

## NOTAT

26. november 2014

Til: Prosjekt Nedre Glomma

Fra: NIVA v. Mats Walday, Dag Ø. Hjermand og Kari Austnes

Kopi: Fagrådet Ytre Oslofjord

### Sak: Brunfargen i Iddefjorden

#### Bakgrunn

Humus er kompliserte organiske molekyler og forbindelser som dannes når organisk materiale (plante- og dyrerester) brytes ned i jorden. Humuspartiklene er svært stabile molekyler. Humus finnes i større eller mindre grad i de fleste vannkilder, og vil gi vannet en farvetone, fra svakt gulaktig til helt brun.

Siktdypet i Iddefjorden er ofte dårlig, mellom 1 og 2m, med 'gulbrun' eller 'brun' farge på vannet. Siktdypet og saltholdigheten i de øvre vannlag (ned mot 5m) ser ut til å ha sammenheng med vannføringen i Tista. Undersøkelser av plankton i 2011 (GS Larsen Consulting 2011) viste at vannet var dominert av fersk- og brakkvannsalger og med store mengder av det som ble kalt 'små organiske partikler/humus' (1-5µm). Det var særlig mye partikler i 0-2m dyp. På 5m var partikkelmengden mindre, men økte med vannføringen i Tista. Det ble antatt at det ikke er algene, men partiklene som er bestemmende for siktdypet. Undersøkelser utenfor Tista har vist at det er mye flis i sedimentene i området øst for Brattøya, hvor Tista har sitt utløp til Iddefjorden. Det er reist spørsmål om hvorvidt dagens produksjonsprosesser på Saugbrugs og disse kontaminerte sedimentene bidrar til brunfargen i vannet.

#### Formål og metode

Hos naturlig vann varierer fargen fra fargeløst til gulbrunt og brunt, og skyldes i alt vesentlig vannets innhold av humusstoffer, og eventuelt jern. Formålet med dette notatet er å gi mer kunnskap om hvorfor vannet i Iddefjorden ofte er kraftig brunfarget og hva som er årsak eller opphav til dette.

Det er her gjort en enkel gjennomgang og sammenfatning av data på farge og TOC i tilførsler (elvevann) til Iddefjorden via Enningdalselva og Tista. Videre er det gjort en statistisk analyse av endringene i farge nedstrøms Saugbrugs, sammenlignet med oppstrøms (Figur 1).

Stasjonskoordinater i Euref89 UTM32 for de to stasjonene i Tista:

- Oppstrøms prøvetaking: 6556680 N, 637439Ø
- Nedstrøms prøvetaking: 6556298N, 637439Ø

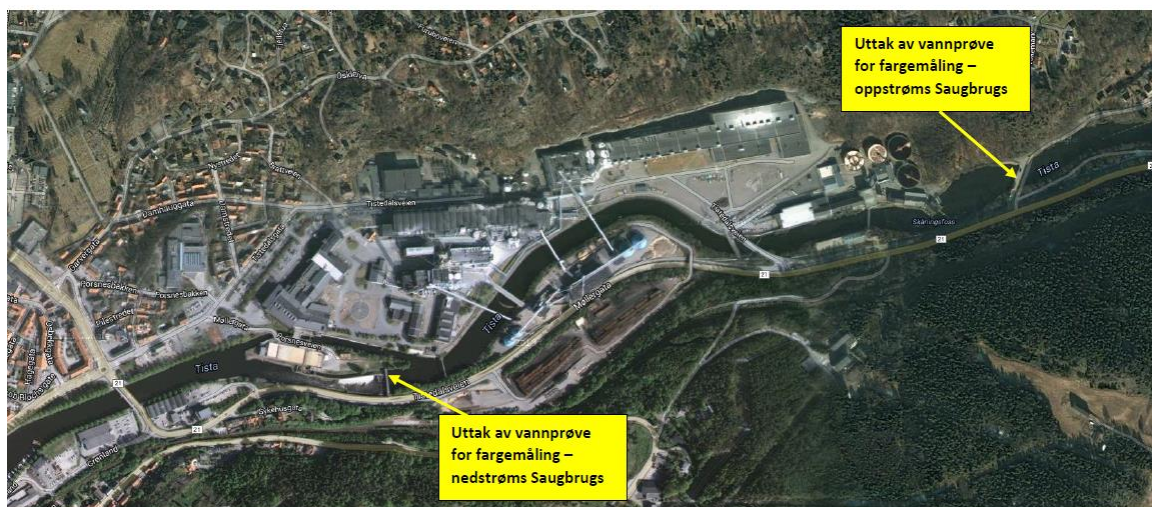
Det er også sett nærmere på hvordan vannføring og sesong (måned) påvirker endringene i farge. Data er hentet fra Fylkesmannen i Østfold (Aquamonitor), RID, NVE og NIVA.

Fargetall skal måles etter filtrering etter både gjeldende og gammel norsk standard og normalt måles fargetallet ved 410 nm. Prøvene fra Enningdalselva er filtrerte prøver som er målt ved 410 nm på NIVAs laboratorium.

Filtrerte fargeprøver fjerner eventuelle partikler som kan adsorbere/blokkere lys fra lyskilden og gi høyere fargetall enn det som reelt er tilstede i prøven. Det er i utgangspunktet løst humussyre en ønsker å måle.

Det skiller mellom "tilsynelatende" og "virkelig" farge. Den "tilsynelatende" fargen dannes av både løste stoffer og partikler. "Virkelig" farge dannes bare av løste stoffer, og bestemmes i vann som er partikkelfritt.

Saugbrugs metodikk for analyse av farge (avviker noe fra standarden): Fargetall tas på uforynnede prøver for alle vann (unntatt vann ut fra renseanlegg hvor 5 ml vann ut fra renseanlegg fortynnes til 50 ml før analyse). Prøvene filtreres ikke. Det benyttes Hitachi spektrofotometer med innstilt bølgelengde på 450 nm. Det brukes 100 mm kyvetter (100 mm lysvei). Referanseprøve er destillert vann. For uforynnet prøve beregnes fargetallet (mg Pt/l) via formelen: «Avlest verdi» \* 100/0,3.

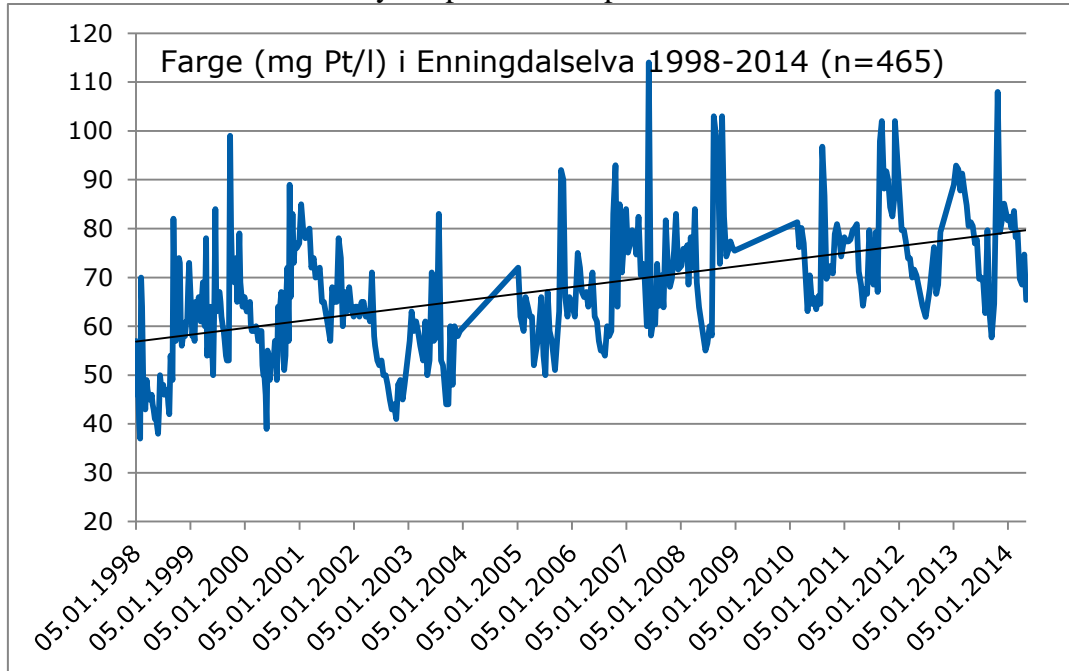


**Figur 1.** Posisjoner for uttak av vannprøver for fargemåling – Norske Skog Saugbrugs. Prøvene tas av Saugbrugs ved å senke samlelepp ned fra bru. Prøvene tas i vannoverflaten.

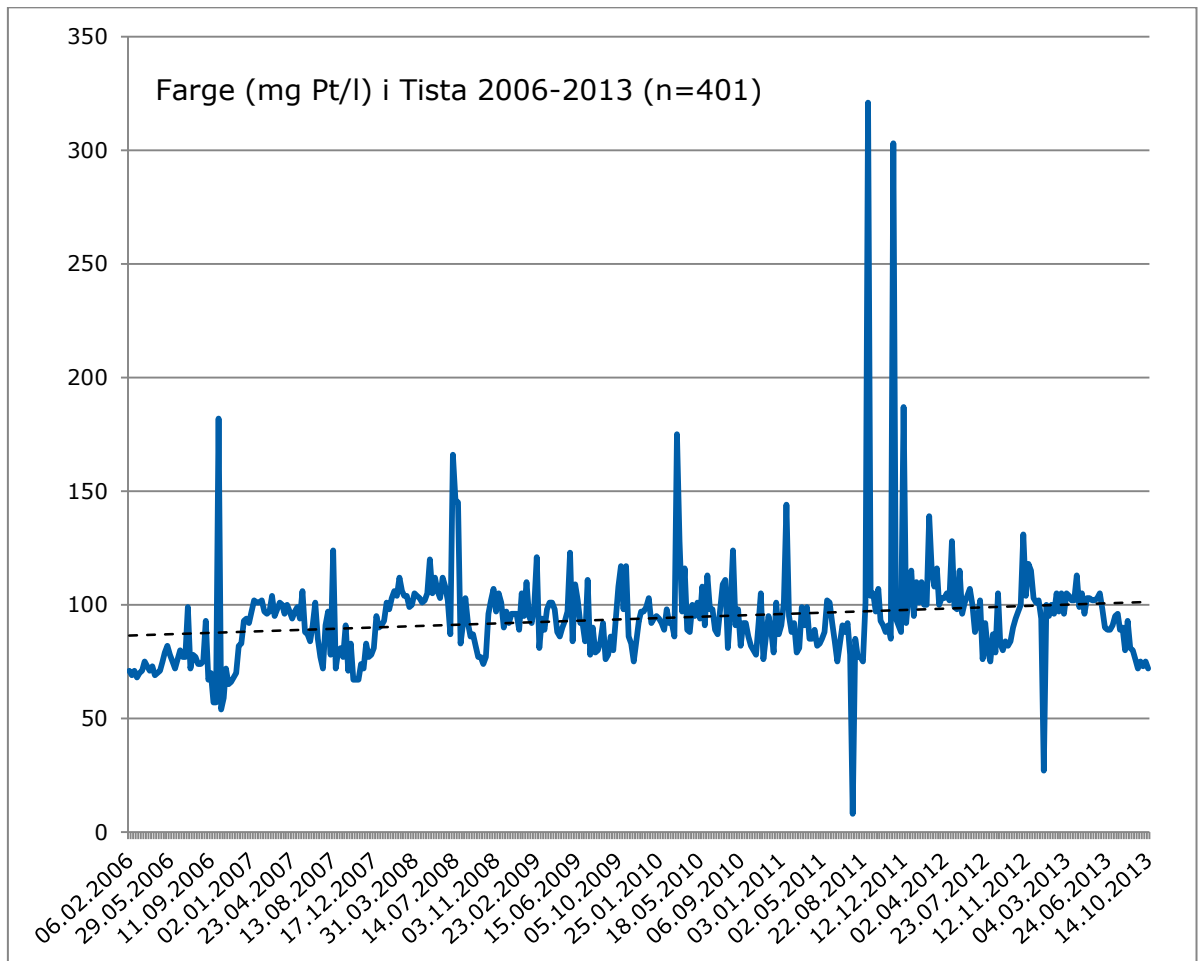
## Fargeutvikling over tid

Brunfargen i elvevannet, målt som mg Pt/l, i Tista og Enningdalselva ser ut til å ha økt, tydeligst i Enningdalselva hvor vi også har hatt tilgang på de beste data og den lengste dataserien (Figur 2 og Figur 3). Dette er også noe vi har sett generelt fra flere områder. For begge elvene ser det ut som det primært er økende verdier i perioden frem til ca. 2008.

Siden 2010 har gjennomsnittlig fargeverdi i Enningdalselva ligget på 77 mg Pt/l, mens den har vært noe høyere (97 mg Pt/l) i Tista. I følge klassifiseringsveilederen regnes elvevann som humøst når fargen er over 30 mg Pt/l. Forskjeller i metode mellom målingene i Tista og Enningdalselva innebærer imidlertid at en ikke kan sammenligne resultatene fra de to elvene. Vet ikke hva som skjer hvis man måler farge på prøver med veldig mye partikler. Disse vil sannsynligvis gi refleksjoner ('scatter'), som kanskje kan forklare ekstremverdiene i Tista siden det er analysert på ufiltrerte prøver.



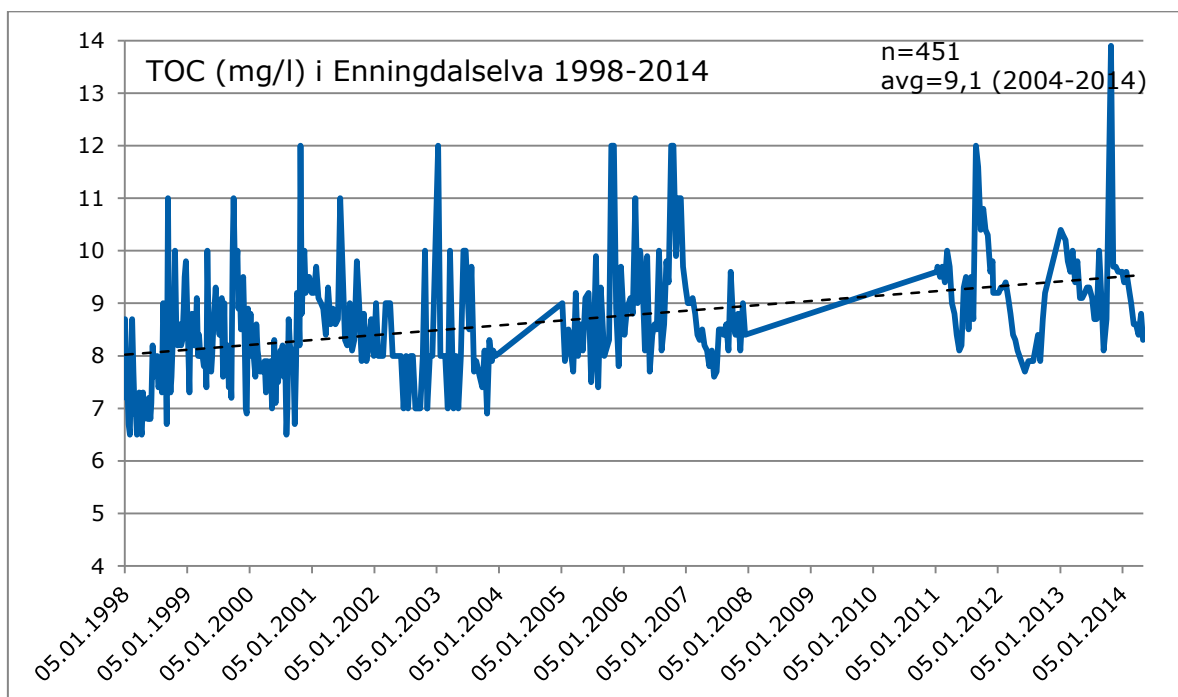
**Figur 2.** Fargemålinger i Enningdalselva (mg Pt/l) på stasjon ENI1 i perioden januar 1998- mai 2014. Den stiplete linjen indikerer trenden over tid.



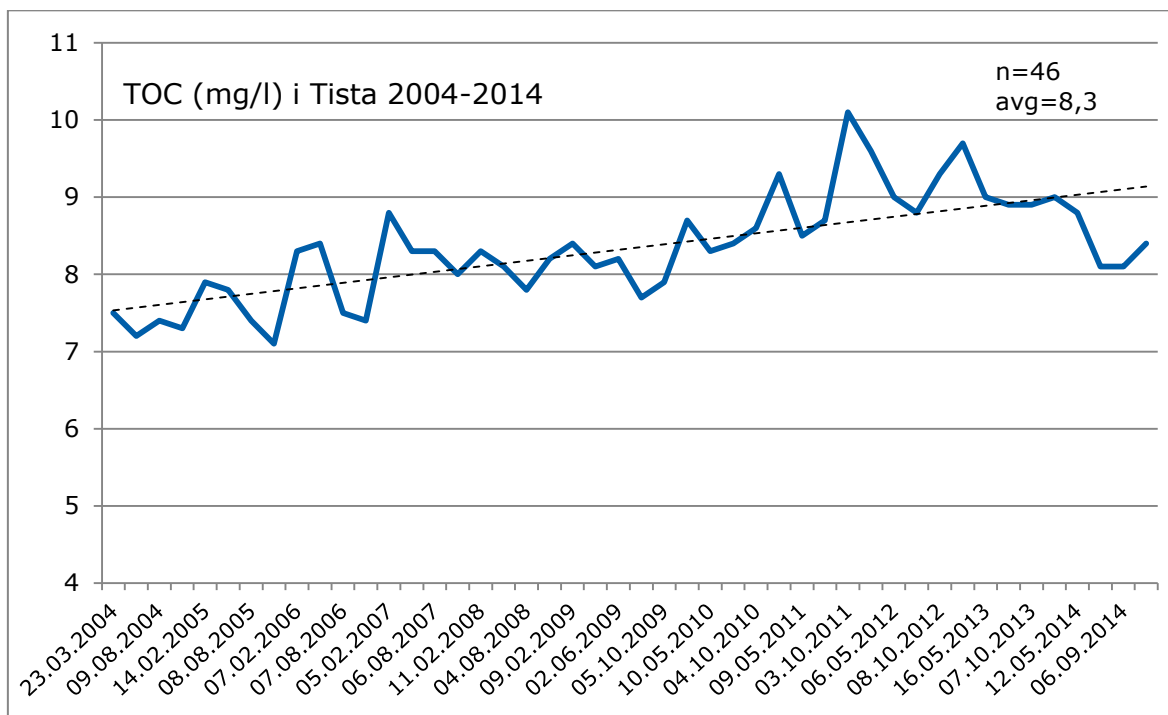
**Figur 3.** Ukentlige fargemålinger i Tista (mg Pt/l) på stasjonen oppstrøms Saugbrugs (**Figur 1**) i perioden februar 2006 - oktober 2013. Den stiplede linjen indikerer en svak trend over tid. Det ser ut som det primært er økningene på starten av serien som gir trenden.

## TOC i ellevannet over tid

Totalt organisk karbon (TOC) er ofte brukt som mål på vannets humøsitet. I **Figur 4** og **Figur 5** er innholdet av TOC i vannet vist for henholdsvis Enningdalselva og Tista. Resultatene indikerer en oppadgående trend i begge elvene. I perioden 2004-2014 har gjennomsnittlig TOC-nivå vært 9,1 mg/l i Enningdalselva og 8,3 mg/l i Tista. Merk at resultatene fra Enningdalselva baserer seg på flere målinger enn i Tista.



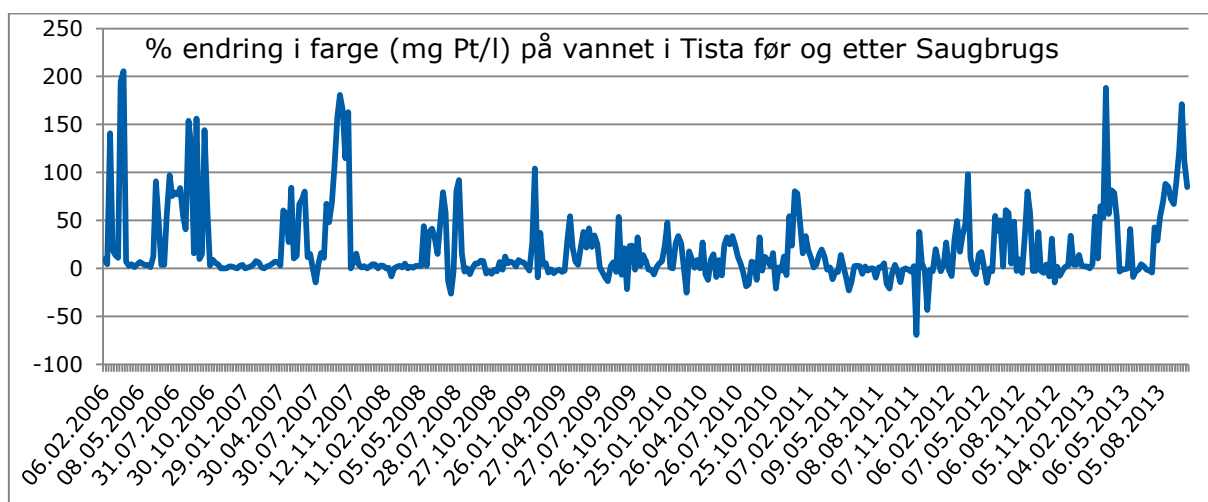
**Figur 4.** TOC i Enningdalselva (mg C/l) på stasjon ENI1 i perioden januar 1998- mai 2014. Den stiplede linjen indikerer trenden over tid.



**Figur 5.** TOC i Tista (mg C/l) på RID-stasjon «Tista utløp Femsjøen» i perioden mars 2004 - oktober 2014. Den stiplede linjen indikerer trenden over tid.

## Ellevannet i Tista – oppstrøms og nedstrøms Saugbrugs

Saugbrugs påvirkning på vannets farge i Tista gjennom bedriftens utslipp, er undersøkt ved å utføre statistikk på resultater av fargeanalyser på vann oppstrøms og nedstrøms utslippene. Det observeres generelt en økning i ellevannets farge, målt som mg Pt/l, nedstrøms Saugbrugs utslipp sammenlignet med oppstrøms. I gjennomsnitt over perioden 2006-2013 er økningen på 18 %, men det er store variasjoner over tid (Figur 6).



**Figur 6.** Endring (%) av fargeverdi (mg Pt/l) i elven Tista nedstrøms Saugbrugs, sammenlignet med fargen oppstrøms.

## Statistisk sammenligning av farge før og etter Tista

En statistisk analyse av de parvise målingene av farge før og etter bedriften – der man i tillegg tok hensyn til at det er en viss grad av avhengighet mellom påfølgende målinger – viste at en med stor grad av sikkerhet kan si at vannet har mer farge etter Saugbrugs (Tabell 1). (At testen har stor grad av statistisk signifikans betyr ikke nødvendigvis at forskjellen har stor betydning, bare at man med stor sikkerhet kan fastslå at det er en forskjell.)

**Tabell 1.** Analyse av parvise målinger av vannfarge før og etter bedriften. Tabellen viser en test mellom en modell der en antar at det ikke er noen systematisk forskjell mellom vannfarge før og etter bedriften (fm2.null) og en modell der en tar med at det er en slik forskjell (fm2.alt). Tabellen viser at den siste modellen var signifikant bedre med en høy grad av sikkerhet (p-value < 0.0001). Begge modellene tok hensyn til avhengighet mellom påfølgende målinger ved å inkludere en såkalt AR(1)-effekt.

	Model	df	AIC	BIC	logLik	Test	L.Ratio	p-value
fm2.null	1	4	7714.650	7733.399	-3853.325			
fm2.alt	2	5	7626.513	7649.949	-3808.256	1 vs 2	90.13733	<.0001

## Analyse av fargeendring i forhold til av ulike variable

Vi undersøkte med en GAMM-modell hvordan tre variable påvirker hvor mye fargen endrer seg: Farge før Saugbrugs, Vannføring, og Måned (den siste brukt som en kategorisk variabel). Vannføringen er målt i Tistedalsfoss. Variablene er vist i **Figur 7.** .

### Effekter på absolutt endring i farge (mg Pt/L)

Måned hadde ingen forklaringsverdi (ut over de to andre variablene;  $P = 0,256$ ) og ble derfor kuttet ut. Begge de to andre variablene var svært statistisk signifikante (Tabell 2). Analysen (**Figur 8**) viser en svak effekt av farge før bedriften, men en ganske sterk effekt av vannføring: endringen i farge er størst om det er lav vannføring. Dette er vist tydeligere i **Figur 9**. Er det stor vannføring (over  $20 \text{ m}^3/\text{sek}$ ) er det ofte liten eller ingen økning i vannfarge, særlig om det også er mye farge i vannet fra før.

### Effekter på prosentvis endring i farge

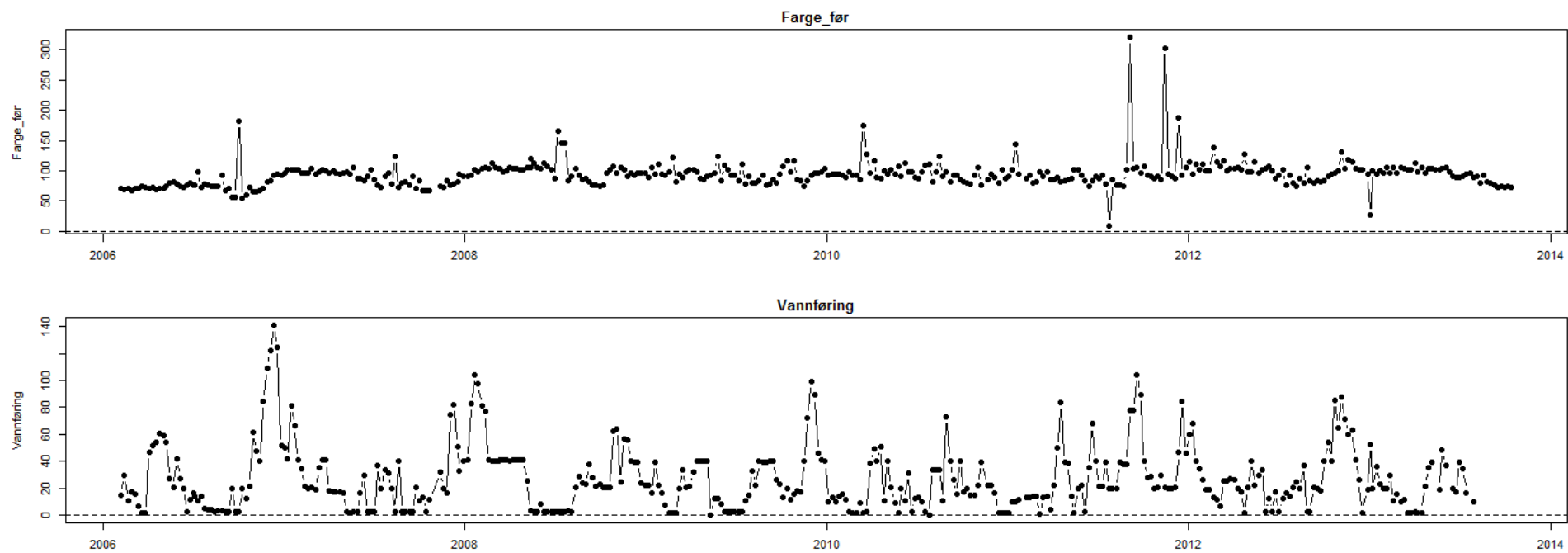
Vi fant omtrent de samme resultatene i dette tilfellet, vist i Figur 10. og Figur 11. . Også her ser vi at endringen i farge øker kraftig når vannføringen synker under  $20 \text{ m}^3/\text{sek}$ .

### Fargeendring ved ulik vannføring

Med bakgrunn i disse resultatene delte vi datasettet opp i fire deler med ulik vannføring. Vi fant da signifikant mer vannfarge etter bedriften enn før bedriften hvis vannføringen var under  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  eller  $10\text{-}20 \text{ m}^3/\text{s}$ , mens det ikke var forskjell i vannfarge før eller etter bedriften hvis vannføringen var  $20\text{-}35 \text{ m}^3/\text{s}$  eller over  $35 \text{ m}^3/\text{s}$  (**Tabell 3**). Dette er vist grafisk i **Figur 12**. Forklaringen ligger antagelig i at bidraget fra Saugbrugs er relativt konstant. Og ikke så stort. Slik at man bare klarer å registrere det når det er lite vann i elva. Tallene totalt sett tyder på at Saugbrugs bidrar til vannfargen.

Det er også tilfeller med lav vannføring og likevel ingen endring i farge. Det kunne vært interessant å se nærmere på under hvilke omstendigheter dette inntreffer.





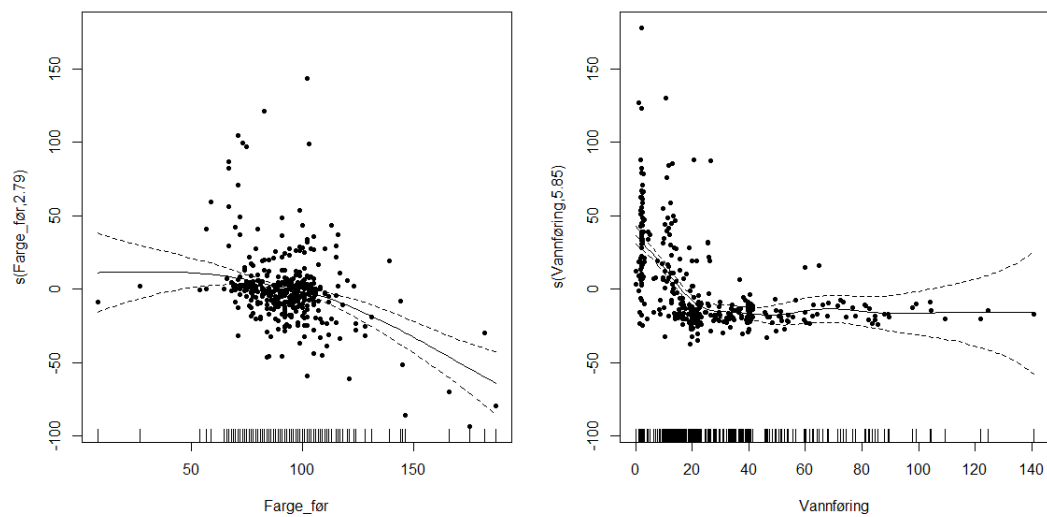
Figur 7. Variablene Farge\_før (vannfarge før Sagbrugs) og Vannføring.



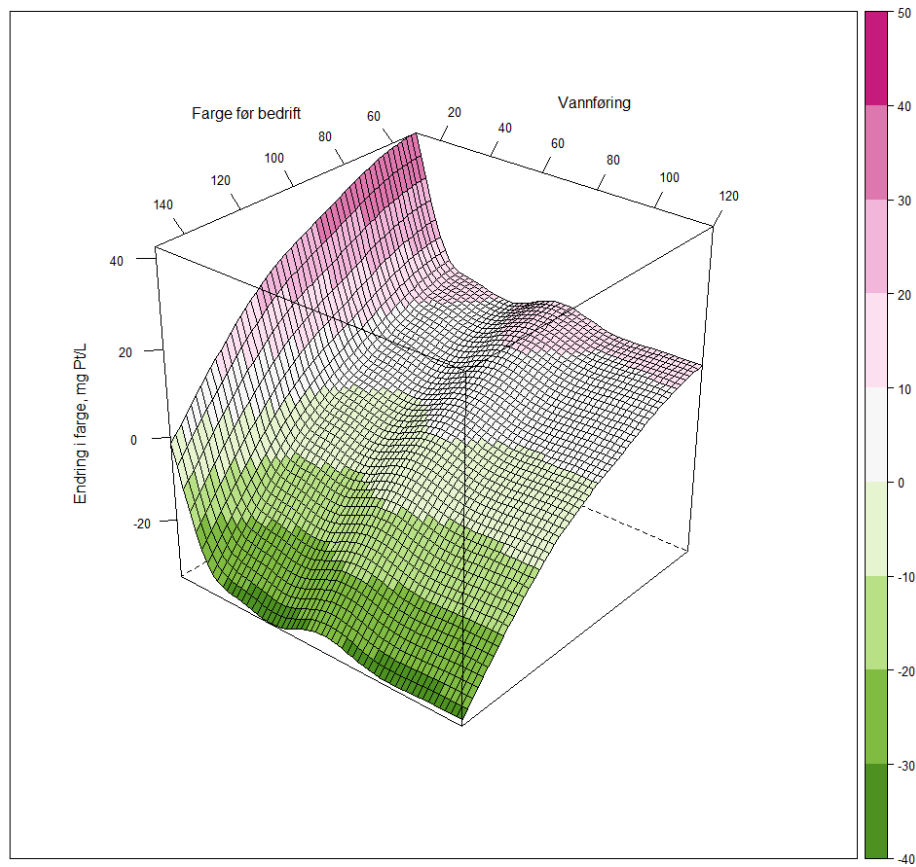
**Tabell 2.** Analyse av endring i vannfarge (etter bedriften minus før bedriften). Begge modellene tok hensyn til avhengighet mellom påfølgende målinger ved å inkludere en såkalt AR(1)-effekt.

Approximate significance of smooth terms:

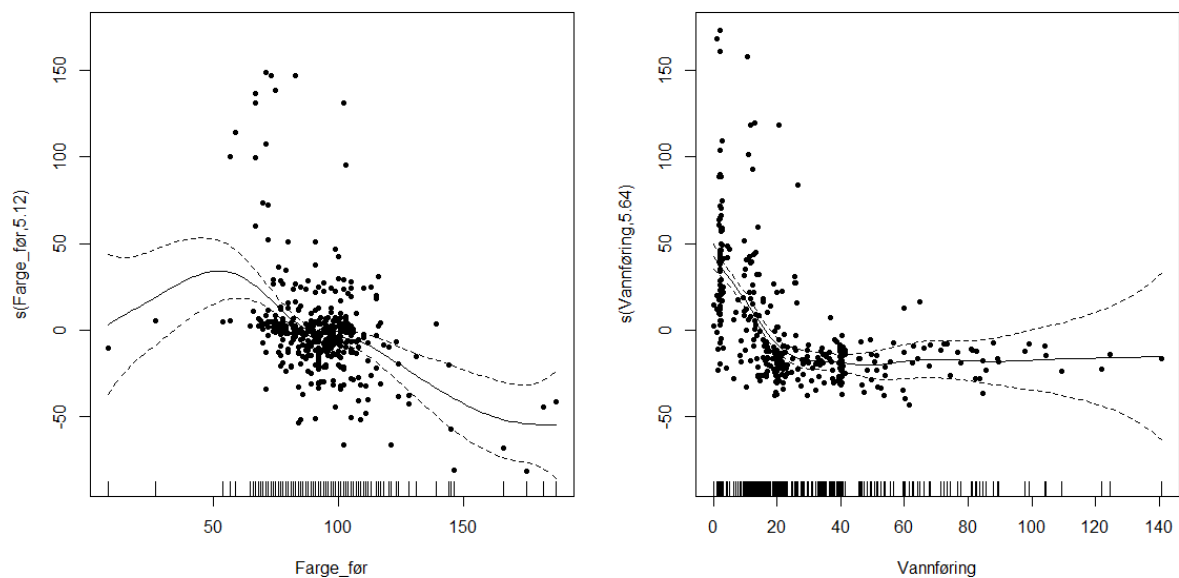
	edf	Ref.df	F	p-value
s(Farge_før)	7.958	7.958	23.02	<2e-16
s(Vannføring)	5.942	5.942	33.38	<2e-16



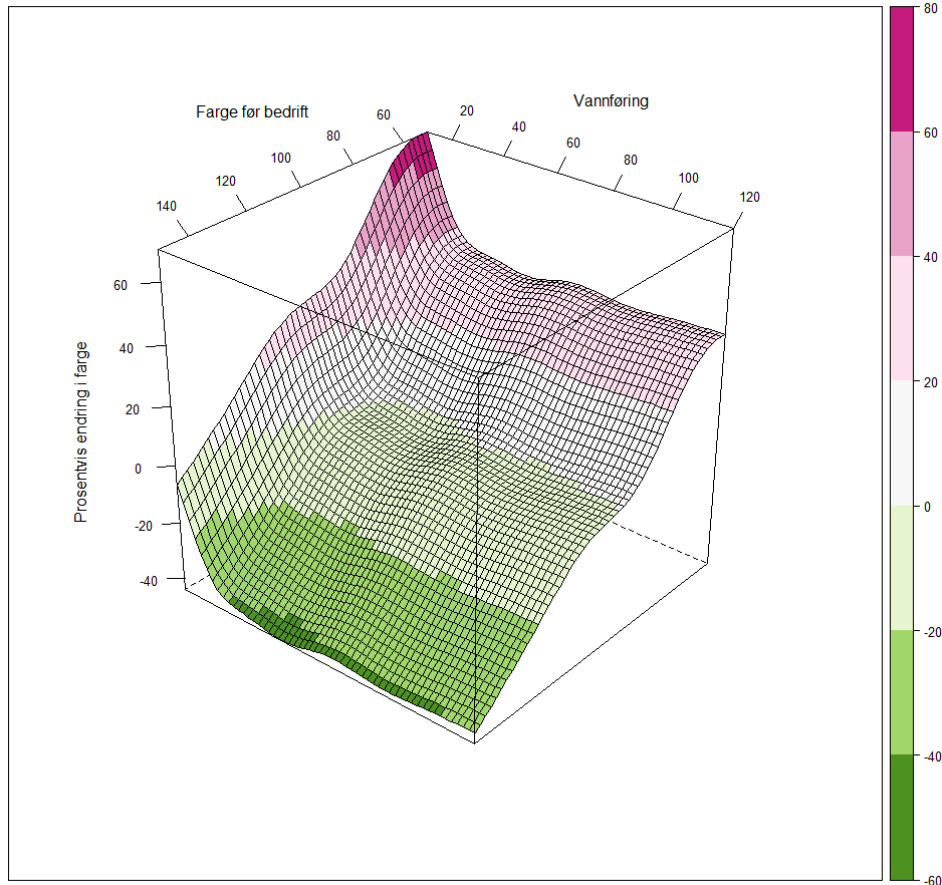
**Figur 8.** Effekter av Farge\_før (farge før bedriften) og vannføring på endring i farge. Y-aksen viser kun en endringsindeks for de to variablene, ikke faktisk endring (dette er vist i neste figur).



**Figur 9.** Endring i farge som funksjon av Farge\_før (farge før bedriften) og vannføring. Rødfarger viser økning i farge, grønnfarge viser minking av farge. De fleste datapunktene befinner seg i den svakt røde delen.



**Figur 10.** Som Figur 8. , men her er den prosentvise endringen i farge analysert.



**Figur 11.** Som **Figur 9**, men her er den prosentvise endringen i farge analysert.

**Tabell 3.** Tester av fargeendring (forskjell etter og før bedrift) ved 4 ulike vannføringer.

**Vannføring < 10 m3/s (22.9 % av dagene)**

	Model	df	AIC	BIC	logLik	Test	L.Ratio	p-value
fm2.null	1	4	1832.773	1845.632	-912.3863			
fm2.alt	2	5	1757.792	1773.866	-873.8958	1 vs 2	76.98096	<.0001

**Vannføring 10-20 m3/s (23.7 % av dagene)**

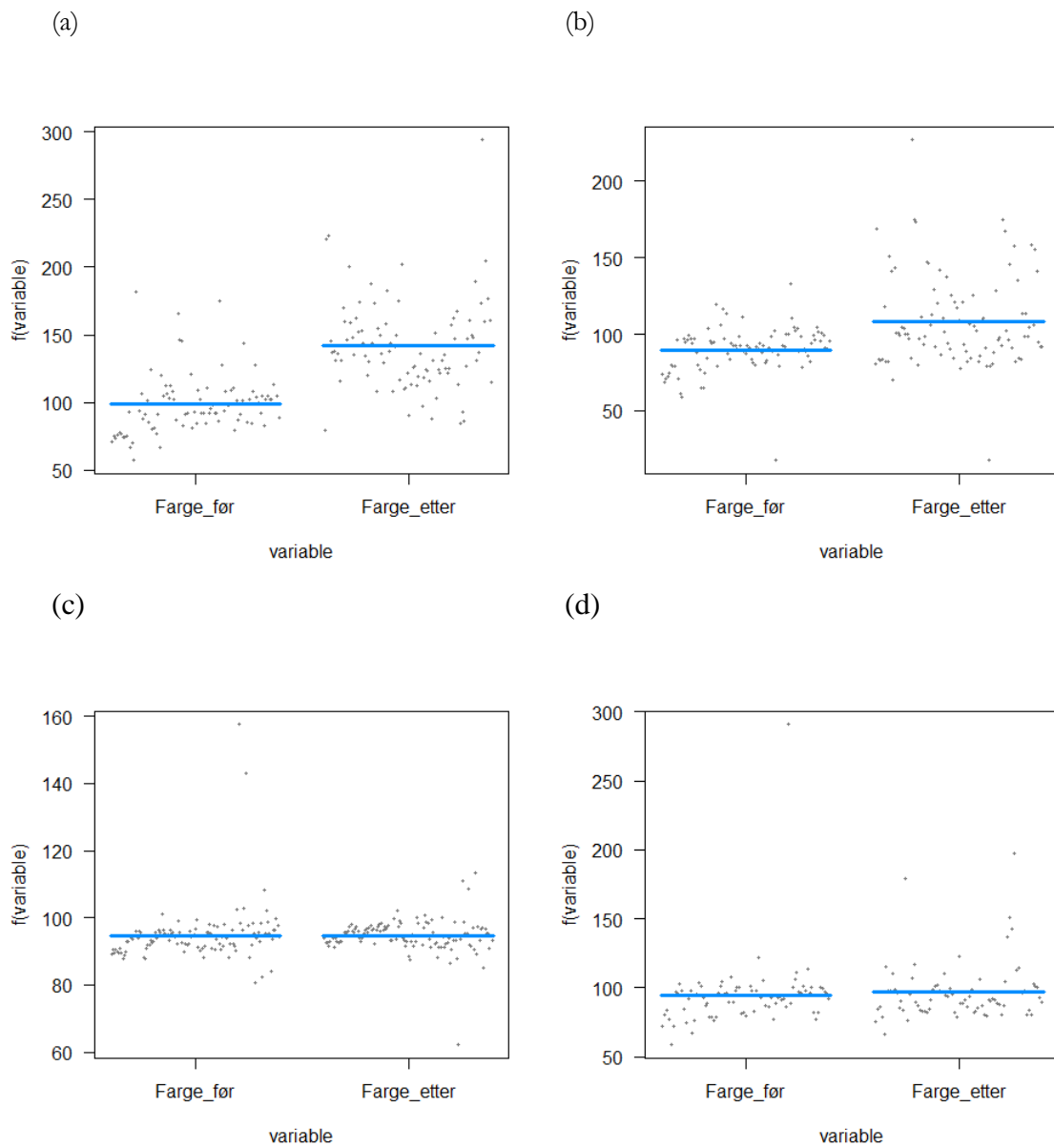
	Model	df	AIC	BIC	logLik	Test	L.Ratio	p-value
fm2.null	1	4	1795.128	1808.116	-893.5640			
fm2.alt	2	5	1764.308	1780.543	-877.1538	1 vs 2	32.82043	<.0001

**Vannføring 20-35 m3/s (19.7 % av dagene)**

	Model	df	AIC	BIC	logLik	Test	L.Ratio	p-value
fm2.null	1	4	1464.982	1477.233	-728.4912			
fm2.alt	2	5	1466.433	1481.746	-728.2163	1 vs 2	0.549804	0.4584

**Vannføring over 35 m3/s (30.2 % av dagene)**

	Model	df	AIC	BIC	logLik	Test	L.Ratio	p-value
fm2.null	1	4	2045.109	2059.064	-1018.554			
fm2.alt	2	5	2047.108	2064.553	-1018.554	1 vs 2	0.0005436436	0.9814



**Figur 12.** Farge før og etter bedrift ved 4 ulike vannføringer:  $< 10 \text{ m}^3/\text{s}$  (a),  $10\text{-}20 \text{ m}^3/\text{s}$  (b),  $20\text{-}35 \text{ m}^3/\text{s}$  (c) og over  $35 \text{ m}^3/\text{s}$  (d).