analysekostnader som ellers kunne vært benyttet på hyppigere tilsyn eller økt ressursbruk på avviksbehandling på problemanlegg.

Et utvidet datagrunnlag vil også fungere som et bedre beslutningsgrunnlag for Miljødirektoratet i sitt arbeid med å endre den nasjonale forskriften, dersom man i denne sammenheng ser det som formålstjenlig å fokusere mer på driftsparametere / enkle parametere, sammenlignet med få prøver og analyser av Tot-P og BOF<sub>5</sub>.

Gjennom tilsynet utført av Driftsassistansen i Østfold (DaØ) foreligger det data fra over 2000 anleggsbesøk i perioden 2012 - 2017, hvor det utover analyser av BOF<sub>5</sub> og Tot-P, også foreligger målinger av turbiditet, pH og vanntemperatur. Analyser for BOF<sub>5</sub> og Tot-P er utført ved akkreditert laboratorium (ALS avd. ØMM-Lab), og turbiditet er målt in-situ med instrument av typen Eutech Instruments TN-100. I denne rapporten er disse målingene evaluert for å se om turbiditet kan fungere som surrogatparameter for evaluering av minirensesanleggenes ytelse, som erstatning for laboratorieanalyser av kravparameterne BOF<sub>5</sub> og Tot-P.

## 2 Tidligere undersøkelser

Det er tidligere vurdert korrelasjoner mellom turbiditet og SS, samt turbiditet og fosfor/BOF<sub>5</sub> (Johannessen m.fl. 2014). Datautvalget den gang var imidlertid for begrenset, og studien omfattet kun 2 anleggstyper. Korrelasjoner ble funnet, og en følsomhetsvurdering viste at ved turbiditet et sted i mellom 10 og 20 NTU så var det stor sannsynlighet for at både Tot-P og BOF<sub>5</sub> var innenfor renskrav definert som <1,0 mg Tot-P/l og <25 mg BOF<sub>5</sub>/l. Et eksempel er vist i figur 1 nedenfor hvor korrelasjonen mellom Tot-P og turbiditet for anleggstypen Odin er vist.



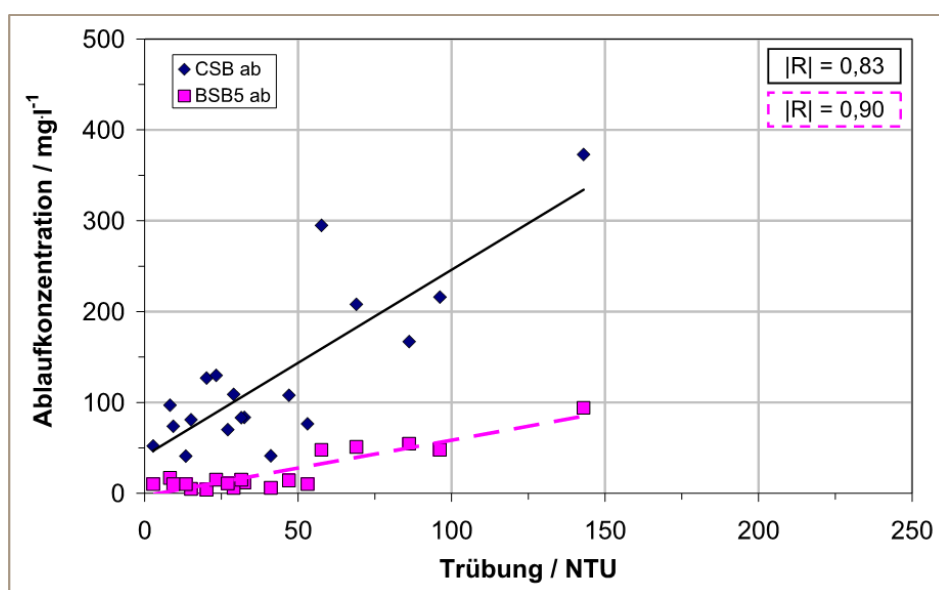
Figur 1. Korrelasjon mellom Tot-P og BOF<sub>5</sub> for Odin-anlegg i tidligere undersøkelse (Johannessen m.fl. 2014).

Nevnte følsomhetsvurdering er oppsummert i tabell 1 nedenfor, basert på følgende grunnlag: Grenser for når turbiditet opptrer samtidig med utløpskonsentrasjoner som er lavere enn utslippskonsentrasjonene antyder at det er mulig å sette en tilsvarende grense for turbiditet, hvor man kan forvente at utløpsvannet har "godkjent" konsentrasjon for Tot-P og BOF<sub>5</sub>. Dette varierer imidlertid noe med anleggstype og hvilken parameter som undersøkes. I tabellen vises resultatene som prosentvis andel av prøvene som hadde samtidig lavere verdi en angitt turbiditet og utslippsgrensene, representert ved 1,0 mg Tot-P/l og 25 mg BOF<sub>5</sub>/l. En akseptabel feilmargin i denne sammenhengen ble definert som der hvor ca. 90 % av prøvene var under utslippsgrensen. Videre definerte man det slik at dersom 80 – 90 % av prøvene var under utslippsgrensene, var det noe usikkert om feilmarginen kunne aksepteres. Til slutt; dersom < 80 % av prøvene var under utslippsgrensen burde feilmarginen vurderes som uakseptabel. Denne tilnærmingen vises i tabell 1 nedenfor hvor 90 % eller høyere er farget med grønt, 80 – 90 % er oransje og < 80 % er rødt.

Tabell 1. Prosentvis andel av prøvene som hadde lavere konsentrasjon enn utslippsgrensene og samtidig lavere målinger enn angitt turbiditet, med feilmarginstolkning (Johannessen m. fl. 2014).

NTU	% under 1,0 mg Tot-P/l			% under 25 mg BOF <sub>5</sub> /l		
	Biovac	Odin	Alle	Biovac	Odin	Alle
10	95,5	100	96,4	100	93,1	97,9
15	92	80,9	88,4	100	83,0	95,4
20	91	61,8	80,5	100	80,3	92,9

En studie i Tyskland har også vurdert surrogatparameteren turbiditet som erstatning for måling av de organiske parameterne KOF og BOF<sub>5</sub> ved minirenseanlegg (Straub 2008). Et eksempel på korrelasjon mellom turbiditet og utløpskonsentrasjoner for KOF (CSB) og BOF<sub>5</sub> (BSB<sub>5</sub>) er vist i figur 2.

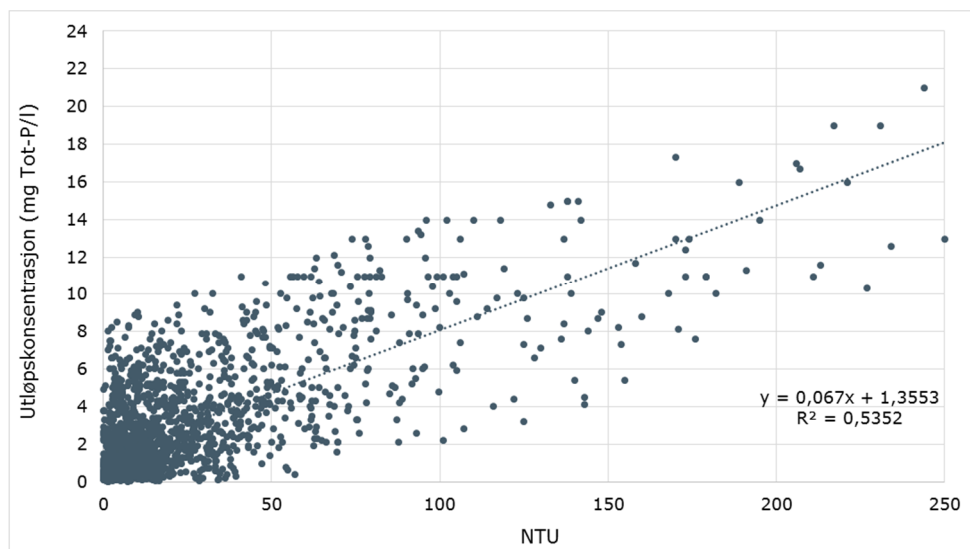


Figur 2. Korrelasjon mellom turbiditet (Trübung/NTU) og utløpskonsentrasjoner (Ablaufkonzentration) for KOF (CSB) og BOF<sub>5</sub> (BSB<sub>5</sub>) for et SBR anlegg i en tysk studie (Straub 2008).

Straub (2008) fant ut at turbiditet kan fungere som en veiledende surrogatparameter hvor en verdi på <22 NTU (og 10 % feilmargin) tilsvarte akseptable utløpskonsentrasjoner iht. tyske krav (150 mg KOF/l og 40 mg BOF<sub>5</sub>/l). Variasjonen var stor, og en direkte omregning til parameterne kunne ikke etableres. Korrelasjonen mellom turbiditet og de organiske parameterne var bedre for SBR (aktivslam) anlegg enn for anlegg basert på biofilm.

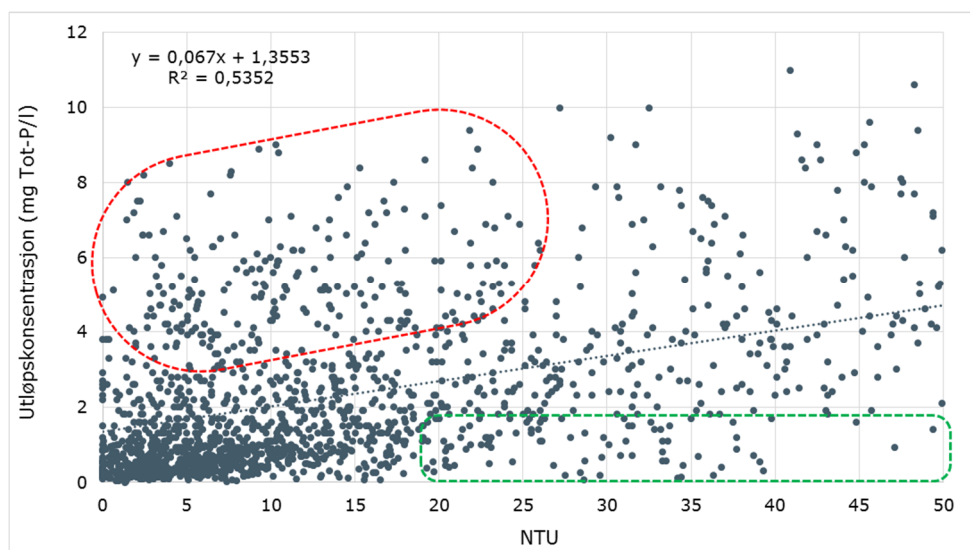
### 3 Korrelasjon turbiditet – fosfor

I figur 3 nedenfor vises korrelasjon mellom turbiditet og totalfosfor (Tot-P) for alle anleggsbesøk i datagrunnlaget (n=1848). Det originale datasettet (n=2233) er korrigert for åpenbare måle-/dataloggingsfeil, observerte feil i rensenanlegget, samt at alle verdier større/mindre enn 2 standardavvik utenfor trendlinjen er fjernet.



Figur 3. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for Tot-P (mg/l) og turbiditet (NTU) for alle anleggsbesøk.

Figuren overfor viser tydelig at ved turbiditetsverdier over 50 NTU er utløpskonsentrasjonen høyere enn akseptabel utslippskonsentrasjon. For å få et nærmere inntrykk av hvordan denne trenden er for lavere verdier er det i figur 4 "zoomet" inn slik at kun data hvor turbiditet er lavere enn 50 NTU vises.



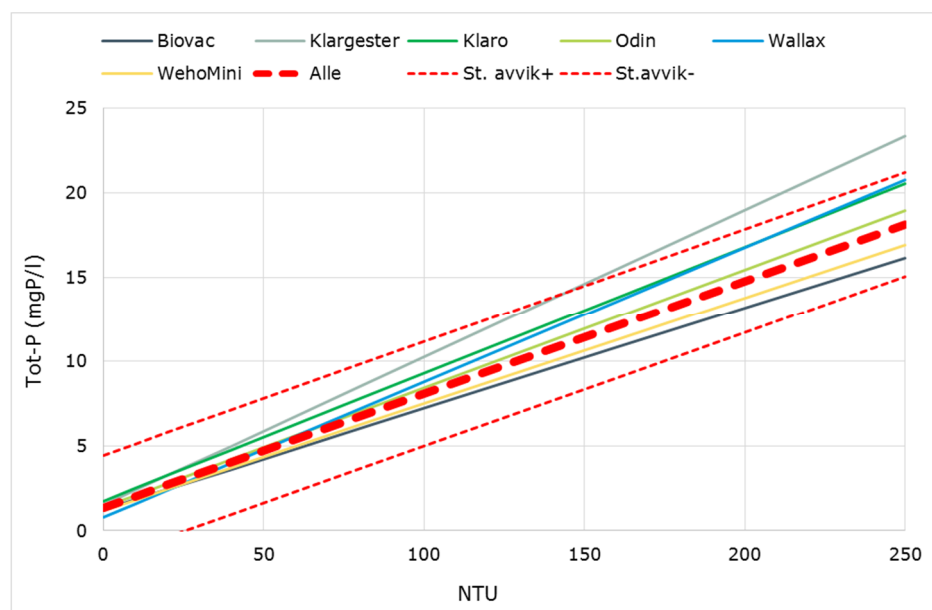
Figur 4. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for Tot-P (mg/l) og turbiditet (NTU) for alle anleggsbesøk, for data med turbiditetsverdier < 50 NTU.

Figuren viser at det er flest datapunkter (størst konsentrasjon av "prikker") under  $\sim 15$  -20 NTU og under  $\sim 1,5$  - 2,0 mg Tot-P/l. Dette antyder at ved lave turbiditetsverdier vil også Tot-P for det meste være lav. Dette ser vi nærmere på ved en følsomhetsvurdering i kap. 5.

På figuren er det også markert et område (rød stiplet linje) som har lav turbiditet, samtidig med relativt høye utløpskonsentrasjoner for Tot-P. Dette antyder at man ved lav turbiditet også i mange tilfeller vil kunne ha betydelige fosforkonsentrasjoner. En slik situasjon kan oppstå, dersom man har god slamseparasjon, men at det kjemiske rensetrinnet ikke fungerer optimalt, f.eks. ved at det ikke doseres tilstrekkelig med fellingskjemikalier. I slike tilfeller kan det forventes at fosfor for det meste foreligger i løst form.

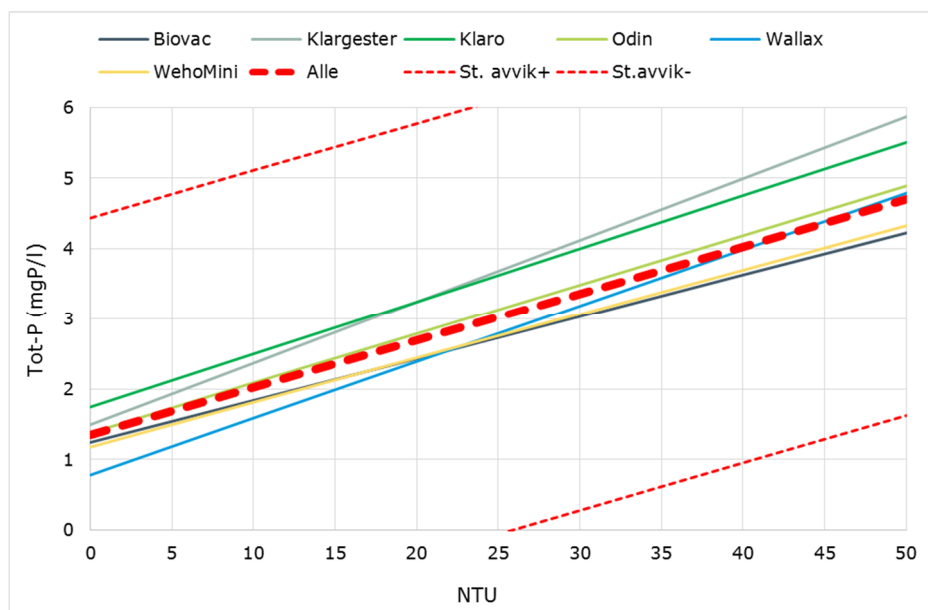
Den grønne stiplede linjen markerer et område hvor man har lave fosforkonsentrasjoner, samtidig med relativt høye turbiditetsverdier. Slike situasjoner kan oppstå dersom den kjemiske fellingen fungerer greit, men man har problemer med slamseparasjon. I slike tilfeller vil fosfor for det meste foreligger i partikulær form.

Tilsvarende diagrammer som i figur 3, for den enkelte anleggstypen, er vist i vedlegg 1. Noen anleggstyper som også finnes i markedet er ikke vist, da det foreligger for få data. Som det kommer frem av diagrammene i vedlegg 1 er det noe variasjon mellom anleggstypene, men de følger i hovedsak det samme mønsteret. Datasettene for den enkelte anleggstypen er også korrigert, som beskrevet for den komplette datamengden ovenfor. Regresjonslikningene for alle korrelasjoner i vedlegg 1 er modellert og vist i figur 5 og figur 6 nedenfor.



Figur 5. Modeller av regresjonslikninger for korrelasjon mellom Tot-P og turbiditet for de enkelte anleggstypene, samt for hele datasettet ("Alle").

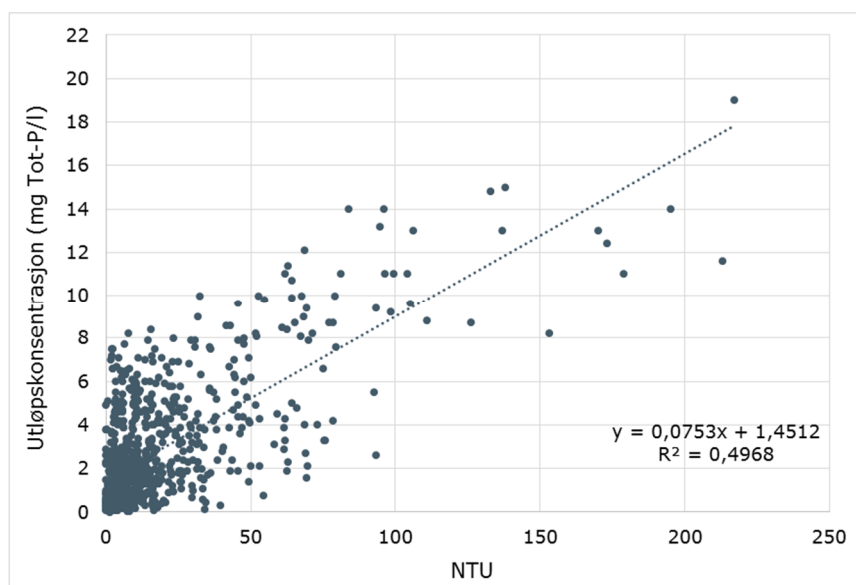
I figur 5 er regresjonslinjen for alle typer rensesanlegg vist med fet rød stiplet linje, mens de tynne røde stiplede linjene viser standardavviket for alle anlegg. Dersom vi fokuserer på området opp til 50 NTU, får vi kurver som vist i figur 6 nedenfor.



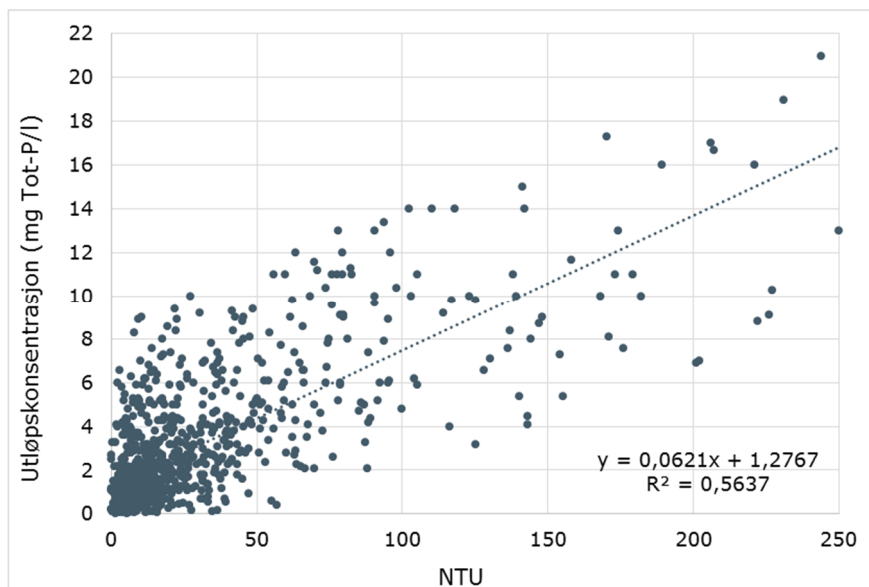
Figur 6. Modeller av regresjonslikninger for korrelasjon mellom Tot-P og turbiditet for de enkelte anleggstypene, samt for hele datasettet ("Alle"), for turbiditet < 50 NTU.

Figur 5 og 6 viser tydelig at de fleste regresjonslinjene følger stort sett samme mønster, men med noe ulike stigningsgrader og startpunkt. Når turbiditet er lavere enn 50 NTU er alle kurver for den enkelte anleggstypen godt innenfor standardavviket til modellen for alle anlegg. Dette indikerer at det ikke vil være stor forskjell på om man benytter en "felles" korrelasjon for alle anleggstyper samlet, eller separate korrelasjoner for hver anleggstype.

Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjonen for Tot-P og turbiditet, fordelt på biofilm-anlegg og aktivslam-anlegg er vist i henholdsvis figur 7 og 8 nedenfor.



Figur 7. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for Tot-P (mg/l) og turbiditet (NTU) for alle biofilm-anlegg.



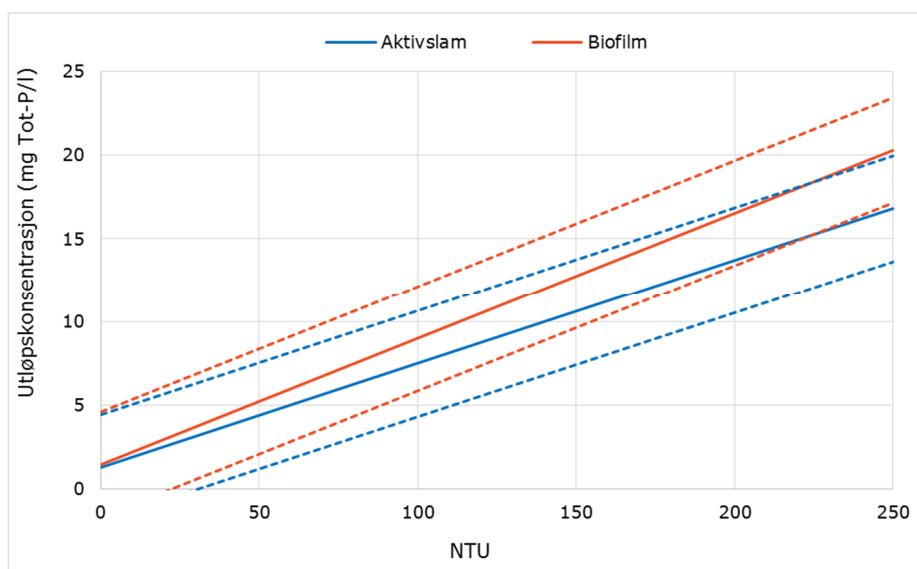
Figur 8. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for Tot-P (mg/l) og turbiditet (NTU) for alle aktivslam-anlegg.

Figurene ovenfor viser at det er noe bedre korrelasjon for aktivslam anleggene ( $R^2 = 0,5637$ ) enn det er for biofilm-anleggene ( $R^2 = 0,4968$ ). Vi har imidlertid ikke grunnlag for å vurdere hvorfor det er slik. Ellers ser man at regresjonsmodellene er svært like:

$$\text{Tot-P (mg/l)}_{\text{biofilm}} = (0,0753 \cdot \text{NTU}) + 1,4512$$

$$\text{Tot-P (mg/l)}_{\text{aktivslam}} = (0,0621 \cdot \text{NTU}) + 1,2767$$

Dette gir såpass like regresjonslinjer (figur 9), at det ikke er grunnlag for å si at det er statistisk forskjell på dem. Som figuren viser er begge regresjonslinjer (heltrukne) godt innenfor hverandres standardavvik (stiplede linjer) helt opp til ca. 150 - 200 NTU.

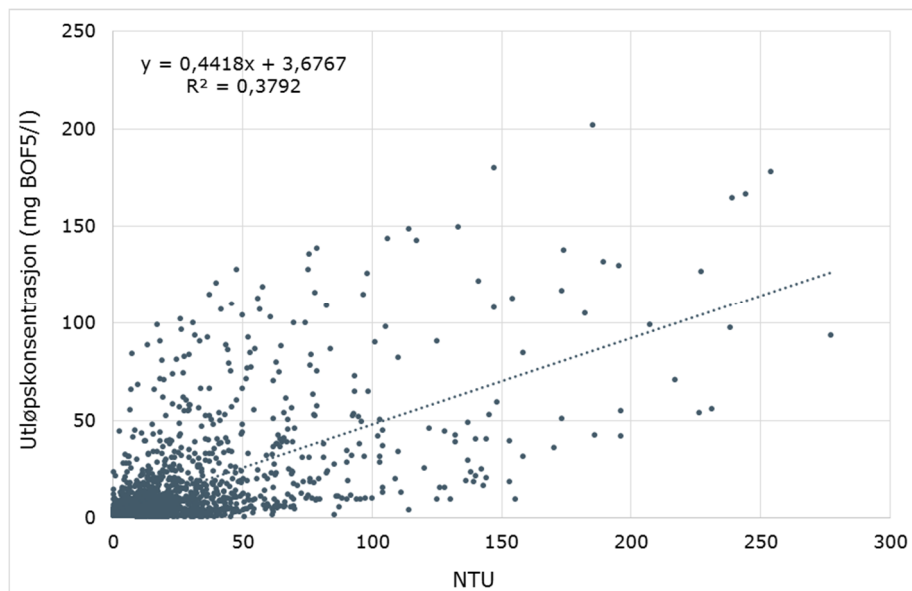


Figur 9. Regresjonslinjer for korrelasjon mellom turbiditet (NTU) og fosfor (Tot-P) oppdelt iht. aktivslam- og biofilmanlegg.



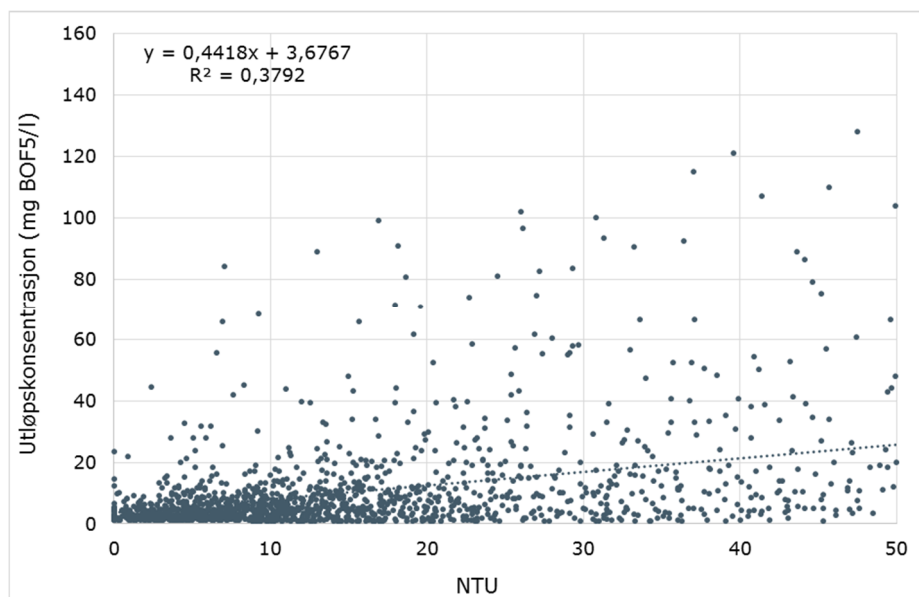
## 4 Korrelasjon turbiditet – BOF<sub>5</sub>

I figur 9 nedenfor vises korrelasjon mellom turbiditet og BOF<sub>5</sub> for alle anleggsbesøk i datagrunnlaget (n=1984). Det originale datasettet (n=2233) er korrigert for åpenbare måle-/dataloggingsfeil, observerte feil i rensesanlegget, samt at alle verdier større/mindre enn 2 standardavvik utenfor trendlinjen er fjernet.



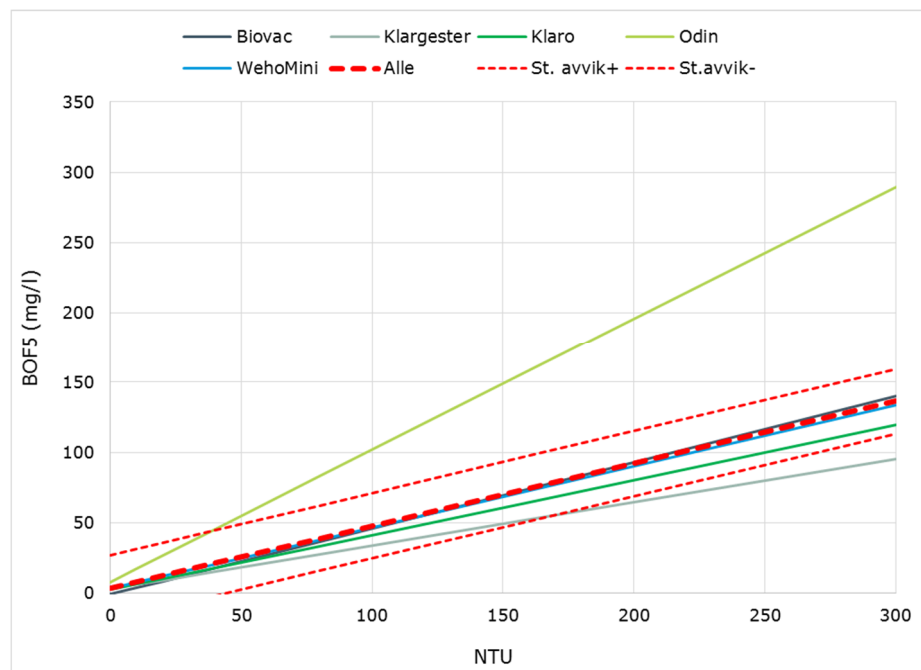
Figur 10. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for BOF<sub>5</sub> (mg/l) og turbiditet (NTU) for alle anleggsbesøk.

Også denne korrelasjonen er vist for lavere verdier, hvor det i figur 4 er "zoomet" inn slik at kun data hvor turbiditet er lavere enn 50 NTU vises.

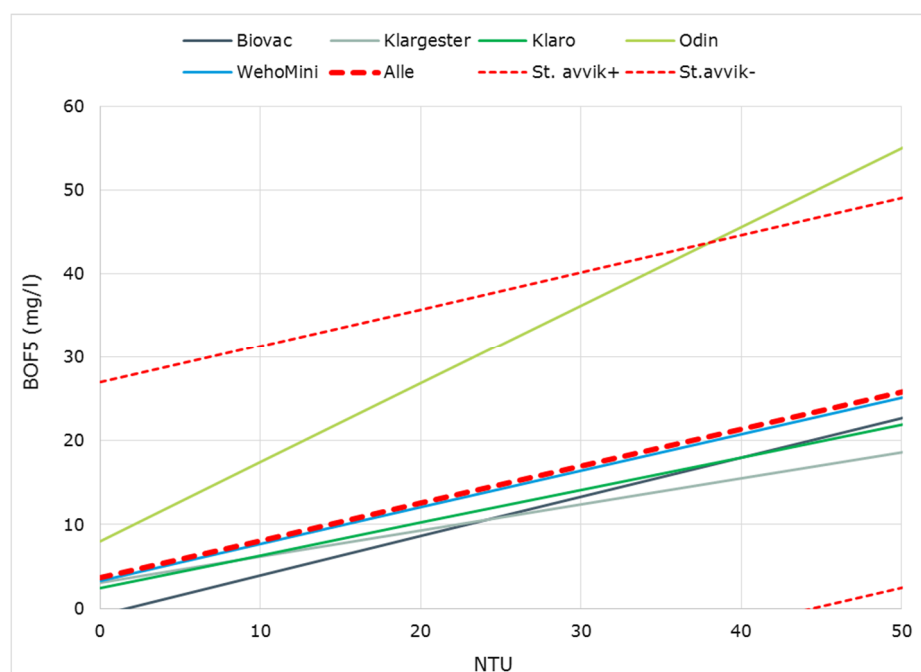


Figur 11. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for BOF<sub>5</sub> (mg/l) og turbiditet (NTU) for alle anleggsbesøk, for data med turbiditetsverdier < 50 NTU.

Figuren viser at det er flest datapunkter (størst konsentrasjon av "prikker") under  $\sim 15$  -20 NTU og under  $\sim 10$  mg BOF<sub>5</sub>/l. Dette antyder at ved lave turbiditetsverdier vil også BOF<sub>5</sub> for det meste være lav. Dette ser vi nærmere på ved en følsomhetsvurdering i kap. 5.



Figur 12. Modeller for regresjonslikninger for korrelasjon mellom BOD<sub>5</sub> og turbiditet for de enkelte anleggstypene, samt for hele datasettet ("Alle").

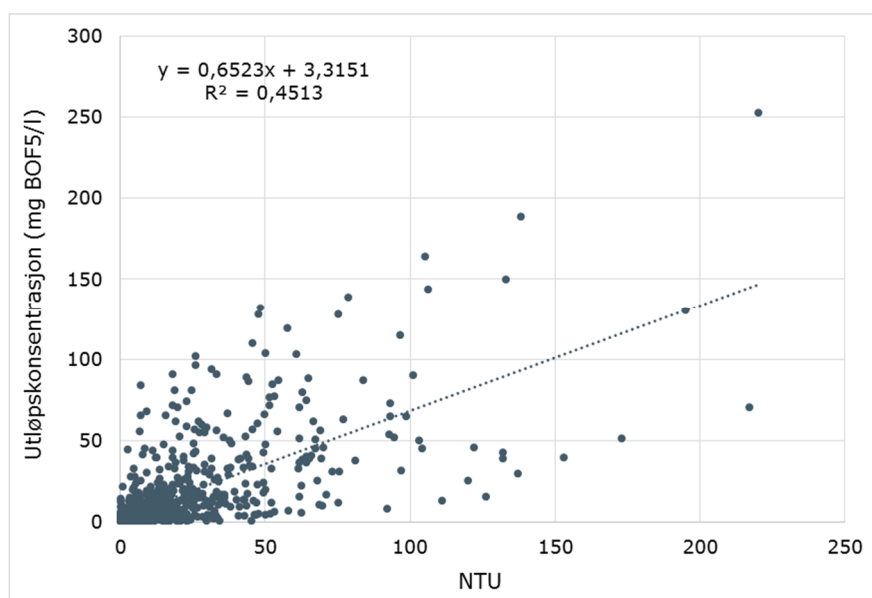


Figur 13. Modeller for regresjonslikninger for korrelasjon mellom BOD<sub>5</sub> og turbiditet for de enkelte anleggstypene, samt for hele datasettet ("Alle"), for turbiditet <50NTU.

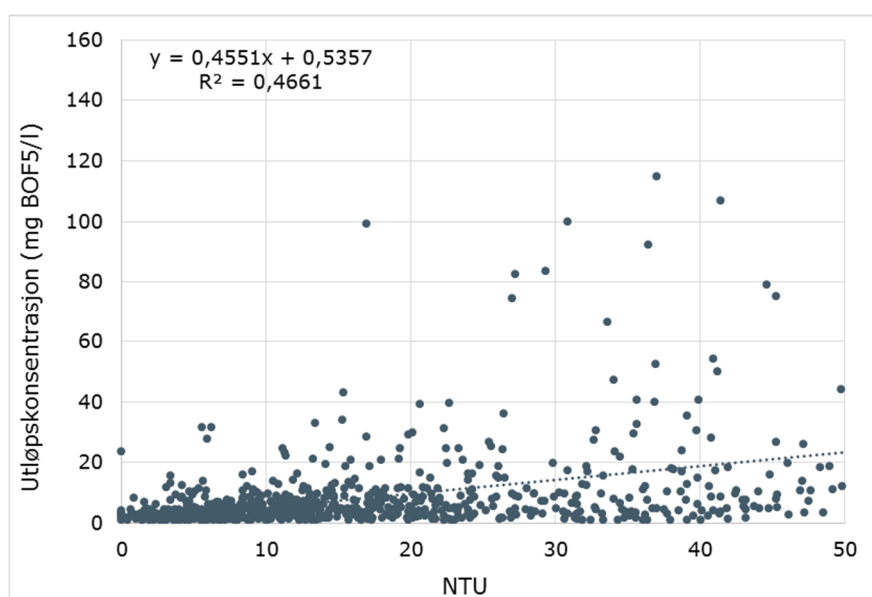
Som for fosfor er regresjonslinjen for alle anlegg svært sammenfallende med regresjonslinjene for det enkelte anlegg og godt innenfor standardavviket for

alle anlegg opp til ca. 150 NTU, med unntak av Odin. Ser man på datasettene i vedlegg 2, ser man også der at Odin anleggene avviker fra de øvrige, hvor man har lave turbiditetsverdier, samtidig med høye BOF<sub>5</sub> verdier. Dette indikerer at det for Odin i mange av tilfellene var sannsynligvis utfordringer knyttet til det biologiske rensetrinnet, med høyere andel av løst organisk stoff i utløpsvannet. Dette samsvarer med tidligere undersøkelser (Johannessen m.fl. 2008, Johannessen m.fl. 2014). Uavhengig av dette ser man i figur 13 at også Odin er innenfor standardavviket til regresjonslinjen for alle anlegg opp til ca. 40 NTU.

Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjonen for BOF<sub>5</sub> og turbiditet, fordelt på biofilm-anlegg og aktivslam-anlegg er vist i henholdsvis figur 14 og 15 nedenfor.



Figur 14. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for BOF<sub>5</sub> (mg/l) og turbiditet (NTU) for alle biofilm-anlegg.



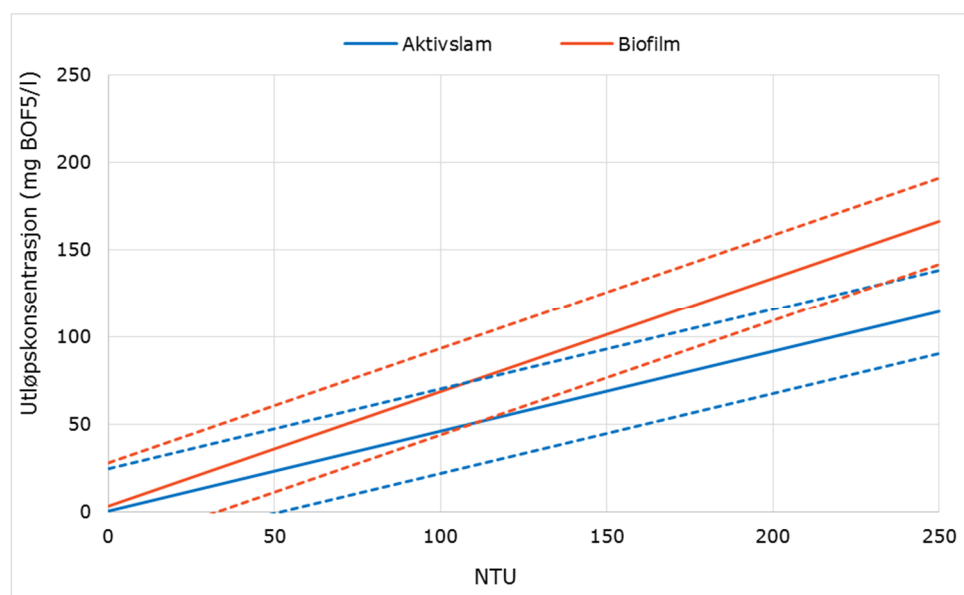
Figur 15. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for BOF<sub>5</sub> (mg/l) og turbiditet (NTU) for alle aktivslam-anlegg.

For  $BOF_5$  er korrelasjonen med NTU også noe høyere for aktivslam-anlegg enn biofilm-anlegg, med regresjonskoeffisienter på henholdsvis  $R^2 \sim 0,47$  og  $R^2 \sim 0,45$ . Dette er i samsvar med tidligere omtalte studie utført i Tyskland (Straub 2008). Her kan dette skyldes at det avvikende mønsteret i Odin anleggene, sammenlignet med alle andre anlegg, gir utslag i dårligere korrelasjon totalt for biofilmanleggene. Regresjonsmodellene er noe mer ulike enn hva tilfellet er for Tot-P:

$$BOF_5 \text{ (mg/l)}_{\text{biofilm}} = (0,6523 \cdot NTU) + 3,3151$$

$$BOF_5 \text{ (mg/l)}_{\text{aktivslam}} = (0,4551 \cdot NTU) + 0,5357$$

Regresjonslinjene er vist i figur 16. Som figuren viser er begge regresjonslinjer (heltrukne) innenfor hverandres standardavvik (stiplede linjer) opp til ca. 100 NTU.

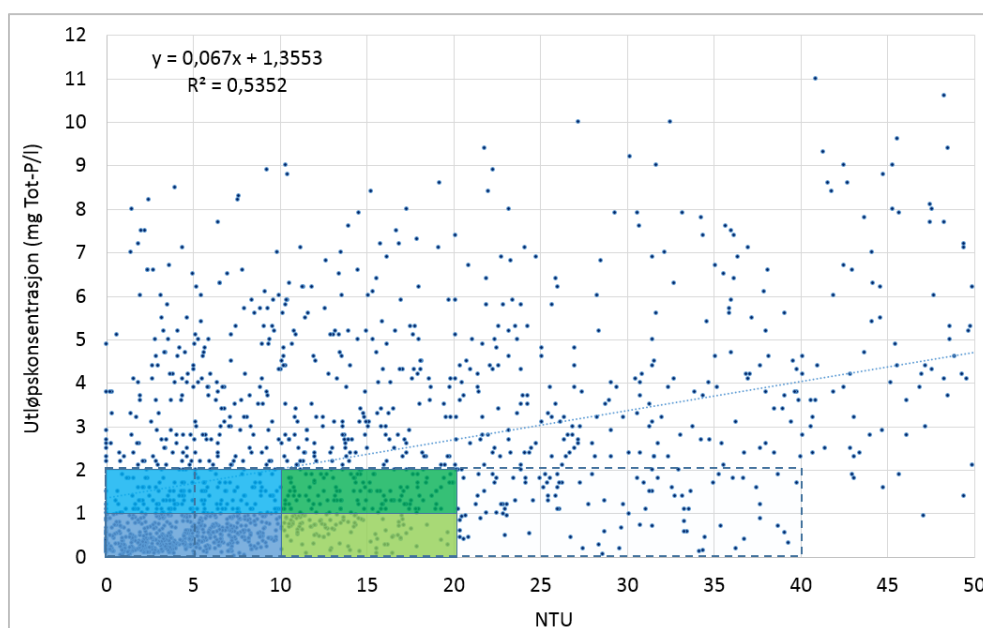


Figur 16. Regresjonslinjer for korrelasjon mellom turbiditet (NTU) og  $BOF_5$  oppdelt iht. aktivslam- og biofilmanlegg.

## 5 Følsomhetsvurderinger

### 5.1 Fosfor

Samme følsomhetsvurdering som beskrevet i kap. 2 er benyttet på hele datasettet (jfr. figur 3), og i figur 17 nedenfor illustreres områder som samtidig har <10 og <20 NTU, samt <1,0 og 2,0 mg Tot-P/l.



Figur 17. Korrelasjon for alle anlegg, med markeringer for område <10 og <20 NTU samtidig med <1,0 og 2,0 mg Tot-P/l.

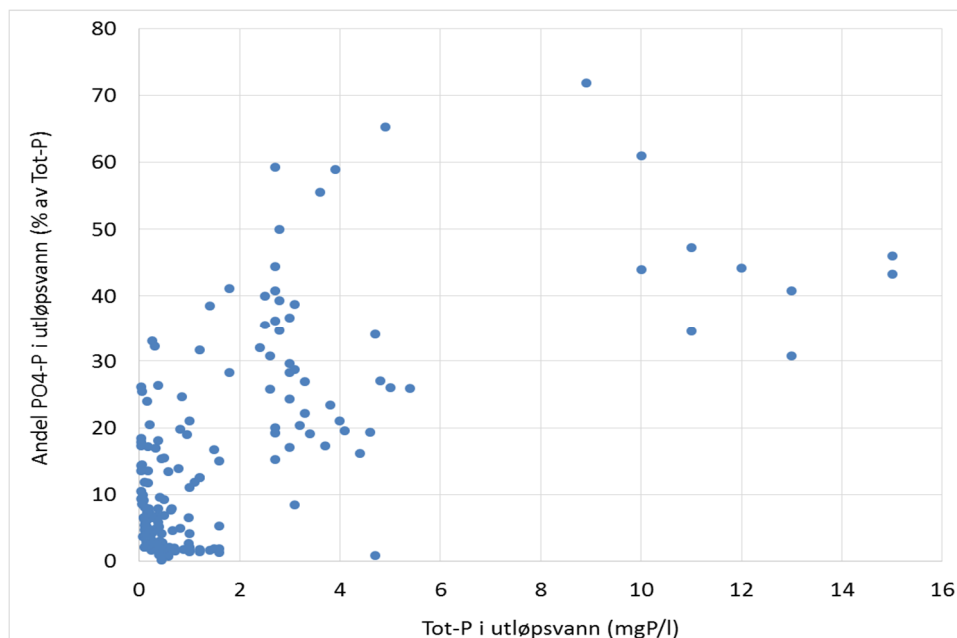
Det er sett på avgrensinger for områder opp til henholdsvis <5 NTU og <40 NTU (stiplede områder i figur 17), og sannsynligheten for at Tot-P er under henholdsvis <1,0 og <2,0 mg P/l for disse fire NTU verdiene er vist i tabell 2 nedenfor. Det er gjort tilsvarende følsomhetsvurderinger for anleggene delt inn i kategoriene aktivslam og biofilm. Tabellen forklares med et eksempel: For målinger på alle anlegg hvor turbiditet er under 10 NTU, er det 58,5 % sannsynlighet for at Tot-P er lavere enn 1,0 mg P/l og 75,6 % sannsynlighet for at Tot-P er lavere enn 2,0 mg P/l.

Tabell 2. Prosentvis andel av prøvene som hadde lavere konsentrasjon enn henholdsvis 1,0 og 2,0 mg Tot-P/l, og samtidig lavere målinger enn angitt turbiditet.

NTU	% under 1,0 mg Tot-P/l			% under 2,0 mg Tot-P/l		
	Biofilm	Aktivslam	Alle	Biofilm	Aktivslam	Alle
5	60,3	66,7	63,0	77,4	82,4	79,0
10	53,5	62,7	58,5	71,3	80,1	75,6
20	45,6	49,1	48,1	64,5	72,2	69,0
40	40,2	40,4	41,3	59,2	63,0	62,0

En årsak til den relativt store andelen høye fosforkonsentrasjoner ved lave turbiditetsverdier er som nevnt ovenfor sannsynligvis en effekt av at det kjemiske rensetrinnet i anlegget ikke fungerer optimalt. Det er derfor

interessant å se på hvor stor andel av fosfor som utgjøres av den løste fraksjonen (løst reaktivt fosfor –  $\text{PO}_4\text{-P}$ ). I en tidligere undersøkelse er det innhentet data mhp. dette, og andelen  $\text{PO}_4\text{-P}$  av Tot-P i utløpsvannet er vist i figur 18 nedenfor.

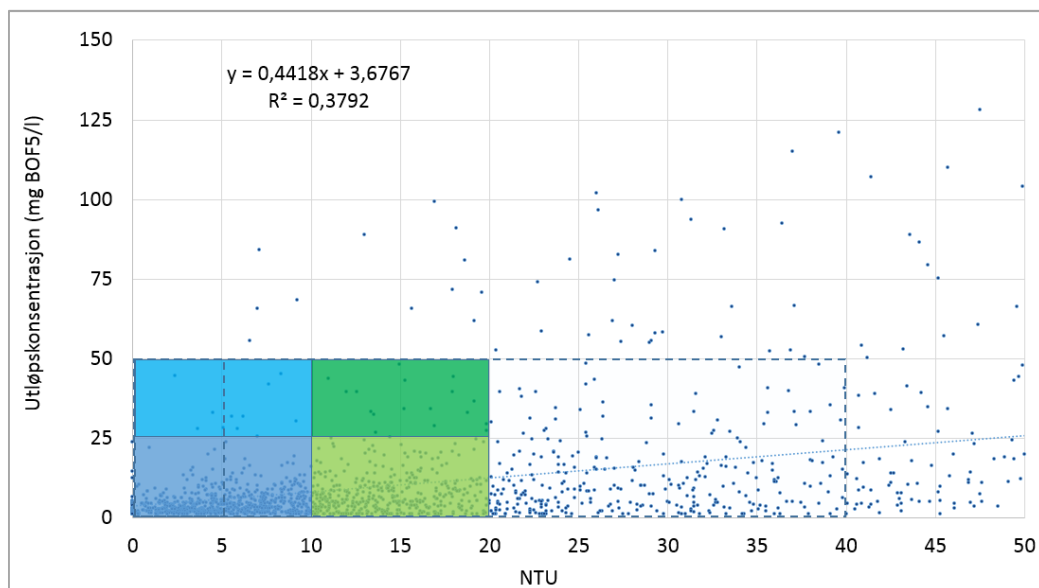


Figur 18. Andel ortofosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) som funksjon av Tot-P i utløpsvannet fra en tidligere undersøkelse (Johannessen m.fl. 2014b).

En grov vurdering viser at opptil 2 mg Tot-P/l er andelen  $\text{PO}_4\text{-P}$  i gjennomsnitt ca. 10 %, mellom 2 og 6 mg Tot-P/l ca. 30 %, og når Tot-P er over 6 mg/l er  $\text{PO}_4\text{-P}$  andelen ca. 50 %. Dvs. at for at Tot-P skal være lav, må også  $\text{PO}_4\text{-P}$  være lav. En følsomhetsvurdering av dataene viser at det er ca. 90 % sannsynlighet for at andelen  $\text{PO}_4\text{-P}$  er 20 % eller lavere dersom målt Tot-P er under 2,0 mg Tot-P/l. Eksempelvis; dersom man måler opp til 2 mg Tot-P/l er det ca. 90 % sannsynlighet for at  $\text{PO}_4\text{-P}$  konsentrasjon er <0,4 mg  $\text{PO}_4\text{-P/l}$ .

## 5.2 $\text{BOF}_5$

Tilsvarende som for Tot-P er det gjennomført en følsomhetsvurdering vedrørende korrelasjonen mellom  $\text{BOF}_5$  og turbiditet (NTU), og i figur 19 nedenfor illustreres områder som samtidig har <10 og <20 NTU, samt <25 og 50 mg  $\text{BOF}_5\text{/l}$ .



Figur 19. Korrelasjon for alle anlegg, med markeringer for område <10 og <20 NTU samtidig med <1,0 og 2,0 mg Tot-P/l.

Det er sett på avgrensinger for områder opp til henholdsvis <5 NTU og <40 NTU (stiplede områder i figur 19), og sannsynligheten for at BOD<sub>5</sub> er under henholdsvis <25 og <50 mg BOD<sub>5</sub>/l for disse fire NTU verdiene er vist i tabell 3 nedenfor. Det er gjort tilsvarende følsomhetsvurderinger for anleggene delt inn i kategoriene aktivslam og biofilm. Tabellen forklares med et eksempel: For målinger på alle anlegg hvor turbiditet er under 10 NTU, er det 98,5 % sannsynlighet for at BOD<sub>5</sub> er lavere enn 25 mg BOD<sub>5</sub>/l og 99,6 % sannsynlighet for at BOD<sub>5</sub> er lavere enn 50 mg P/l.

Tabell 3. Prosentvis andel av prøvene som hadde lavere konsentrasjon enn henholdsvis 1,0 og 2,0 mg Tot-P/l, og samtidig lavere målinger enn angitt turbiditet.

NTU	% under 25 mg BOD <sub>5</sub> /l			% under 50 mg BOD <sub>5</sub> /l		
	Biofilm	Aktivslam	Alle	Biofilm	Aktivslam	Alle
5	99,3	100,0	99,4	100,0	100,0	100,0
10	98,0	99,2	98,5	99,3	100,0	99,6
20	97,2	98,5	97,6	99,3	99,8	99,4
40	95,6	97,3	94,8	98,4	99,3	98,1

## 6 Oppsummering, diskusjon og konklusjoner

Diagram som viser forholdet mellom turbiditet (NTU) og fosfor (Tot-P)/organisk stoff (BOF<sub>5</sub>) målt på utløpsvann fra minirensesanlegg viser at det er en korrelasjon mellom parameterne. Korrelasjonene er bedre både mhp. Tot-P og BOF<sub>5</sub> for aktivslam-anlegg enn biofilm-anlegg. For BOF<sub>5</sub> skyldes dette sannsynligvis at en biofilm-anleggstype (Odin) hadde relativt avvikende regresjonslinje enn de øvrige anleggstypene. Vi har ikke grunnlag for å si hvorfor det er forskjell mhp. Tot-P, da korrelasjonskurvene for alle anleggstyper var relativt like.

Når man vurderer regresjonslinjene for alle anleggstyper, og data fra alle anleggsbesøk samlet (alle anlegg), ser man at det ikke er store avvik så lenge turbiditet i utløpsvannet er lavere enn 100 NTU. Vi konkluderer derfor at så lenge man måler under 100 NTU vil sannsynligheten for en gitt verdi for utløpskonsentrasjonen for BOF<sub>5</sub> og Tot-P være uavhengig av anleggstype. Dette gjelder også når anleggene er gruppert iht. aktivslam-anlegg og biofilm-anlegg.

I en tidligere undersøkelse hvor 2 anleggstyper ble vurdert fant man også dette, og en følsomhetsvurdering indikerte at man ved å kun måle turbiditet hadde relativ stor sannsynlighet for at både Tot-P og BOF<sub>5</sub> var innenfor rensekrevet, dersom turbiditeten var lavere enn både 10 og 20 NTU.

Tilsvarende følsomhetsvurderinger er gjennomført for et datasett fra ca. 2000 anleggsbesøk. Denne gangen er det ikke like stor sannsynlighet for lave utløpskonsentrasjoner for Tot-P ved tilsvarende NTU-verdier, mens det er større sannsynlighet for lave verdier for BOF<sub>5</sub>. Følsomhetsvurderingen viste videre at det er større sannsynlighet for lave Tot-P/BOF<sub>5</sub> verdier ved lave turbiditetsverdier for aktivslam-anlegg enn det er for biofilm-anlegg.

Det er 48,1 % og 58,5 % sannsynlighet for at Tot-P er lavere enn 1,0 mg/l ved henholdsvis 20 og 10 NTU. Tilsvarende er det 69,0 % og 75,6 % sannsynlighet for at Tot-P er lavere enn 2,0 mg/l ved henholdsvis 20 og 10 NTU. Dvs. ved å øke en "tillatt" utløpskonsentrasjon til 2,0 mg Tot-P/l, øker andelen "godkjente" anlegg med ca. 20-25 %.

For parameteren BOF<sub>5</sub> er tilsvarende 97,6 % og 98,5 % sannsynlighet for at BOF<sub>5</sub> er lavere enn 25 mg BOF<sub>5</sub>/l, og 99,4 % og 99,6 % sannsynlighet for at BOF<sub>5</sub> er lavere enn 50 mg BOF<sub>5</sub>/l, når man måler turbiditet på henholdsvis 20 og 10 NTU. Dvs. her er det marginal "forbedring" om man øker NTU fra 10 til 20.

Årsaken til at konsentrasjonene det er sett på i dette prosjektet er 1,0 og 2,0 mg Tot-P /l, er som følger: i) I noen lokale forskrifter er satt som krav 1,0 mg Tot-P/l, og tilsynsordninger gjennomført av Driftsassistansen i Østfold (DaØ) og Godt Vann Drammen (GVD) opererer med inndelinger iht. hvor godt anlegg fungerer, hvor den beste gruppen har utløpskonsentrasjoner lavere enn 1,0 mg Tot-P/l. ii) I andre land f.eks. Tyskland er utslippsgrensen satt til 2,0 mg Tot-P/l. Tilsvarende for BOF<sub>5</sub> gjelder det at det i noen lokale forskrifter er satt krav til maksimalt 25 mg BOF<sub>5</sub>/l. Kravet i den sentrale forskriften er at anleggene skal



tilfredsstillende en reduksjon av begge parametere (Tot-P og BOF<sub>5</sub>) på 90 %, når resipienten er i et følsom og normalt område, og det foreligger brukerinteresser i tilknytning til resipienten<sup>1</sup>. Basert på spesifikk forurensningsmengde på 1,8 – 2,4 g Tot-P/pe\*d (fortsatt tema for debatt hvor dette tallet bør ligge i Norge) og 60 gBOF<sub>5</sub>/pe\*d, samt vannmengde på 120 l/pe\*d blir innløpskonsentrasjonene ca. 15-20 mg Tot-P og ca. 500 mg BOF<sub>5</sub>/l. Ved 90 % reduksjon vil dette tilsvare maksimale utløpskonsentrasjoner på 1,5 – 2,0 mg Tot-P/l og 50 mg BOF<sub>5</sub>/l. En grense for om hvorvidt disse anleggene fungerer iht. kravene burde derfor ikke settes lavere enn dette. Med tanke på naturlig variasjon og prøvetakings-/måleusikkerheter synes en grense på 2,0 mg Tot-P/l og 50 mg BOF<sub>5</sub>/l som fornuftig.

Det konkluderes dermed med at turbiditet kan være en god surrogatparameter alene, når det er snakk om å erstatte analyser i laboratorium for BOF<sub>5</sub>. Det er meget høy sannsynlighet for at utløpskonsentrasjonen er under 50 mg BOF<sub>5</sub>/l når man måler både 10 og 20 NTU.

Det er ikke like stor sikkerhet knyttet til korrelasjon mellom Tot-P og turbiditet. Dersom man forutsetter at 2,0 mg Tot-P/l er en akseptabel utløpskonsentrasjon, vil det være 69 % sannsynlighet for at det er OK ved 20 NTU og ca. 76 % ved 10 NTU. Dette er ikke godt nok i forhold til å bruke turbiditet som surrogatparameter alene. Kombineres imidlertid dette med målinger av løst reaktivt fosfor (PO<sub>4</sub>-P), og denne er lav (<0,2 mg P/l), er det imidlertid overveidende sannsynlighet for at Tot-P er under grenseverdien.

Dersom turbiditet skal benyttes foreslås det at man setter en grense på 20 NTU for BOF<sub>5</sub> alene, og 20 NTU kombinert med PO<sub>4</sub>-P ≤ 0,4 mg P/l for Tot-P.

---

<sup>1</sup> Forskrift om begrenning av forurensning (forurensningsforskriften), §12-8.

## 7 Videre arbeid med praktisk bruk av surrogatparametere

Basert på det arbeidet som er gjennomført til nå (2011-2017) foreslås det å intensivere arbeidet med å ta surrogatparametere i praktisk bruk. Vi foreslår i alt 4 deloppgaver, beskrevet nedenfor, som en videreføring av aktiviteter i perioden 2018-2020.

1. Kommunenes tilsyn bør inkludere måling av  $\text{PO}_4\text{-P}$  og turbiditet i tillegg til laboratorieanalyser av  $\text{BOF}_5$  og Tot-P i minst 2 år til.
2. Det bør utprøves bruk av turbiditetsmåling for kontinuerlig overvåking av minst 5 minirenseanlegg i 12 mnd. for å se på praktiske utfordringer knyttet til bruk av slikt utstyr.
3. Det bør innledes et samarbeid med FoU-miljøer i Tyskland og Sverige som også ser på bruk av surrogatparametere for overvåking og kontroll av minirenseanlegg. Det bør arbeides med å se på felles grenseverdier ved bruk av surrogatparametere, hvor man utveksler resultater fra feltarbeid og eventuelt utvikler felles strategi for bruk av surrogatparametere.
4. Utvikle et dataverktøy ("app") hvor servicepersonell og personell som gjennomfører tilsyn for kommunene kan få angitt sannsynlig utløpsverdier for  $\text{BOF}_5$  og Tot-P basert på in-situ målinger turbiditet og  $\text{PO}_4\text{-P}$ . Et slikt verktøy vil gi servicepersonell større mulighet for å gjennomføre korrektive tiltak på stedet og dermed redusere antall problemanlegg.

## 8 English summary, discussion and conclusions

Graphs showing the relationship between turbidity (NTU) and phosphorus (Tot-P) / organic matter (BOD<sub>5</sub>) measured on effluent water from package treatment plants show that there are correlations between the parameters. Correlations are better, for both Tot-P and BOD<sub>5</sub>, for activated sludge plants than biofilm plants. For BOD<sub>5</sub>, this is probably because one biofilm plant type (Odin) had a relatively different regression line than the other plants. Since the correlation curves for all types of plants were relatively similar in terms of Tot-P, there are no apparent explanation to the better correlation (higher R<sup>2</sup> values) for the activated sludge plants.

When considering the regression lines for all types of plants, and data from all plant visits collectively, it is obvious that there are no major deviations as long as the turbidity in the effluent is lower than 100 NTU. We therefore conclude that as long as you measure below 100 NTU, the probability of a given value for the BOD<sub>5</sub> and Tot-P outlet concentrations is independent of the type of plant. This also applies when the plants are grouped in active sludge plants and biofilm plants.

In a previous study where 2 types of plants were investigated, this was also found and a sensitivity assessment indicated that by measuring turbidity only there was also a relatively high probability that both the Tot-P and BOD<sub>5</sub> were within the discharge requirement, when the turbidity was lower than both 10 and 20 NTU.

Corresponding sensitivity assessments were performed for a dataset from approx. 2000 site visits. This time, the probability for low effluent concentrations for Tot-P at corresponding NTU values is lower, while there is a greater probability of low values for BOD<sub>5</sub> with corresponding low NTU values. The sensitivity assessment further showed that there is a higher probability of low Tot-P / BOD<sub>5</sub> values at low turbidity values for active sludge plants than for biofilm plants.

It is a 48.1% and 58.5% probability that Tot-P is lower than 1.0 mg Tot-P / l, when turbidity is 20 and 10 NTU, respectively. Similarly, there are 69.0% and 75.6% probability that Tot-P is lower than 2.0 mg / l when turbidity is 20 and 10 NTU, respectively. I.e. by increasing an "allowed" outlet concentration to 2.0 mg Tot-P / l, the proportion of "approved" plants increases by approximately 20-25%.

For the parameter BOD<sub>5</sub>, there are corresponding 97.6% and 98.5% probability that BOD<sub>5</sub> is lower than 25 mg BOD<sub>5</sub> / l, and 99.4% and 99.6% probability that BOD<sub>5</sub> is lower than 50 mg BOD<sub>5</sub> / l, when measuring turbidity of 20 and 10 NTU, respectively. I.e. here the "improvement" is marginal when turbidity is increased from 10 to 20 NTU.

The rationale behind discussion of concentrations of 1.0 and 2.0 mg Tot-P / l in this report are as follows: i) Some local regulations require 1.0 mg Tot-P / l,

and supervision schemes carried out by the Driftsassitansen i Østfold (DaØ) and Godt Vann Drammen (GVD) group plants according to how well plants work, where the best group has effluent concentrations lower than 1.0 mg Tot-P/L. ii) In other countries e.g. Germany the discharge limit is set at 2.0 mg Tot-P/L. Accordingly for BOD<sub>5</sub>, some local regulations the discharge limit is maximum 25 mg BOD<sub>5</sub>/L. The requirement in the national regulation is that the reduction of both parameters (Tot-P and BOD<sub>5</sub>) shall be minimum 90% when the recipient water is in a sensitive and normal area, and there are user interests associated with the recipient. Based on specific loads of 1.8 - 2.4 g Tot-P/pe\*d and 60 g BOD<sub>5</sub>/pe\*d, and 120 l/pe\*d water flow the inlet concentrations will be approx. 15-20 mg Tot-P/L and approx. 500 mg BOD<sub>5</sub>/L. At 90% reduction, this corresponds to maximum effluent concentrations of 1.5 - 2.0 mg Tot-P/L and 50 mg BOD<sub>5</sub>/L. A limit on whether these facilities operate according to the requirements should therefore not be set lower than this. In view of natural variation and sampling / measurement uncertainties, a limit of 2.0 mg Tot-P / L and 50 mg BOD<sub>5</sub> / l seems reasonable.

Thus, we conclude that turbidity is a good surrogate parameter alone, when replacing laboratory tests for BOD<sub>5</sub>. There is a very high probability that the outlet concentration is below 50 mg BOD<sub>5</sub>/l when measuring both 10 and 20 NTU.

The correlation between Tot-P and turbidity does not provide the same degree of certainty. Assuming that 2.0 mg Tot-P / l is an acceptable effluent concentration, there is a 69% probability that it is OK at 20 NTU, and approx. 76% probability at 10 NTU. This is not sufficient to use turbidity as a surrogate parameter alone. However, if this is combined with measurements of soluble reactive phosphorus (PO<sub>4</sub>-P), and this is low (<0.2 mg P/L), it is very likely that Tot-P is below the discharge limit.

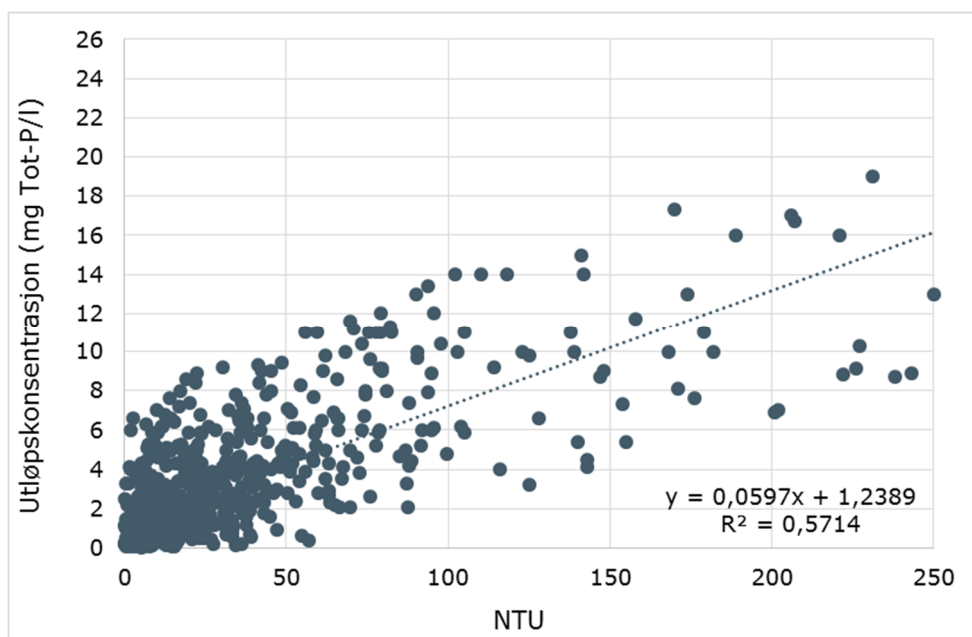
If turbidity shall be used as a surrogate parameter, we propose to set a limit of 20 NTU for BOD<sub>5</sub> alone, and 20 NTU combined with PO<sub>4</sub>-P ≤ 0.4 mg P/l for Tot-P.

## Referanser

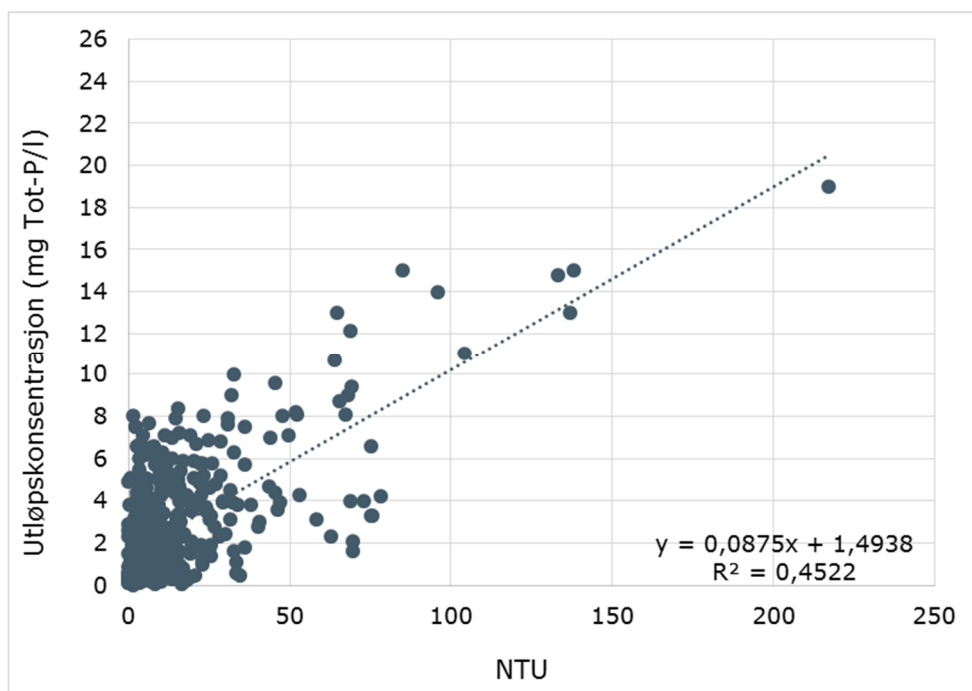
- Johannessen E., Eikum A.S., Ovell. L., Ek M. og Junestedt C., 2008. *Funksjonskontroll av renseanlegg i spredt bebyggelse i Morsa-vassdraget*. COWI/IVL-rapport for vannområde Morsa, november 2008 ([www.morsa.org](http://www.morsa.org)).
- Johannessen E., Eikum A.S. og Jantsch T.G., 2014a. *Undersøkelse av turbiditet som surrogatparameter i forbindelse med utslipp av avløpsanlegg i spredt bebyggelse*. COWI rapport for vannområde Morsa, desember 2014 ([www.morsa.org](http://www.morsa.org)).
- Johannessen E., Eikum A.S. og Jantsch T.G., 2014b. *Langtidsundersøkelse av minirensesanlegg – Vannmengder og driftsstabilitet*. COWI rapport for vannområde Morsa, desember 2014 ([www.morsa.org](http://www.morsa.org)).
- Straub A., 2008. *Einfache Messmethoden zur Charakterisierung sowie Maßnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit biologischer Kleinkläranlagen*. PhD-avhandling ved Lehrstuhl Wassertechnik und Siedlingwasserbau der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus.

## Vedlegg 1

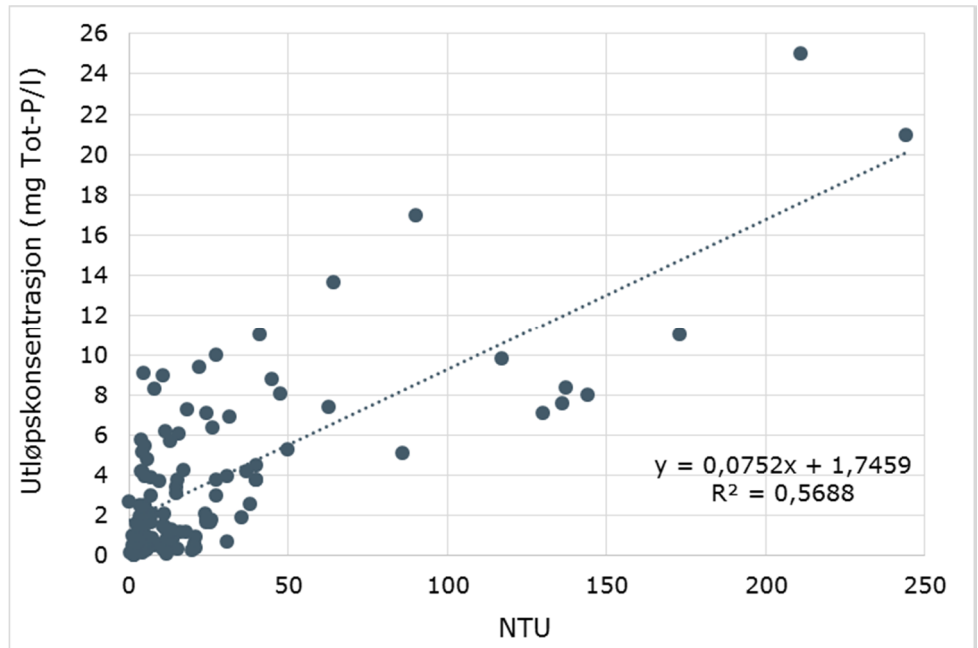
Korrelasjonskurver for alle anleggstyper – Tot-P / Turbiditet



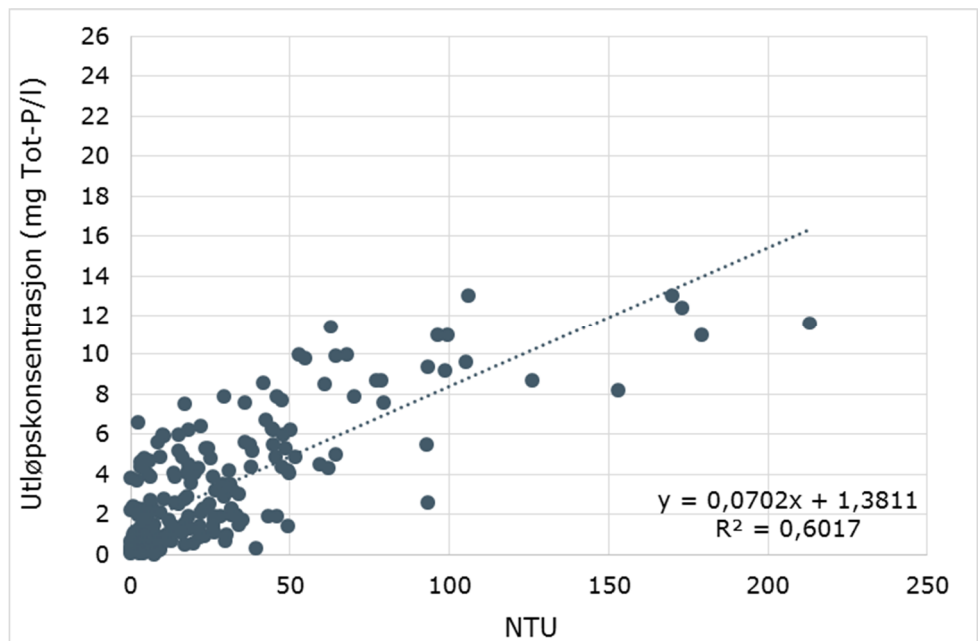
Figur 20. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for fosfor (mgP/l) og turbiditet (NTU) for anleggstypen Biovac.



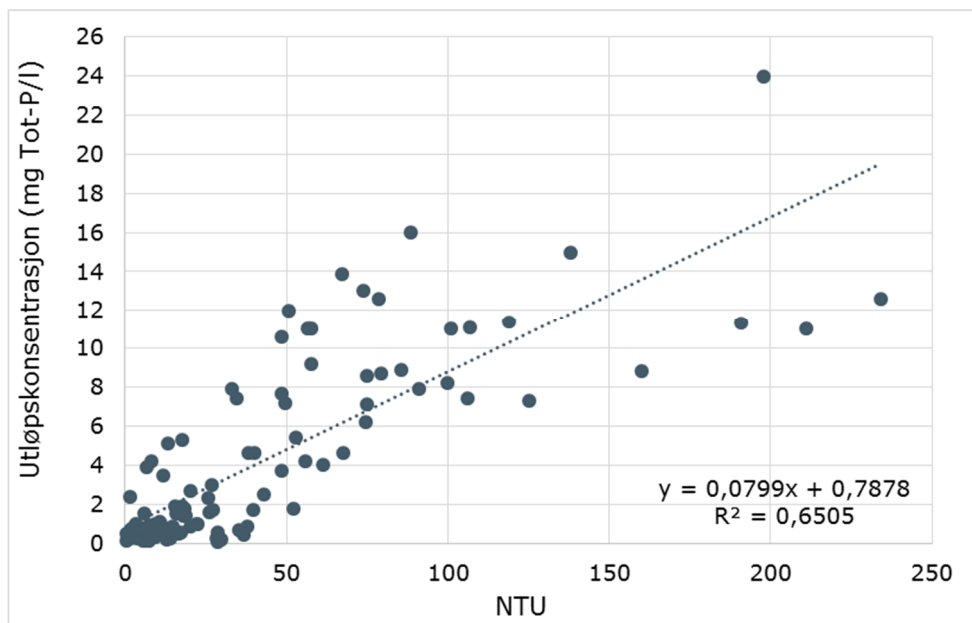
Figur 21. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for fosfor (mgP/l) og turbiditet (NTU) for anleggstypen Klargester (Kingspan).



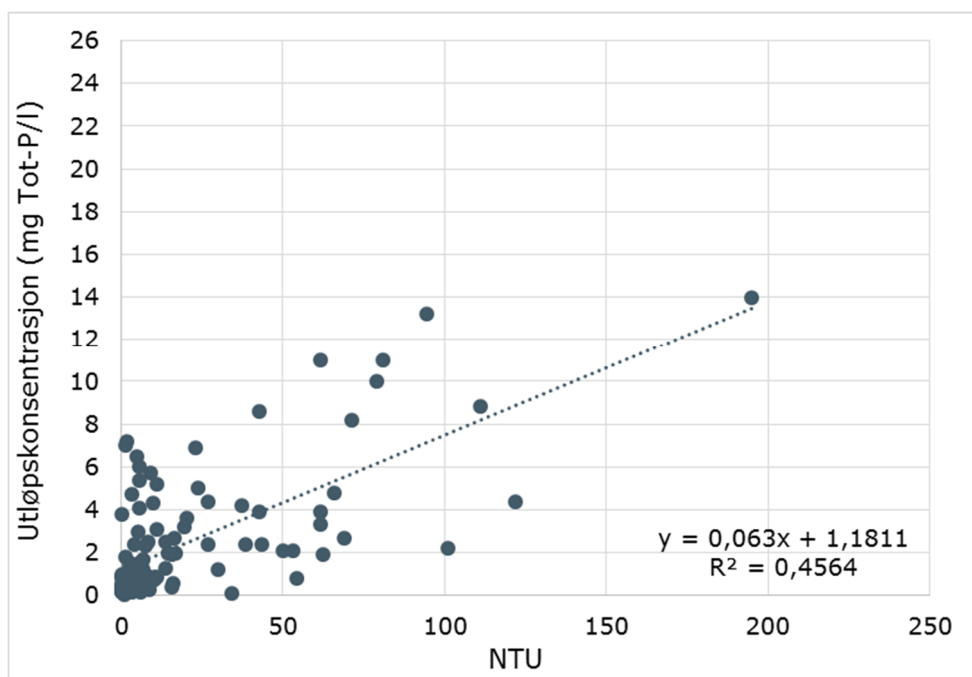
Figur 22. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for fosfor (mgP/l) og turbiditet (NTU) for anleggstypen Klaro.



Figur 23. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for fosfor (mgP/l) og turbiditet (NTU) for anleggstypen Odin.



Figur 24. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for fosfor (mgP/l) og turbiditet (NTU) for anleggstypen Wallax.

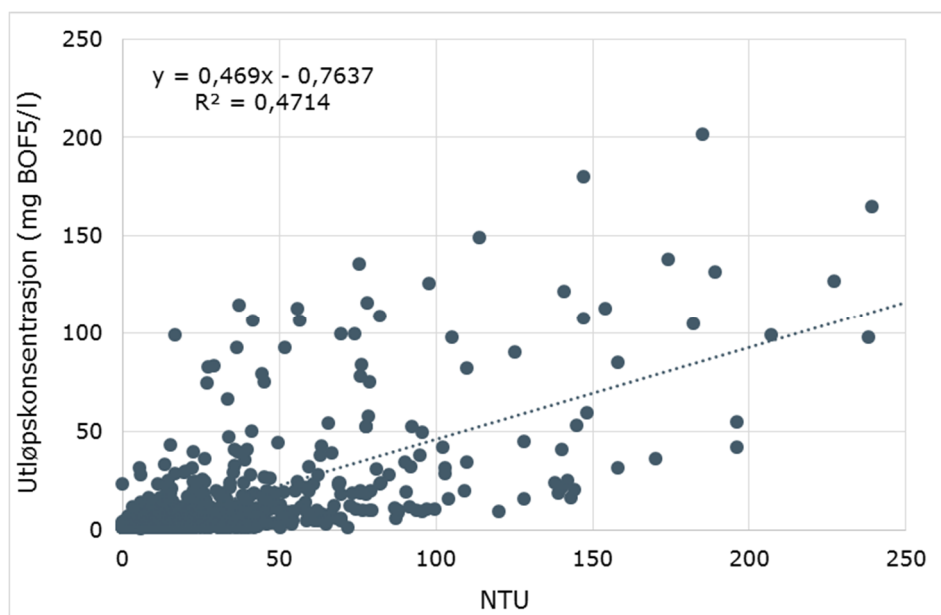


Figur 25. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for fosfor (mgP/l) og turbiditet (NTU) for anleggstypen WehoMini (Ecobio).

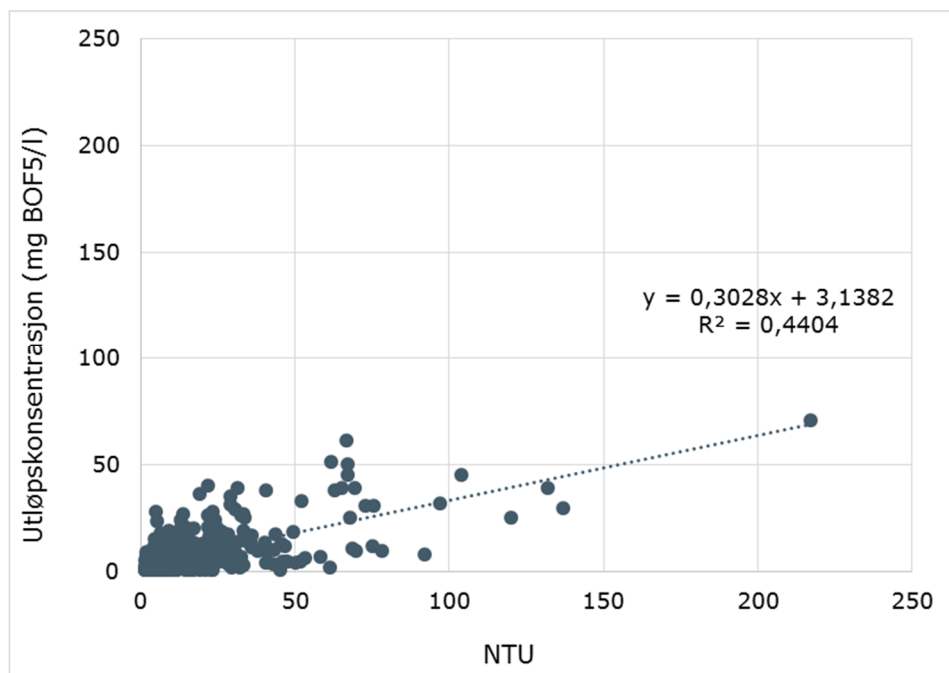


## Vedlegg 2

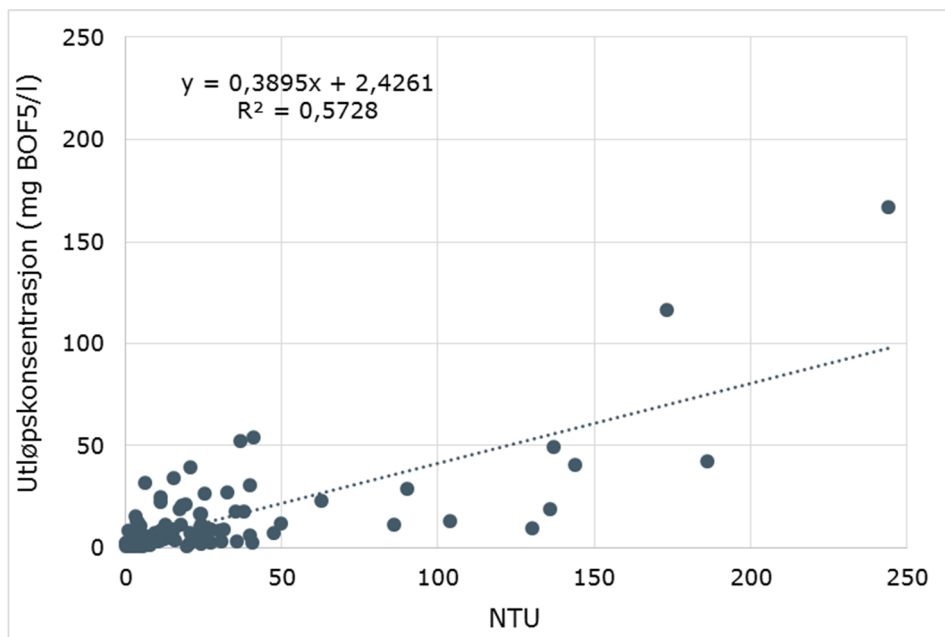
Korrelasjonskurver for alle anleggstyper – BOF<sub>5</sub> / Turbiditet



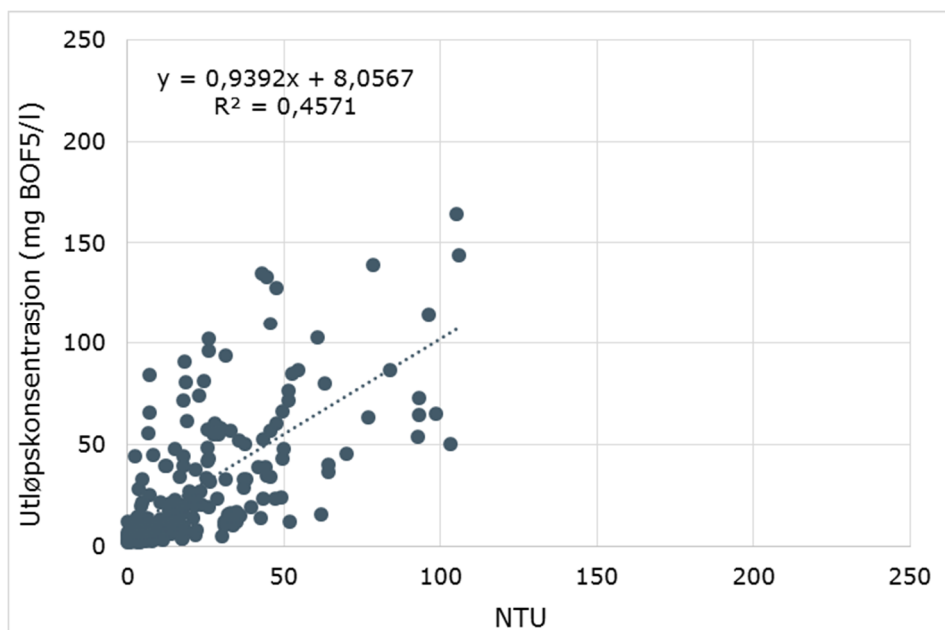
Figur 26. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for BOF<sub>5</sub> (mg/l) og turbiditet (NTU) for anleggstypen Biovac.



Figur 27. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for BOF<sub>5</sub> (mg/l) og turbiditet (NTU) for anleggstypen Klargestør (Kingspan).



Figur 28. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for BOF<sub>5</sub> (mg/l) og turbiditet (NTU) for anleggstypen Klaro.



Figur 29. Korrelasjon mellom utløpskonsentrasjon for BOF<sub>5</sub> (mg/l) og turbiditet (NTU) for anleggstypen Odin.

