



Optimalisert drift av omløpsventiler

Samuel Vingerhagen og Kjetil Arne Vaskinn, Sweco Norge AS

83
2017



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 83-2017

Optimalisert drift av omløpsventiler

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Samuel Vingerhagen og Kjetil Arne Vaskinn, Sweco Norge AS

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 40

Forsidefoto: Samuel Vingerhagen

ISBN 978-82-410-1637-0

ISSN 1501-2832

Sammendrag: NVE ønsket å få undersøkt om omløpsventiler blir driftet i henhold til intensjonene. Fem småkraftverk i Trøndelag ble valgt ut i studien. Sweco Norge AS fikk i oppdrag å undersøke driften av omløpsventilene på lav, middels og høy vannføring. I tillegg skulle Sweco AS foreslå konkrete tiltak for å optimalisere driften av omløpsventilene. Resultatene fra arbeidet er presentert og diskutert i vedlagte utredning.

Emneord: Omløpsventiler, anadrom fisk, småkraft

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

2017

Forord

For å kunne gi konsesjon til kraftverk som ligger oppstrøms verdifulle elvestrekninger for fisk, setter Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) normalt krav om installering av omløpsventil. Denne skal åpne seg hvis kraftverket stopper brått. Den skal sørge for at vannføringen i elva nedstrøms kraftverket reduseres gradvis og over så lang tid at man unngår at fisk blir liggende igjen på land.

Målet med dette prosjektet har vært å undersøke om omløpsventiler blir driftet i henhold til intensjonene. SWECO AS fikk dette oppdraget etter en utlysning. Denne rapporten presenterer resultatene fra dette prosjektet. Rapporten er skrevet av SWECO AS som står ansvarlig for konklusjoner og anbefalinger.

NVE takker både Sweco AS og kraftverkseierne for godt samarbeid.

Oslo, desember 2017



Ingunn Åsgard Bendiksen
avdelingsdirektør



Øyvind Leirset
seksjonssjef

RAPPORT

Optimalisert drift av omløpsventiler



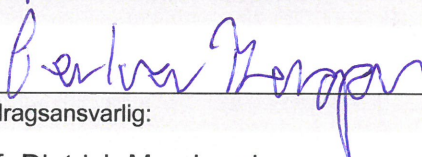
Kundenavn: Norges Vassdrags- og energidirektorat
Oppdrag: NVE FoU 2016 - Optimalisering drift av omløpsventiler
Oppdragsnummer: 22573001
Dokumentnummer: 22573001 Rev: 00

Sammendrag:

I forbindelse med småkraftutbygningen i Norge de siste årene krever NVE at det installeres omløpsventiler i flere av småkraftverkene. Omløpsventilen skal åpne seg hvis et kraftverk stopper brått. Den skal sørge for at vannføringen i elva nedstrøms kraftverket reduseres gradvis for å unngå at fisk blir liggende igjen på land. Faren for at fisk blir liggende igjen på land ved redusert vannføring i elva avhenger av flere faktorer som blant annet: initial vannføring, hvor raskt vannføringen reduseres, elvas utforming/profil, årstid, temperatur og når på døgnet vannføringen reduseres. Det er gjort forsøk med formål å sjekke om og hvordan omløpsventiler virker på 5 forskjellige kraftverk. På hvert kraftverk er det gjennomført 3 forsøk: Ved lav vannføring, gjennomsnittlig vannføring og ved høy vannføring i elvene. Kapasiteten til omløpsventilene er stort sett 50% av maksimal slukeevne. Konklusjoner fra forsøkene er at det er få likhetstrekk mellom kraftverkene når det gjelder styring av omløpsventiler. De fleste omløpsventilene stenger så fort at det er fare for stranding av fisk. Det ser ikke ut til at det er tatt hensyn til de hydrauliske/hydrologiske forhold i forbindelse med styring av omløpsventilene og kraftverkene (avslag, nedkjøring og oppkjøring). Ved mange kraftverk blir elva tørrlagt eller nesten tørrlagt før omløpsventilen åpner. Ved enkelte kraftverk fungerer ikke omløpsventilen når kraftverket stoppes ved bruk av nødstop. Det er behov for testing av omløpsventilens funksjon ved; nettutfall, bruk av nødstopbryter og stans av kraftverket. Videre bør det årlig utføres forsøk som dokumenterer at omløpsventilene fungerer. Forsøkene må gjøres på et tidspunkt som er gunstig for dyr/fisk i elvene. Det bør vurderes å gjøre forsøk for å finne optimal nedstengning og oppkjøring av kraftverket.

Rapportstatus:

- Endelig
 Oversendelse for kommentarer
 Utkast/internt

Utarbeidet av: Samuel Vingerhagen / Kjetil Arne Vaskinn	Sign: 
Kontrollert av: Per Ivar Bergan	Sign: 
Oppdragsleder: Kjetil Arne Vaskinn	Oppdragsansvarlig: Wolf- Dietrich Marchand

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	6
2	Beskrivelse av forsøksstedene	7
2.1	Kraftverk 1 Sundli	7
2.2	Kraftverk 2 Gryta	8
2.3	Kraftverk 3 Bele	8
2.4	Kraftverk 4 Brandåa	8
2.5	Kraftverk 5 Sya	9
3	Teori	9
3.1	Litteraturstudier	10
4	Metodikk	11
4.1	Benyttet utstyr	11
4.2	Arbeid før feltarbeid	11
4.3	Feltarbeid	12
5	Resultater	12
5.1	Kraftverk 1 Sundli	12
5.1.1	Forsøk 1	12
5.1.2	Forsøk 2	13
5.1.3	Forsøk 3	13
5.2	Kraftverk 2 Gryta	14
5.2.1	Forsøk 1	14
5.2.2	Forsøk 2	14
5.2.3	Forsøk 3	15
5.3	Kraftverk 3 Bele	16
5.3.1	Forsøk 1	16
5.3.2	Forsøk 2	16
5.3.3	Forsøk 3	17
5.4	Kraftverk 4 Brandåa	18
5.4.1	Forsøk 1	18
5.4.2	Forsøk 2	19
5.4.3	Forsøk 3	19
5.5	Kraftverk 5 Sya	20
5.5.1	Forsøk 1	20
5.5.2	Forsøk 2	20
5.5.3	Forsøk 3	21
6	Analyse	21
6.1	Vannstandsendringer	21
6.2	Kraftverk 1 Sundli	23
6.3	Kraftverk 2 Gryta	24
6.4	Kraftverk 3 Bele	25
6.5	Kraftverk 4 Brandåa	25
6.6	Kraftverk 5 Sya	25
7	Anbefalinger	26
7.1	Metoder for regulering av omløpsventilen	26

7.1.1	Regulering mot vannspeil i elva	27
7.1.2	Regulering mot vannføring gjennom kraftverket	28
7.1.3	Billig metode for eksisterende kraftverk	28
7.2	Kraftverk 1 Sundli	29
7.3	Kraftverk 2 Gryta	29
7.4	Kraftverk 3 Bele	29
7.5	Kraftverk 4 Brandåa	30
7.6	Kraftverk 5 Sya	30
8	Konklusjoner	30
9	Referanser	31

Vedleggsliste:

- Vedlegg 1 – Oversikt over forsøkssteder
- Vedlegg 2 – Resultater hydrogrammer vannstand og temperatur
- Vedlegg 3 – Nedstengningstid
- Vedlegg 4 – Rådata fra loggere (elektronisk)
- Vedlegg 5 – Bilder og filmer (elektronisk)

Figurliste:

Figur 1 Oversikt over kraftverkene.....	7
Figur 2 Sammenheng vannstand – vannføring.....	22
Figur 3 Begynnende tørrfall i elva ved 450 l/s	23
Figur 4 Regulering av omløpsventil ved stopp. (NB! Kun eksempel. Oppgitte verdier og innbyrdes forhold vil variere fra kraftverk til kraftverk)	27

Tabelliste:

Tabell 1 Kraftverksdata Kraftverk 1 Sundli.....	7
Tabell 2 Kraftverksdata Kraftverk 2 Gryta	8
Tabell 3 Kraftverksdata Kraftverk 3 Bele	8
Tabell 4 Kraftverksdata Kraftverk 4 Brandåa	9
Tabell 5 Kraftverksdata Kraftverk 5 Sya	9
Tabell 6 Hendelsesforløp under forsøket.....	12
Tabell 7 Resultater vannføring	13
Tabell 8 Hendelsesforløp under forsøket.....	13
Tabell 9 Hendelsesforløp under forsøket.....	14
Tabell 10 Hendelsesforløp under forsøket.....	15
Tabell 11 Hendelsesforløp under forsøket.....	15
Tabell 12 Hendelsesforløp under forsøket.....	16
Tabell 13 Hendelsesforløp under forsøket.....	17
Tabell 14 Hendelsesforløp under forsøket.....	17
Tabell 15 Hendelsesforløp under forsøket.....	18
Tabell 16 Hendelsesforløp under forsøket.....	19
Tabell 17 Hendelsesforløp under forsøket.....	19
Tabell 18 Hendelsesforløp under forsøket.....	20
Tabell 19 Hendelsesforløp under forsøket.....	20
Tabell 20 Hendelsesforløp under forsøket.....	21
Tabell 21 Sammenligning anbefalt kurve mot forsøk.....	22

1 Innledning

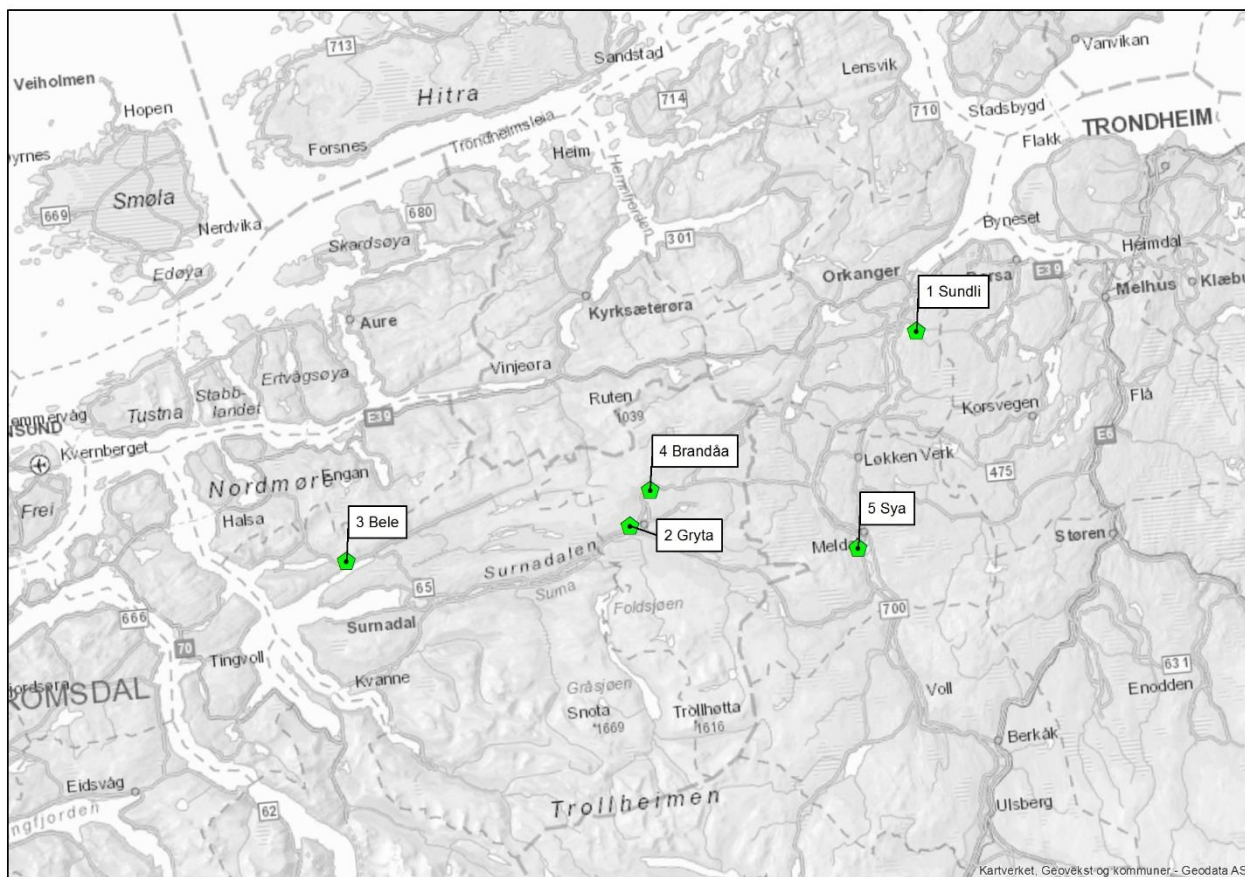
I forbindelse med småkraftutbygningen, i Norge, de siste årene krever NVE at det installeres omløpsventiler i flere av småkraftverkene. Ved utfall av vannkraftverk kan vannføringen i elva nedstrøms kraftverksutløpet bli kraftig redusert på kort tid og vannstanden kan dermed synke raskt. En omløpsventil er en installasjon som skal hindre denne raske vannstandsreduksjonen ved å slippe vann forbi kraftverket nærmest umiddelbart. Deretter kan omløpsventilen stenges gradvis, slik at reduksjon av vannføringen skjer langsomt. Hovedhensikten er å unngå at fisk strander på elvebreddene når vannstanden i elva synker raskt.

Faren for at fisk blir liggende igjen på land ved redusert vannføring i elva avhenger av flere faktorer som blant annet: initial vannføring, hvor raskt vannføringen reduseres, elvas utforming/profil, årstid, temperatur og når på døgnet vannføringen reduseres.

NVE ønsker å øke kunnskapen om hvordan omløpsventiler bør driftes for å ivareta fiskeinteressene nedstrøms kraftverk. Sweco har fått i oppgave å gjøre disse undersøkelsene på oppdrag fra NVE. NVE ønsker at 5 til 10 kraftverk blir undersøkt og at det som resultat av forsøkene foreslås et best mulig driftssystem for å ivareta fiskeinteressene nedstrøms hvert enkelt av de undersøkte kraftverkene. Sweco har valgt å undersøke 5 kraftverk, hvorav et er magasinkraftverk og de fire andre er elvekraftverk.

2 Beskrivelse av forsøksstedene

Totalt 5 kraftverk ble valgt ut for å være med i undersøkelsen. De fem anleggene er: Bele, Brandåa, Gryta, Sundli og Sya. I Figur 1 er plasseringen til de 5 kraftverkene vist. Nedenfor følger det litt kort informasjon om hvert enkelt kraftverk.



Figur 1 Oversikt over kraftverkene

2.1 Kraftverk 1 Sundli

Kraftverk 1 Sundli er et magasinkraftverk. Kraftverket ligger i et nasjonalt laksevasdrag - Orklavassdraget. Elvestrekningen fra kraftverket og ned til samløp med Orkla er 5,8 km. Andre viktige data for kraftverket finnes i Tabell 1

Tabell 1 Kraftverksdata Kraftverk 1 Sundli

Vannmengder		
Gjennomsnittsvannføring	0,433	[m ³ /s]
Minstevannføring hele året	0,03	[m ³ /s]
Maks slukeevne	0,84	[m ³ /s]
Min slukeevne	0,07	[m ³ /s]
Omløpsventil Maks vannføring	0,37(målt)	[m ³ /s]
Omløpsventil Min vannføring		[m ³ /s]

2.2 Kraftverk 2 Gryta

Kraftverk 2 Gryta er et elvekraftverk. Kraftverket ligger i et nasjonalt laksevassdrag - Surna. Elvestrekningen fra kraftverket og ned til samløp med Surna er ca 0,7 km. Andre viktige data for kraftverket finnes i Tabell 2

Tabell 2 Kraftverksdata Kraftverk 2 Gryta

Vannmengder		
Gjennomsnittsvannføring	0,337	[m ³ /s]
Minstevannføring 15.mai – 15.oktober	0,10	[m ³ /s]
Minstevannføring resten av året	0,02	[m ³ /s]
Maks slukeevne	0,79	[m ³ /s]
Min slukeevne	0,03	[m ³ /s]
Omløpsventil Maks vannføring		[m ³ /s]
Omløpsventil Min vannføring		[m ³ /s]

2.3 Kraftverk 3 Bele

Kraftverk 3 Bele er et elvekraftverk. Elva nedstrøms kraftverket har utløp i en nasjonal laksefjord. Elvestrekningen fra kraftverket og ned til Åsskardvågen er ca 2,0 km. Andre viktige data for kraftverket finnes i Tabell 3

Tabell 3 Kraftverksdata Kraftverk 3 Bele

Vannmengder		
Gjennomsnittsvannføring	0,45	[m ³ /s]
Minstevannføring 1.mai – 30.september	0,09	[m ³ /s]
Minstevannføring resten av året	0,05	[m ³ /s]
Maks slukeevne		[m ³ /s]
Min slukeevne		[m ³ /s]
Omløpsventil Maks vannføring		[m ³ /s]
Omløpsventil Min vannføring		[m ³ /s]

2.4 Kraftverk 4 Brandåa

Kraftverk 4 Brandåa er et elvekraftverk. Kraftverket ligger i et sidevassdrag til Surna som er et nasjonalt laksevassdrag. Elvestrekningen fra kraftverket og ned til samløp med en Surna elv er ca 0,15 km. Andre viktige data for kraftverket finnes i Tabell 4

Tabell 4 Kraftverksdata Kraftverk 4 Brandåa

Vannmengder		
Gjennomsnittsvannføring	0,45	[m ³ /s]
Minstevannføring 1.mai – 30.september (Inntak Trøkna)	0,04	[m ³ /s]
Minstevannføring resten av året (Inntak Trøkna)	0,02	[m ³ /s]
Minstevannføring Kanalinntak Trøkna hele året	0,04	[m ³ /s]
Maks slukeevne	1,3	[m ³ /s]
Min slukeevne		[m ³ /s]
Omløpsventil Maks vannføring	0,65	[m ³ /s]
Omløpsventil Min vannføring		[m ³ /s]

2.5 Kraftverk 5 Sya

Kraftverk 5 Sya er et elvekraftverk. Kraftverket ligger i ei sideelv til Orkla som er et nasjonalt laksevasdrag. Elvestrekningen fra kraftverket og ned til samløp med en større elv er ca 0,7 km. Andre viktige data for kraftverket finnes i Tabell 5

Tabell 5 Kraftverksdata Kraftverk 5 Sya

Vannmengder		
Gjennomsnittsvannføring	0,45	[m ³ /s]
Minstevannføring 1.mai – 30.september	0,10/0,05?	[m ³ /s]
Minstevannføring resten av året	0,02	[m ³ /s]
Maks slukeevne		[m ³ /s]
Min slukeevne		[m ³ /s]
Omløpsventil Maks vannføring	0,45	[m ³ /s]
Omløpsventil Min vannføring		[m ³ /s]

3 Teori

Det er gjort litteraturundersøkelser for å finne hva som er gjort nasjonalt og internasjonalt innenfor dette området. Konklusjonen på dette arbeidet er at det ikke er gjort mye arbeide her. En god oppsummering er gjort i /4/

3.1 Litteraturstudier

Det er lite relevant litteratur å finne angående drift av omløpsventil for småkraftverk. På samme måte som i Norge, eksisterer det noe litteratur om start-/ stoppkjøring (effektkjøring) og påvirkningen av elva på grunn av dette. Effektkjøring skjer vanligvis i større elver enn de som blir vurdert til småkraftutbygging.

Rapporten "Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebes – Ergebnisse einer Litteraturstudie" (Baumann og Klaus 2003, på tysk) (ferskvannøkologiske påvirkninger av effektkjøring – resultater av en litteraturstudie) gir en oversikt over eksisterende litteratur med hovedfokus på Alpene, men det er også henvist til rapporter fra Norge og USA.

Hovedkonklusjonen i den sveitsiske rapporten er at det fortsatt er behov for forskning og rapportering av de utbygde kraftverk som allerede driver med effektkjøring. I den undersøkte litteraturen er det angitt ulike grenseverdier som det bør tas hensyn til for å unngå større økologiske skader i den påvirkede elva. Et utvalg er:

- Ved et forhold mellom vannføringen før og etter stopp av kraftverket på 4 til 1 kan det forventes at det ikke blir relevante økologiske påvirkninger i fjell-elver. I Østerrike viser erfaringer et maksimalt forhold på 3 til 1 mellom vannføringen før og etter stopp av kraftverket for at det ikke skal bli vesentlig skade.
- I elva Inn (Sveits) konkluderes det med at det vanndekte arealet maksimalt bør forandres med 1 m/min i bredderetningen, slik at fisk får tilstrekkelig tid til å flytte på seg.
- Påvirkningen i elva er mindre skadelig hvis det er en naturlig variasjon i elve-profilene. De skadelige virkninger er størst på elvestrekninger med homogen profil, ofte forårsaket av tidligere elvekanaliseringer og forbygninger.
- Observasjoner fra Norge viser at senkingshastigheten på vannspeilet i elva bør ligge under 0,2 cm/min, eller 13 cm/time for å unngå stranding av fisk (Harby m.fl. 2004).

Det konkluderes med at det ikke kan avledes et økologisk tolerant forhold mellom vannføringen før og etter stopp i kraftverket, og at ulike elver og tilknyttet flora og fauna reagerer helt ulikt på effektkjøring. Dette betyr at hver elvestrekning med planlagt effektkjøring bør undersøkes. Men i mange tilfeller kan en enkel vurdering være tilstrekkelig. Som indikatorer og mulige observasjonsmetoder nevnes blant annet å måle den periodisk tørrfallende andelen av elvebredden. Innsatsen kan begrenses for små og middels store elver med å måle opp noen representative tverrprofiler i elva. Ved tørrfall kan påvirkningen av avslaget i kraftverket beskrives kvalitativt med en befaring langs den påvirkede elvestrekningen. Strandet fisk og plutselig avsnørte kulper i hovedelva kan da observeres. Men denne metoden er bare anvendelig i allerede regulerte elver. Dersom den skal benyttes i planleggingsfasen av nye kraftverk, må undersøkelsestidspunktet legges til perioder med lav vannføring.

Som tiltak for å redusere effekten av start-/ stoppkjøring nevnes to ulike grunntyper:

- Modifiseringer av elvekarakteristikken, slik at plutselig vannstandsforandring får mindre effekt.
- Endret praksis for start-/ stoppkjøringen.

Det er foreslått konkrete tiltak. Det som også kan være meningsfylt i sammenheng med plutselig stopp i småkraftverk er:

- Separat utløp for driftsvannet. Driftsvannet føres tilbake til elva på et sted der det ikke fører til et plutselig fall i vannspeilet ved stopp i kraftverket (f. eks. utløp i en større elv eller et vann).
- Forhold mellom vannspeil ved drift av kraftverket og worst case-situasjonen ved utfall reduseres ved å ha høyere minstevannføring forbi kraftverket.

- Etablering av utjevningssjøer ved utløpet fra kraftverket. Dersom det er en uttett dam med en betydelig vannmengde rett nedstrøms utløpskanalen, så vil denne gradvis slippe gjennom vann i etterkant av at kraftstasjonen stopper. Dette vil dempe vannstandsforandringen i elva nedstrøms.
- Tiltakene over kan gjennomføres differensiert gjennom året, slik at forstyrrelser unngås ved sårbare tidspunkt for fisk eller andre interesser.
- Areal som blir tørrlagt minimeres med hjelp av hydraulisk optimalisering av vassdraget eller ved å bygge terskler.

De nevnte grenseverdier for å begrense økologiske skader i vassdraget er nok bedre egnet for større kraftverk, men kan likevel brukes som nyttige parametre i småkraft-saker. De beskrevne tiltakene kan vurderes i sammenheng med kapasitet på en omløpsventil, eller som alternativer. Det er ikke funnet noen eksakte verdier på hvor lang elvestrekning nedstrøms kraftverket som blir påvirket av tørrfall, men det er i alle tilfeller kun snakk om tid, såfremt det ikke kommer inn større elver fra restfeltet eller overløp fra inntaksdammen.

SINTEF-miljøet i Trondheim har undersøkt påvirkning av effektkjøring i Trollheimen kraftverk i elva Surna i en årrekke, og det foreligger mange publikasjoner fra dette arbeidet (bl.a. Halleraker m.fl. 2007). Det er målt opp og kartlagt til sammen 62 tverr-profiler med topografi og substratforhold. Vannstand ved en kjent vannføring er bestemt for alle profiler. Resultatene fra arbeidet har en viss overføringsverdi, men et såpass stort anlegg som Trollheimen kraftverk medfører mange flere og mer komplekse konsekvenser enn det som skjer i forbindelse med småkraftverk.

I Effektprogrammet ble det også gjennomført undersøkelser av effektkjøringens påvirkning av fiskebestandene i Nidelven i Trondheim og Mandalselva. Begge elvene er store, og vannføringssvingningene ved stopp i kraftstasjonen er betydelig større enn i et utfall i småkraftverk i mindre vassdrag.

4 Metodikk

4.1 Benyttet utstyr

Følgende utstyr ble benyttet i forbindelse med feltforsøkene:

- ❖ Global Water WL-16, vannstands og temperaturloggere
- ❖ UVision UM562, Viltkamera
- ❖ Ltl Acron 6210M, Viltkamera
- ❖ Sommer FlowTracer, Vannføringsmåler basert på saltmåling
- ❖ Mobil/håndholdt kamera av varierende typer
- ❖ Pcer for saltmåling og nedlastning av data fra loggere og bilder

4.2 Arbeid før feltarbeid

Alle temperatur- og vannstandsloggere ble kontrollert og kalibrert før bruk.

Vannstandsloggerne ble sjekket ved trykk tilsvarende luftrykket, og ved en vannstand på ca 4,5 m vanntrykk(VS). Det ble kontrollert at vannstanden ved luftrykk var tilnærmet lik før og etter at loggeren ble utsatt for 4,5 m vanntrykk. Avvik innenfor +- 2 cm ble akseptert. Høyden på testet vannsøyle ble målt opp med laser avstandsmåler (Håndholdt 2 stk).

Temperaturloggerne ble kontrollert ved 0°C (Isbad) og ved ca 21 - 23°C, avvik innenfor +- 0,2°C ble akseptert. Kontrollinstrument var en «Anritsu HD-1250K» med «X13; innstikkføler, butt type».

4.3 Feltarbeid

WL-16 loggerne og viltkameraene ble sjekket og stilt i henhold til sjekklister før utplassering ved kraftverket som det skulle utføres forsøk. Ved første gangs besøk fant man egnede plasser for utplassering av loggerne og kameraer. Ved 2 og 3 gangs forsøk ble samme måleplass benyttet for utstyret, eventuelt med en liten justering hvis det skulle være nødvendighet (f.eks sol rett mot kameraet). WL-16 loggerne ble forsøkt plassert etter følgende oppsett:

1. I inntaksdammen
2. Rett nedstrøms inntaksdammen
3. Like oppstrøms utløp fra kraftverket
4. Rett nedstrøms utløp fra kraftverket
5. ca. 100 m nedstrøms utløp fra kraftverket
6. ca. 500 m nedstrøms utløp fra kraftverket
7. ca. 1 km nedstrøms utløp fra kraftverket

Det ble foretatt justeringer i oppsettet avhengig av lokale forhold og tilgjengelighet. Ved noen av forsøkene ble det ikke plassert loggerne ved inntaksdammen. Dette skjedde når en kunne hente data fra kraftverkets egne loggerne.

Kameraene ble plassert ved siden av WL-16 loggerne med 2 til 3 kameraer ved hvert kraftverk.

Etter utplassering av loggerne og kameraer ble vannføringen nedstrøms kraftverket målt. Så ble kraftverket stoppet hurtig. Når omløpsventilen hadde åpnet seg ble ventilåpning notert og det ble foretatt en ny vannføringsmåling. Etterhvert som omløpsventilene stengte ble ventilåpning notert og vannføringsmåling tatt ved jevne mellomrom. Etter at omløpsventilen var fullstendig stengt måltes vannføringen på ny. Så sto kraftverket stille i en periode som var lang nok til at virkningen av stoppen på kraftverket nådde fram til alle måleplassene i elva. Kraftverket startet opp igjen og loggerne ble tatt ned når vannstanden hadde nådd normalsituasjonen sin igjen. Ved enkelte kraftverk var man nødt til å avvike fra prosedyren pga. lokale forhold.

5 Resultater

I vedleggene finnes detaljene fra hvert enkelt forsøk. I rapporten er det gjort en kort oppsummering av gjennomføringen av hvert forsøk.

5.1 Kraftverk 1 Sundli

5.1.1 Forsøk 1

Utført 2016.09.21 i tidsrommet 10:00 til 13:05. Temperaturen varierte mellom 12 og 15°C i forsøksrommet. Det rant ca 70 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var 370 l/s. Krav til minstevannføring var 30 l/s denne dagen.

Tabell 6 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	10:00		0,45
Kraftverk stopper	10:11		
Måling 1	10:20		0,23

Måling 2	10:34		0,17
	10:46	35	
Måling 3	10:50		0,13
Måling 4	11:07		0,085
Ventil stengt	11:36		0,069
Kraftverk oppstart	12:03		

Både start og stopp av kraftverket forgikk slik som kraftverkseier/driftspersonell hadde beskrevet. Kraftverket stoppet, så gikk det en kort periode før omløpsventilen åpnet til programmert vannføring. Omløpsventilen stengte stegvis over 1 time. Det var 15 min mellom hvert steg.

5.1.2 Forsøk 2

Utført 2016.10.07 i tidsrommet 08:00 til 14:15. Temperaturen varierte mellom -1 og +10 °C i forsøksrommet. Det rant ca 80 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var 810 l/s. Krav til minstevannføring var 30 l/s denne dagen.

Tabell 7 Resultater vannføring

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	07:50		0,88
Kraftverk stopper	08:06	0	
Måling 1	08:15	100	0,45
Måling 2	08:25	75	0,32
Måling 3	08:40	50	0,19
Måling 4	08:55	28	0,099
Ventil stengt	09:15	0	0,076
Kraftverk oppstart	10:45		

Både start og stopp av kraftverket gikk slik som kraftverkseier/driftspersonell hadde forespeilet. Kraftverket stoppet. Etter en kort periode åpner omløpsventilen til programmert vannføring. Omløpsventilen stengte seg stegvis over 1 time. Det var 15 min mellom hvert steg.

5.1.3 Forsøk 3

Utført 2016.10.07 i tidsrommet 08:00 til 14:15. Temperaturen varierte mellom -3 og +2°C i forsøksrommet. Det rant ca 50 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var 23 l/s. Krav til minstevannføring var 30 l/s denne dagen.

Tabell 8 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	07:25		0,07
Kraftverk stopper	08:00	0	

Måling 1	08:11	0	0,050
Ventil stengt	08:45	0	0,047
Kraftverk oppstart	10:15		

Både start og stopp av kraftverket gikk slik som kraftverkseier/driftspersonell hadde forespeilet. Kraftverket stopper opp. Omløpsventilen åpnet seg ikke.

5.2 Kraftverk 2 Gryta

5.2.1 Forsøk 1

Utført 2016.09.29 I tidsrommet 13:00 til 16:00. Temperaturen varierte mellom +8 og +12 °C i forsøksrommet. Det rant ca 112 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var 130 l/s. Krav til minstevannføring var 100 l/s denne dagen.

Tabell 9 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	13:05		0,243
Kraftverk stopper	13:14	0	
Omløpsventil begynner å åpne	13:16	3,8	
	13:20	20,5	
	13:22	24	
Måling 1	13:28	10,8	0,235
	13:36	8,4	
	13:38	5,8	
Måling 2	14:45		0,167
	13:57	2,5	
Måling 3	14:09		0,130
	14:18	0	
Ventil stengt	14:30	0	0,112
Kraftverk oppstart	Startet ikke opp igjen.		

Kraftverket ble stoppet. Etter 2 minutter begynte omløpsventilen å åpne. Det kom brunt vann fra omløpsventilen som åpnet gradvis til 24 % åpning (Maksimal åpning er 30 %). Så stengte ventilen gradvis til ca 10 % åpning før den rolig stengte ned til 0 % åpning.

5.2.2 Forsøk 2

Utført 2017.04.04 I tidsrommet 15:00 til 17:00. Temperaturen varierte mellom 2 og 6 °C i forsøksrommet. Det rant ca 370 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var 800 l/s. Krav til minstevannføring var 20 l/s denne dagen.

Tabell 10 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	15:18		1,2
Vannføring oppstrøms kraftverk	15:41		0,37
Kraftverk stopper	15:50	0	
Omløpsventilen åpnes manuelt	16:00	20	
Omløpsventilen stenges manuelt	16:10	15	
Omløpsventilen stenges manuelt	16:15	10	
Måling 1	16:18		1,1
Omløpsventilen stenges manuelt	16:20	5	
Omløpsventilen stenges manuelt	16:30	0	
Kraftverk oppstart	16:35		

Kraftverket ble stoppet. Omløpsventilen åpnet ikke, den ble åpnet manuelt. Omløpsventilen ble så stengt med 5 % hvert 5 min. Nedstengingen skjedde manuelt.

5.2.3 Forsøk 3

Utført 2017.05.09 i tidsrommet 9:30 til 14:00. Temperaturen varierte mellom -1 og 3 °C i forsøktidsrommet. Det rant ca 30 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var ca. 500 l/s. Krav til minstevannføring var 20 l/s denne dagen.

Tabell 11 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	09:15		0,55
Vannføring oppstrøms kraftverk	09:32		0,03
Kraftverk stopper	09:54	0	
Nødstopp trykkes inn, omløpsventil åpner	09:59	0	
	10:00	17,5	
	10:07	11,5	
	10:08		0,26
	10:15	5,5	
	10:22		0,11
	10:23	0	
	10:38		0,04
Vann kommer fra inntaket	10:51		

	11:06		0,5
	11:21		
Kraftverk oppstart	12:23		

Kraftverket ble stoppet. Omløpsventilen åpnet ikke, ved å utløse nødstoppen startet omløpsventilen. Omløpsventilen ble så stengt gradvis av styringssystemet hvert 7 minutt.

5.3 Kraftverk 3 Bele

5.3.1 Forsøk 1

Utført 2016.09.29 i tidsrommet 09:00 til 15:00. Temperaturen varierte mellom +4 og +12 °C i forsøksrommet. Det rant ca 117 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var 70 l/s. Krav til minstevannføring var 90 l/s denne dagen.

Tabell 12 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	09:40		0,185
Kraftverk stopper	10:01	0	
	10:01	3,3	
Måling 1	10:09		0,143
	10:14	2,9	
	10:19	2,1	
Måling 2	10:20		0,121
	10:21	1,7	
	10:22	1,3	
	10:22	1,1	
	10:23	0,9	
	10:24	0,6	
	10:25	0,3	
Ventil stengt	10:26	0	
Måling 3	10:37	0	0,117
Kraftverk oppstart	12:05		

Omløpsventilen åpnet samtidig som kraftverket stopp. Deretter stengte omløpsventilen gradvis over en periode på en halv time.

5.3.2 Forsøk 2

Utført 2017.03.31 i tidsrommet 09:30 til 12:00. Temperaturen varierte mellom +0 og +8 °C i forsøksrommet. Det rant ca 90 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var ca. 600 l/s. Krav til minstevannføring var 50 l/s denne dagen.

Tabell 13 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	09:05		0,68
Vannføring oppstrøms kraftverk	09:20		0,094
Kraftverk stopper	09:37	46/50	
Måling 1	09:44		0,21
	09:49	36/36	
	09:52	65/0	
	09:56	36/0	
	09:57	30/0	
Måling 2	09:58	23/0	0,133
	09:59	18/0	
	10:00	13/0	
	10:01	8,3/0	
	10:02		
Måling 3	10:26		0,67
Oppstart	10:36		
Måling 4	10:42		1,2

Omløpsventilen åpnet samtidig som kraftverket stopp. Deretter stengte omløpsventilen gradvis over en periode på ca 25 min.

5.3.3 Forsøk 3

Utført 2017.05.23 i tidsrommet 10:00 til 12:00. Temperaturen varierte mellom +5 og +14 °C i forsøksstidsrommet. Det rant ca 500 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket er antatt å være et sted mellom 800 til 1100, sannsynligvis rundt 900 l/s. Krav til minstevannføring var 90 l/s denne dagen.

Tabell 14 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	09:05		1,65
Vannføring oppstrøms kraftverk	09:49		0,53
Kraftverk stopper	10:19	100	
Måling 1	10:22		0,83
	10:28	100	
	10:30	93,4	
Måling 2	10:32	86,8	0,76

	10:33	80,2	
	10:34	73,6	
	10:35	60,3	
	10:36	53,6	
	10:37	46,9	
	10:38	40,2	
Måling 3	10:39	33,5	0,81
	10:40	26,8	
	10:41	20,1	
	10:42	13,4	
	10:43	6,7	
	10:44	0	
Måling 4	10:46		1,21
Måling 5	11:08		1,42
Oppstart	11:47		
Maks produksjon	11:50		
Måling 6	11:55		2,25

5.4 Kraftverk 4 Brandåa

5.4.1 Forsøk 1

Utført 2016.10.04 i tidsrommet 09:00 til 12:15. Temperaturen varierte mellom -2 og +13 °C i forsøksrommet. Det rant ca 74 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var 540 l/s. Krav til minstevannføring var 20 l/s denne dagen.

Tabell 15 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	09:03		0,61
Kraftverk stopper	09:23	3 Skulle gått til 80 %	
	09:26	60	
	09:28	42	
	09:29	33	
	09:33	17	
	09:34	6	
	09:34	0	

Ventil stengt / Måling 1	09:50	0	0,074
Kraftverk oppstart	11:30		

Omløpsventilen åpnet seg ikke, ventilen måtte åpnes manuelt. Nødstopp ble brukt til å stoppe kraftverket. Etter manuell start av omløpsventilen stengte omløpsventilen hurtig. Omløpsventilen stengte så fort at man ikke kunne utføre vannføringsmålinger av akseptabel kvalitet.

5.4.2 Forsøk 2

Utført 2016.10.07 I tidsrommet 11:00 til 14:00. Temperaturen varierte mellom +0 og +14 °C i forsøksrommet. Det rant ca 52 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var 200 l/s. Krav til minstevannføring var 20 l/s denne dagen.

Tabell 16 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	11:15		0,25
Kraftverk stopper	12:03	0 Skulle gått til 20 %	
	12:04	0 Skulle gått til 16 %	
	12:05	0 Skulle gått til 8 %	
	12:06	0 Skulle gått til 0 %	
Ventil stengt / Måling 1	12:36	0	0,052
Kraftverk oppstart	12:46		

Omløpsventilen åpnet ikke.

5.4.3 Forsøk 3

Utført 2017.04.04 Forsøket ble utført i tidsrommet 11:00 til 14:00. Temperaturen varierte mellom +1 og +7 °C i forsøksrommet. Det rant ca 200 l/s i elva oppstrøms kraftverket og vannføringen gjennom kraftverket var ca. 1250 l/s. Grunnet mangel på personell fra kraftverkets side ble stoppen foretatt som en normal stans av kraftverket. Krav til minstevannføring var 20 l/s denne dagen.

Tabell 17 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Produksjon [MW]	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	12:47		1,5
Kraftverk stopper	13:11	4,07	
	13:13	3,64	
	13:15	3,2	
	13:17	2,64	
	13:18	2,3	
	13:19	2,64	

	13:20	2,5	
	13:21	2,3	
	13:22	1,9	
	13:23	1,65	
	13:24	1,3	
	13:25	0,9	
	13:26	0,9	
	13:27	0	
Måling 1	13:41		0,2
Kraftverk oppstart	14:03		

Kraftverket stoppet som planlagt, hvor kraftverket gradvis stoppet i løpet av 15 min, etterfulgt av et brått avslag fra 0,9 til 0 MW.

5.5 Kraftverk 5 Sya

5.5.1 Forsøk 1

Utført 2016.10.04 i tidsrommet 12:00 til 15:30. Temperaturen varierte mellom 2 og 13 °C i forsøksrommet. Krav til minstevannføring var 20 l/s denne dagen.

Tabell 18 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	12:08		0,26
Kraftverk stopper	12:29	30	
	12:30	30	
	12:45	30	
	12:39		0,326
Kraftverk oppstart	13:28		

Ved stopp av kraftverket åpnet ventilen litt etter at kraftverket hadde stoppet. Omløpsventilen åpnet til 30% og ble stående der fram til kraftverket startet opp igjen.

5.5.2 Forsøk 2

Utført 2016.10.13 i tidsrommet 11:00 til 13:00. Temperaturen varierte mellom -4 og +5 °C i forsøksrommet. Krav til minstevannføring var 20 l/s denne dagen.

Tabell 19 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Før forsøk	11:05		0,082

Kraftverk stopper	11:15	0	
	11:16	7	
	11:18	4	
Måling 1	11:28	3	0,058
Kraftverk oppstart	12:07		

Ved stopp av kraftverket åpnet ventilen litt etter at kraftverket hadde stoppet. Omløpsventilen åpnet til 7% og stengte så til 3 % før den ble stående der fram til kraftverket startet opp igjen. Når kraftverket startet, stengte omløpsventilen helt i løpet av 30s.

5.5.3 Forsøk 3

Utført 2017.04.04 I tidsrommet 09:00 til 11:00. Temperaturen varierte mellom 6 og +11 °C i forsøksstidsrommet. Vannføringen gjennom kraftverket var ca 700 l/s og vannføringen oppstrøms kraftverket var ca. 700 l/s. Krav til minstevannføring var 20 l/s denne dagen.

Tabell 20 Hendelsesforløp under forsøket

Hva	Klokka [TT:MM]	Ventilåpning %	Målt vannføring [m ³ /s]
Vannføring oppstrøms kraftverk	09:05		0,7
	09:41		1,4
Kraftverk stopper	09:43	Ventil åpner ikke pga. overløp på dammen	
Oppstart kraftverk	10:20	Vannstand Magasin ca 58 cm som tilsvarer ca 1100 l/s	
Måling 1	10:31		2,1

Ved stopp av kraftverket åpnet ikke omløpsventilen. Omløpsventilen var programmert slik at den ikke skal åpne om det er overløp på dammen.

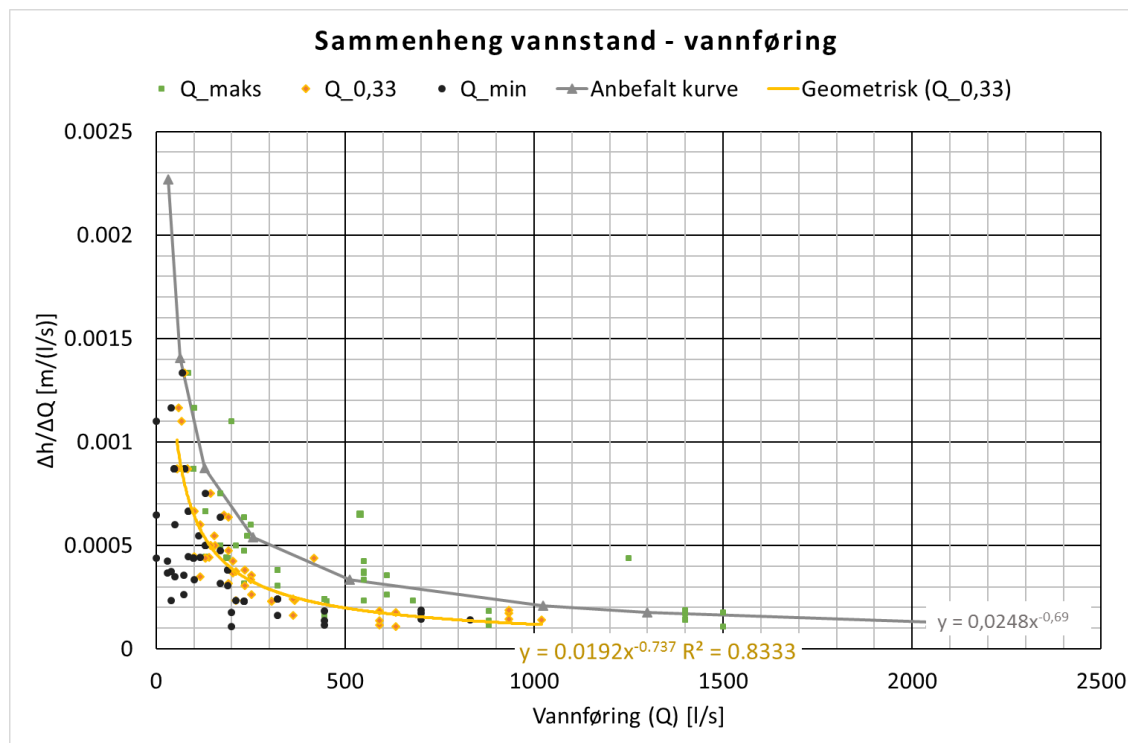
6 Analyse

6.1 Vannstandsendringer

Under forsøkene ble det tatt flere vannføringsmålinger og det ble samtidig registrert vannstander på forskjellige punkter. Ved å dele endringen i vannstanden ($\Delta h = h_{maks} - h_{min}$) på endringen i vannføring ($\Delta Q = Q_{maks} - Q_{min}$) får man en verdi på hvor mye vannstanden endrer seg når vannføringen endrer seg. I Figur 2 er sammenhengen $\Delta h/\Delta Q$ plottet mot henholdsvis Q_{maks} , Q_{min} og $Q_{0,33}$ ($Q_{0,33} = Q_{min} + \Delta Q/3$) for alle steder hvor det var mulig å finne en konkret sammenheng mellom vannstand og vannføring. I hovedsak har det vært vanskelig å finne en konkret sammenheng for målepunkter som ligger lengre vekk fra kraftstasjonene enn ca 200 – 300 m.

Avstanden mellom Q_{maks} og Q_{min} er i mange tilfeller stor, f.eks mellom 1400 l/s og ned til 800 l/s. Hovedsakelig skjer mesteparten av vannføringsendringen i elvene nær Q_{min} . For best å kunne beskrive sammenhengen mellom $\Delta h/\Delta Q$ ved en bestemt vannføring er det valgt å ta utgangspunkt i 1/3 dels punktet ($Q_{0,33}$) mellom Q_{min} og Q_{maks} .

Hvis vi legger en trendlinje til kurven Q_0,33 ser vi at det er en forholdsvis god korrelasjon $R^2 = 0,83$ mellom punktene som her hentet fra totalt 15 forsøk på 5 forskjellige steder, inkludert den noe spesielle avløpskanalen på Brandåa.



Figur 2 Sammenheng vannstand – vannføring

I Figur 2 er det lagt inn en anbefalt kurve. Den anbefalte kurven er utformet slik at den i de aller fleste tilfellene vil gi en overestimering av vannstandsending som følge av en vannføringsending. Ved å integrere opp den anbefalte kurven får vi en formel som viser vannstandsendingen mellom to vannføringer:

$$\Delta h = 0,08(Q_{maks}^{0,31} - Q_{min}^{0,31})$$

Formel 1

I Tabell 21 er Formel 1 sammenlignet mot den største vannstandsendingen som er registrert ved de 15 forsøkene som er utført. Som vi ser av tabellen får vi i noen tilfeller ved veldig høy startvannføring og eller veldig lav sluttvannføring litt store avvik. Sammenligningen viser at formelen i de aller fleste tilfellene vil gi en riktig eller for høy vannstandsending som følge av en vannføringsending. Det er verdt å merke seg at det er noe større usikkerhet enn normalt ved enkelte av vannføringsmålingene.

Tabell 21 Sammenligning anbefalt kurve mot forsøk

Sted	Forsøk nr	Vannføring [l/s]		Vannstandsending [m]		Avvik [m]
		maks	min	Maksimal observert	Beregnet med anbefalt kurve	
Bele	1	190	120	0.05	0.054	0.004
	2	680	130	0.15	0.242	0.092
	3	1650	750	0.10	0.172	0.072
Brandåa	1	600	70	0.19	0.283	0.093
	2	250	50	0.14	0.174	0.034
	3	1500	200	0.23	0.359	0.129
	1	550	0	0.35	0.566	0.216

Brandåa avløpskanal	2	200	0	0.22	0.413	0.193
	3	1250	0	0.55	0.730	0.180
Gryta	1	250	110	0.07	0.100	0.030
	2	Ikke brukbar				
	3	550	40	0.22	0.315	0.095
Sundli	1	450	70	0.16	0.233	0.073
	2	900	80	0.28	0.348	0.068
	3	70	50	0.03	0.030	0.000
Sya	1	Ikke relevant				
	2	80	60	0.03	0.027	-0.003
	3	1400	700	0.15	0.146	-0.004

6.2 Kraftverk 1 Sundli

Omløpsventilen fungerte slik som den var programmert. Ved lav produksjon/liten vannføring åpnet ikke omløpsventilen når kraftverket stoppet. Ved middels og høy produksjon åpnet omløpsventilen. Den ble så stengt i 4 trinn i løpet av en time. Det ble observert at det var tørrfall i elva ved driftsvannføringer som er høyere enn 100 % åpning av omløpsventilen. Kapasiteten til omløpsventilen ble målt til ca 400 l/s som samsvarer bra at omløpsventilen skal ha kapasitet tilsvarende halvparten av maksimal slukeevne.



Figur 3 Begynnende tørrfall i elva ved 450 l/s

Ved svært lav produksjon observerte vi at det skjedde små endringer i vannstanden når kraftverket stoppet. Vannstandsendingen var mindre enn 3 cm. Omløpsventilen ble ikke brukt ved vannføring nær minste slukeevne til kraftverket.

Ved stopp ved middels produksjon tok det 1 til 2 minutter før omløpsventilen åpnet. Omløpsventilen stengte så gradvis i 4 trinn i løpet av en time. Maksimal vannstandssenkning er 15 cm i løpet av en time og 10 cm i løpet av 15 min.

Ved høy produksjon fulgte omløpsventilen samme mønster som ved middels produksjon. Det tok 1 til 2 minutter før omløpsventilen åpnet. Deretter stengte omløpsventilen gradvis i 4 trinn i løpet av en time. Maksimal vannstandssenkning var 20 cm i løpet av en time og 10 cm i løpet av 10 min

Omløpsventilen åpner opp til ca halvparteten av vannføringen gjennom turbinen på stopptidspunktet.

Vannstandsvariasjonene forplantet seg nedover hele vassdraget. Den største endringen i vannstand fikk man ved måleren som var lengst unna kraftverket. Imidlertid skjedde endringene i vannstander langsomt her. Vannstandsendingen i m/time ble derimot nesten konstant uavhengig av hvor man målte i vassdraget.

Temperaturvariasjonene fulgte helt tydelig vannstandsvariasjonene, men temperaturvariasjonene ble i stor grad dempet jo lengre vekk fra kraftverket man kommer. Mens temperaturvariasjonene skjedde tilnærmet samtidig med vannstandsendingene nær kraftverket, ble det en tidsforskyvning mellom vannstandsendinger og temperaturendringer, som øker jo lengre vekk fra kraftstasjonen man kommer.

Oppsummert hadde omløpsventilen på Kraftverk 1 Sundli for liten kapasitet siden det ved full drift er tørrfall ved 100 % åpning på omløpsventilen. Videre stengte omløpsventilen for fort slik at det var fare for stranding av fisk.

6.3 Kraftverk 2 Gryta

Det var feil på omløpsventilen ved flere av forsøkene, analysen baserer seg derfor på mangelfulle data.

Omløpsventilen skal ha en kapasitet tilsvarende maksimal slukeevne til kraftverket. Imidlertid var ikke ventilen åpen lenge nok til at man fikk målt vannføringen ved full åpning av ventilen.

Ved lav produksjon åpnet omløpsventilen først noen minuttet etter at kraftverket hadde stoppet. Når omløpsventilen først åpnet kom det for mye vann, før den justerte seg ned til samme vannmengde som før kraftverket stoppet. Dette førte til store vannføringsvariasjoner i vassdraget nedstrøms kraftverket. Omløpsventilen stengte så gradvis ned i løpet av ca 50 minutter.

Ved middels produksjon åpnet ikke omløpsventilen når kraftverket stoppet. Dette medførte en kraftig vannstandssenkning i elva nedstrøms kraftverket. Ved å slå inn nødstoppen åpent omløpsventilen seg. Så stengte omløpsventilen ned i 3 trinn i løpet av ca 20 minutter. Etter ca 1 time kom vannet fra inntaket ned til kraftverket i form av en meget brå vannstandsstigning.

Ved høy produksjon åpnet ikke omløpsventilen. Omløpsventilen ble åpnet manuelt og stengt manuelt i 3 trinn i løpet av 20 minutter. Vannet fra inntaket kom ned til kraftverket ca 25 minutter etter at kraftverket stoppet.

Temperaturvariasjonene følger tydelig vannstandsvariasjonene, men temperaturendringer i luften påvirker også vanntemperaturen i stor grad. Generelt er temperaturvariasjonene nesten neglisjerbare pga. små variasjoner.

Oppsummert åpnet ikke omløpsventilen synkront med nedstengningen av kraftverket. Omløpsventilen stenger også for fort slik at det er fare for stranding av fisk. Den raske stengningen av omløpsventilen fører også til at det danner seg en brå bølgefront (spylebølge) i vassdraget som kan unngås ved en langsom stengning av omløpsventilen.

6.4 Kraftverk 3 Bele

Omløpsventilen åpner synkront samtidig som kraftverket stopper. Dette skjer ved lav middels og høy produksjon. Omløpsventilen åpner til et nivå som er proporsjonalt i forhold til vannføringen. Ved lav vannføring ble det sluppet 30 l/s gjennom omløpsventilen når initialvannføringen var 70 l/s gjennom turbinen. Tilsvarende ble det sluppet ca .250 l/s ved initialvannføring lik 900 l/s. Etter at omløpsventilen var åpnet sto ventilen i samme posisjon i ca. 10 – 12 minutter. Så stengte omløpsventilen trinnvis (endring hvert minutt) ned til 0 % åpning over en periode på ca. 13 – 14 minutter. Nedstengningstiden var uavhengig av vannføringen gjennom omløpsventilen og omløpsventilen var fullstendig stengt etter ca. 25 min ved både lav, middels og høy vannføring.

Vannet fra inntaket kom ned til kraftverket etter henholdsvis 50, 37 og 20 minutter etter stopp, ved henholdsvis lav middels og høy vannføring.

Temperaturvariasjonene følger tydelig variasjon i vannføringen.

Oppsummert stenger omløpsventilen for raskt ved alle vannføringer og fører til for rask vannstandssenkning i vassdraget. I stedet for at omløpsventilen åpner proporsjonalt mot initialvannføringen, som fører til tørrfall i elva, bør omløpsventilen åpne til samme vannføring som initialvannføringen i turbinen. Ved lav vannføring i elva mellom inntakspunkt og kraftverk dannes det en bølgefront (spylebølge) i vassdraget.

6.5 Kraftverk 4 Brandåa

Det var feil på omløpsventilen ved flere av forsøkene. Ved rask stopp av kraftverket åpnet ikke omløpsventilen ved lav og middels vannføring.

Ved middels vannføring ble omløpsventilen åpnet manuelt 5 minutter etter stopp av kraftverket. Omløpsventilen stengte så trinnvis ned i løpet av 6 minutter

Ved høy produksjon ble det utført en normal stans av kraftverket. Kraftverket trappet gradvis ned produksjonen til ca 25 % av maksimal produksjon. Så stoppet kraftverket brått og gikk fra 25 % til 0 % produksjon i løpet av ca. 1 minutt.

Ved lav og middels vannføring kom det ikke vann ned til inntaket i løpet av den tiden som forsøket gikk over. Vannet vil ved lav og middels vannføring kun renne ut i Brandåa og ikke i Trøkna, som kraftstasjonen har utløp i. Ved høy vannføring ble det registrert at en brå bølgefront i Trøkna ca 1 time og 10 minutter etter at kraftverket hadde stoppet.

Temperaturvariasjonene følger tydelig variasjon i vannføringen.

Oppsummert er det bra at omløpsventilen åpner til omtrent samme nivå som initialvannføringen gjennom kraftverket før stans av kraftverket. Omløpsventilen stenger imidlertid for fort og avløpskanalen tørrlegges fullstendig. En normal stans av kraftverket er imidlertid verre for fiskene, enn en brå stopp hvor omløpsventilen åpner, pga meget kort stengetid fra 25 % til 0 % produksjon. Omløpsventilen bør derfor benyttes ved en normal stopp for å redusere påvirkningene i elva.

6.6 Kraftverk 5 Sya

Omløpsventilen ble omprogrammert etter det første forsøket. Det var middels vannføring ved det første forsøket.

Ved stopp av kraftverket åpner omløpsventilen noen minutter etter at kraftverket har stoppet. Omløpsventilen åpnet proporsjonalt med vannføringen gjennom kraftverket.

Ved lav vannføring åpnet omløpsventilen til en vannføring som var litt høyere enn vannføringen før kraftverket stoppet. Omløpsventilen stengte så trinnvis med 3 % endring mellom hvert trinn. Omløpsventilen

stengte kun hvis vannstanden i magasinet var 2 cm lavere enn settpunkt i inntaksmagasinet. Det gikk 2 minutter mellom hver gang systemet sjekket om vannstanden var korrekt.

Ved middels vannføring åpnet omløpsventilen til en vannføring som var 80 l/s høyere enn vannføringen før kraftverket stoppet. Omløpsventilen ble stående i samme posisjon fra til kraftverket startet opp igjen 1 time senere. (Omløpsventilen ble omprogrammert etter forsøket)

Ved høy vannføring åpnet ikke omløpsventilen da det var overløp på inntaksdammen.

Ved lav og middels vannføring kom det ikke vann ned til Kraftverket fra inntaket siden det ikke ble overløp på inntaksdammen. Ved høy vannføring begynte vannet å komme ca 30 minutter etter at kraftverket stoppet, vannstandsstigningen skjedde da gradvis i løpet av 15 minutter.

Det ble ikke registrert målbare temperaturvariasjoner ved lav og middels vannføring. Ved høy vannføring kunne det så vidt måles en liten variasjon rett nedstrøms inntaket som varierte med vannføringen.

Oppsummert fungerer omløpsventilen brukbart, men trenger noen justeringer. Omløpsventilen bør åpne til omtrent samme nivå som initialvannføringen gjennom kraftverket før stans av kraftverket. Videre må omløpsventilen også åpne selv om det er overløp på inntaksdammen og den må aldri stenge brått. Det er ikke målt hvor mye vannføringen endrer seg ved å endre åpningen på omløpsventilen med 3 %. Det bør derfor gjøres en vurdering om 3 % er passelig eller om trinnene skal endres til f.eks. 0,5 % og at 3 % endring kun skjer hvis vannstanden f.eks. er 5 cm under settpunkt.

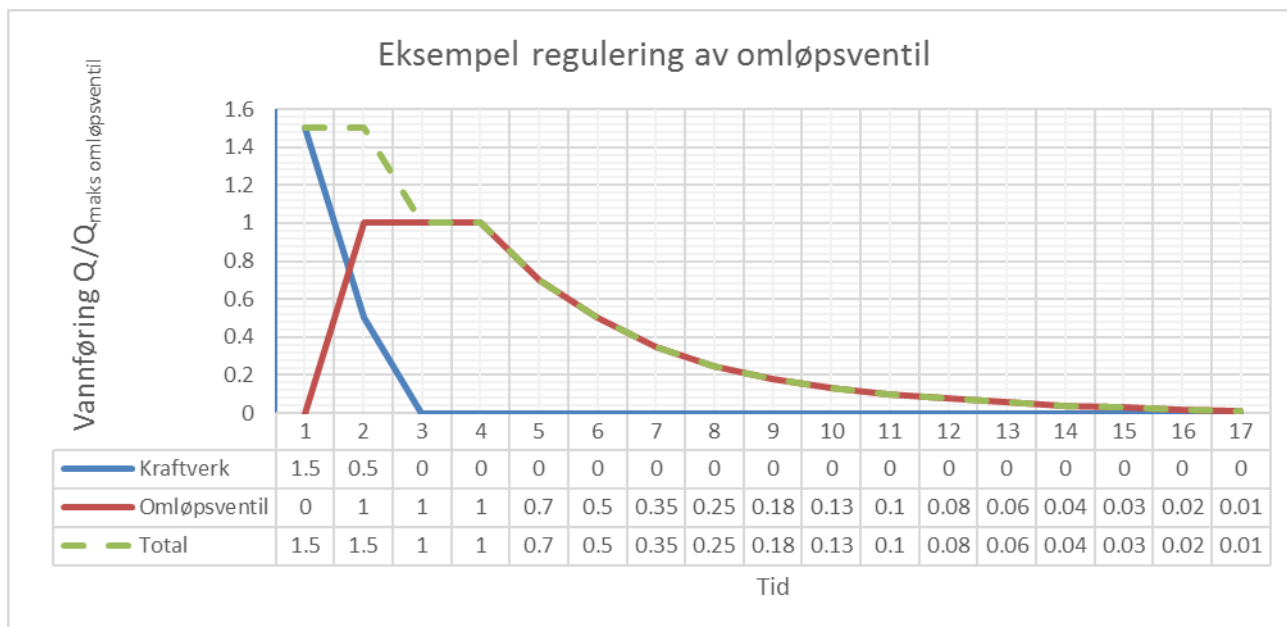
7 Anbefalinger

Generelt for alle kraftverk, må styringen av kraftverkene endres slik at kraftverkene reguleres ned slik at stranding ikke enn skjer. Både opp og nedreguleringen av kraftverket bør skje med en hastighet som sikrer at vannstandsendingene er mindre enn 10 cm/time og i trinn som fører til mindre momentan variasjon enn 3 cm så lengde det er fare for tørrfall i elva. Det finnes flere forskjellige metoder for å sikre at vannstandsendingene ikke skjer for brått, nedenfor presenteres noen metoder.

7.1 Metoder for regulering av omløpsventilen

Felles for alle metodene er at omløpsventilen bør åpne så mye at vannføringen gjennom omløpsventilen tilsvarer vannføringen som var i kraftverket, opp til kapasiteten til omløpsventilen. Videre må omløpsventilen åpne synkront mot vannføringen gjennom turbinen ved stopp av kraftverket. Hvis omløpsventilen er åpen når kraftverket starter bør ventilen stenge synkront mot vannføringen gjennom turbinen, se eksempel i Figur 4.

Hvor mye omløpsventilen må åpnes kan finnes ved praktiske forsøk, hvor man registrerer vannstanden i elva ved forskjellige pådrag. Så registrerer man vannstanden i elva ved forskjellige ventilåpninger, dette må gjøres en dag resttilsaget i elva er stabilt.



Figur 4 Regulering av omløpsventil ved stopp. (NB! Kun eksempel. Oppgitte verdier og innbyrdes forhold vil variere fra kraftverk til kraftverk)

7.1.1 Regulering mot vannspeil i elva

Løsningen forutsetter at det opprettes en målestasjon i elva like nedstrøms kraftverket. Målestasjonen må representere det mest utsatte punktet i elva på en god måte, dvs. at det må benyttes omregningsfaktorer hvis et annet punkt i elva har større variasjoner enn målestasjonen. Ved bruk av løsningen kan omløpsventilen styres direkte mot målestasjonen og vannstanden ved målestasjon senkes med 0,5 cm hvert 5 minutt

Fordeler:

- Meget sikker metode for å overvåke vannstandsvariasjoner.
- Reguleringsmessig robust metode
- Tar automatisk hensyn til redusert eller økt tilsig i elveløpet oppstrøms kraftverket
- Gir den korteste nedstengningstiden av omløpsventilen

Ulemper:

- Det må opprettes en målestasjon
- Målestasjonen trenger vedlikehold
- Målestasjonen kan bli utsatt for endringer i elveløpet/bestemmende profil.
- Det må kartlegges viktige strekninger med hensyn til fisk
- Driftsproblematikk på vinterstid

7.1.2 Regulering mot vannføring gjennom kraftverket

Vannføringen gjennom kraftverket og omløpsventil måles eller det blir etablert sammenheng mellom produksjon mot vannføring og ventilåpning mot vannføring. Nedstengningshastigeten av omløpsventilen skjer da som en funksjon av vannføringen gjennom ventilen på det aktuelle tidspunktet.

Nedstengningshastigeten kan enten ta utgangspunkt i at det etableres en sammenheng mellom vannstand og vannføring i den aktuelle elva for relevante vannføringer eller man kan bruke den anbefalte kurven i Figur 2 som med en liten omskriving gir maksimal endring av vannføring pr minutt hvor Q er vannføring i l/s:

$$\Delta Q = \frac{\Delta h}{0,0248Q^{-0,69}} = \frac{0,1m \cdot \frac{1time}{60min}}{0,0248Q^{-0,69}} = 0,0672Q^{0,69} \left[\frac{l}{min} \right]$$

Formel 2

Fordeler:

- Reguleringsmessig meget robust metode
- Gir mindre vannstandsendringer enn kravet som blir satt ved nesten alle vannføringer.
- Gir en akseptabel nedstengningstid av omløpsventilen
- Meget lite vedlikehold

Ulemper:

- Tar ikke hensyn til redusert eller økt tilsig i elveløpet oppstrøms kraftverket

7.1.3 Billig metode for eksisterende kraftverk

Nedstengningshastigeten kan ta utgangspunkt i maksimal vannstandsendring estimeres eller måles med følgende metoder:

- Vannstandsendringen estimeres med Formel 1
- Det etableres en sammenheng mellom vannstand og vannføring i den aktuelle elva for relevante vannføringer
- Manuell måling av dybden i dypålen i elva nedstrøms kraftverket ved maksimal produksjon + minstevannføring i elva.

Estimert vannstandsendring (delta h) deles så på kravet til senkningshastighet på 10 cm /time.

Siden man ikke vet karakteristikken til omløpsventilen forutsetter man en ventil av hurtigåpneren. For å kompensere for en mulig hurtigåpnende ventil bør kravet til nedstengningstid økes til 10 ganger normal tid. Ventilen stenger da lineært i løpet av beregnet tid.

Ventilen stenger så lineært i løpet av beregnet periode. Se formel nedenfor for estimering av tid.

$$nedstengningstid = \frac{\Delta h}{10 \text{ cm/time}} * 10$$

Formel 3

Fordeler:

- Reguleringsmessig meget robust metode
- Meget enkel
- Billig

- Ikke vedlikehold

Ulemper:

- Tar ikke hensyn til redusert eller økt tilsig i elveløpet oppstrøms kraftverket
- Ikke utprøvd metode bør testes ut (usikker ventilkarakteristikk)
- Gir en meget lang nedstengningstid av omløpsventilen

7.2 Kraftverk 1 Sundli

- ❖ Omløpsventilen må omprogrammeres slik at vannstandsendingene skjer noe tregere.
- ❖ Nedstengningstiden er vist i Vedlegg 3 for forskjellige initialvannføringer gjennom kraftverket, begrenset oppad til omløpsventilens kapasitet.
- ❖ Hvert enkelt trinn i nedstengningsprosedyren bør bli mindre. Istedenfor at det skjer en regulering hver 15 minutt, bør det skje små endringer hvert minutt.
- ❖ Omløpsventilen må omprogrammeres slik at den åpner opp synkront med nedstengningen av kraftverket, som vist i Figur 4.

7.3 Kraftverk 2 Gryta

- ❖ Ved stans av kraftverket bør omløpsventilen programmeres slik at den åpner synkront mot nedstengningen av kraftverket, som vist i Figur 4.
- ❖ Det anbefales så at ventilen forblir i samme posisjon.
- ❖ Hvis tilsiget til inntaksmagasinet avtar må omløpsventilen stenge synkront med den reduserte vanntilførselen.
- ❖ Om tilsiget øker skal ikke omløpsventilen åpne.
- ❖ Hvis omløpsventilen må stenges pga. spesielle forhold benyttes nedstengningstiden som vist i Vedlegg 3 for forskjellige initialvannføringer gjennom kraftverket, begrenset oppad til omløpsventilens kapasitet.

7.4 Kraftverk 3 Bele

- ❖ Ved stans av kraftverket bør omløpsventilen programmeres slik at den åpner synkront mot nedstengningen av kraftverket, som vist i Figur 4. Dette punktet fungerer forholdsvis bra på Bele.
- ❖ Det anbefales så at ventilen forblir i samme posisjon.
- ❖ Hvis tilsiget til inntaksmagasinet avtar må omløpsventilen stenge synkront med den reduserte vanntilførselen.
- ❖ Om tilsiget øker skal ikke omløpsventilen åpne.
- ❖ Hvis omløpsventilen må stenges pga. spesielle forhold benyttes nedstengningstiden som vist i Vedlegg 3 for forskjellige initialvannføringer gjennom kraftverket, begrenset oppad til omløpsventilens kapasitet.

7.5 Kraftverk 4 Brandåa

- ❖ Omløpsventilen bør aldri steges helt, da fisk vil strande i avløpskanalen. Hvis omløpsventilen skal stenges, bør det etableres et arrangement for minstevannføring, eventuelt en fiskesperre for å hindre at det er fisk i avløpskanalen.
- ❖ Må omløpsventilen stenges er minste nedstengningstiden er vist i Vedlegg 3 for forskjellige initialvannføringer gjennom kraftverket, begrenset oppad til omløpsventilens kapasitet.
- ❖
- ❖ Omløpsventilen må omprogrammeres slik at den åpner opp synkront med nedstengningen av kraftverket, som vist i Figur 4.

7.6 Kraftverk 5 Sya

- ❖ Ved stans av kraftverket bør omløpsventilen programmeres slik at den åpner synkront mot nedstengningen av kraftverket, som vist i Figur 4.
- ❖ Det anbefales så at ventilen forblir i samme posisjon.
- ❖ Hvis tilsiget til inntaksmagasinet avtar må omløpsventilen stenge synkront med den reduserte vanntilførselen.
- ❖ Om tilsiget øker skal ikke omløpsventilen åpne.
- ❖ Hvis omløpsventilen må stenges pga. spesielle forhold benyttes nedstengningstiden som vist i Vedlegg 3 for forskjellige initialvannføringer gjennom kraftverket begrenset oppad til omløpsventilens kapasitet.

8 Konklusjoner

Det er få likhetstrekk mellom kraftverkene når det gjelder styring av omløpsventiler. De fleste omløpsventilene stenger så fort at det er fare for stranding av fisk. Det ser ikke ut til at det er tatt hensyn til de hydrauliske/hydrologiske forhold i forbindelse med styring av omløpsventilene og kraftverkene (avslag, nedkjøring og oppkjøring). Ved mange kraftverk blir elva tørrlagt eller nesten tørrlagt før omløpsventilen åpner. Ved enkelte kraftverk fungerer ikke omløpsventilen når kraftverket stoppes ved bruk av nødstop. Det er behov for testing av omløpsventilens funksjon ved; nettutfall, bruk av nødstoppbryter samt ved normal og hurtig stans av kraftverket. Videre bør det årlig utføres forsøk som dokumenterer at omløpsventilene fungerer. Forsøkene må gjøres på et tidspunkt som er gunstig for dyr/fisk i elvene. Det bør vurderes å gjøre forsøk for å finne optimal nedstengning og oppkjøring av kraftverket.

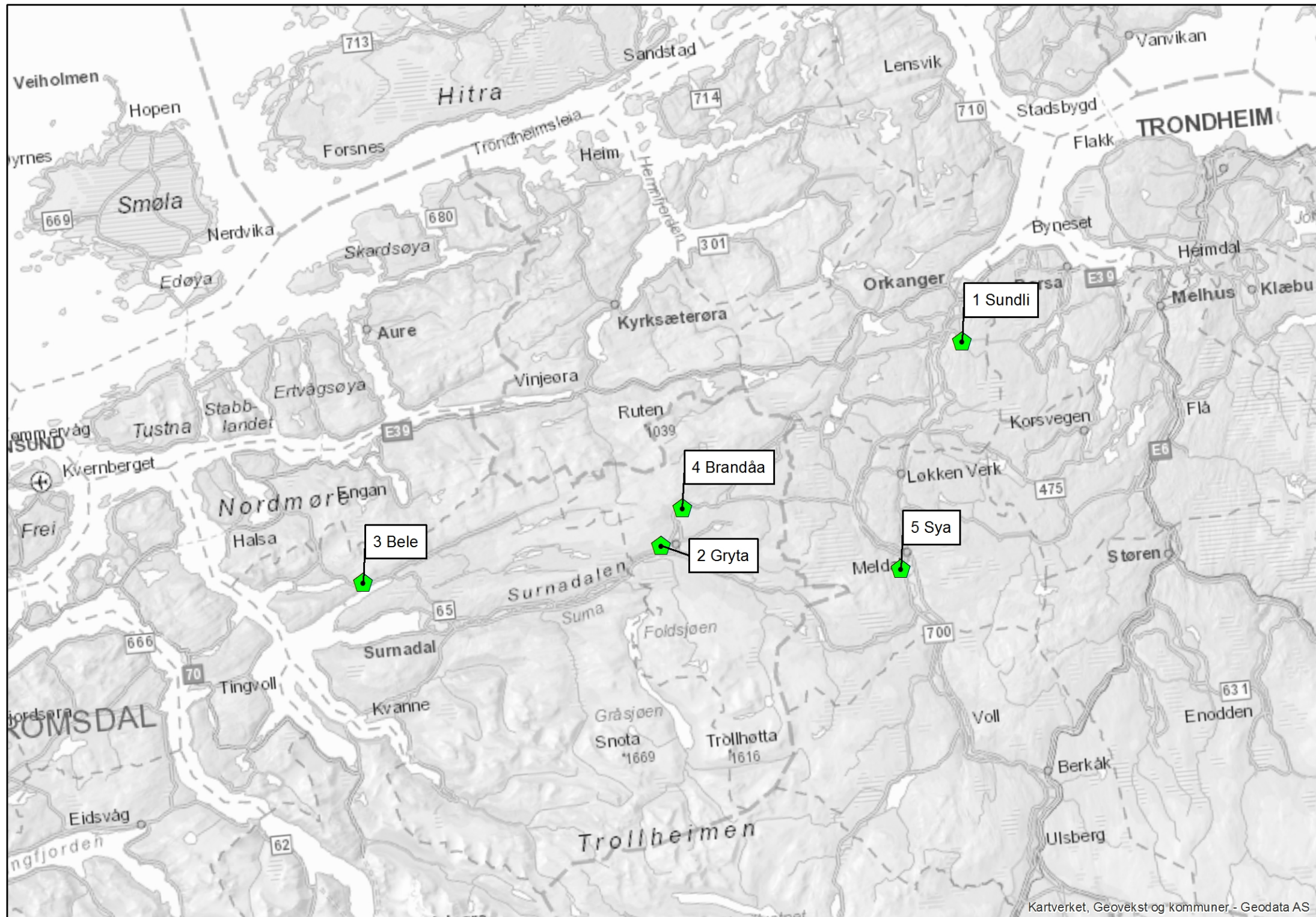
9 Referanser

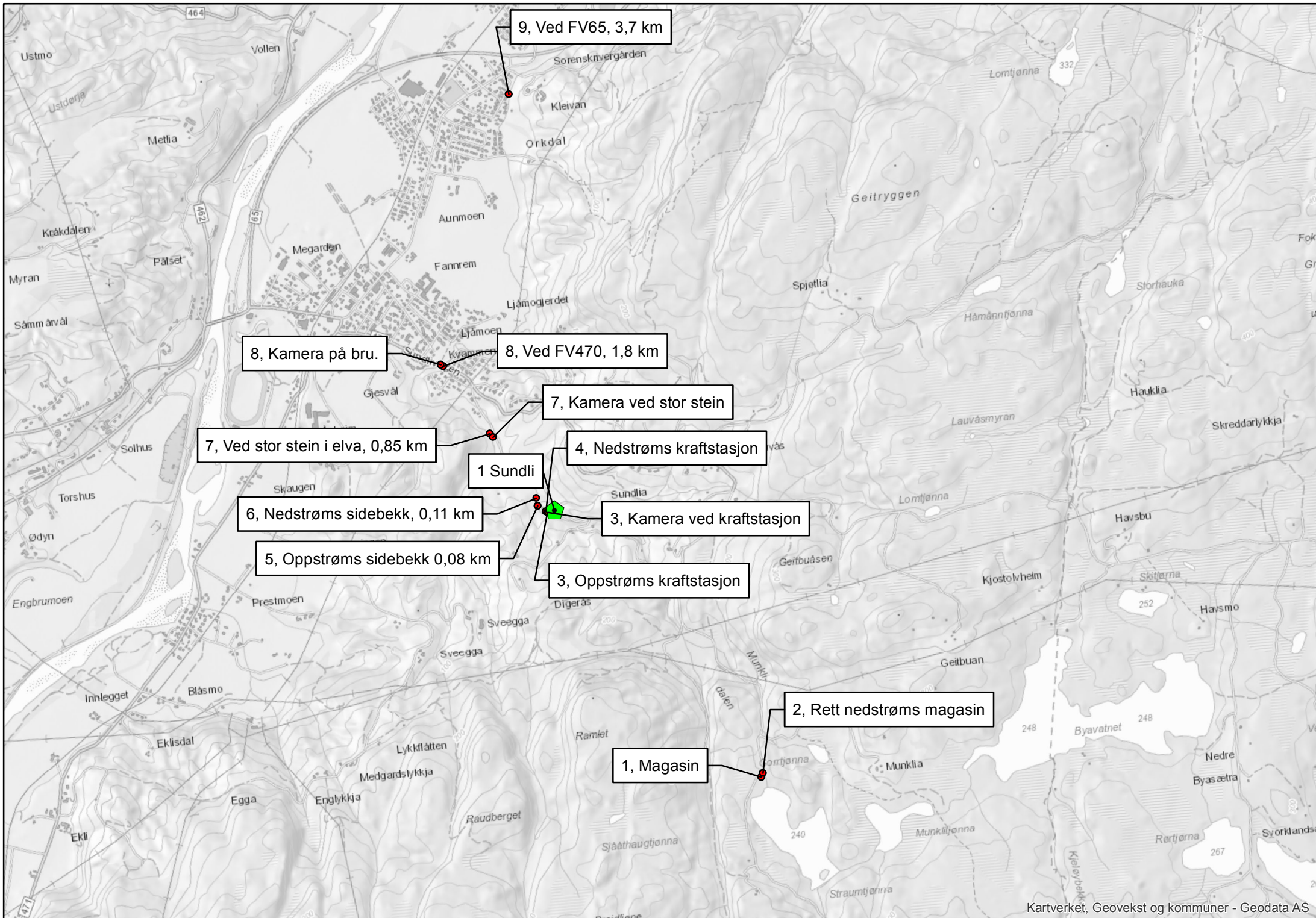
Baumann, P. og I. Klaus. 2003. Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebes - Ergebnisse einer Literaturstudie. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL. Bern, 2003.

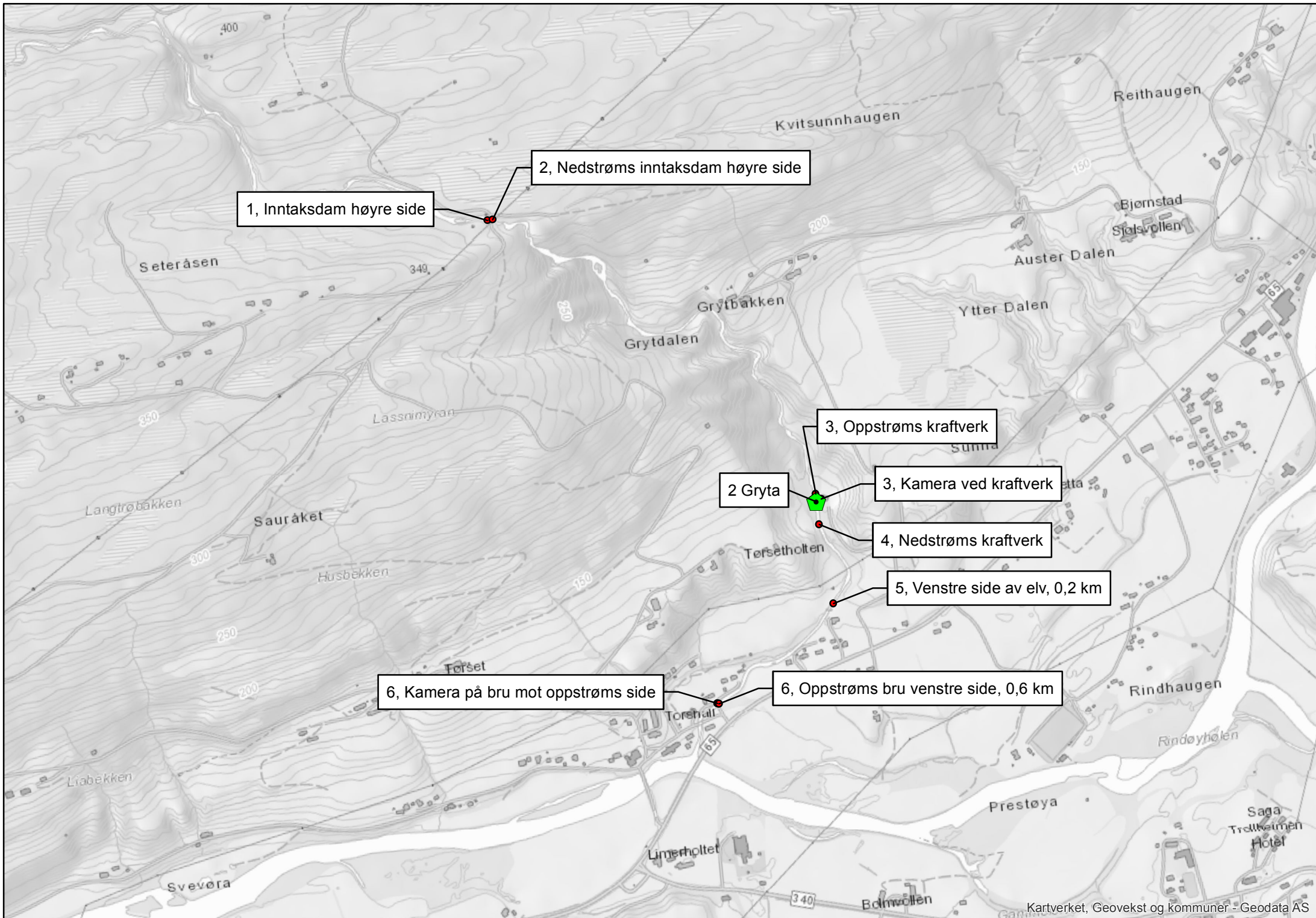
Halleraker, J.H., Sundt, H., Alfredsen, K.T. og G. Dangelmaier. 2007. Application of multiscale environmental flow methodologies as tools for optimized management of a Norwegian regulated national salmon watercourse. *River Res. Applic.* 23: 493-510 (2007).

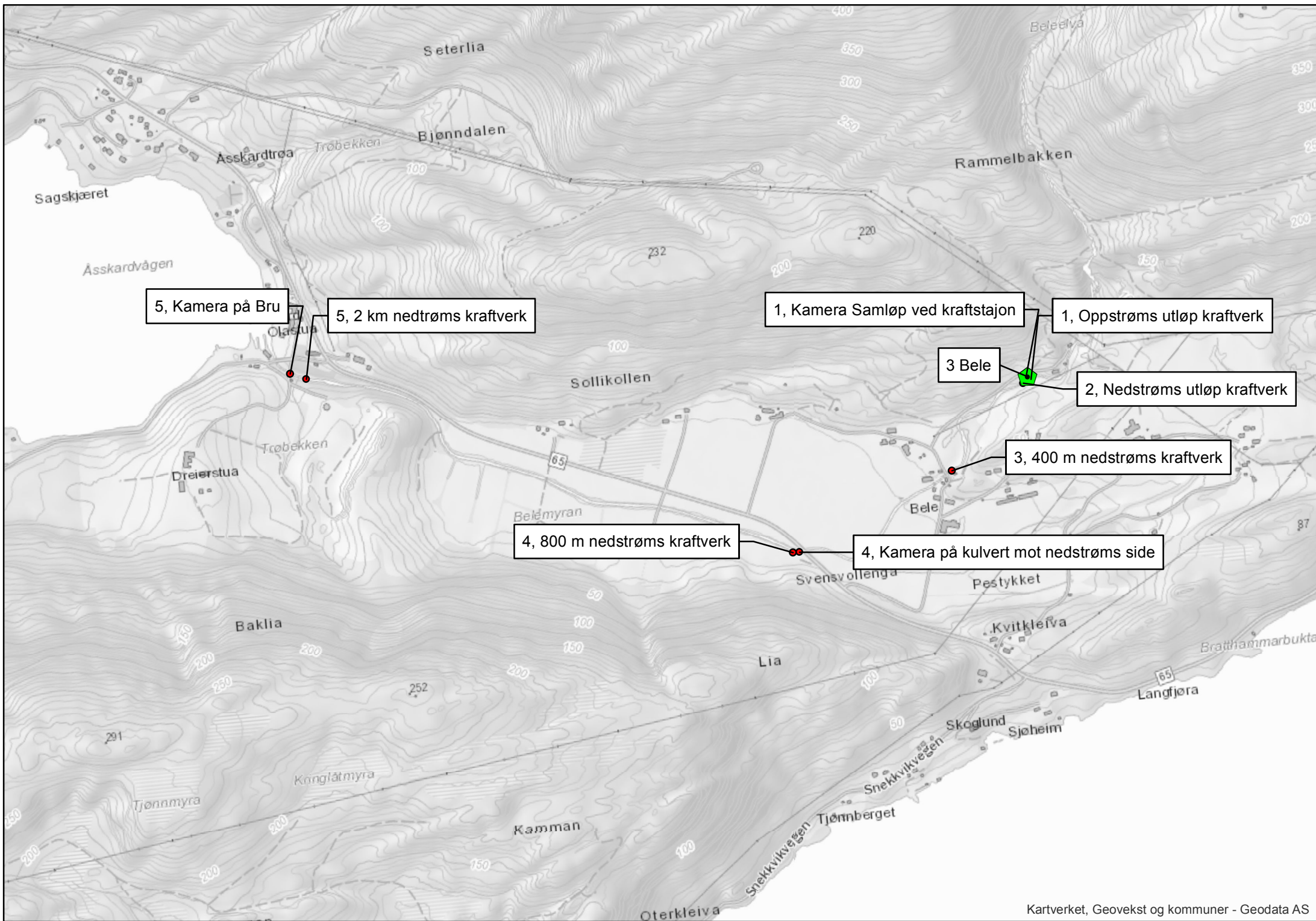
Harby, A., Alfredsen, K., Arnekleiv, J.V., Flodmark, L.E.W., Halleraker, J.H., Johansen, S. og S.J. Saltveit. 2004. Raske vannstandsendringer i elver – virkninger på fisk, bunndyr og begroing. Sluttrapport fra forskningsprosjektet "Konsekvenser av effektkjøring på økosystemer i rennende vann". EFFEKT-programmet.

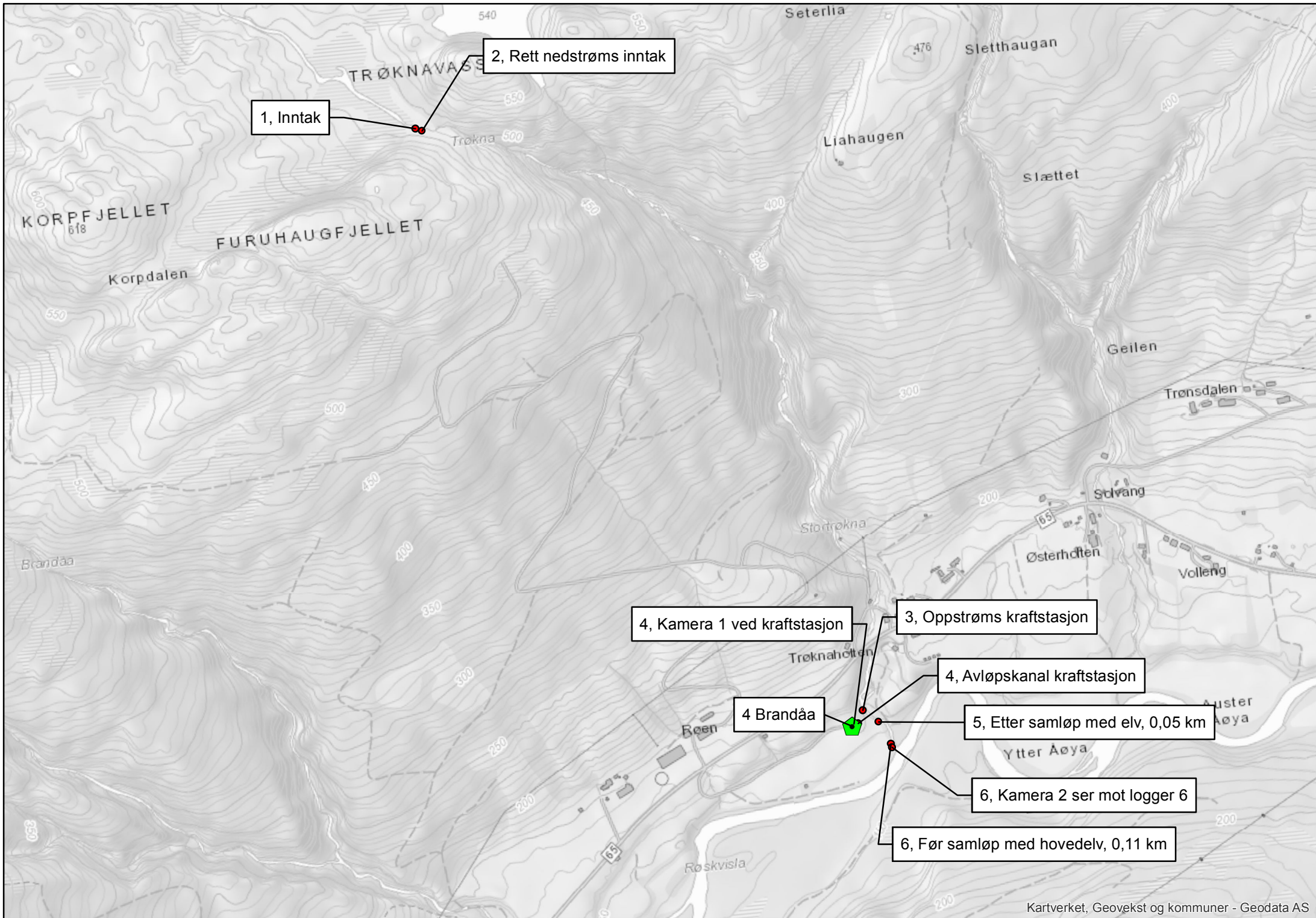
Vedlegg 1
Oversikt over forsøkssteder

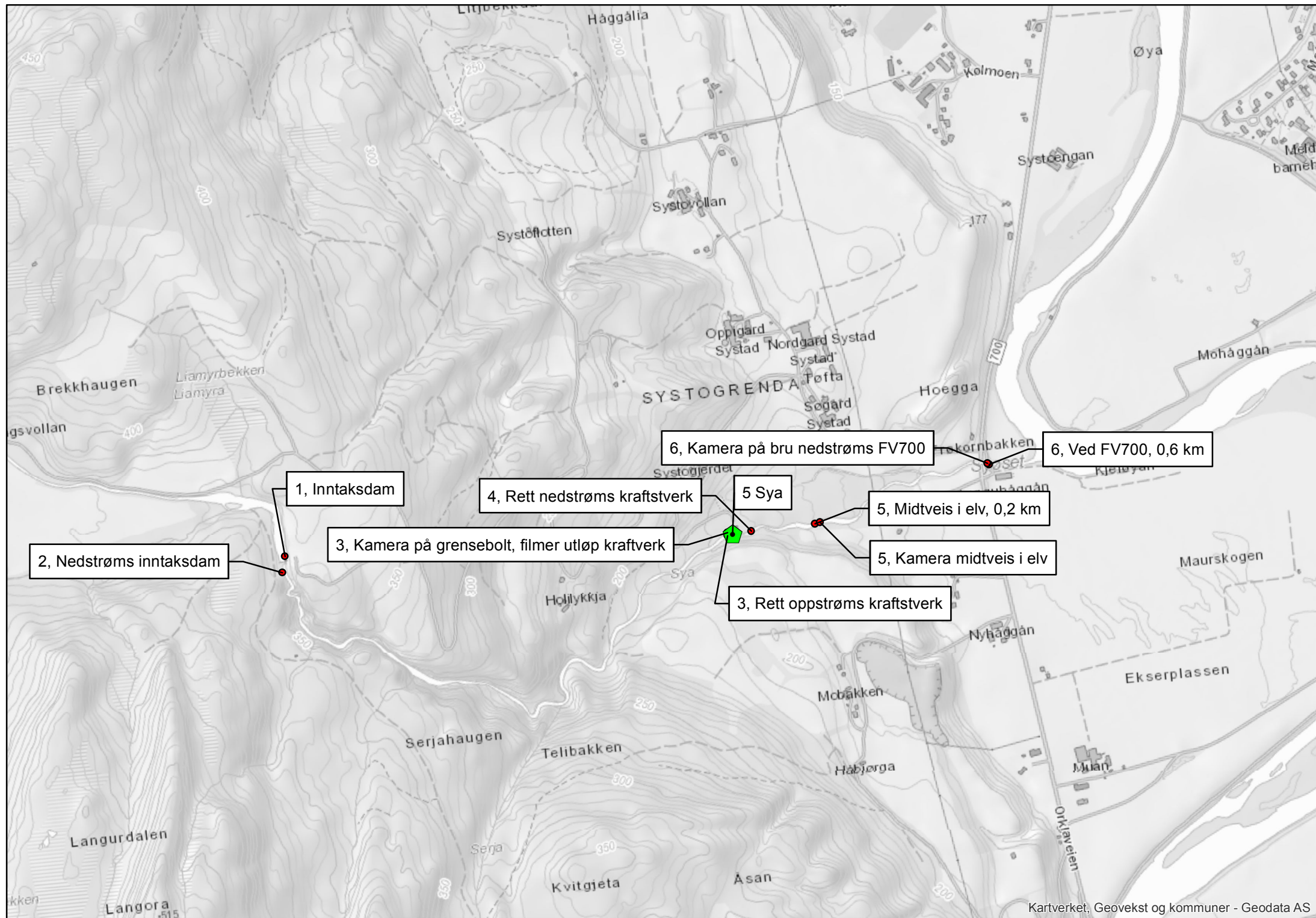






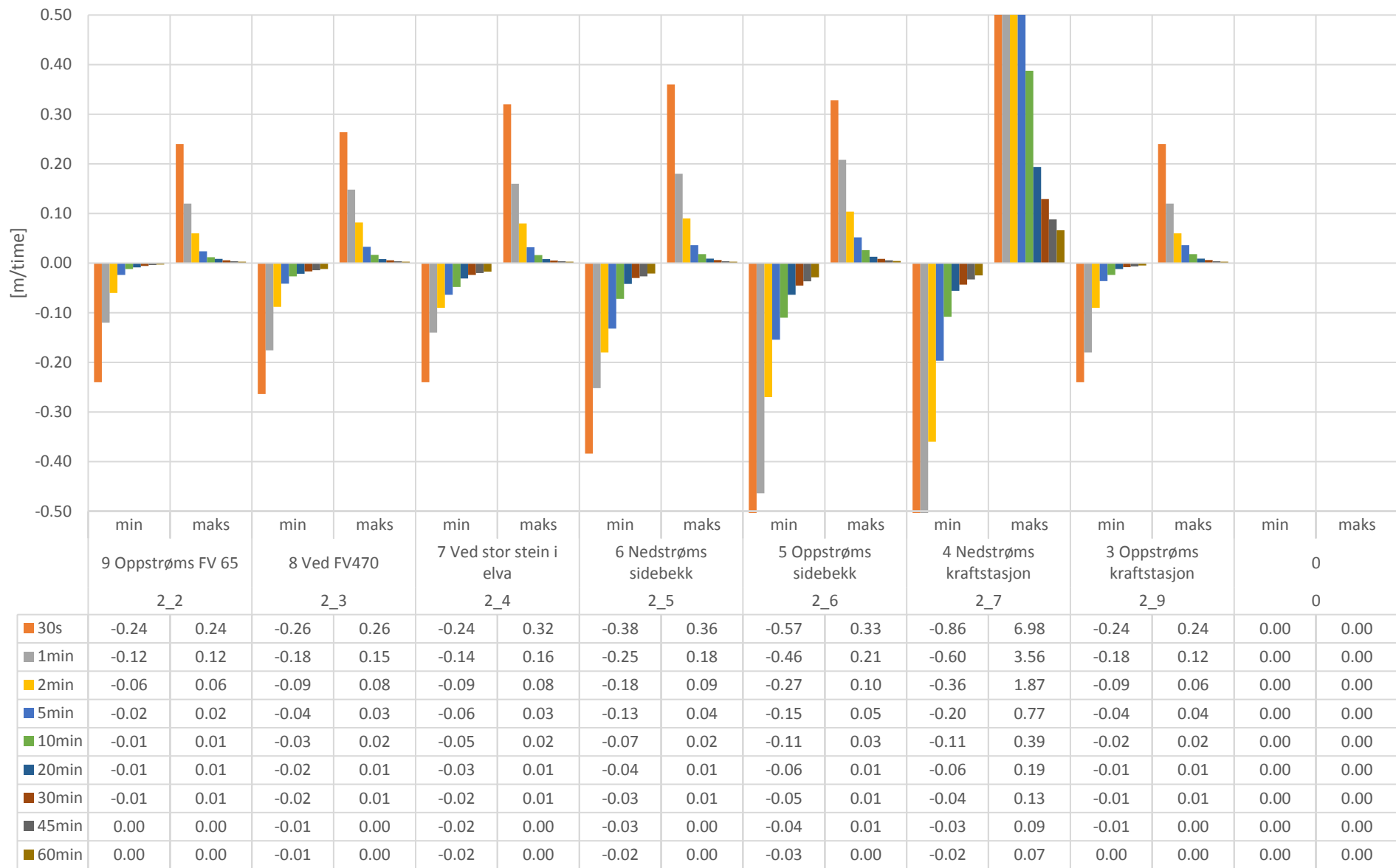




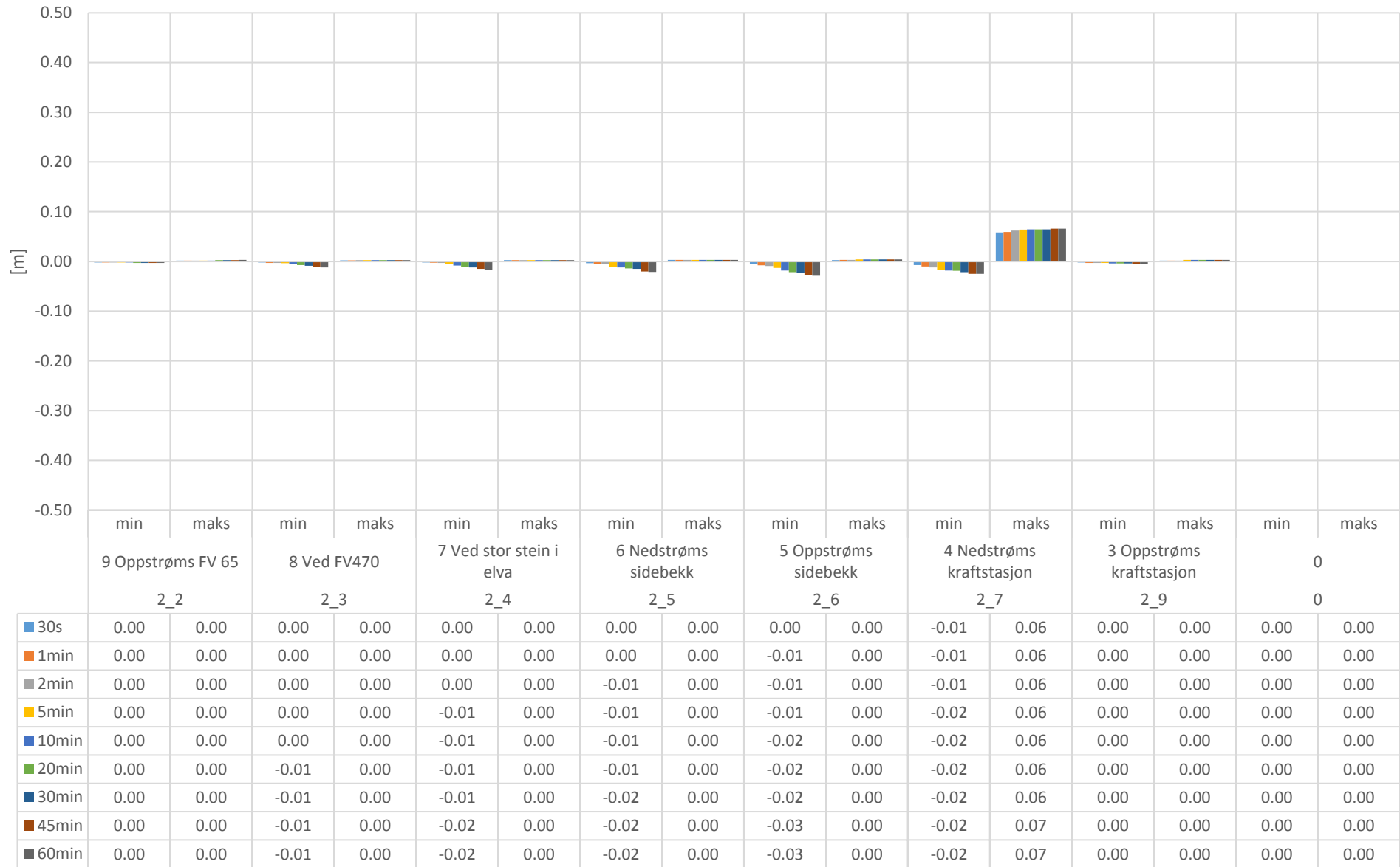


Vedlegg 2
Resultater hydrogrammer vannstand og temperatur

Vannstandsending per time, Sundli, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav

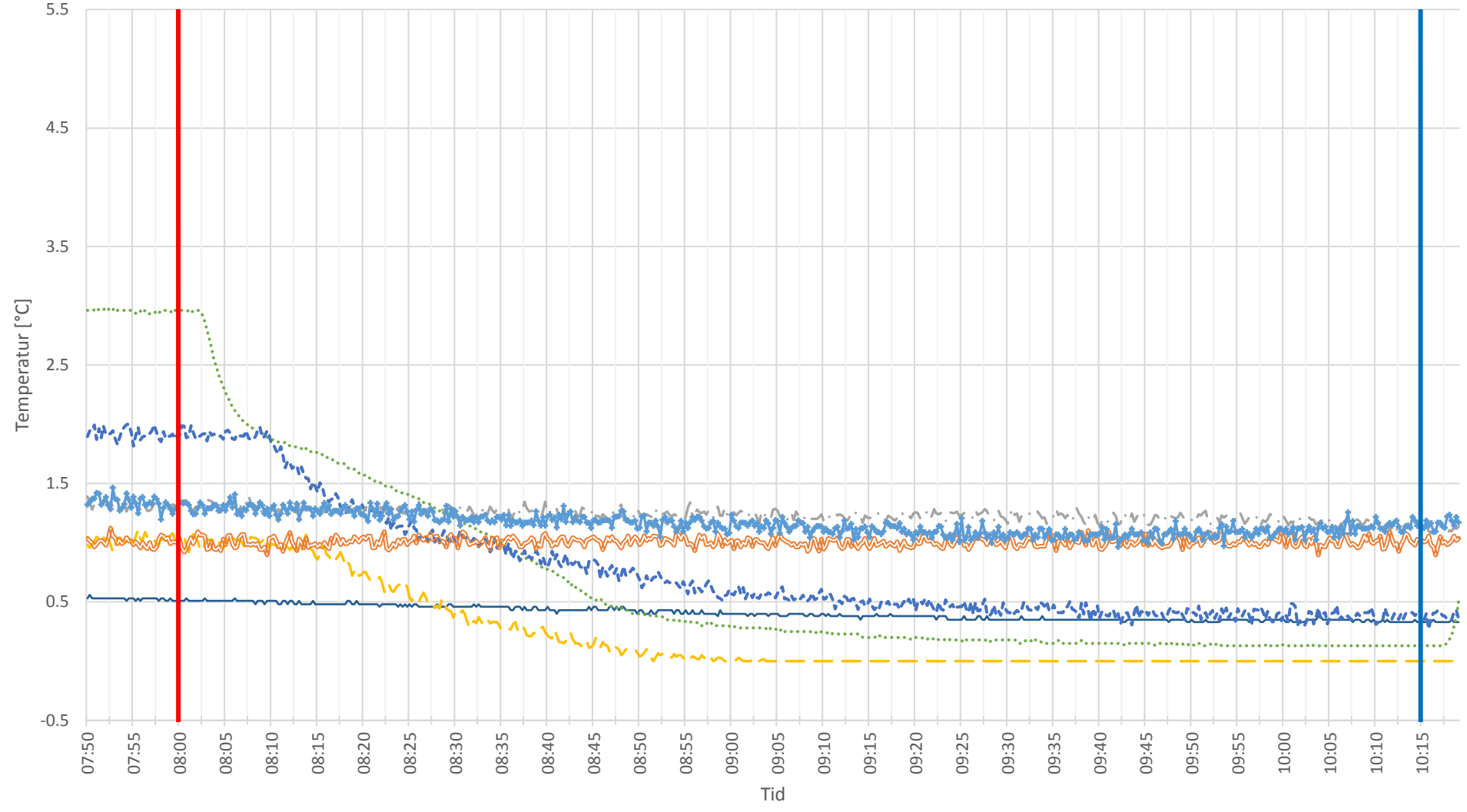


Vannstandsending, Sundli, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav

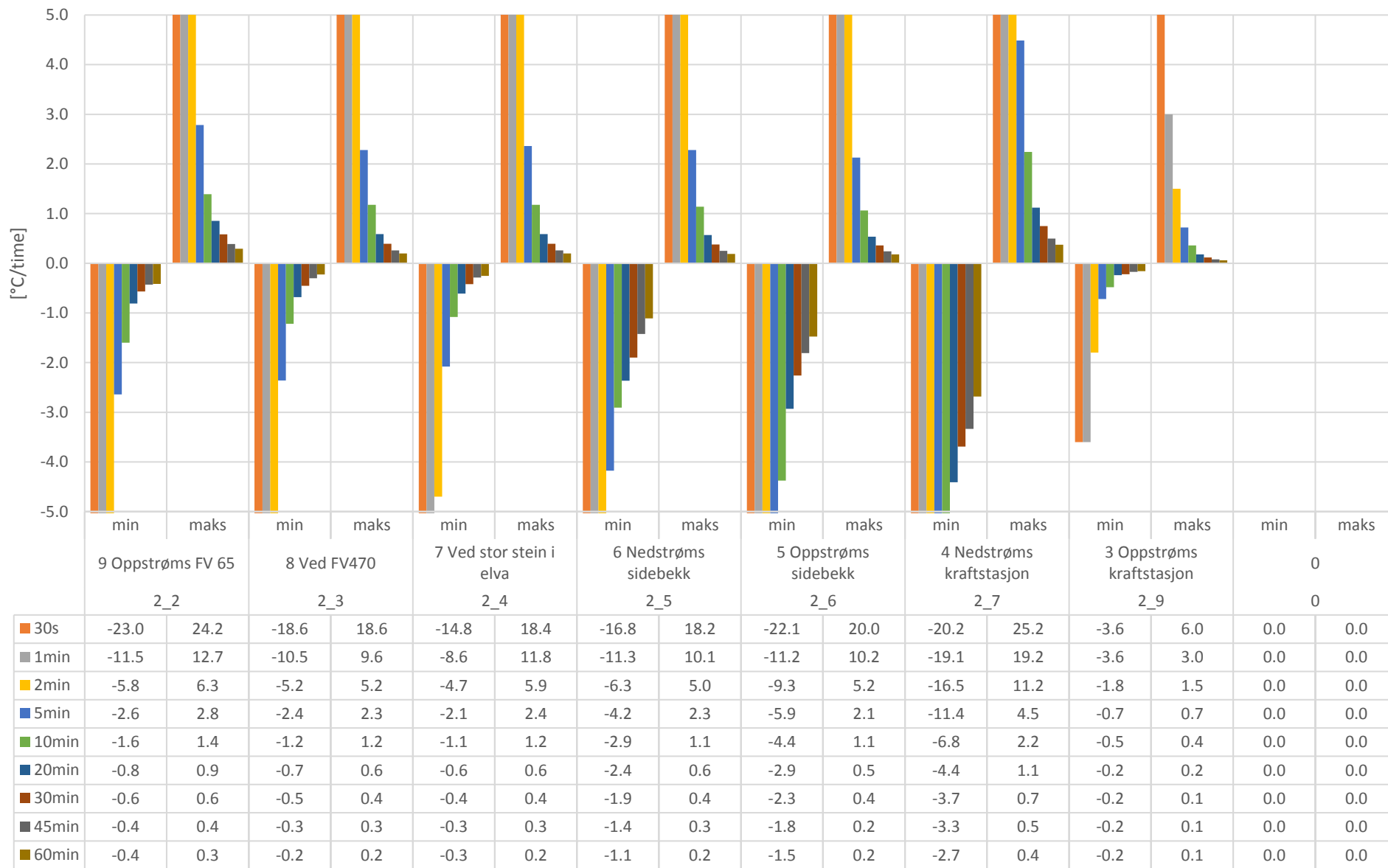


Temperaturvariasjoner, Sundli, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav

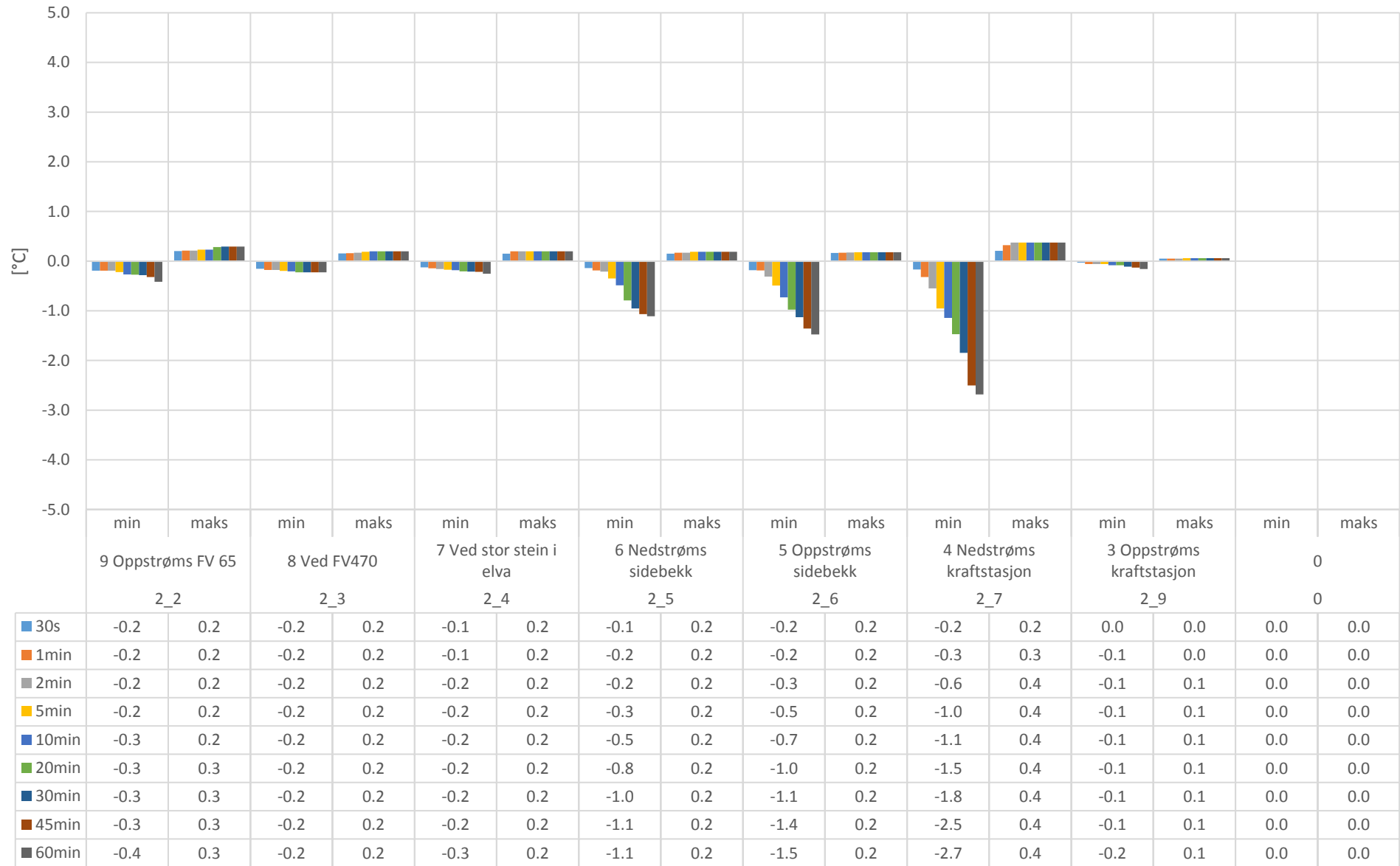
- 3 Oppstrøms kraftstasjon
- 4 Nedstrøms kraftstasjon
- 5 Oppstrøms sidebekk
- 6 Nedstrøms sidebekk
- 7 Ved stor stein i elva
- 8 Ved FV470
- 9 Oppstrøms FV 65
- Stopp
- Start



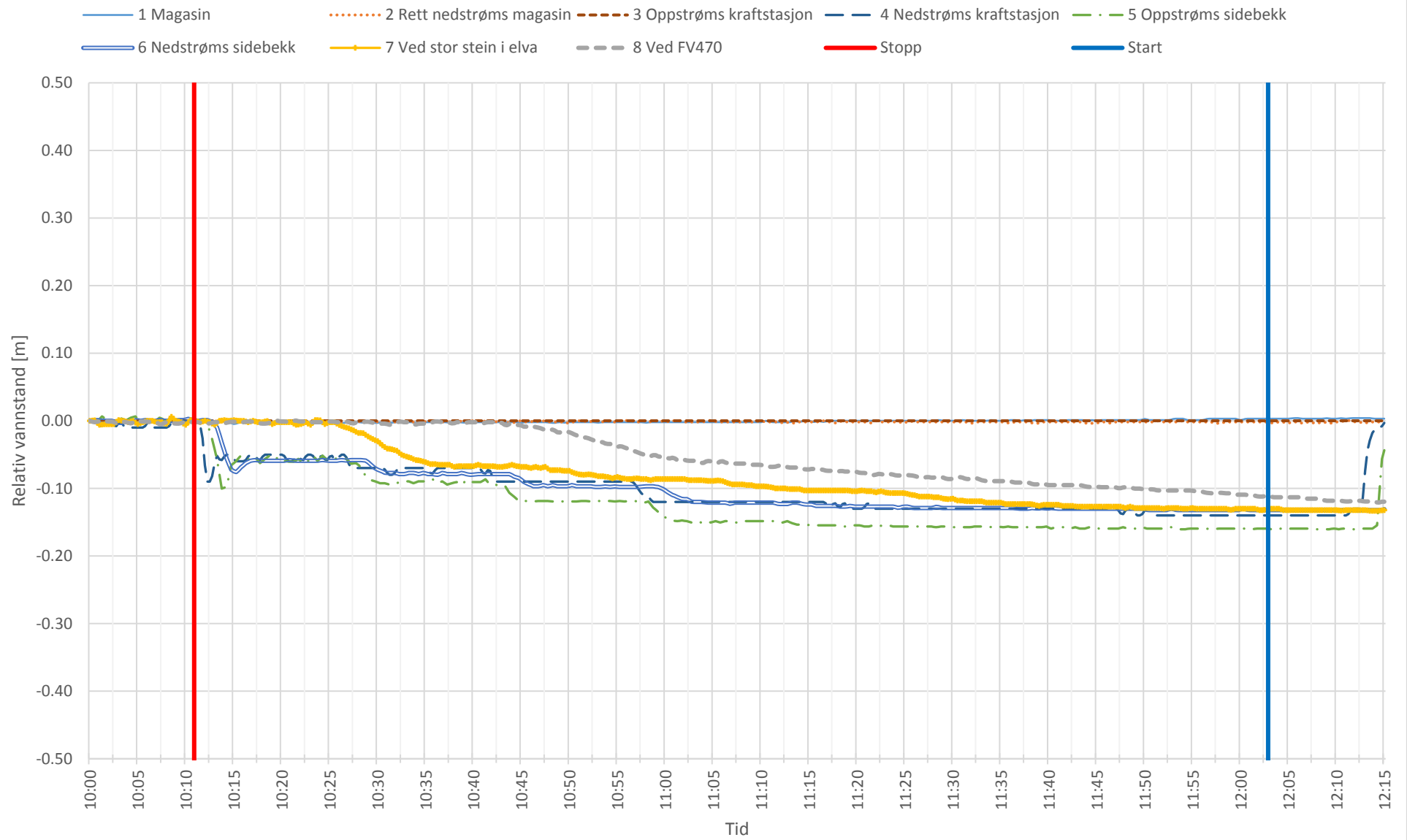
Temperaturendring per time, Sundli, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav



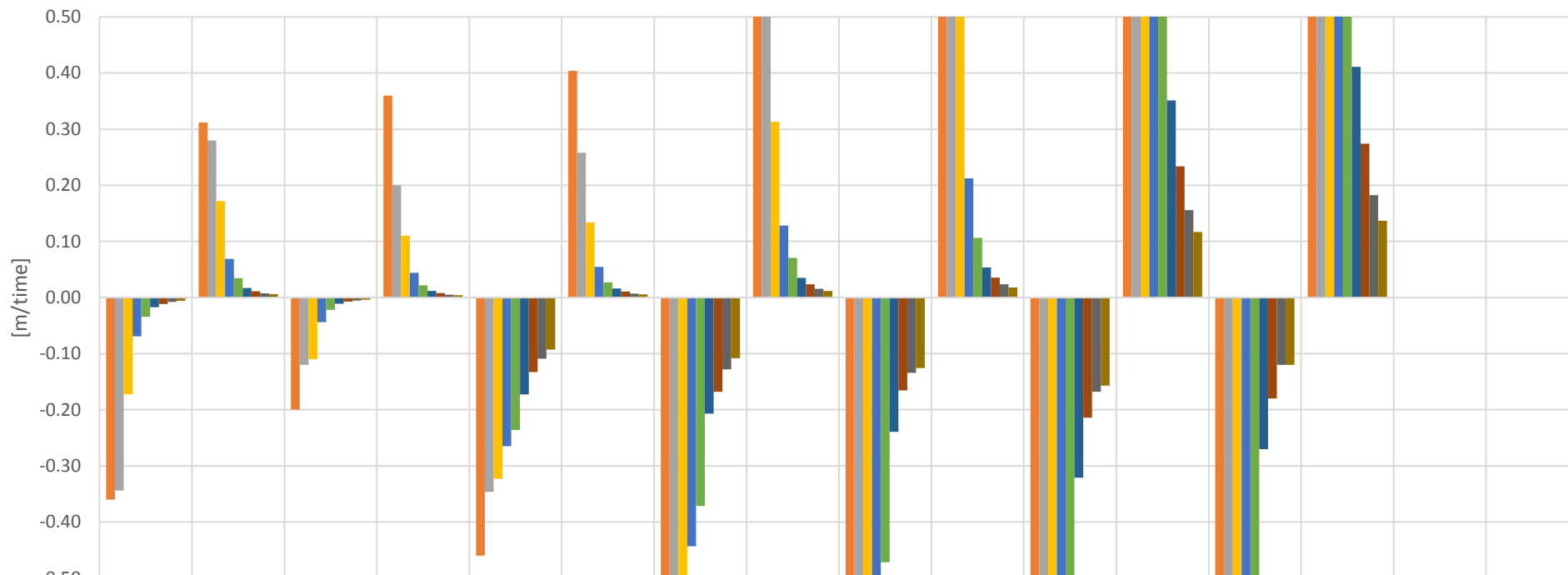
Temperaturendring, Sundli, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav



Vannstandsvariasjoner, Sundli, 21 September 2016, Vannføring: Middels

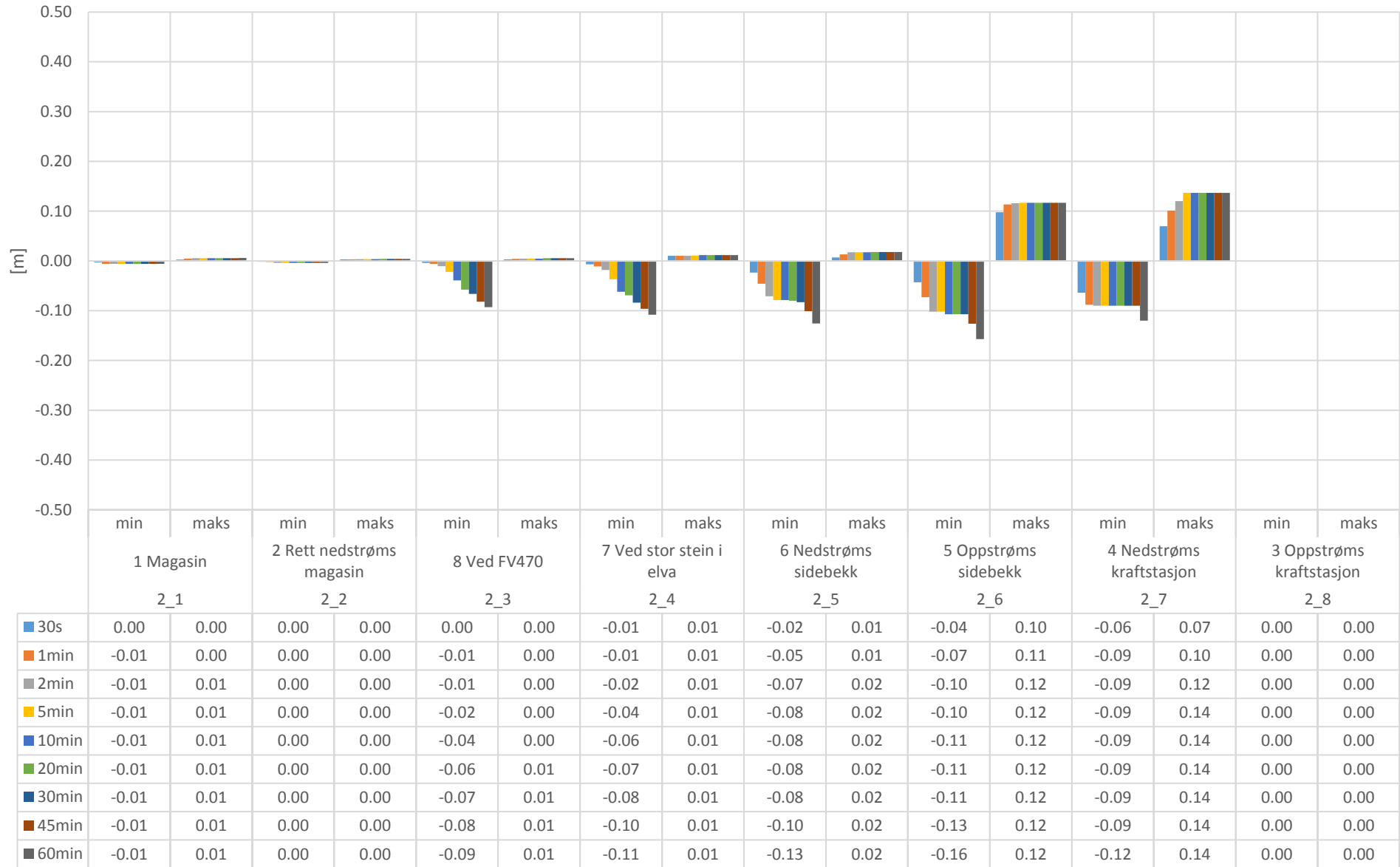


Vannstandsending per time, Sundli, 21 September 2016, Vannføring: Middels



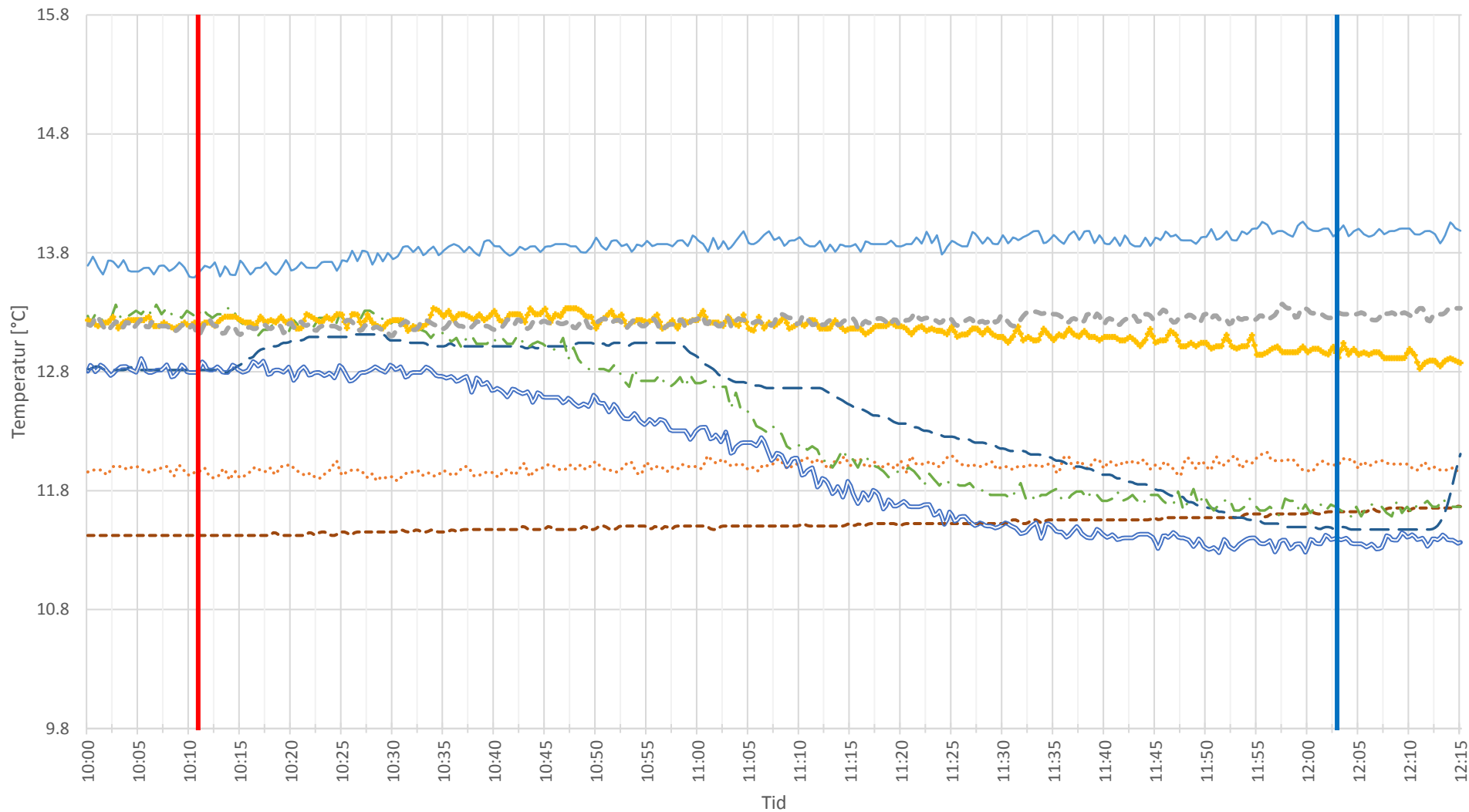
	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks
	1 Magasin		2 Rett nedstrøms magasin		8 Ved FV470		7 Ved stor stein i elva		6 Nedstrøms sidebekk		5 Oppstrøms sidebekk		4 Nedstrøms kraftstasjon		3 Oppstrøms kraftstasjon	
	2_1		2_2		2_3		2_4		2_5		2_6		2_7		2_8	
30s	-0.36	0.31	-0.20	0.36	-0.46	0.40	-0.81	1.25	-2.83	0.86	-5.16	11.76	-7.68	8.40	0.00	0.00
1min	-0.34	0.28	-0.12	0.20	-0.35	0.26	-0.65	0.63	-2.74	0.79	-4.38	6.81	-5.28	6.06	0.00	0.00
2min	-0.17	0.17	-0.11	0.11	-0.32	0.13	-0.54	0.31	-2.12	0.53	-3.06	3.48	-2.70	3.60	0.00	0.00
5min	-0.07	0.07	-0.04	0.04	-0.26	0.05	-0.44	0.13	-0.94	0.21	-1.22	1.40	-1.08	1.64	0.00	0.00
10min	-0.03	0.03	-0.02	0.02	-0.24	0.03	-0.37	0.07	-0.47	0.11	-0.64	0.70	-0.54	0.82	0.00	0.00
20min	-0.02	0.02	-0.01	0.01	-0.17	0.02	-0.21	0.04	-0.24	0.05	-0.32	0.35	-0.27	0.41	0.00	0.00
30min	-0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.13	0.01	-0.17	0.02	-0.17	0.04	-0.21	0.23	-0.18	0.27	0.00	0.00
45min	-0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.11	0.01	-0.13	0.02	-0.13	0.02	-0.17	0.16	-0.12	0.18	0.00	0.00
60min	-0.01	0.01	0.00	0.00	-0.09	0.01	-0.11	0.01	-0.13	0.02	-0.16	0.12	-0.12	0.14	0.00	0.00

Vannstandsending, Sundli, 21 September 2016, Vannføring: Middels

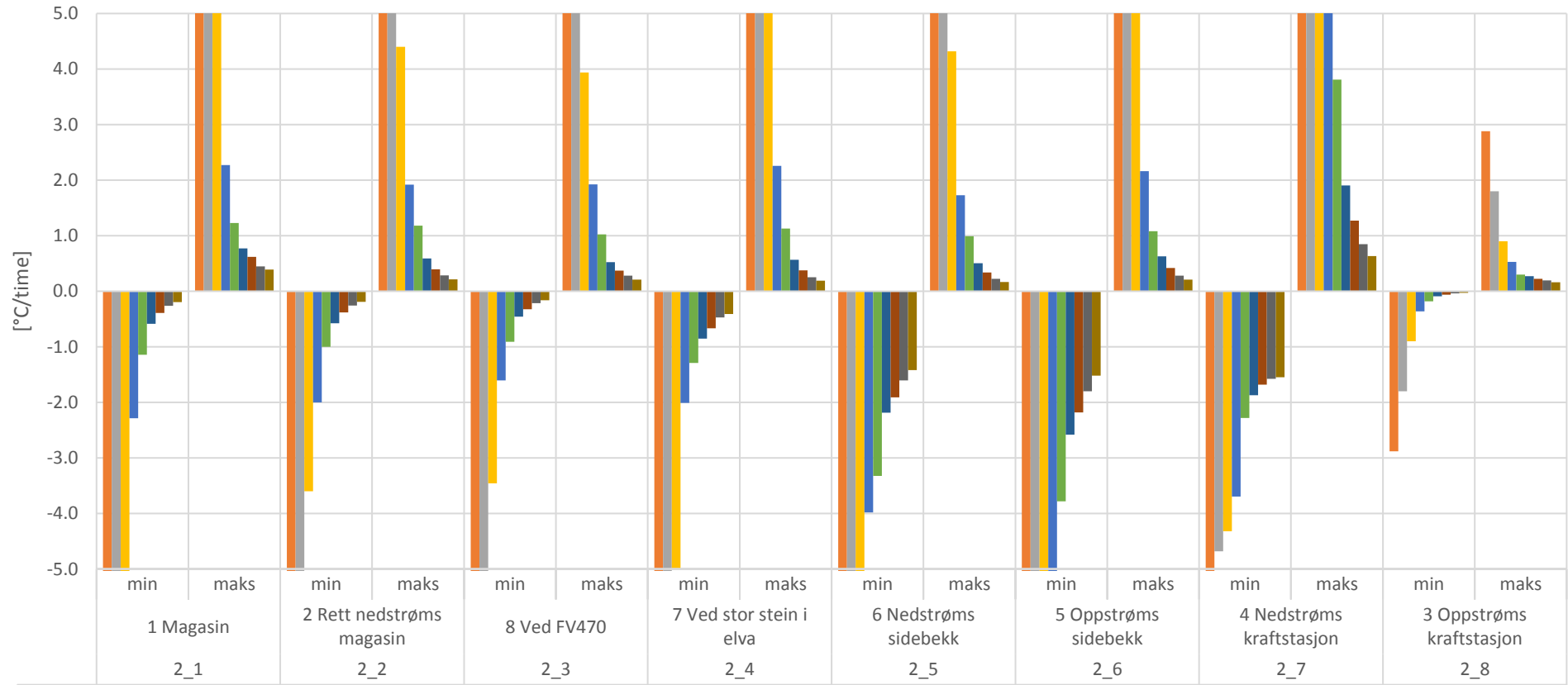


Temperaturvariasjoner, Sundli, 21 September 2016, Vannføring: Middels

- 1 Magasin
- 2 Rett nedstrøms magasin
- 3 Oppstrøms kraftstasjon
- 4 Nedstrøms kraftstasjon
- 5 Oppstrøms sidebekk
- 6 Nedstrøms sidebekk
- 7 Ved stor stein i elva
- 8 Ved FV470
- Stopp
- Start

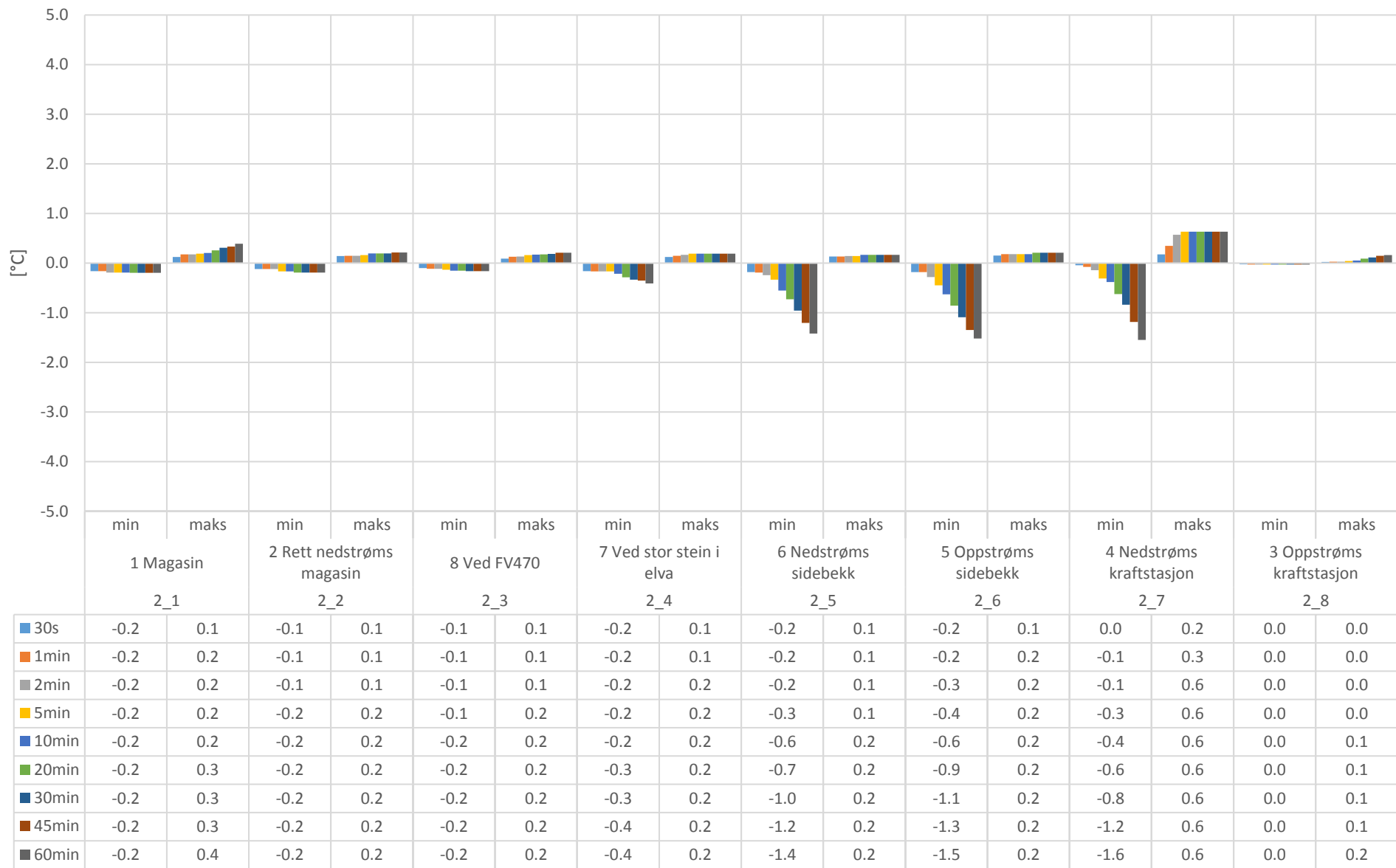


Temperaturendring per time, Sundli, 21 September 2016, Vannføring: Middels

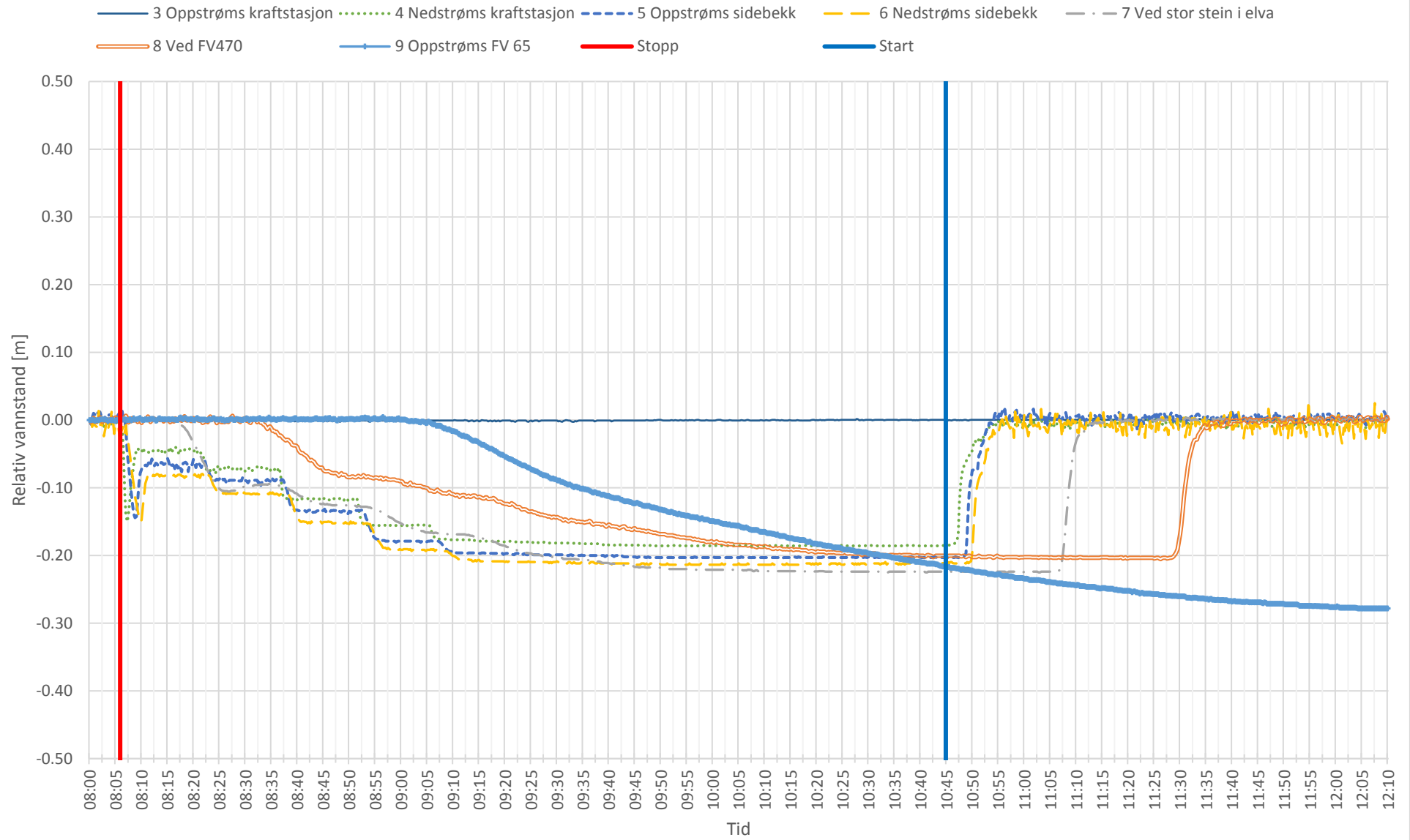


	1 Magasin 2_1		2 Rett nedstrøms magasin 2_2		8 Ved FV470 2_3		7 Ved stor stein i elva 2_4		6 Nedstrøms sidebakk 2_5		5 Oppstrøms sidebakk 2_6		4 Nedstrøms kraftstasjon 2_7		3 Oppstrøms kraftstasjon 2_8	
	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks
30s	-19.5	14.6	-14.4	17.0	-12.0	11.0	-19.7	14.7	-21.5	16.0	-21.6	18.0	-5.3	21.2	-2.9	2.9
1min	-9.8	10.6	-7.2	8.8	-6.9	7.6	-10.0	8.9	-11.5	8.0	-10.8	10.8	-4.7	20.8	-1.8	1.8
2min	-5.7	5.3	-3.6	4.4	-3.5	3.9	-5.0	5.1	-7.3	4.3	-8.4	5.4	-4.3	17.2	-0.9	0.9
5min	-2.3	2.3	-2.0	1.9	-1.6	1.9	-2.0	2.3	-4.0	1.7	-5.4	2.2	-3.7	7.6	-0.4	0.5
10min	-1.1	1.2	-1.0	1.2	-0.9	1.0	-1.3	1.1	-3.3	1.0	-3.8	1.1	-2.3	3.8	-0.2	0.3
20min	-0.6	0.8	-0.6	0.6	-0.5	0.5	-0.9	0.6	-2.2	0.5	-2.6	0.6	-1.9	1.9	-0.1	0.3
30min	-0.4	0.6	-0.4	0.4	-0.3	0.4	-0.7	0.4	-1.9	0.3	-2.2	0.4	-1.7	1.3	-0.1	0.2
45min	-0.3	0.4	-0.3	0.3	-0.2	0.3	-0.5	0.3	-1.6	0.2	-1.8	0.3	-1.6	0.8	0.0	0.2
60min	-0.2	0.4	-0.2	0.2	-0.2	0.2	-0.4	0.2	-1.4	0.2	-1.5	0.2	-1.6	0.6	0.0	0.2

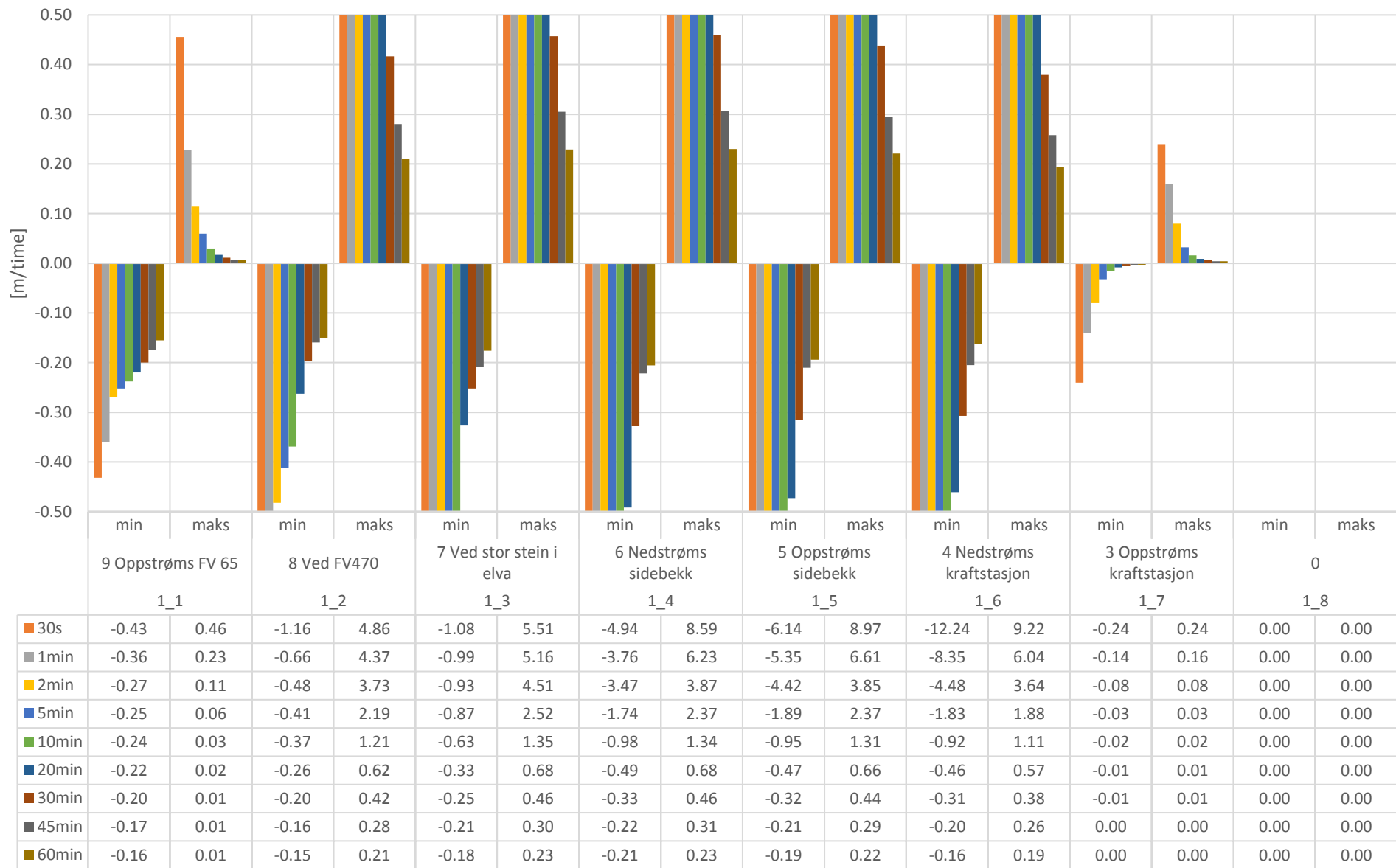
Temperaturendring, Sundli, 21 September 2016, Vannføring: Middels



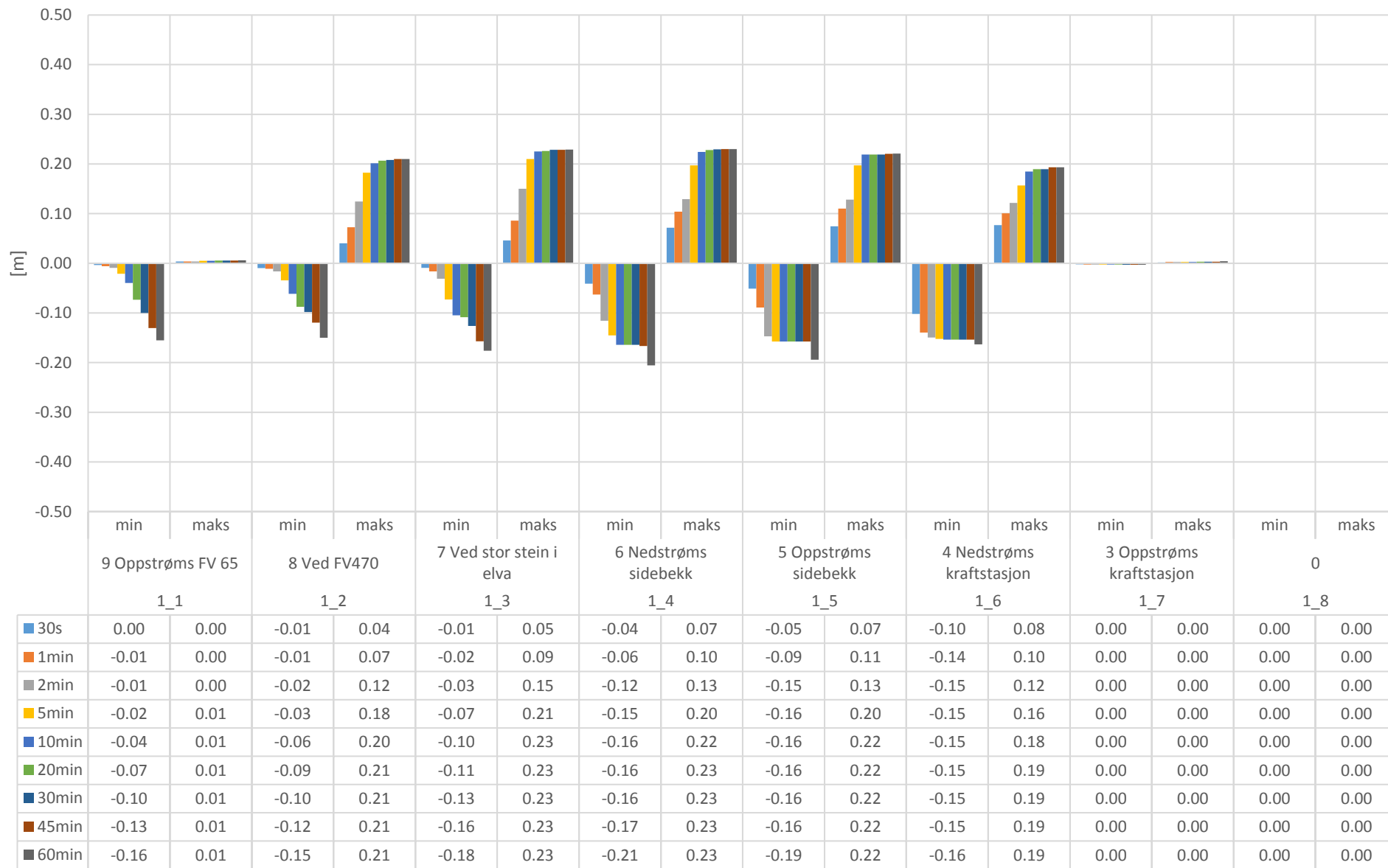
Vannstandsvariasjoner, Sundli, 7 Oktober 2016, Vannføring: Høy



Vannstandsending per time, Sundli, 7 Oktober 2016, Vannføring: Høy

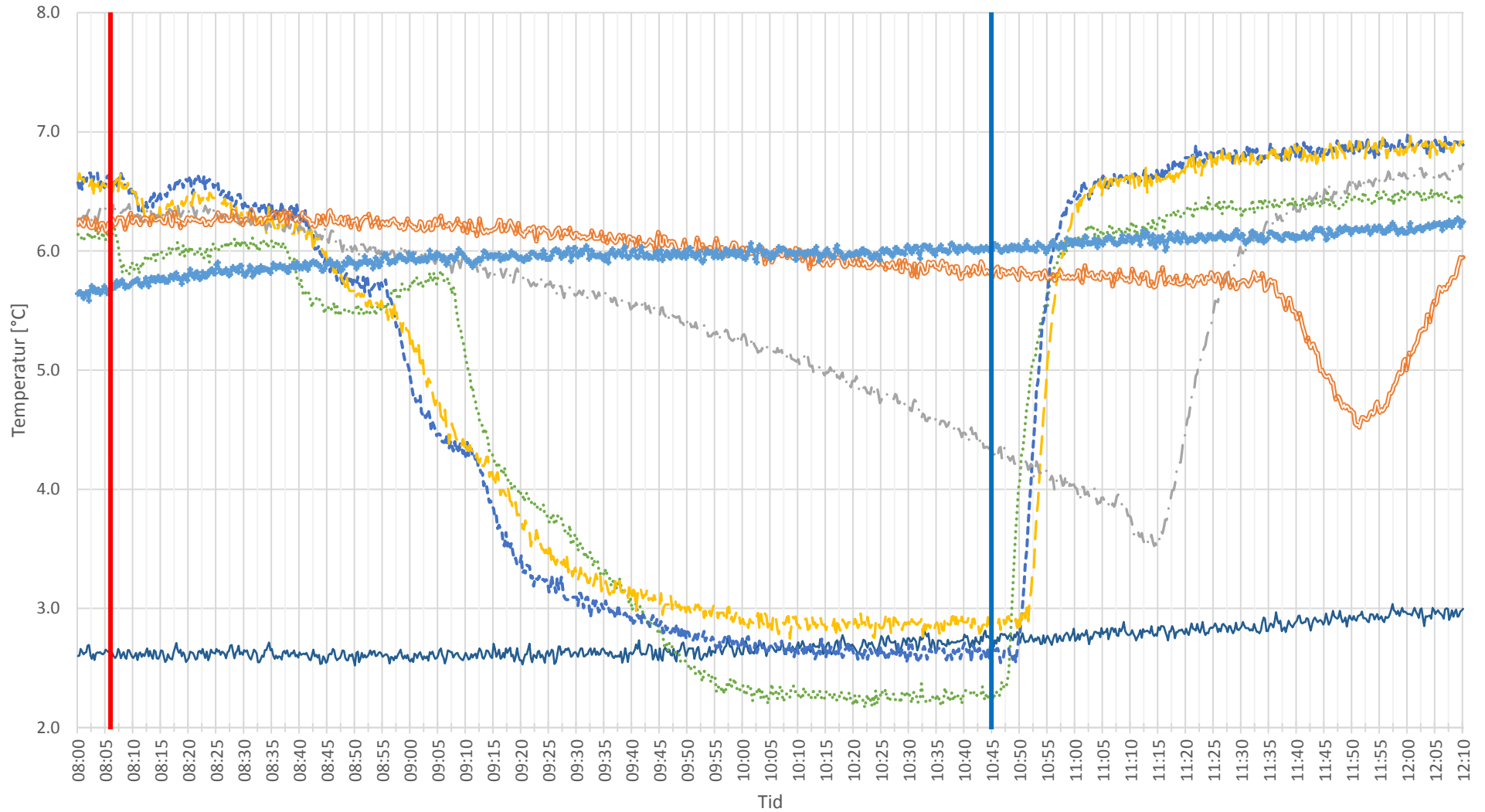


Vannstandsending, Sundli, 7 Oktober 2016, Vannføring: Høy

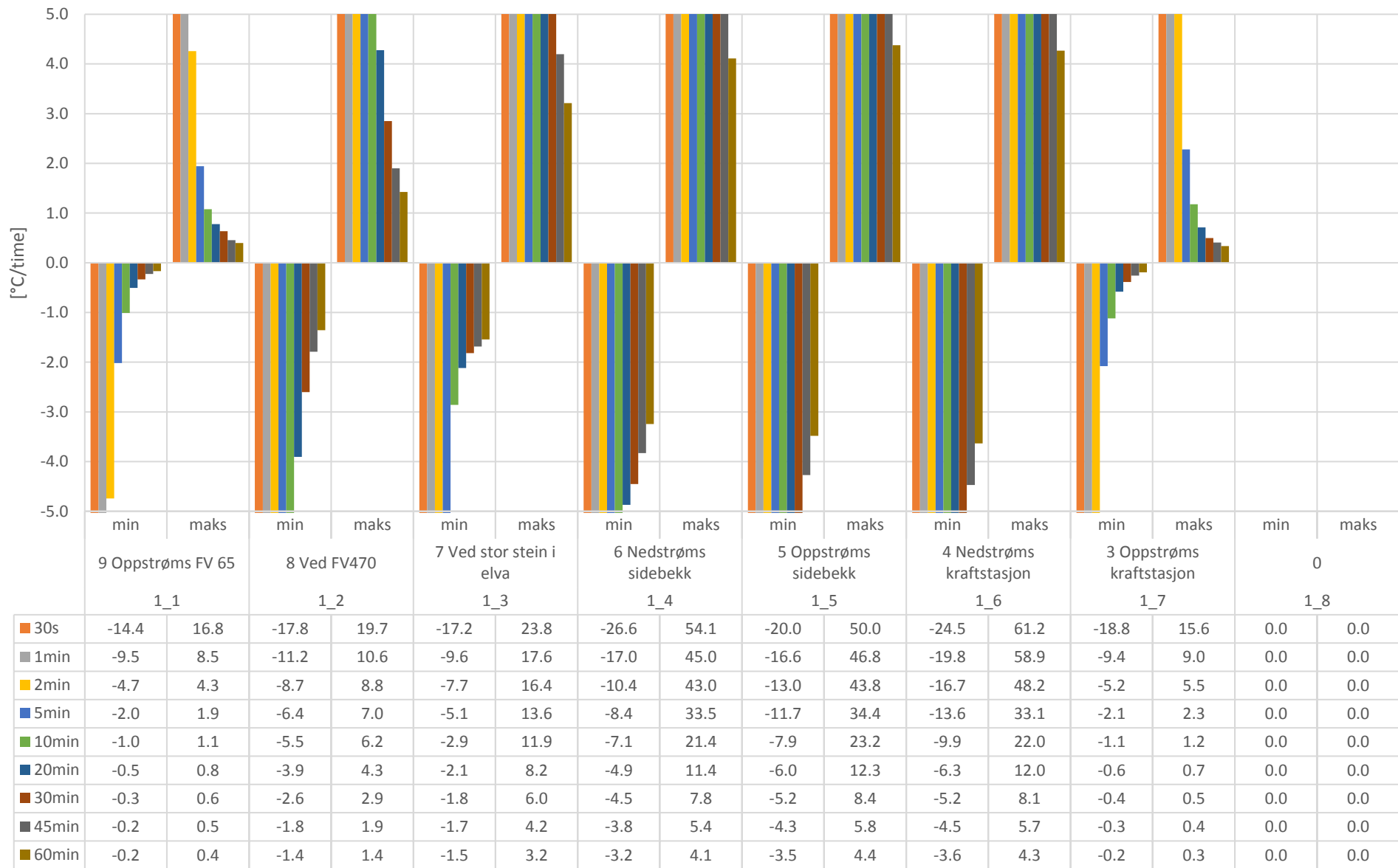


Temperaturvariasjoner, Sundli, 7 Oktober 2016, Vannføring: Høy

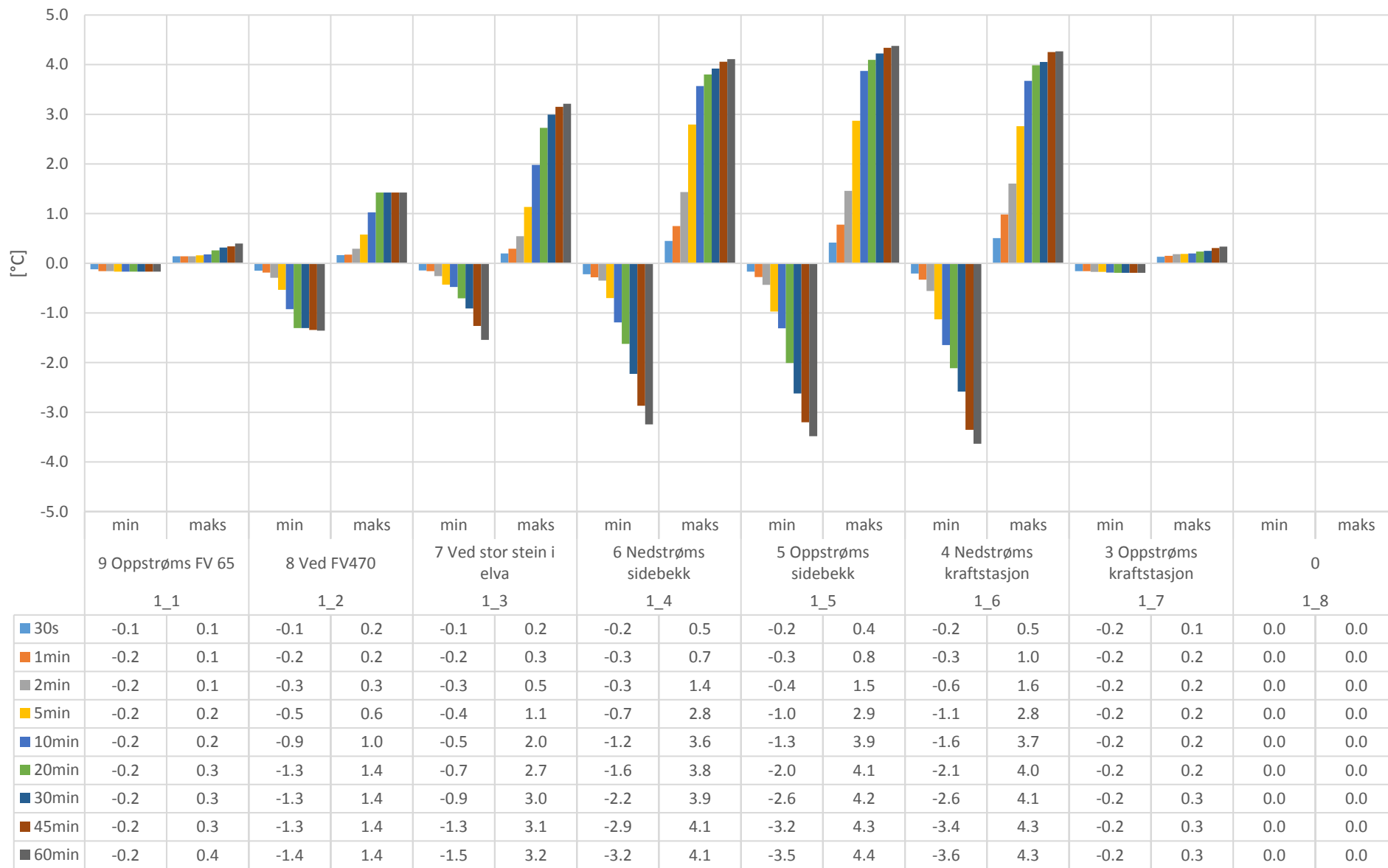
- 3 Oppstrøms kraftstasjon
- 4 Nedstrøms kraftstasjon
- 5 Oppstrøms sidebekk
- 6 Nedstrøms sidebekk
- 7 Ved stor stein i elva
- 8 Ved FV470
- 9 Oppstrøms FV 65
- Stopp
- Start



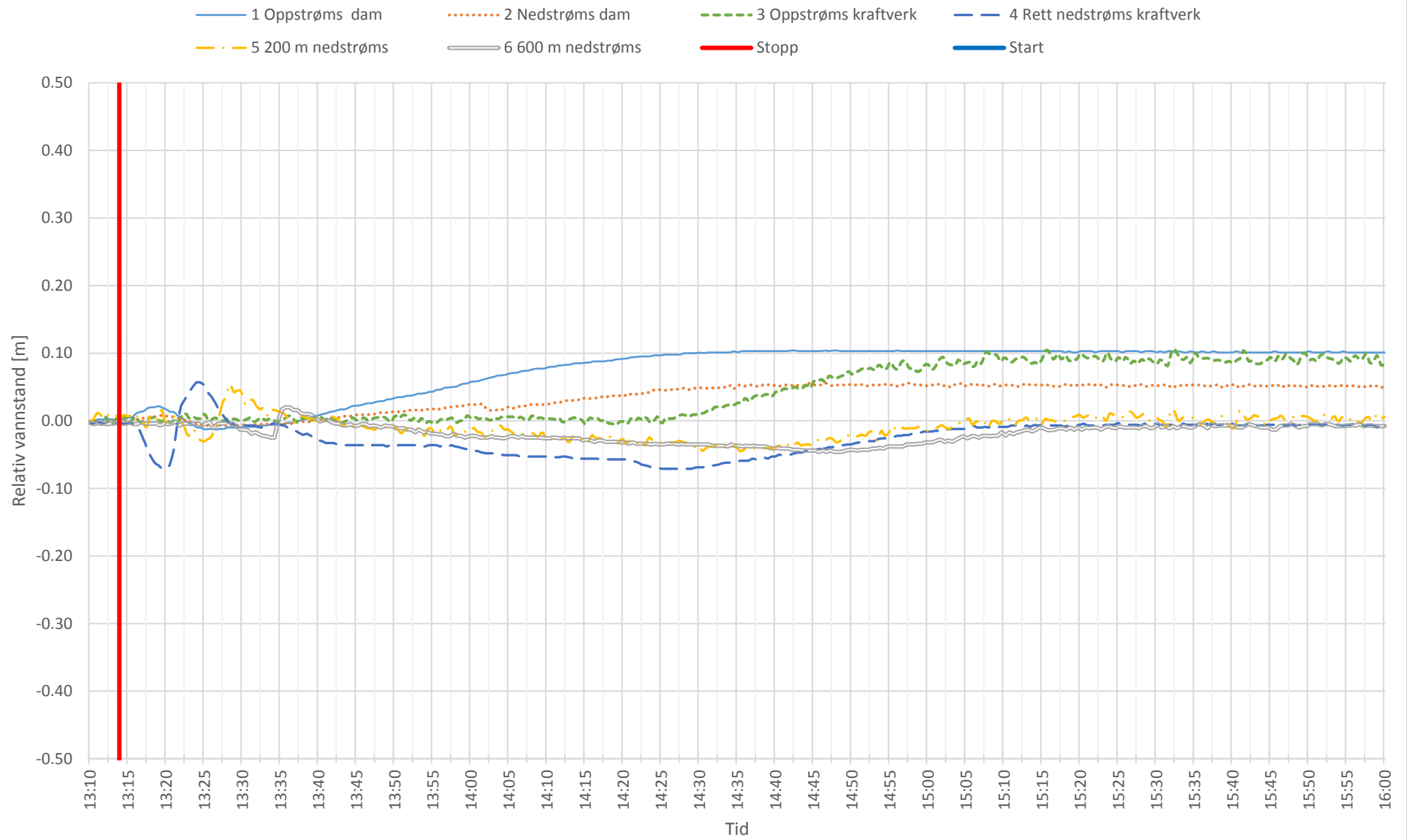
Temperaturrendring per time, Sundli, 7 Oktober 2016, Vannføring: Høy



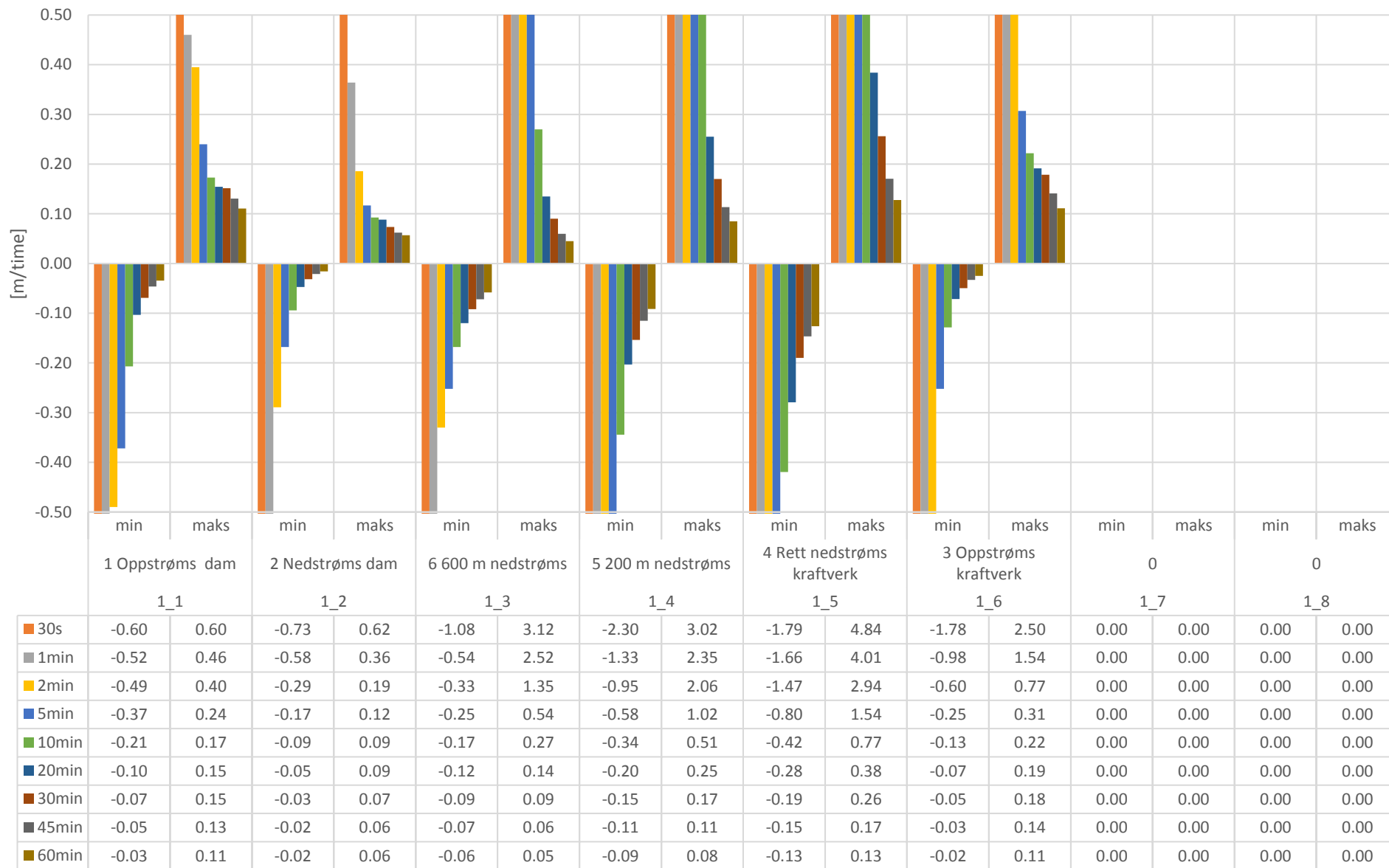
Temperaturendring, Sundli, 7 Oktober 2016, Vannføring: Høy



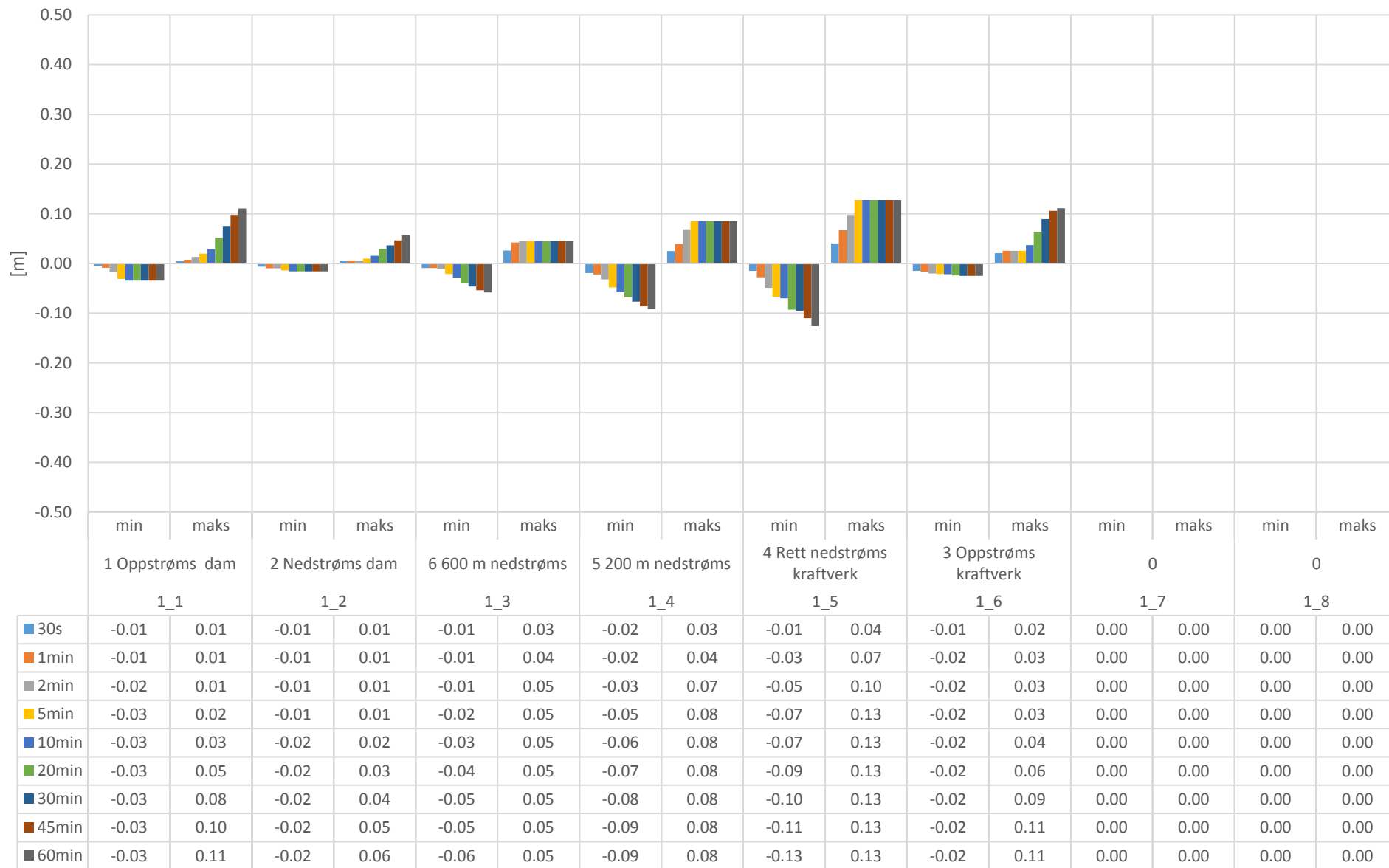
Vannstandsvariasjoner, Gryta, 29 September 2016, Vannføring: Lav



Vannstandsending per time, Gryta, 29 September 2016, Vannføring: Lav

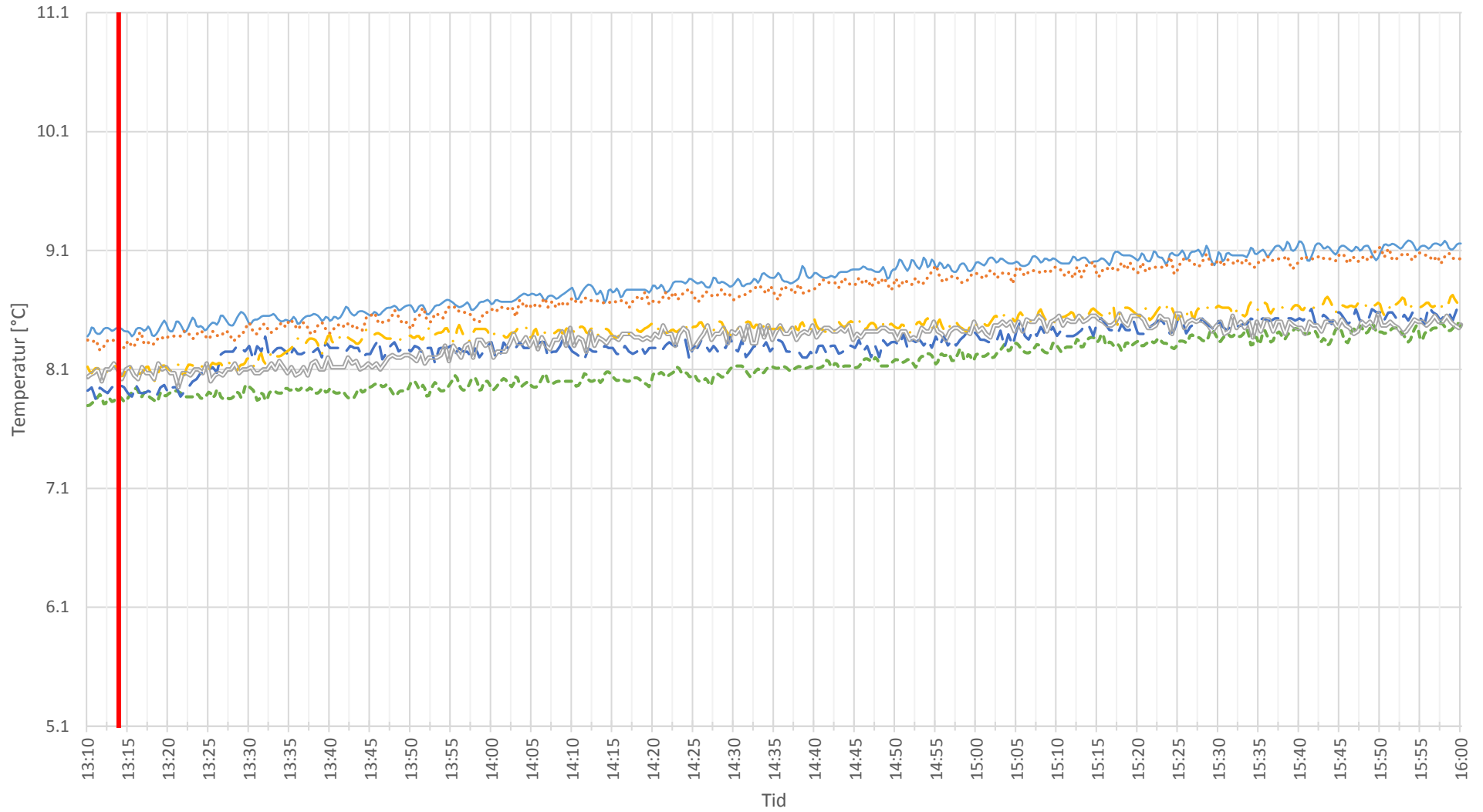


Vannstandsending, Gryta, 29 September 2016, Vannføring: Lav

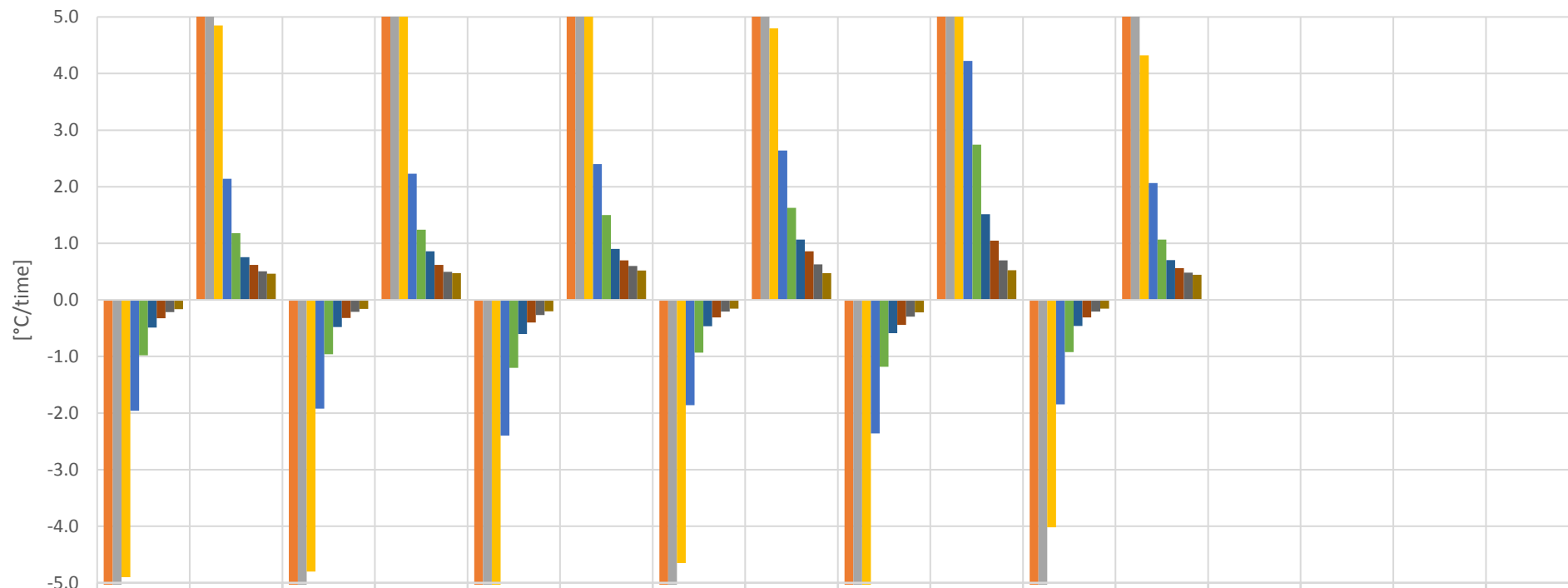


Temperaturvariasjoner, Gryta, 29 September 2016, Vannføring: Lav

- 1 Oppstrøms dam
- 2 Nedstrøms dam
- 3 Oppstrøms kraftverk
- 4 Rett nedstrøms kraftverk
- 5 200 m nedstrøms
- 6 600 m nedstrøms
- Stopp
- Start

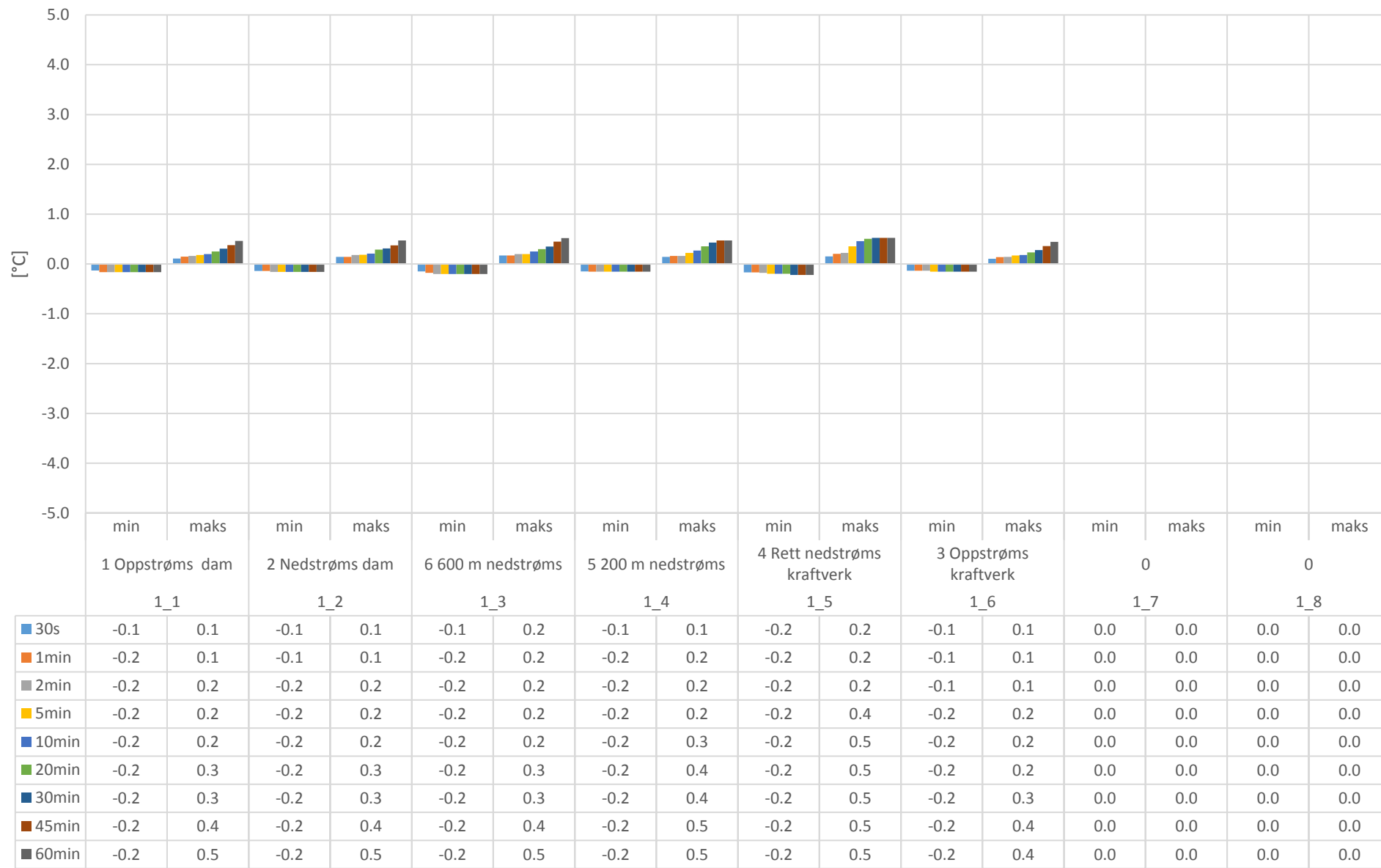


Temperaturendring per time, Gryta, 29 September 2016, Vannføring: Lav

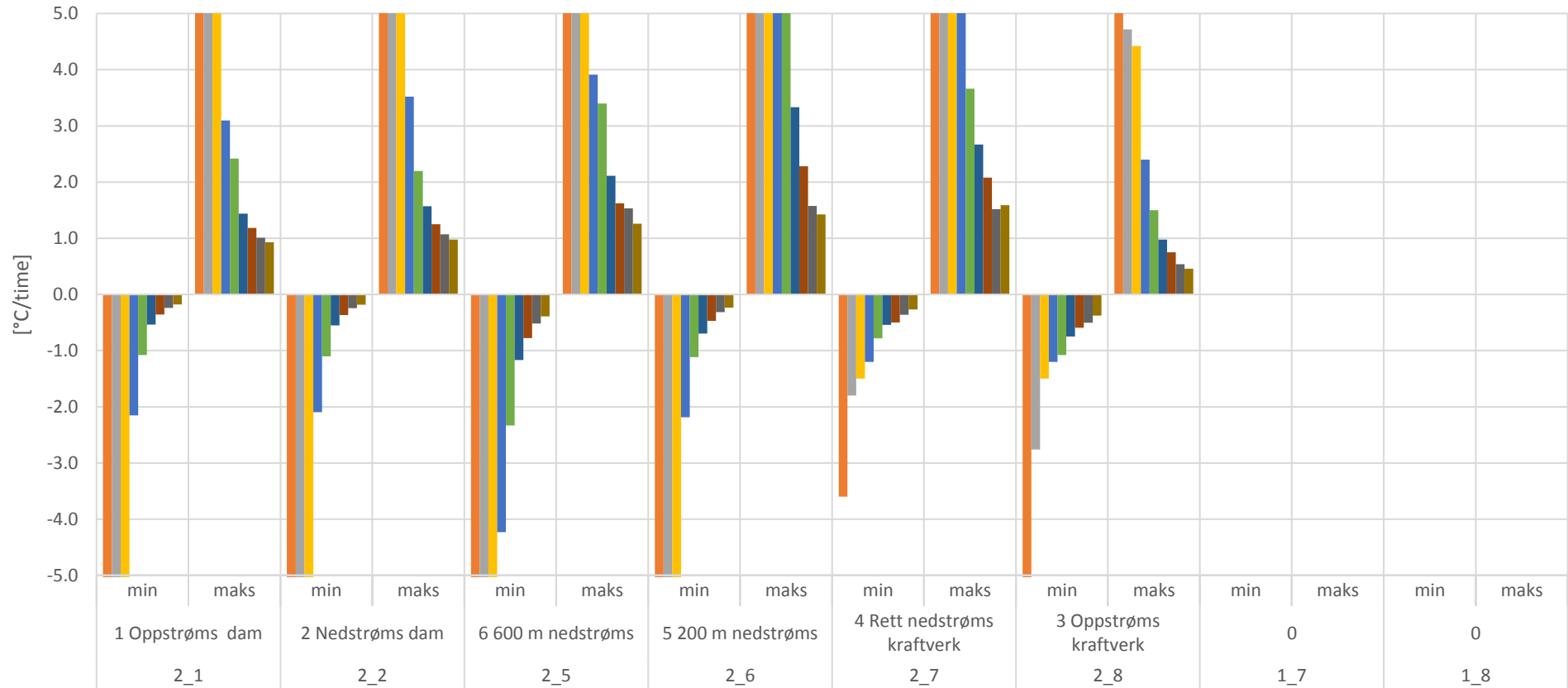


	1 Oppstrøms dam		2 Nedstrøms dam		6 600 m nedstrøms		5 200 m nedstrøms		4 Rett nedstrøms kraftverk		3 Oppstrøms kraftverk		0		0	
	1_1		1_2		1_3		1_4		1_5		1_6		1_7		1_8	
	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks
30s	-16.0	13.2	-17.1	17.1	-18.0	20.4	-17.8	17.3	-20.4	18.4	-16.1	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1min	-9.8	8.8	-8.6	8.6	-10.8	10.2	-9.3	9.6	-10.2	12.2	-8.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0
2min	-4.9	4.9	-4.8	5.4	-6.0	6.0	-4.6	4.8	-5.3	6.7	-4.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0
5min	-2.0	2.1	-1.9	2.2	-2.4	2.4	-1.9	2.6	-2.4	4.2	-1.8	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
10min	-1.0	1.2	-1.0	1.2	-1.2	1.5	-0.9	1.6	-1.2	2.7	-0.9	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20min	-0.5	0.8	-0.5	0.9	-0.6	0.9	-0.5	1.1	-0.6	1.5	-0.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
30min	-0.3	0.6	-0.3	0.6	-0.4	0.7	-0.3	0.9	-0.4	1.0	-0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
45min	-0.2	0.5	-0.2	0.5	-0.3	0.6	-0.2	0.6	-0.3	0.7	-0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
60min	-0.2	0.5	-0.2	0.5	-0.2	0.5	-0.2	0.5	-0.2	0.5	-0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0

Temperaturendring, Gryta, 29 September 2016, Vannføring: Lav

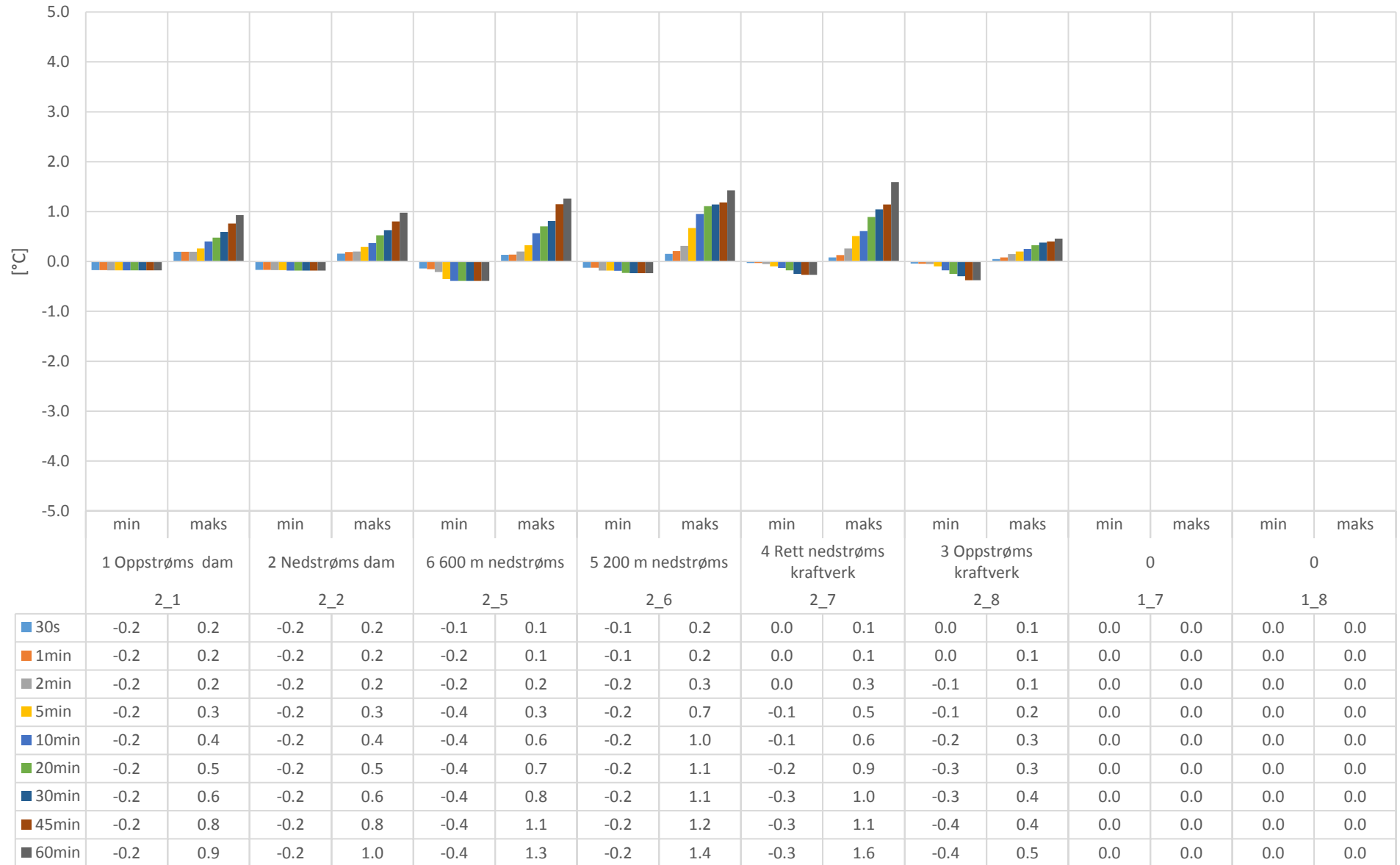


Temperaturendring per time, Gryta, 9 Mai 2017, Vannføring: Middels

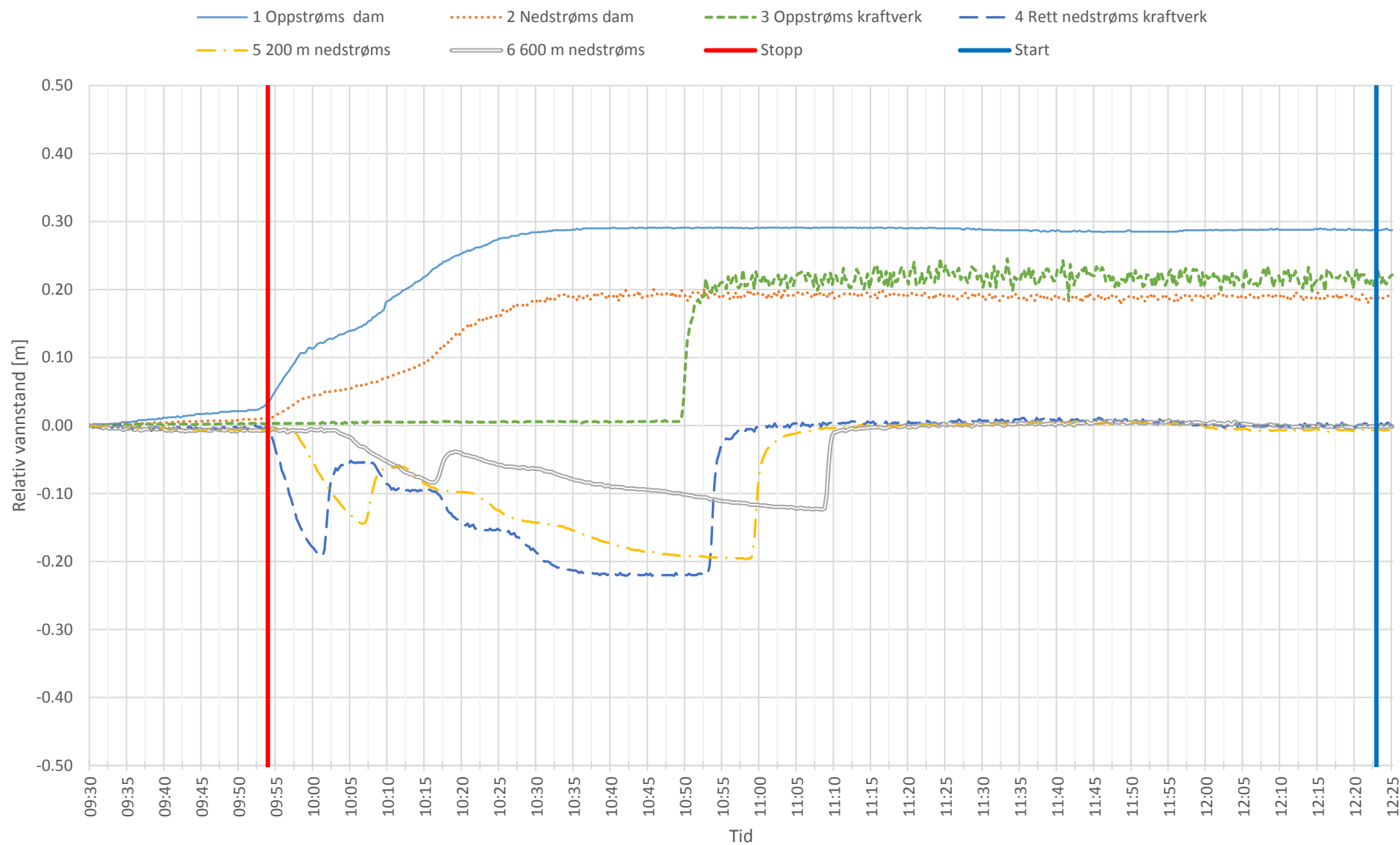


	1 Oppstrøms dam		2 Nedstrøms dam		6 600 m nedstrøms		5 200 m nedstrøms		4 Rett nedstrøms kraftverk		3 Oppstrøms kraftverk		0		0	
	2_1		2_2		2_5		2_6		2_7		2_8		1_7		1_8	
30s	-20.9	23.4	-20.2	18.6	-16.9	16.0	-15.4	18.0	-3.6	9.6	-5.2	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1min	-10.4	11.7	-10.1	11.4	-9.4	8.4	-7.7	12.5	-1.8	7.8	-2.8	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0
2min	-5.4	5.9	-5.2	5.9	-6.3	6.0	-5.5	9.3	-1.5	7.8	-1.5	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0
5min	-2.2	3.1	-2.1	3.5	-4.2	3.9	-2.2	8.0	-1.2	6.1	-1.2	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
10min	-1.1	2.4	-1.1	2.2	-2.3	3.4	-1.1	5.7	-0.8	3.7	-1.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
20min	-0.5	1.4	-0.5	1.6	-1.2	2.1	-0.7	3.3	-0.5	2.7	-0.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30min	-0.4	1.2	-0.4	1.3	-0.8	1.6	-0.5	2.3	-0.5	2.1	-0.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
45min	-0.2	1.0	-0.2	1.1	-0.5	1.5	-0.3	1.6	-0.4	1.5	-0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
60min	-0.2	0.9	-0.2	1.0	-0.4	1.3	-0.2	1.4	-0.3	1.6	-0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0

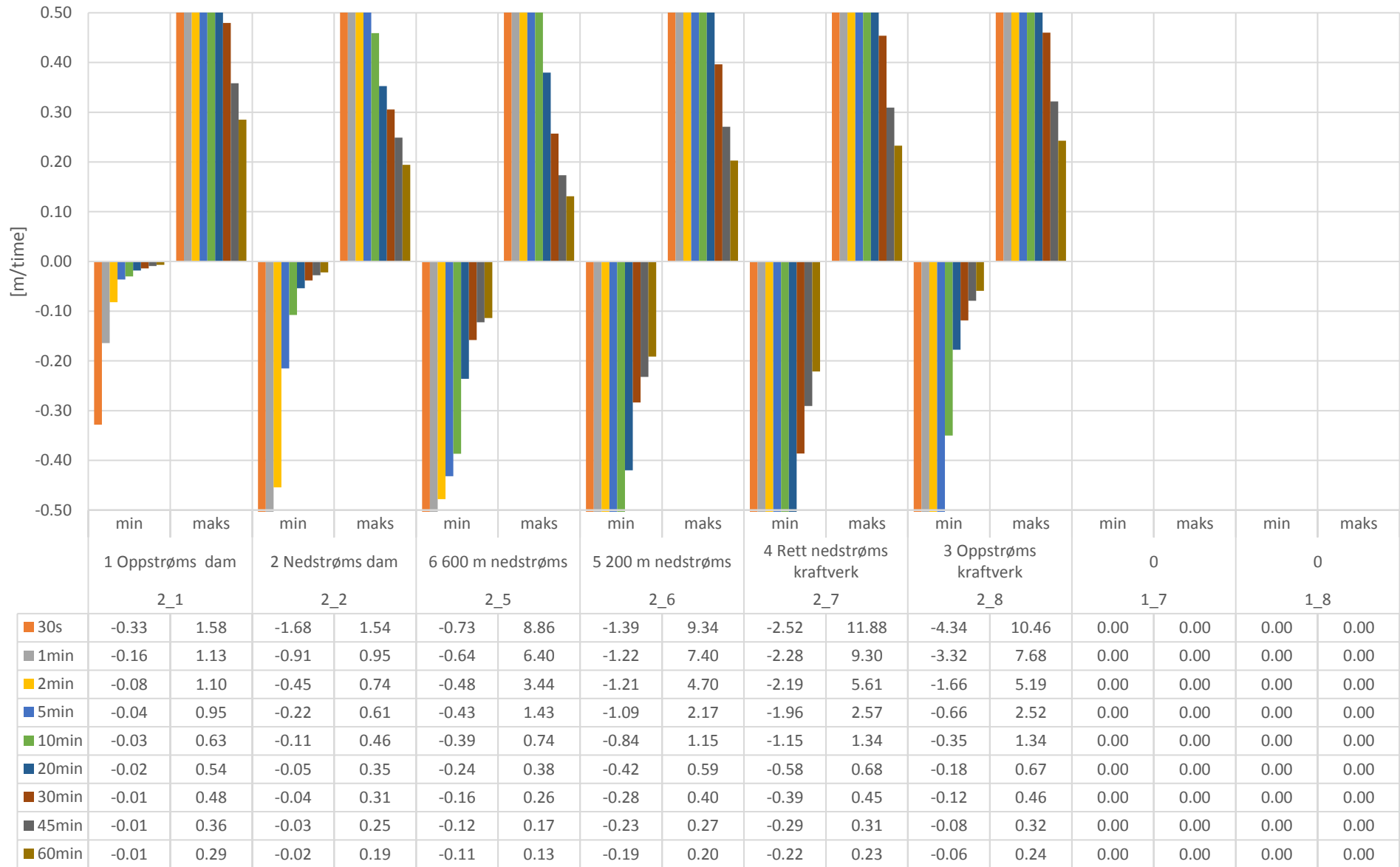
Temperaturendring, Gryta, 9 Mai 2017, Vannføring: Middels



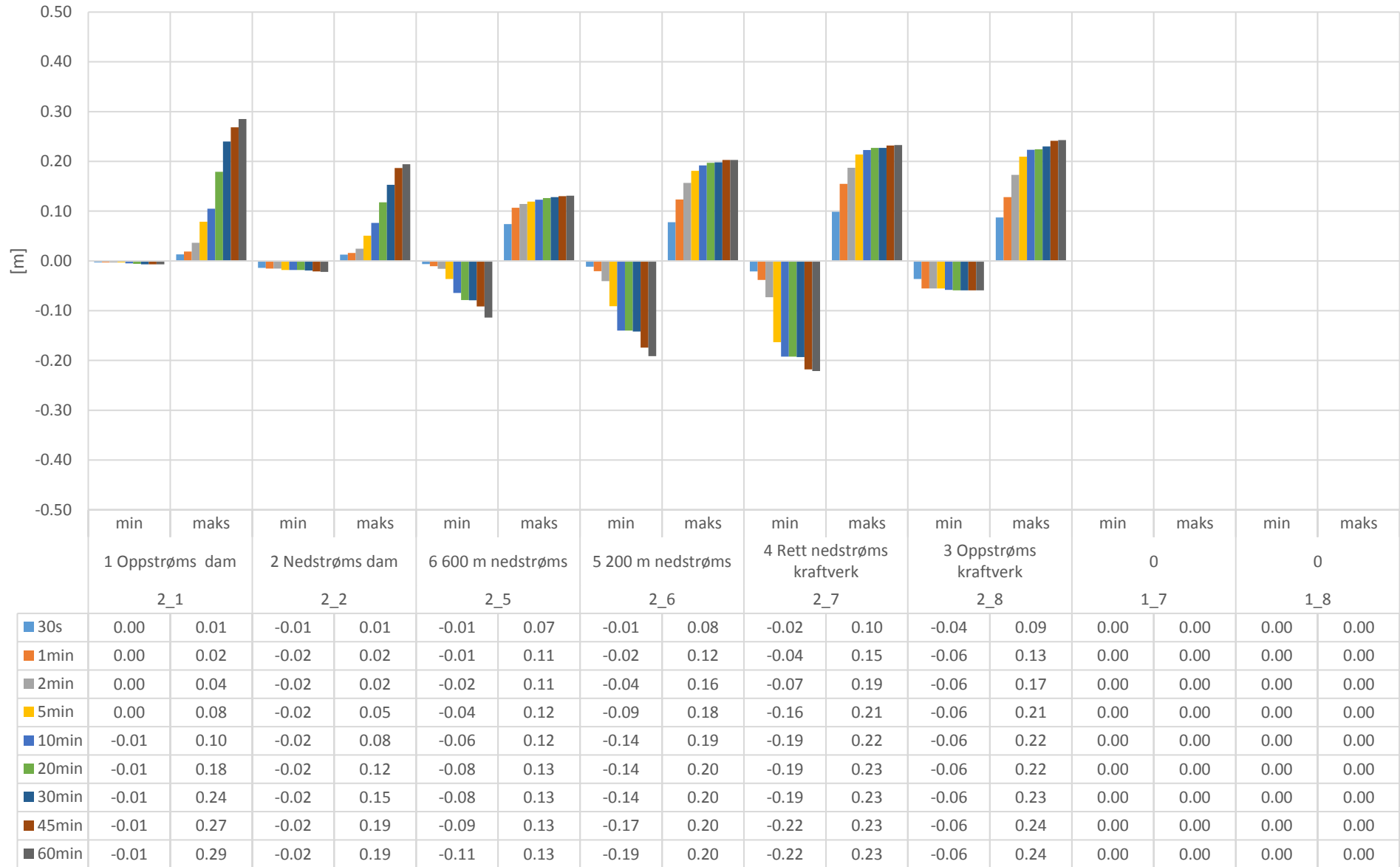
Vannstandsvariasjoner, Gryta, 9 Mai 2017, Vannføring: Middels



Vannstandsending per time, Gryta, 9 Mai 2017, Vannføring: Middels

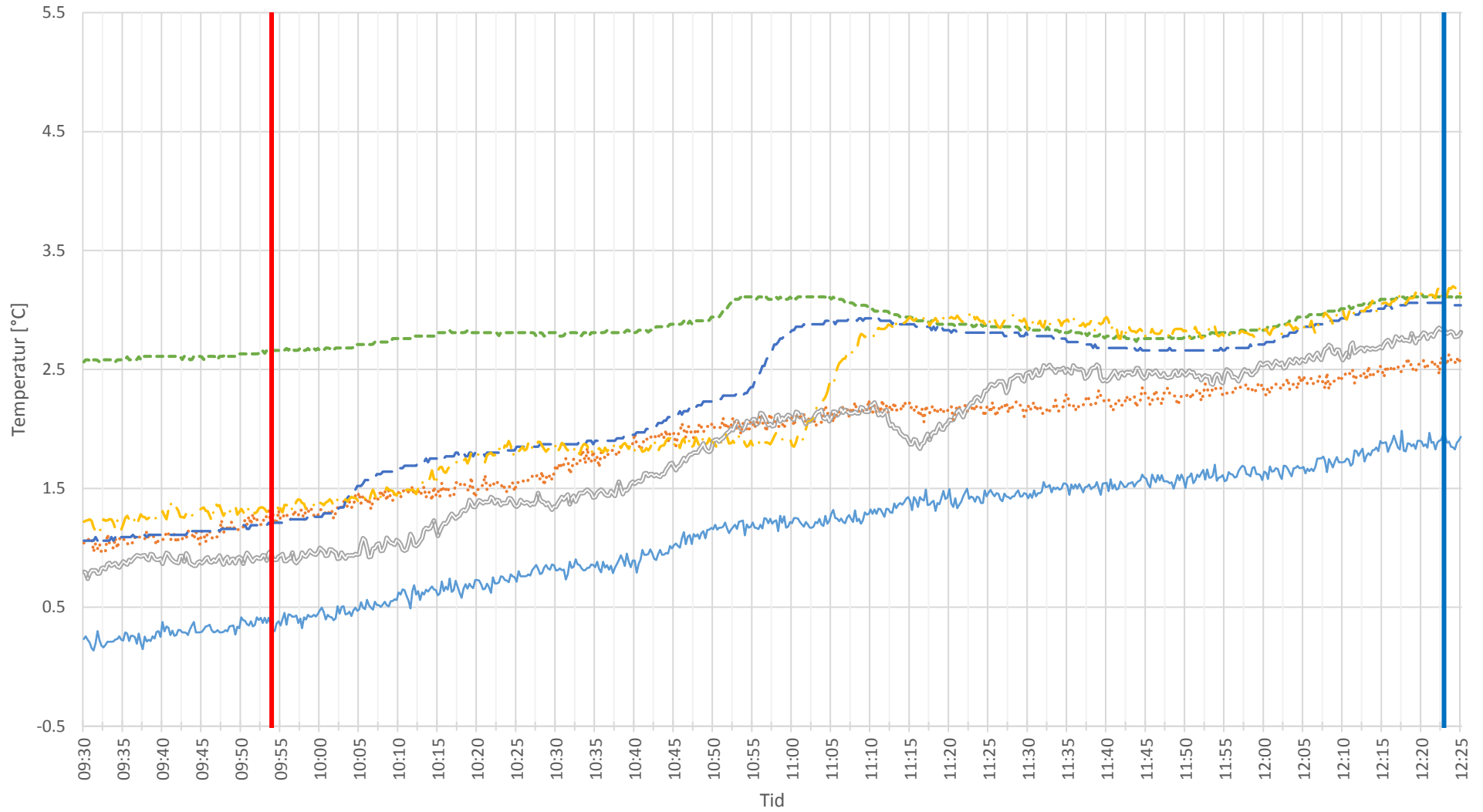


Vannstandsending, Gryta, 9 Mai 2017, Vannføring: Middels

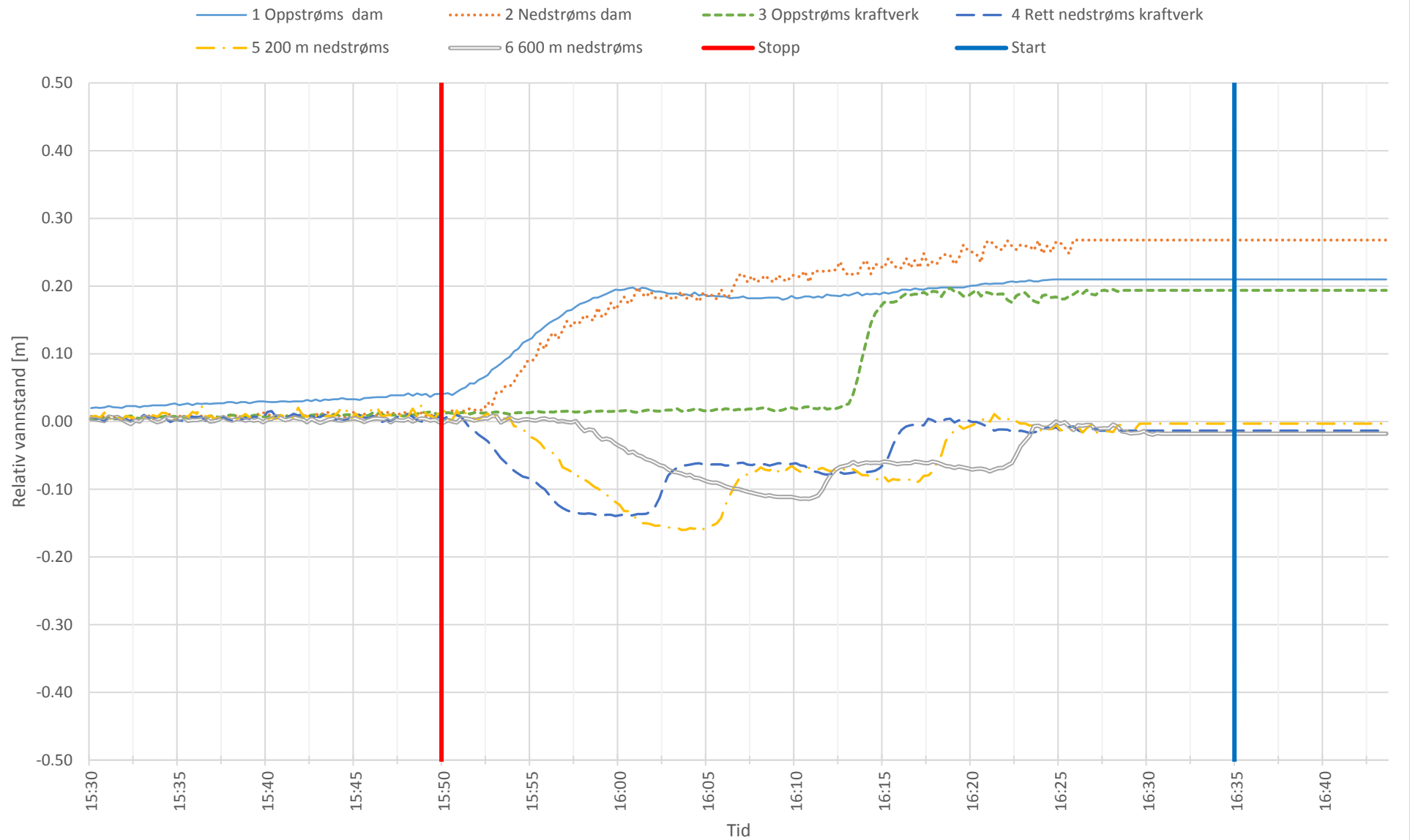


Temperaturvariasjoner, Gryta, 9 Mai 2017, Vannføring: Middels

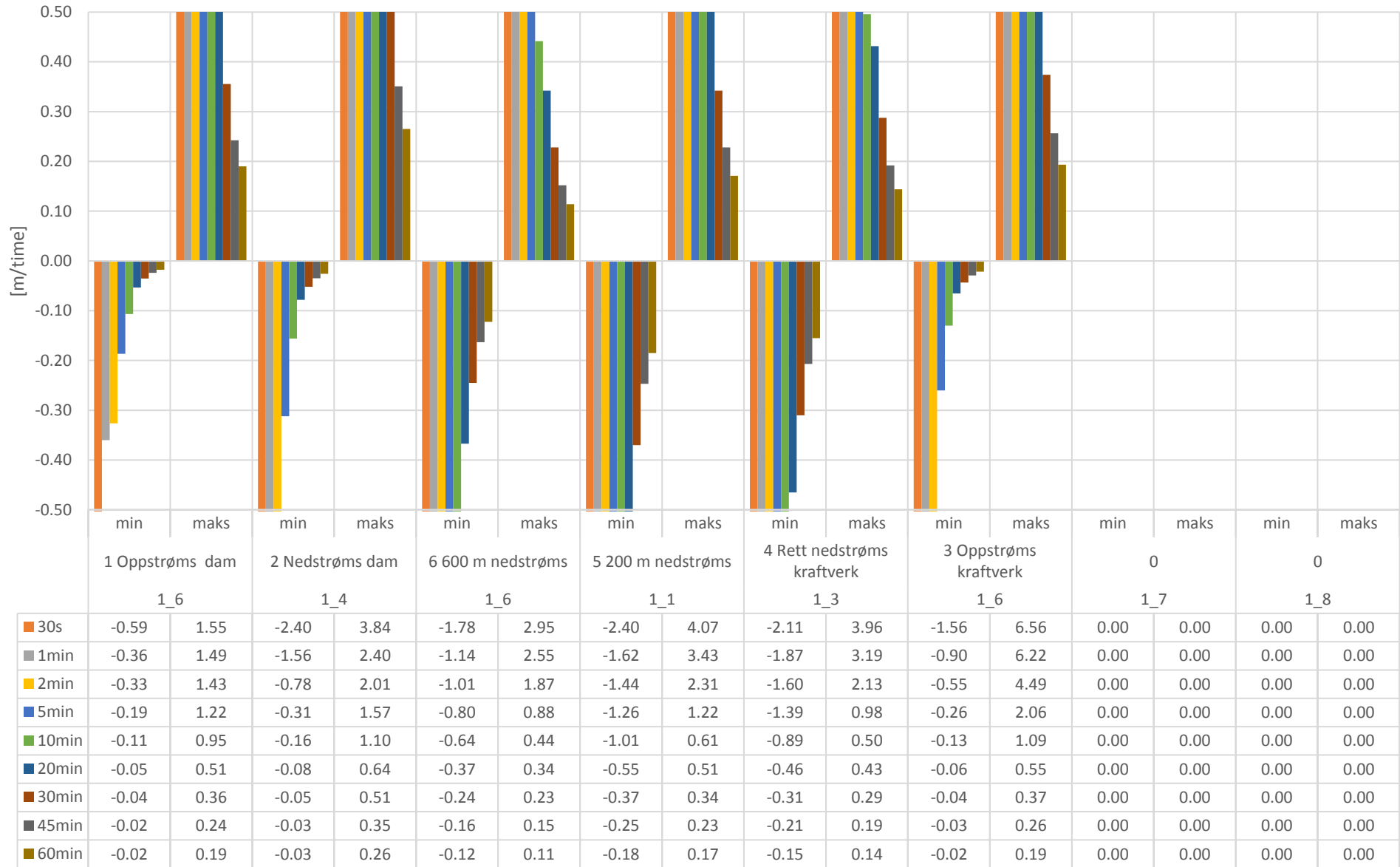
- 1 Oppstrøms dam
- 2 Nedstrøms dam
- 3 Oppstrøms kraftverk
- 4 Rett nedstrøms kraftverk
- 5 200 m nedstrøms
- 6 600 m nedstrøms
- Stopp
- Start



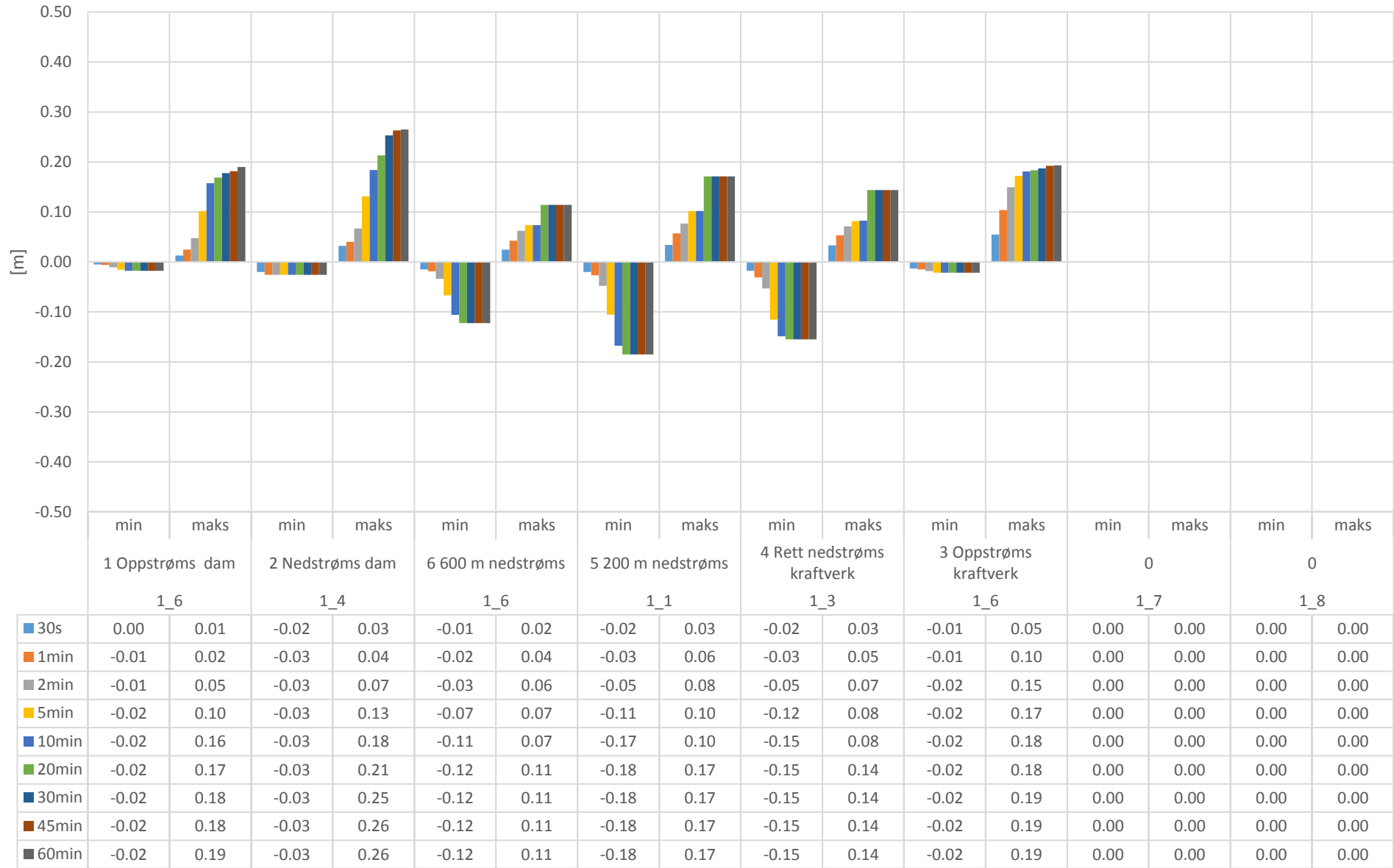
Vannstandsvariasjoner, Gryta, 4 April 2017, Vannføring: Høy



Vannstandsending per time, Gryta, 4 April 2017, Vannføring: Høy

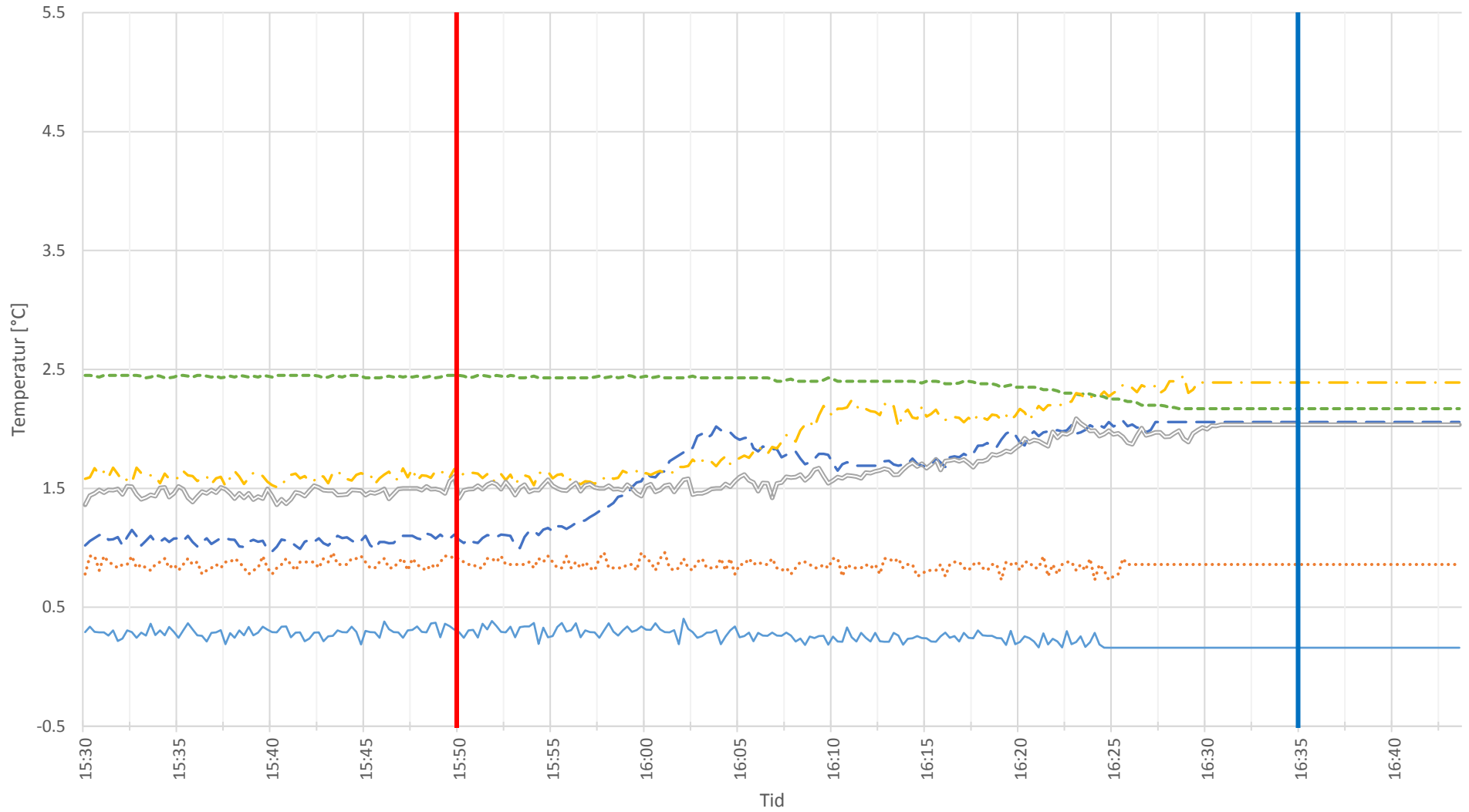


Vannstandsending, Gryta, 4 April 2017, Vannføring: Høy

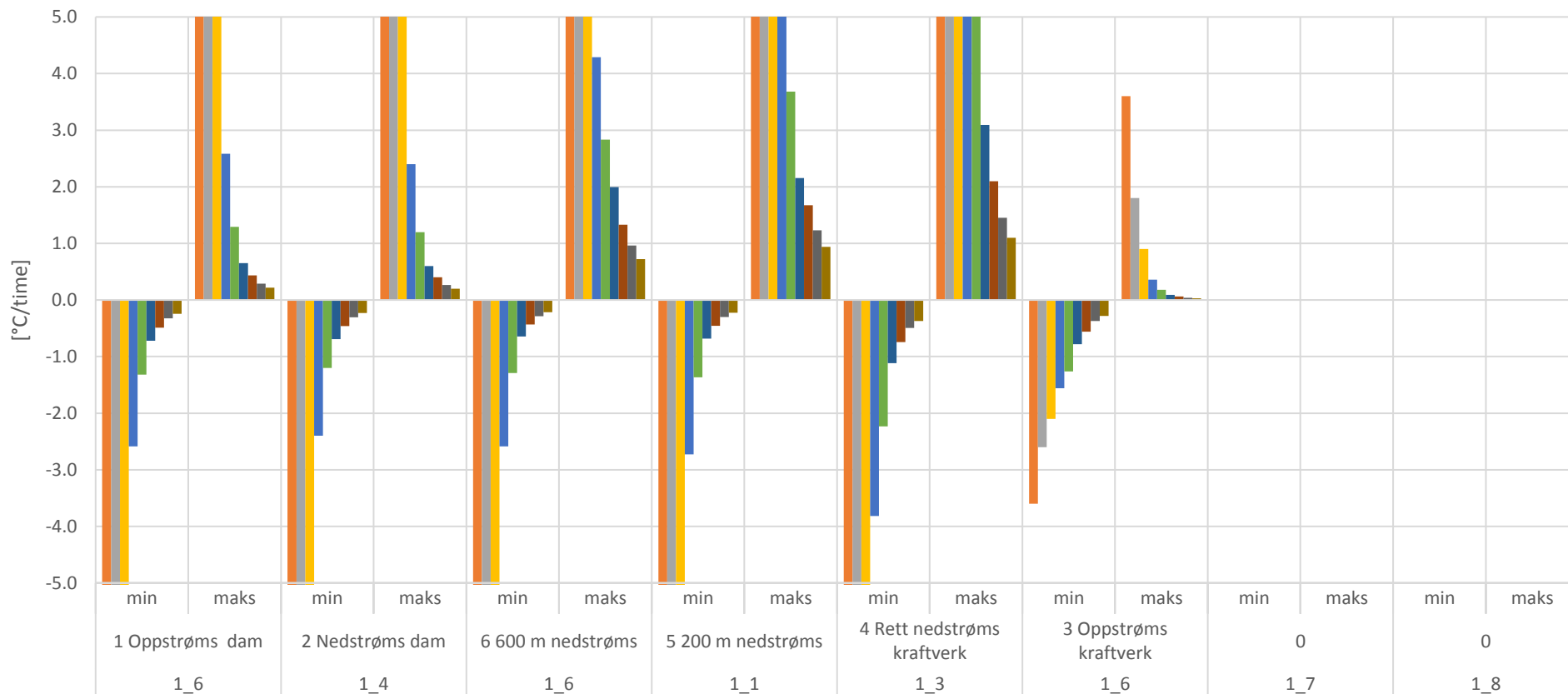


Temperaturvariasjoner, Gryta, 4 April 2017, Vannføring: Høy

- 1 Oppstrøms dam
- 2 Nedstrøms dam
- 3 Oppstrøms kraftverk
- 4 Rett nedstrøms kraftverk
- 5 200 m nedstrøms
- 6 600 m nedstrøms
- Stopp
- Start

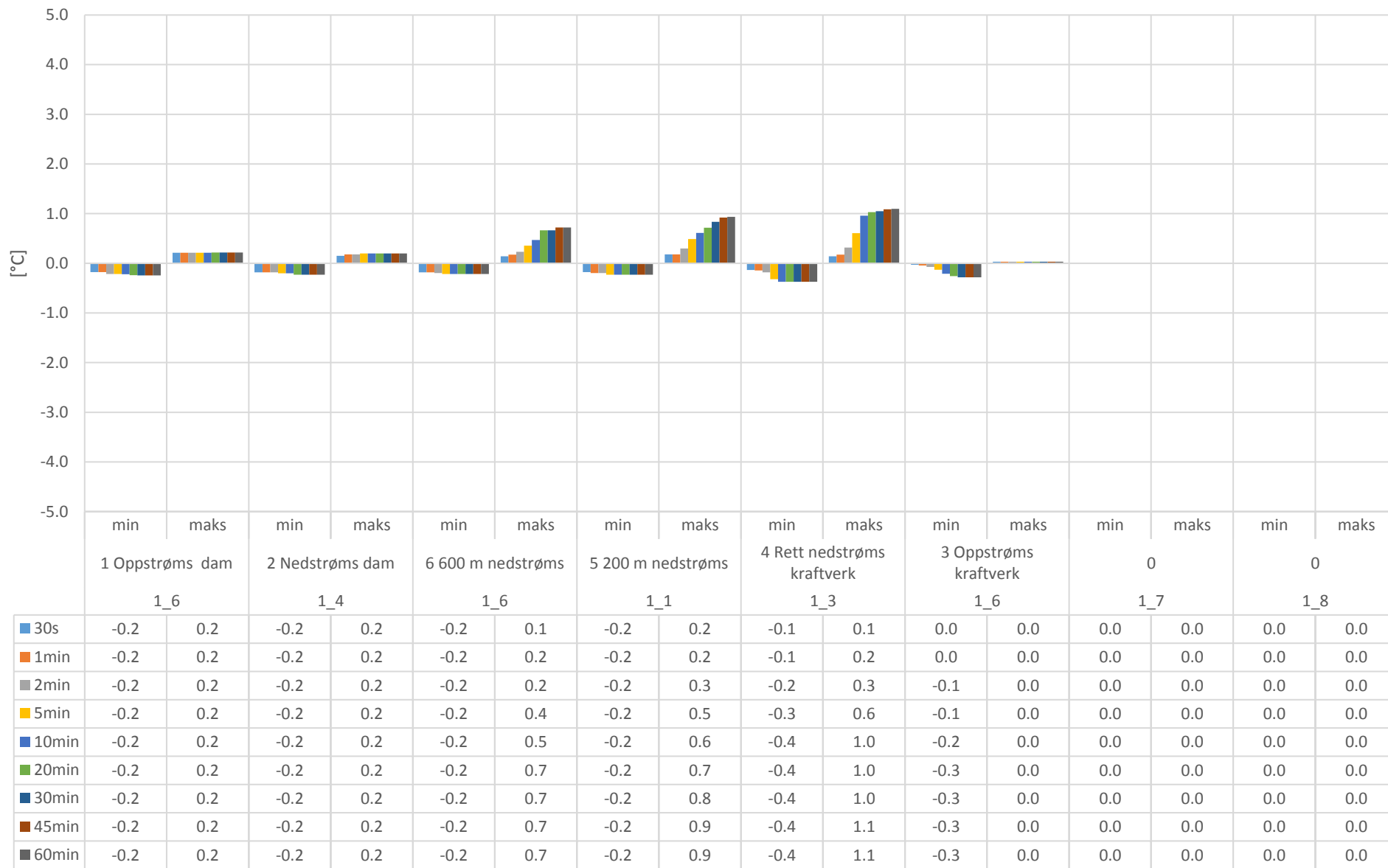


Temperaturendring per time, Gryta, 4 April 2017, Vannføring: Høy



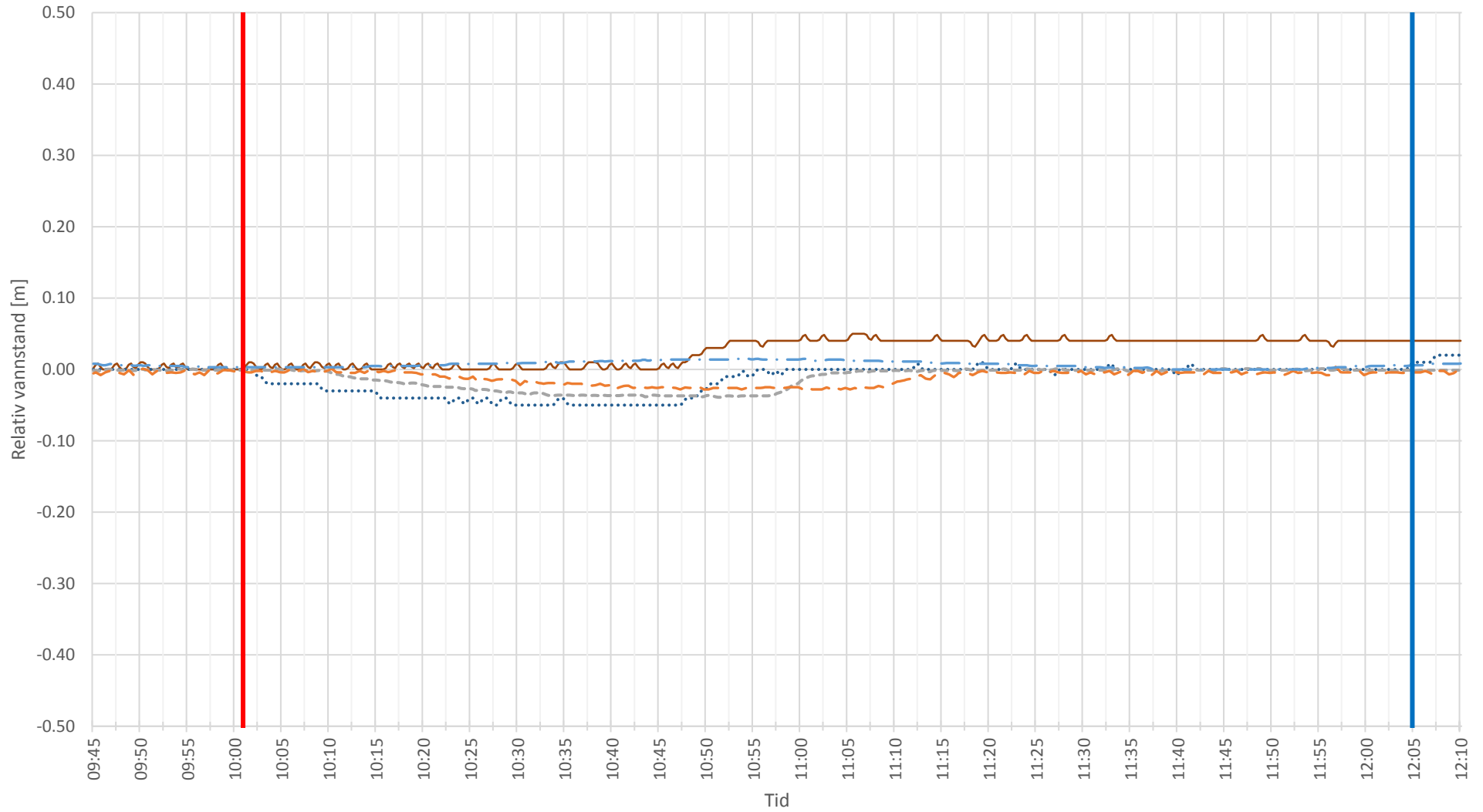
	1 Oppstrøms dam 1_6		2 Nedstrøms dam 1_4		6 600 m nedstrøms 1_6		5 200 m nedstrøms 1_1		4 Rett nedstrøms kraftverk 1_3		3 Oppstrøms kraftverk 1_6		0 1_7		0 1_8	
	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks
30s	-21.0	25.8	-21.6	18.0	-22.0	17.0	-21.0	21.6	-16.1	17.0	-3.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1min	-10.5	12.9	-10.8	10.8	-11.0	10.6	-11.8	10.8	-8.5	10.6	-2.6	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
2min	-6.5	6.5	-5.4	5.4	-5.8	6.9	-5.9	9.0	-5.5	9.5	-2.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
5min	-2.6	2.6	-2.4	2.4	-2.6	4.3	-2.7	5.9	-3.8	7.3	-1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
10min	-1.3	1.3	-1.2	1.2	-1.3	2.8	-1.4	3.7	-2.2	5.8	-1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
20min	-0.7	0.7	-0.7	0.6	-0.6	2.0	-0.7	2.2	-1.1	3.1	-0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
30min	-0.5	0.4	-0.5	0.4	-0.4	1.3	-0.5	1.7	-0.7	2.1	-0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
45min	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-0.3	1.0	-0.3	1.2	-0.5	1.5	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60min	-0.2	0.2	-0.2	0.2	-0.2	0.7	-0.2	0.9	-0.4	1.1	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Temperaturendring, Gryta, 4 April 2017, Vannføring: Høy

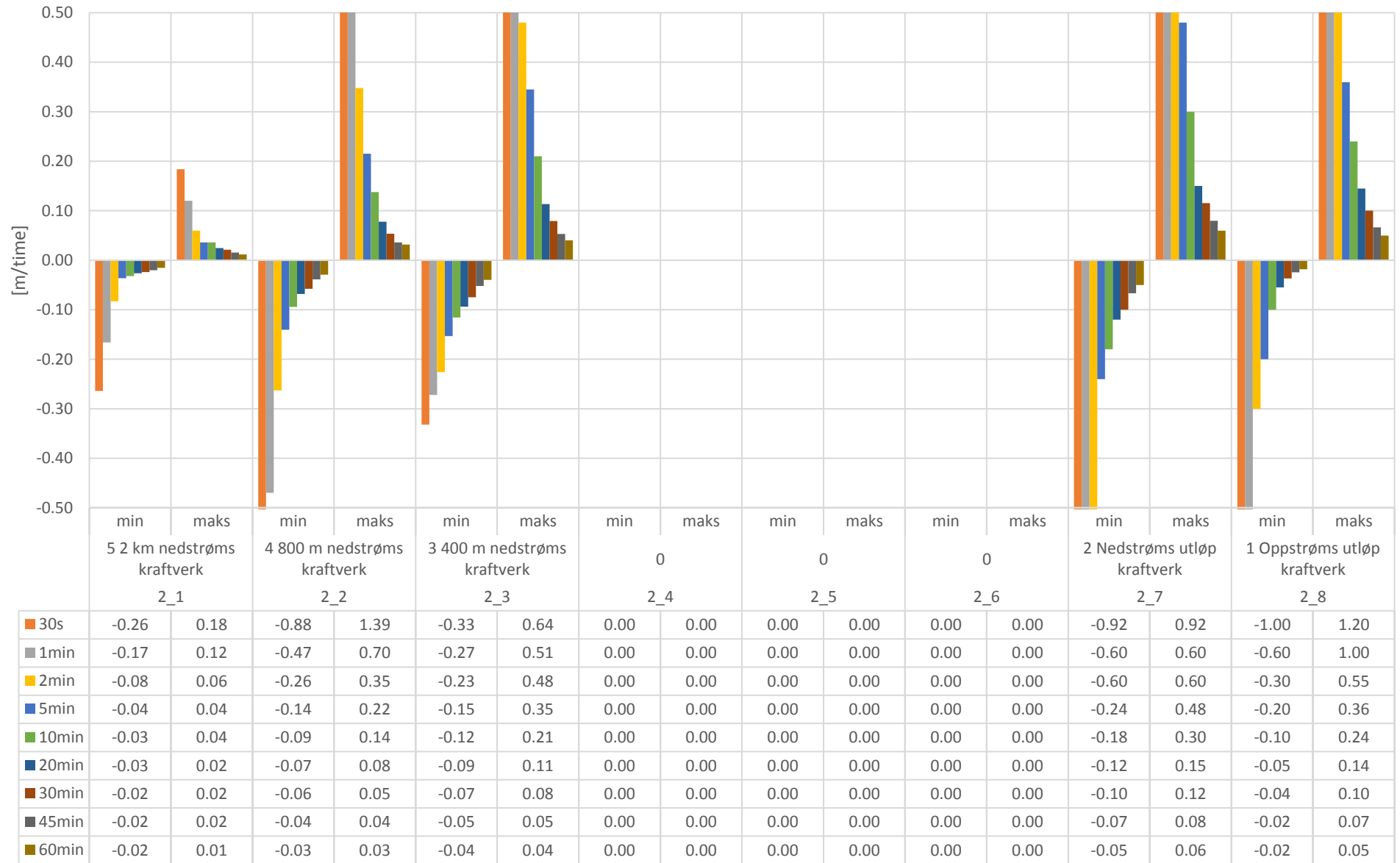


Vannstandsvariasjoner, Bele, 29 September 2016, Vannføring: Lav

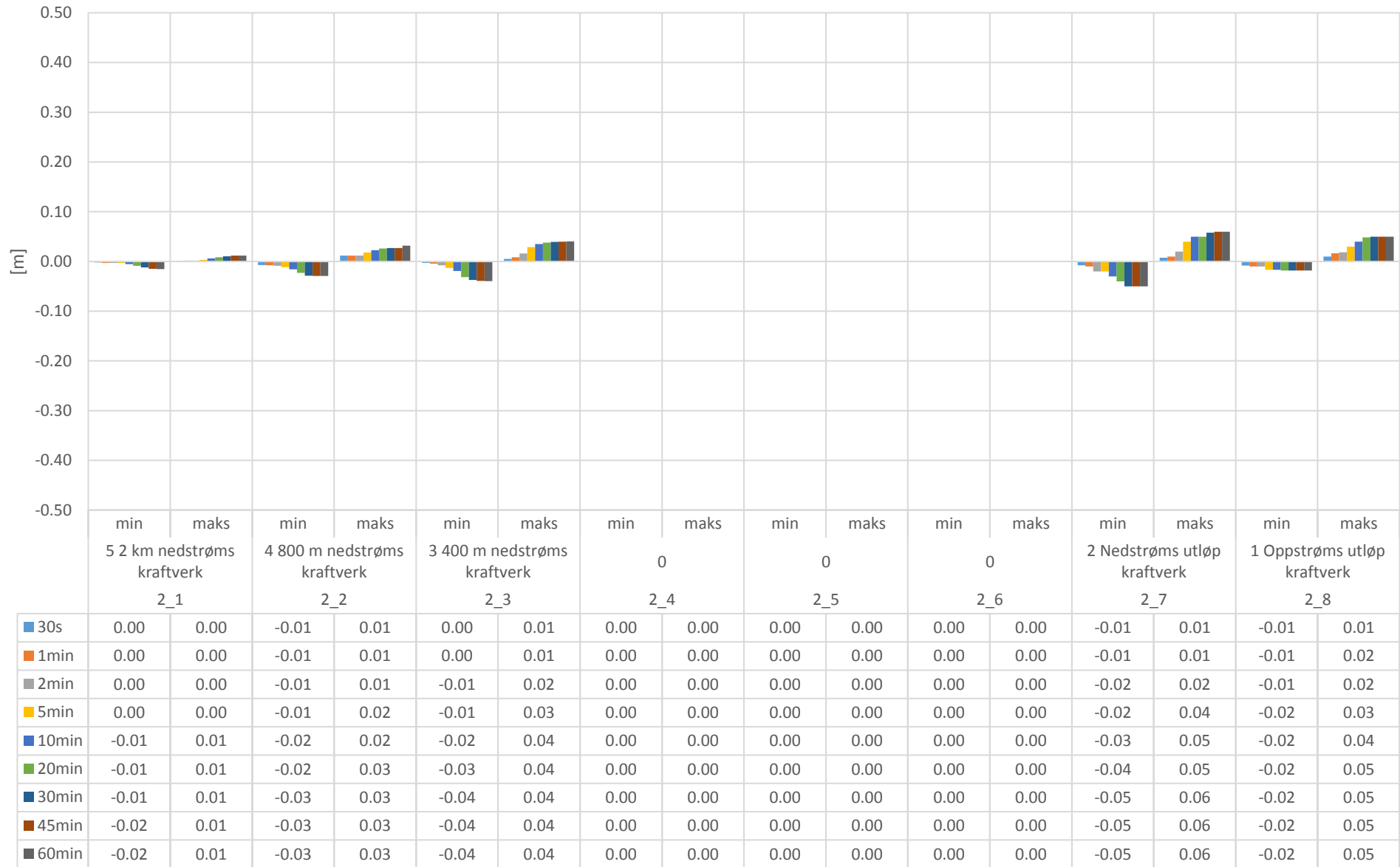
— 1 Oppstrøms utløp kraftverk ····· 2 Nedstrøms utløp kraftverk - - - - 3 400 m nedstrøms kraftverk - - - - 4 800 m nedstrøms kraftverk
- · - · 5 2 km nedstrøms kraftverk — Stopp — Start



Vannstandsending per time, Bele, 29 September 2016, Vannføring: Lav

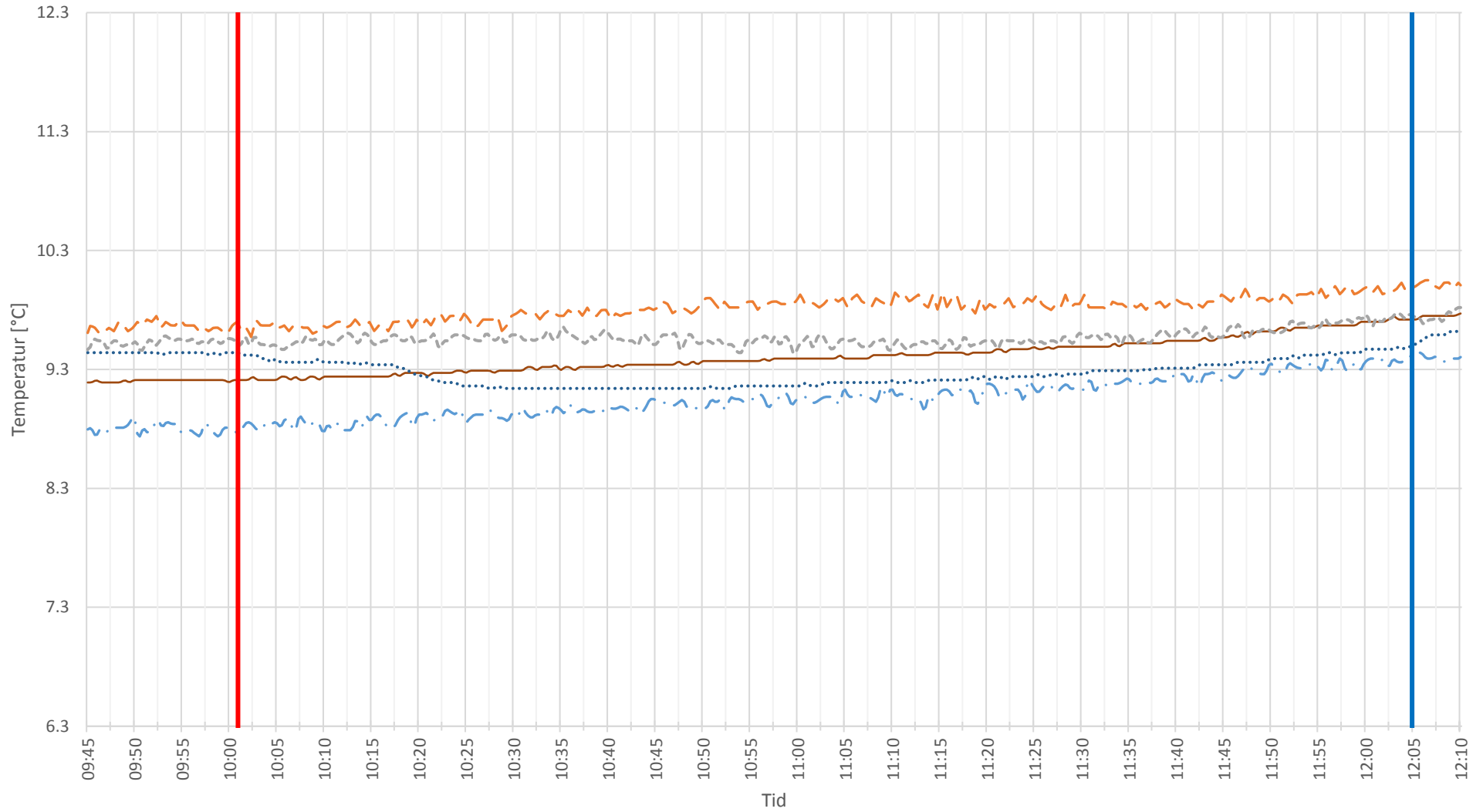


Vannstandsending, Bele, 29 September 2016, Vannføring: Lav

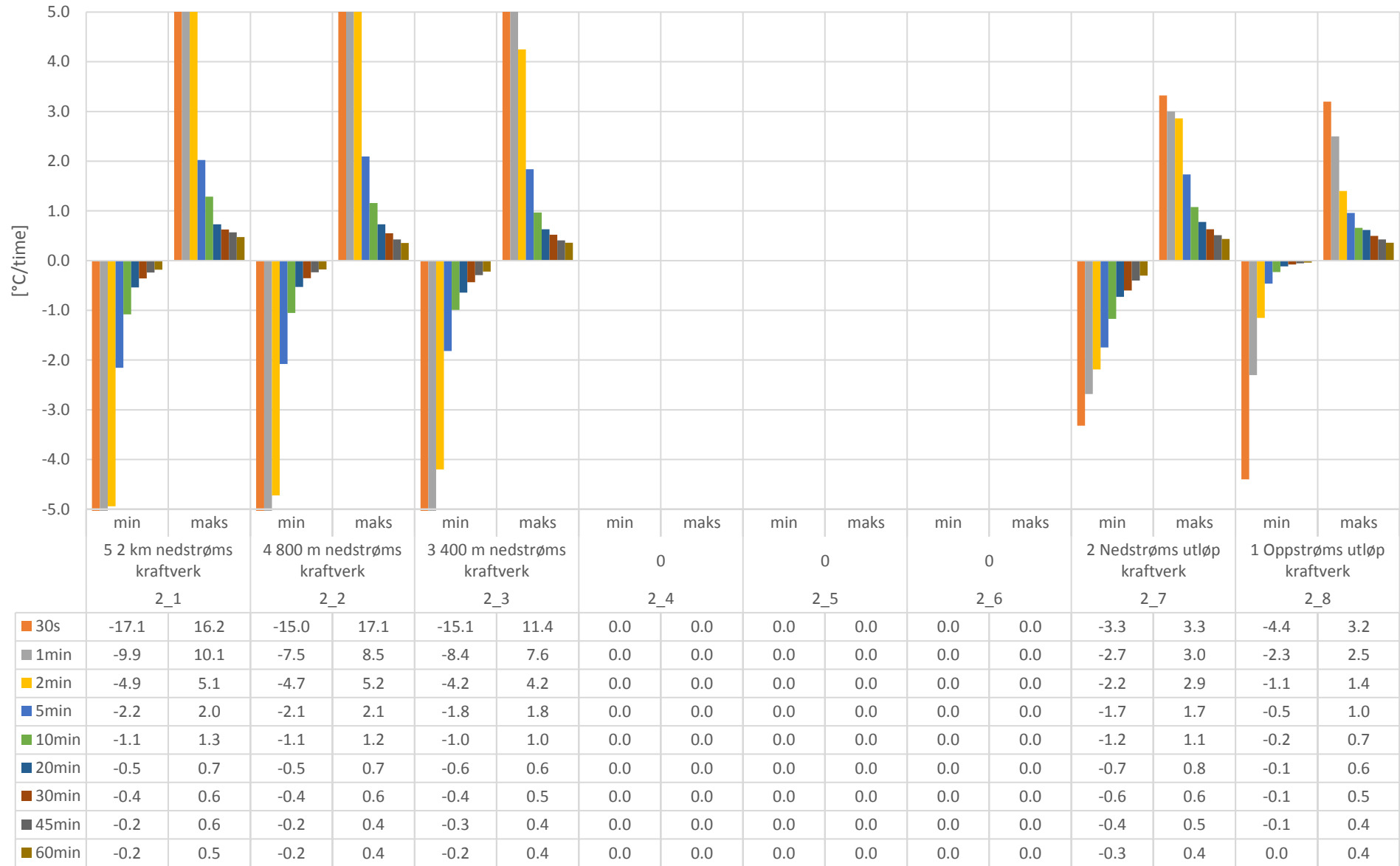


Temperaturvariasjoner, Bele, 29 September 2016, Vannføring: Lav

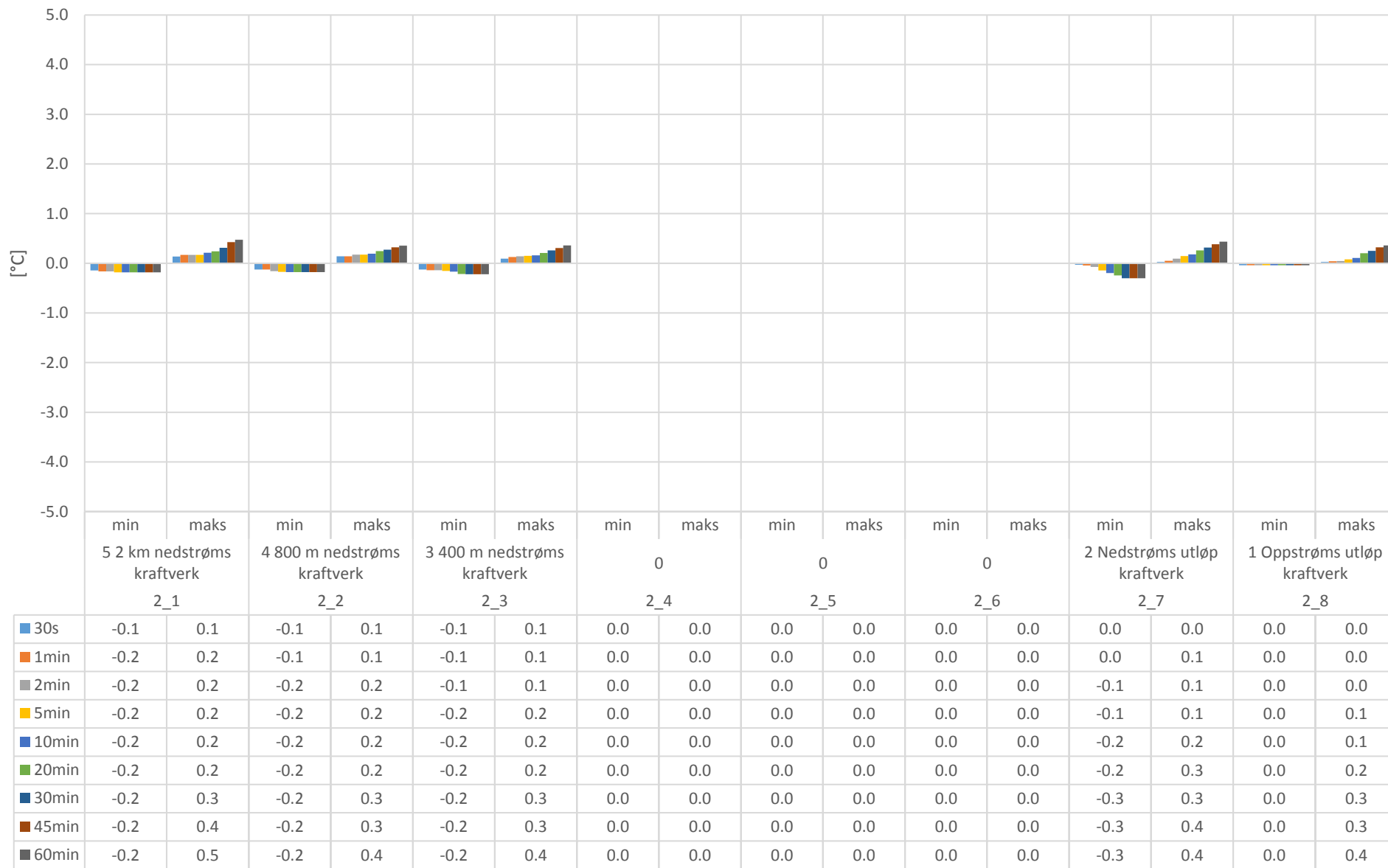
— 1 Oppstrøms utløp kraftverk ····· 2 Nedstrøms utløp kraftverk - - - - 3 400 m nedstrøms kraftverk - - - - 4 800 m nedstrøms kraftverk
- · - · 5 2 km nedstrøms kraftverk — Stopp — Start



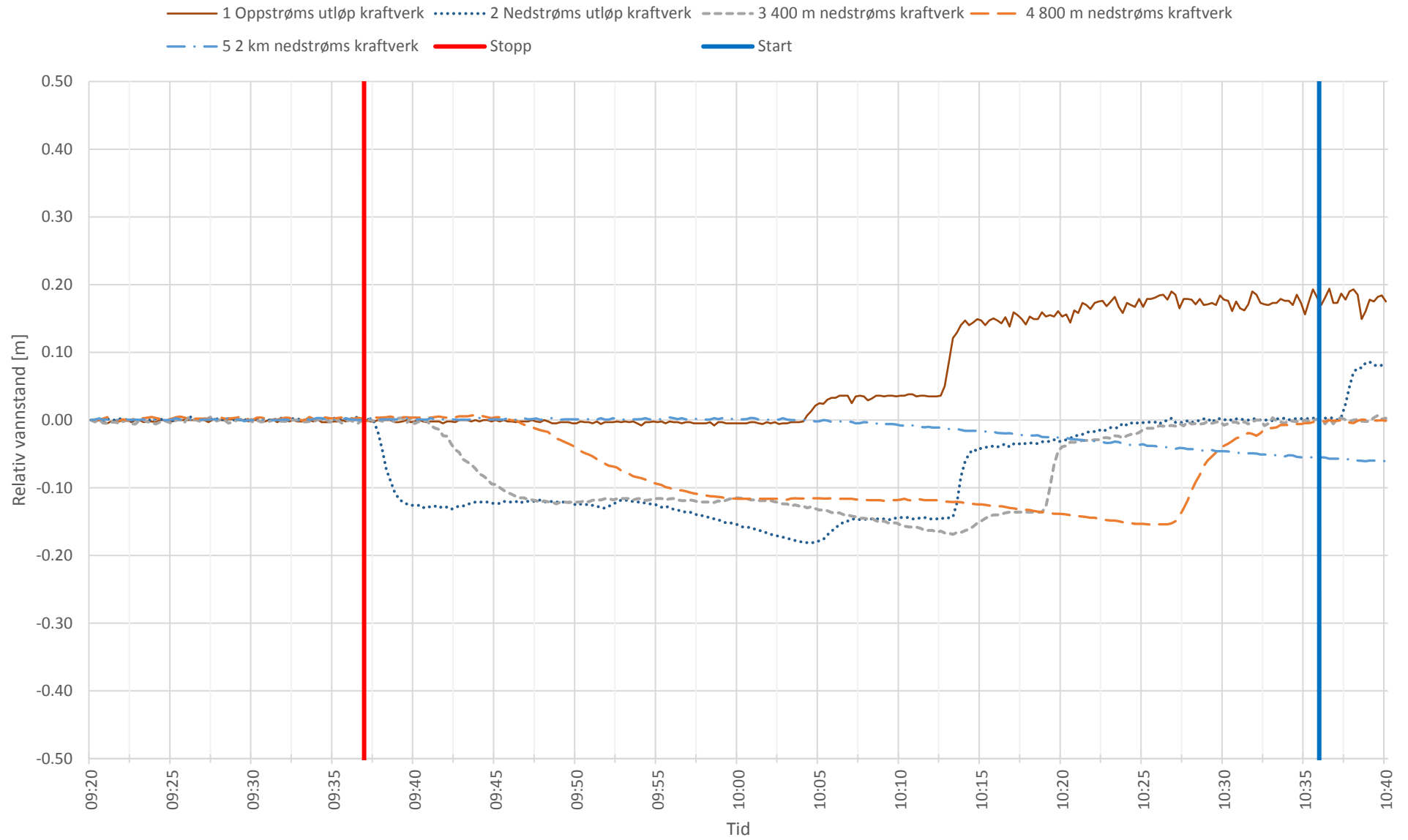
Temperaturendring per time, Bele, 29 September 2016, Vannføring: Lav



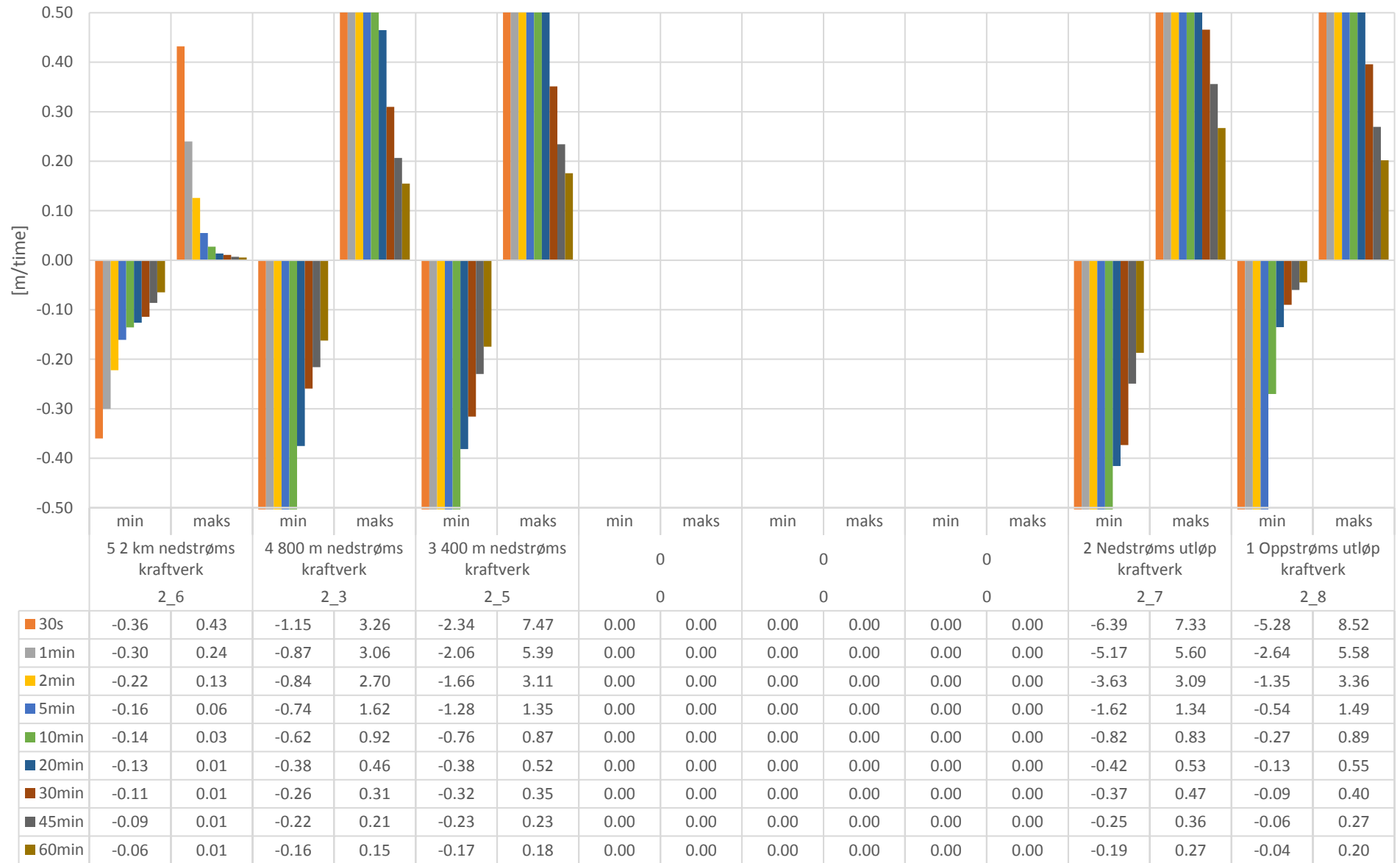
Temperaturendring, Bele, 29 September 2016, Vannføring: Lav



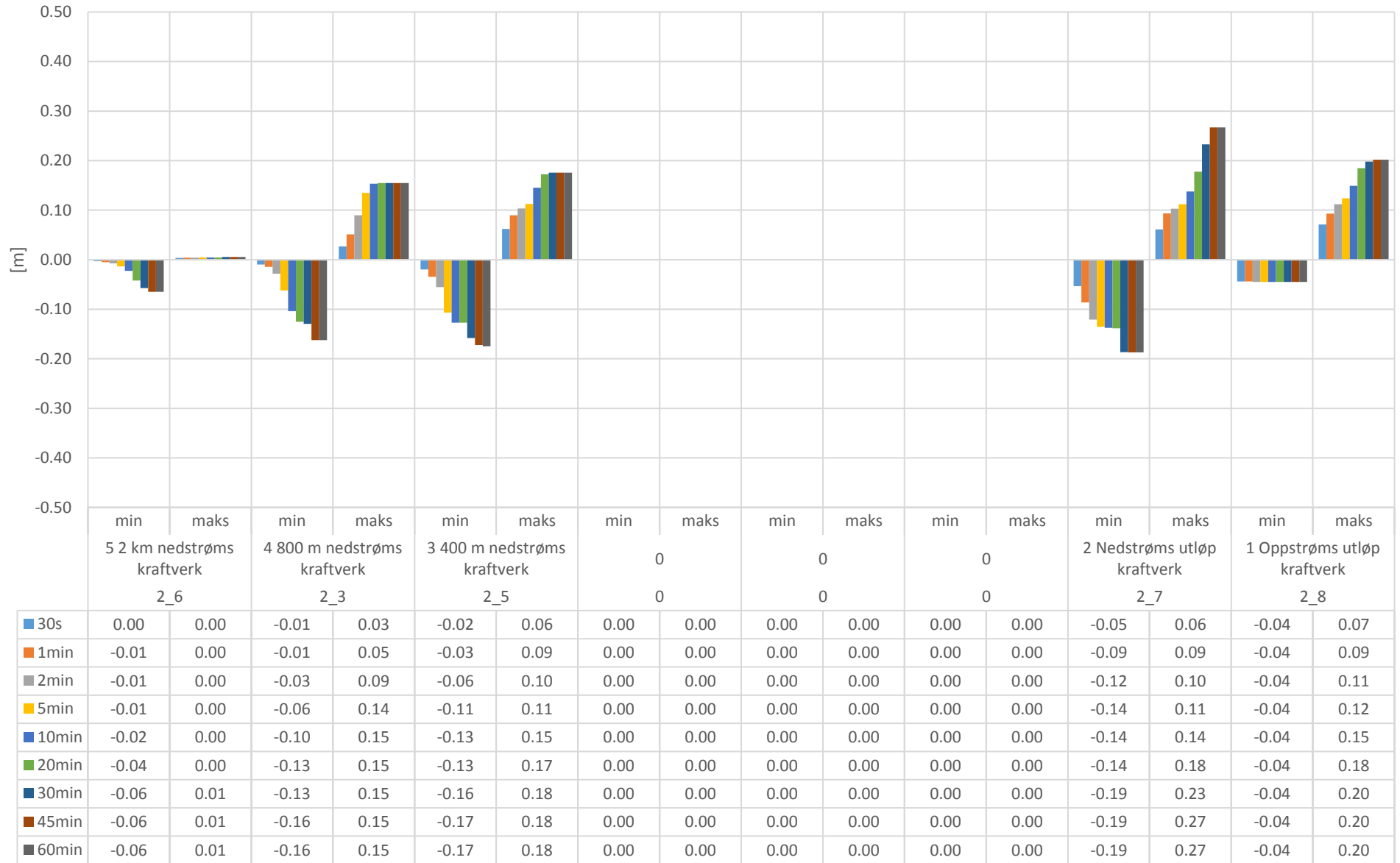
Vannstandsvariasjoner, Bele, 31 Mars 2017, Vannføring: Middels



Vannstandsending per time, Bele, 31 Mars 2017, Vannføring: Middels

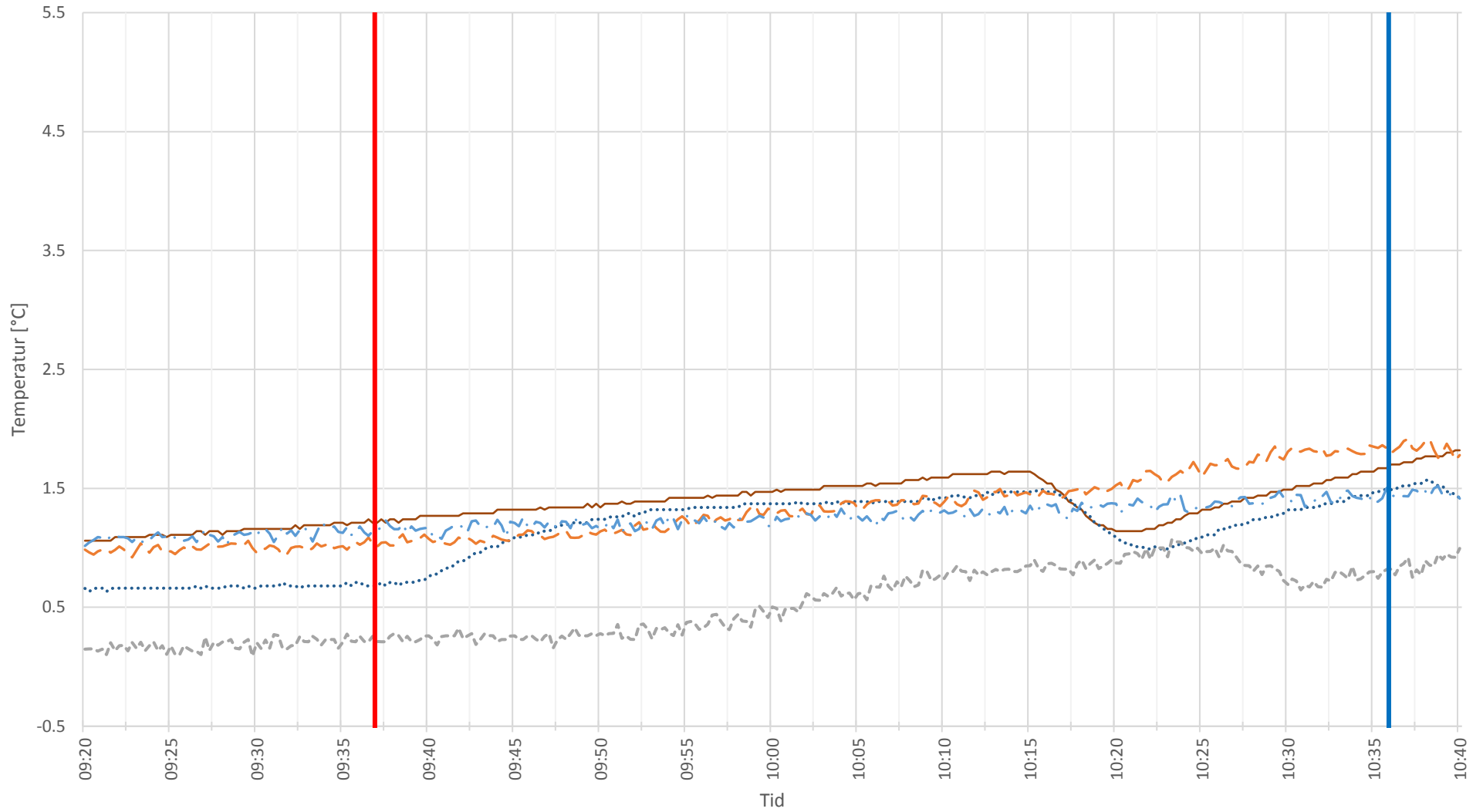


Vannstandsending, Bele, 31 Mars 2017, Vannføring: Middels

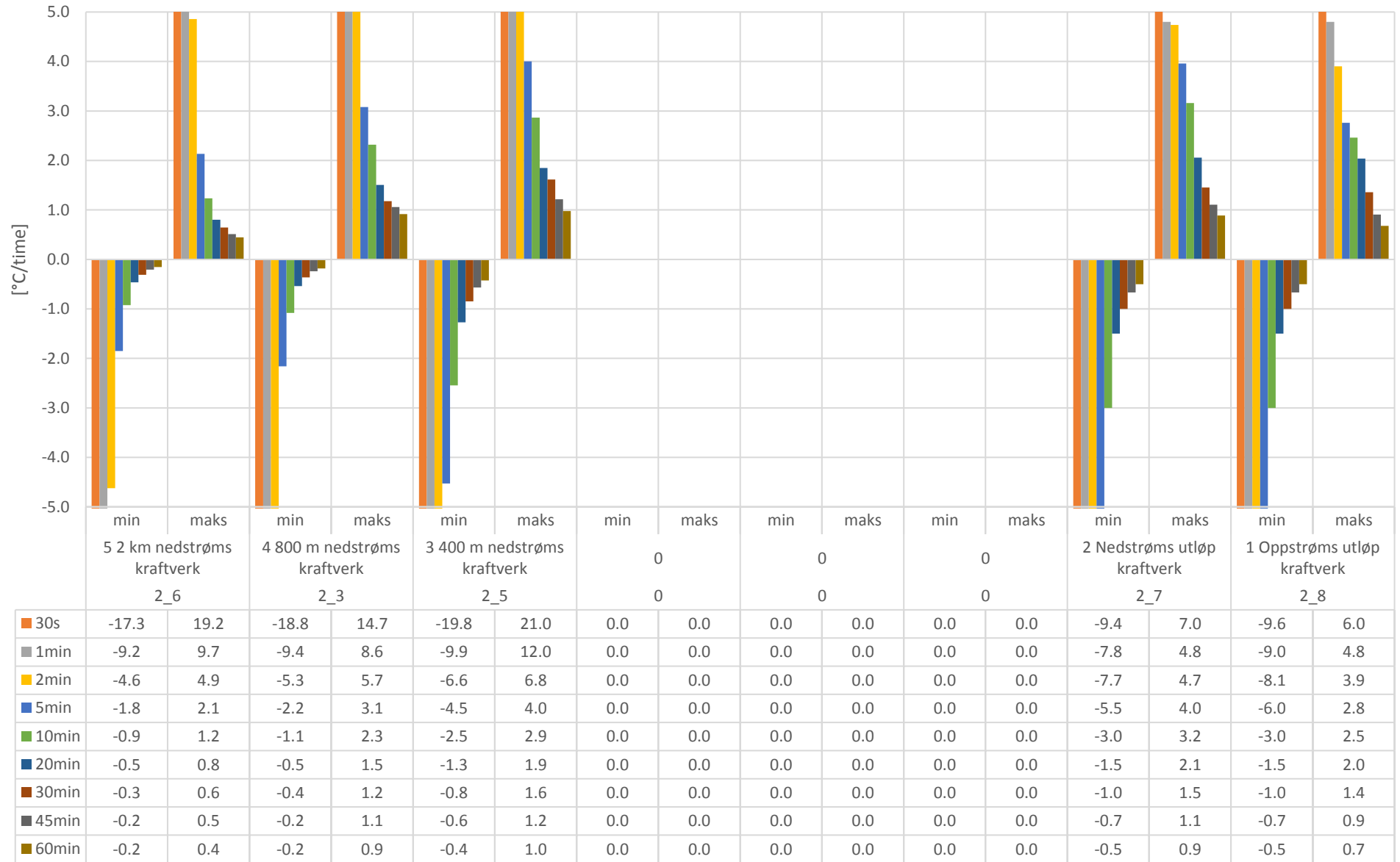


Temperaturvariasjoner, Bele, 31 Mars 2017, Vannføring: Middels

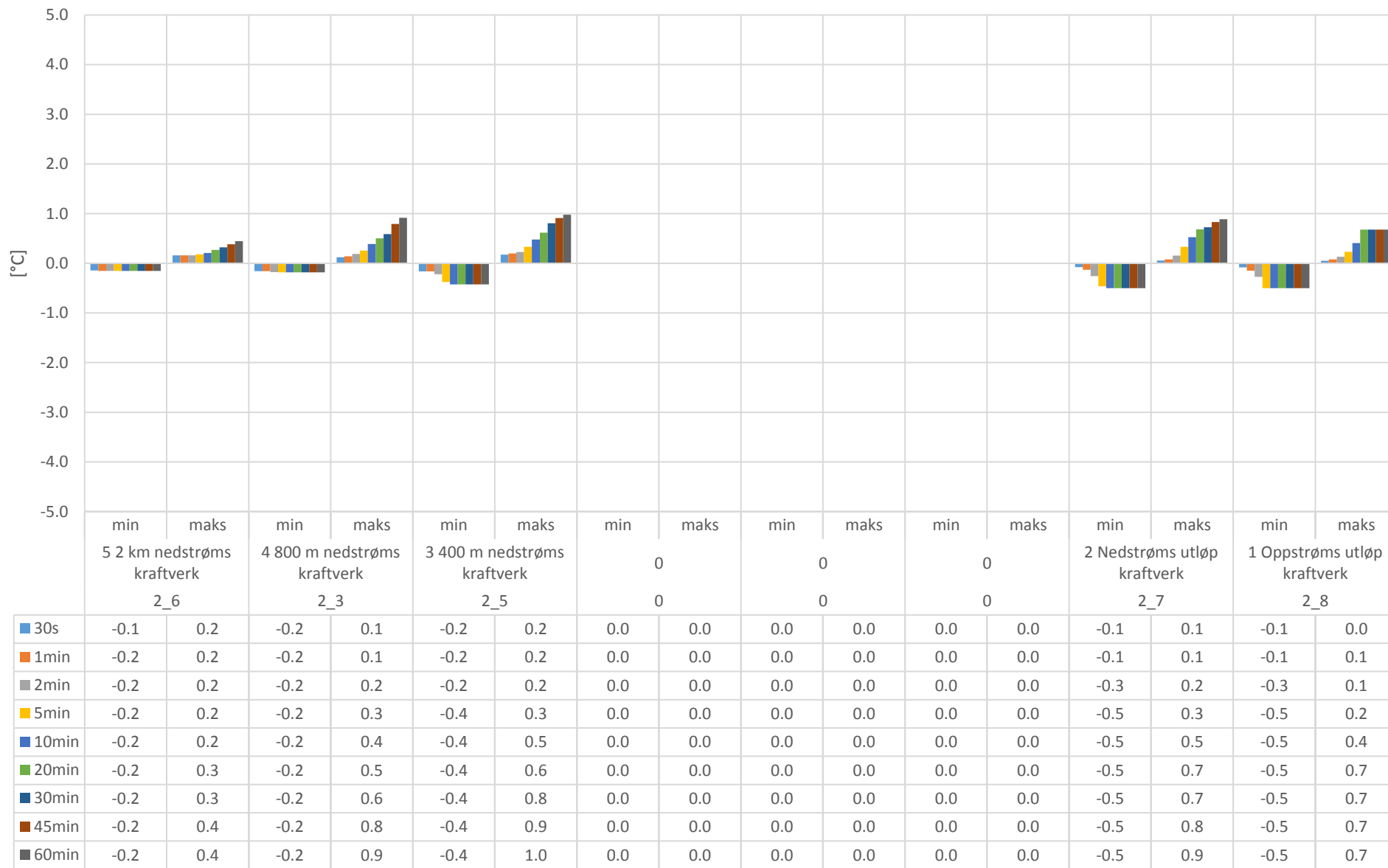
— 1 Oppstrøms utløp kraftverk ····· 2 Nedstrøms utløp kraftverk - - - - 3 400 m nedstrøms kraftverk - - - - 4 800 m nedstrøms kraftverk
- · - · 5 2 km nedstrøms kraftverk **—** Stopp **—** Start



Temperaturendring per time, Bele, 31 Mars 2017, Vannføring: Middels

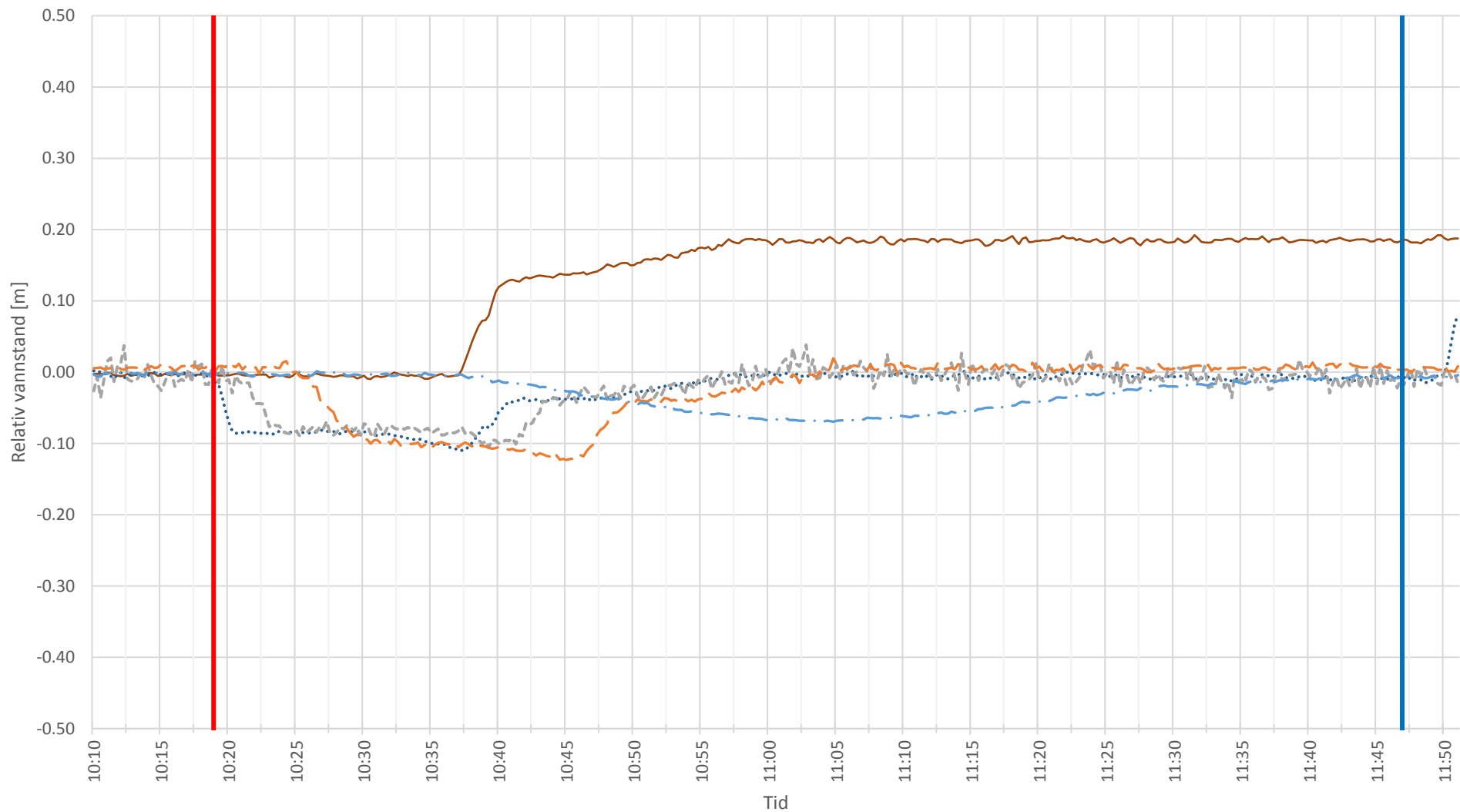


Temperaturendring, Bele, 31 Mars 2017, Vannføring: Middels

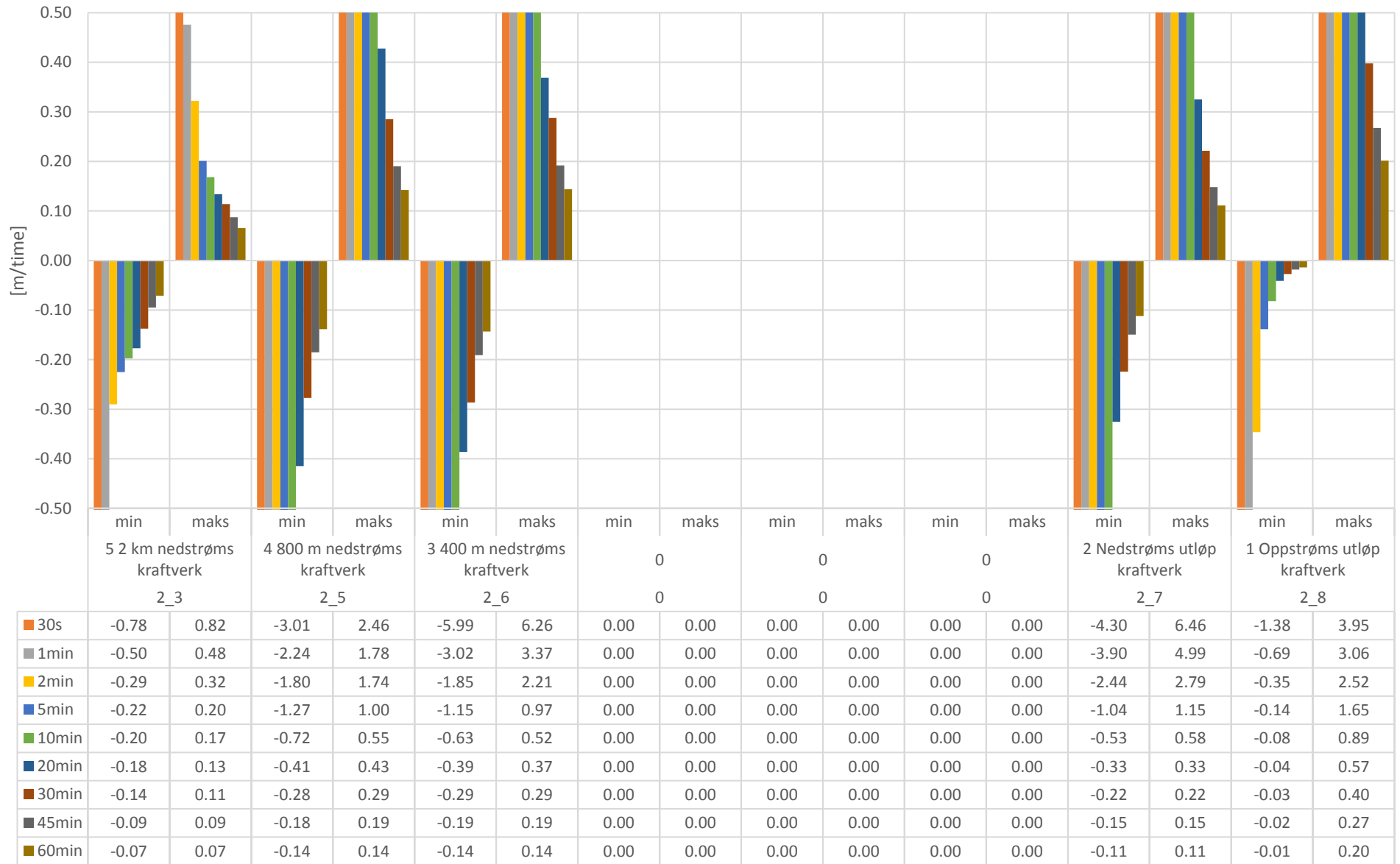


Vannstandsvariasjoner, Bele, 23 Mai 2017, Vannføring: Høy

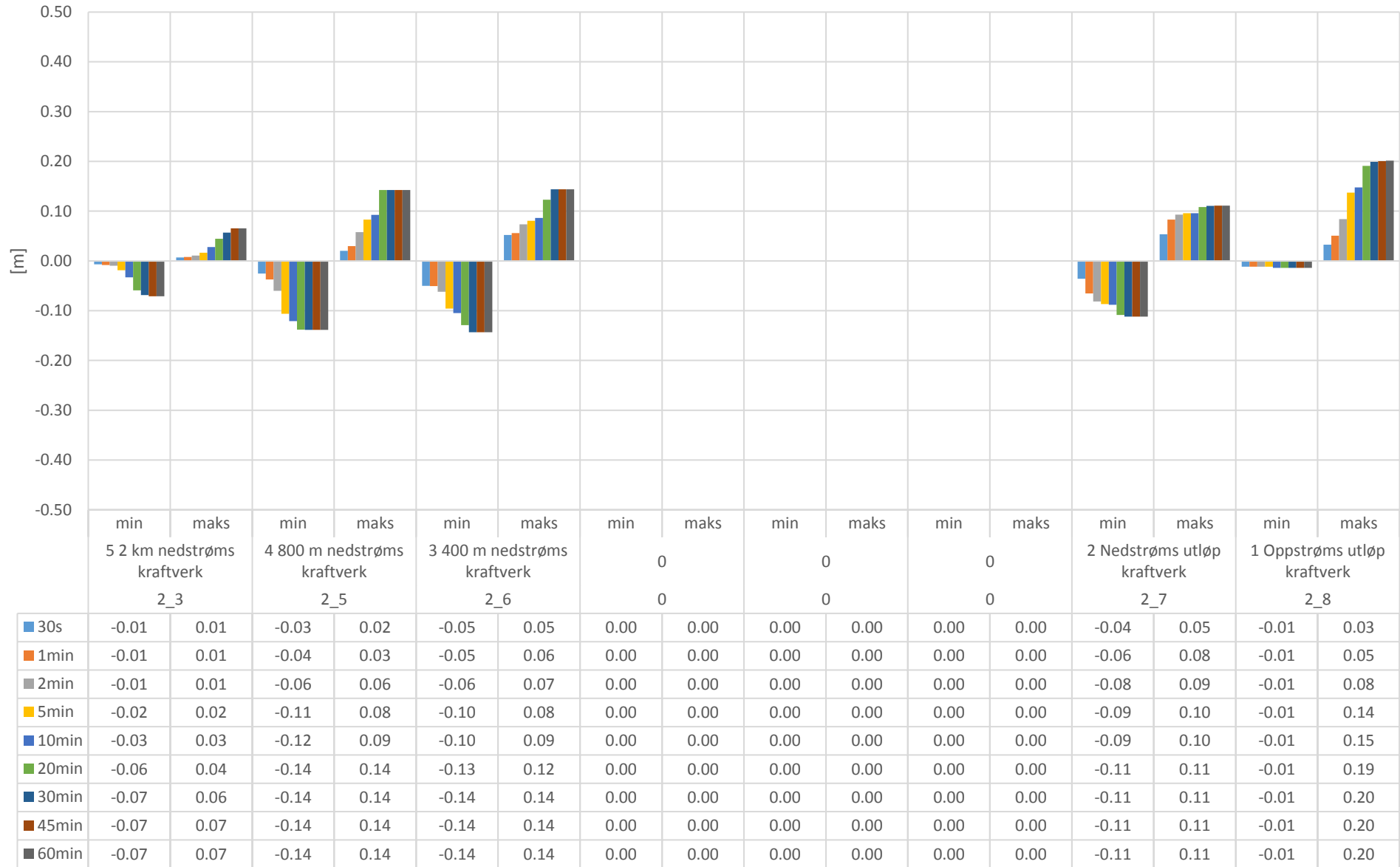
— 1 Oppstrøms utløp kraftverk 2 Nedstrøms utløp kraftverk - - - - 3 400 m nedstrøms kraftverk - - - - 4 800 m nedstrøms kraftverk
- · - · 5 2 km nedstrøms kraftverk ■ Stopp ■ Start



Vannstandsending per time, Bele, 23 Mai 2017, Vannføring: Høy

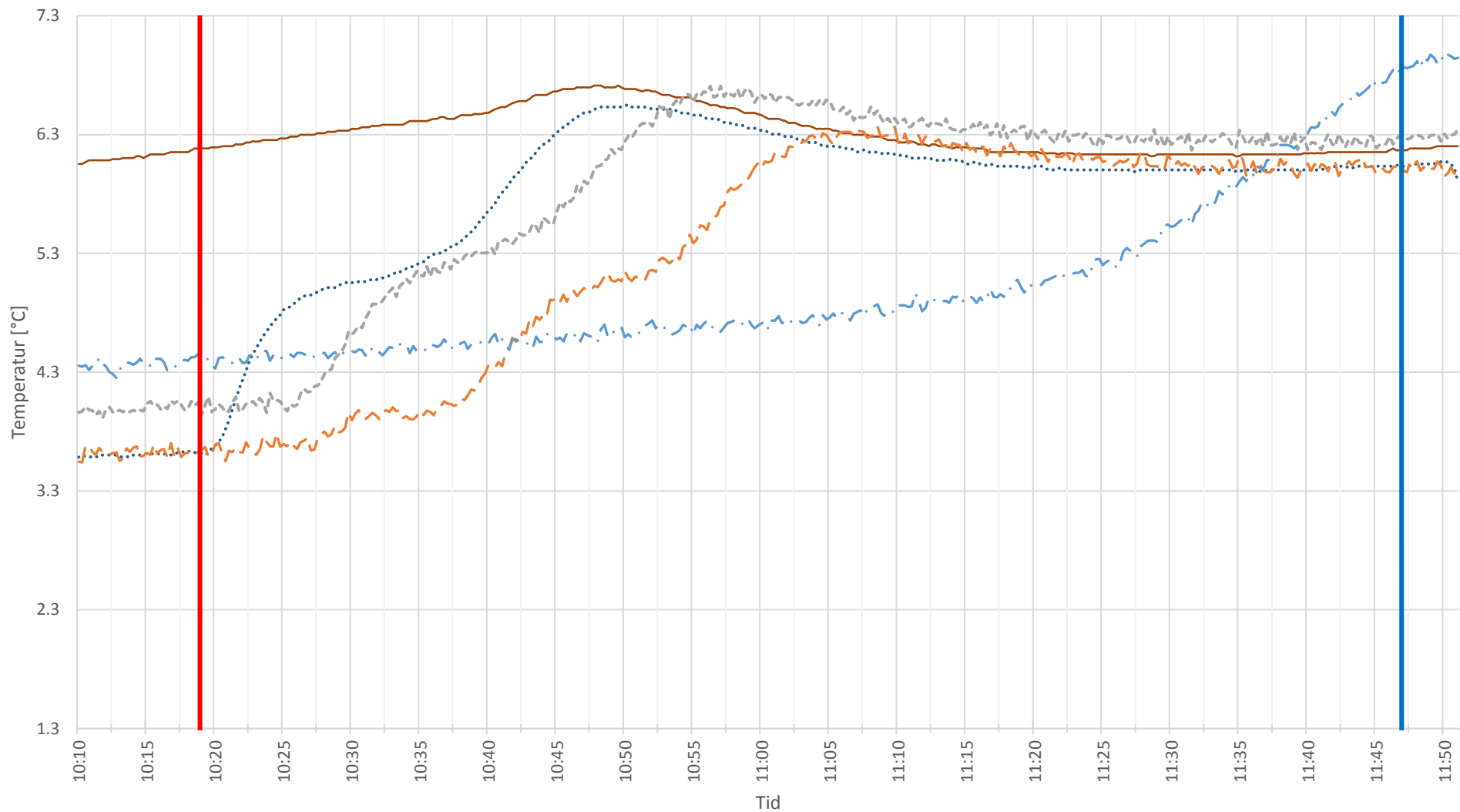


Vannstandsending, Bele, 23 Mai 2017, Vannføring: Høy

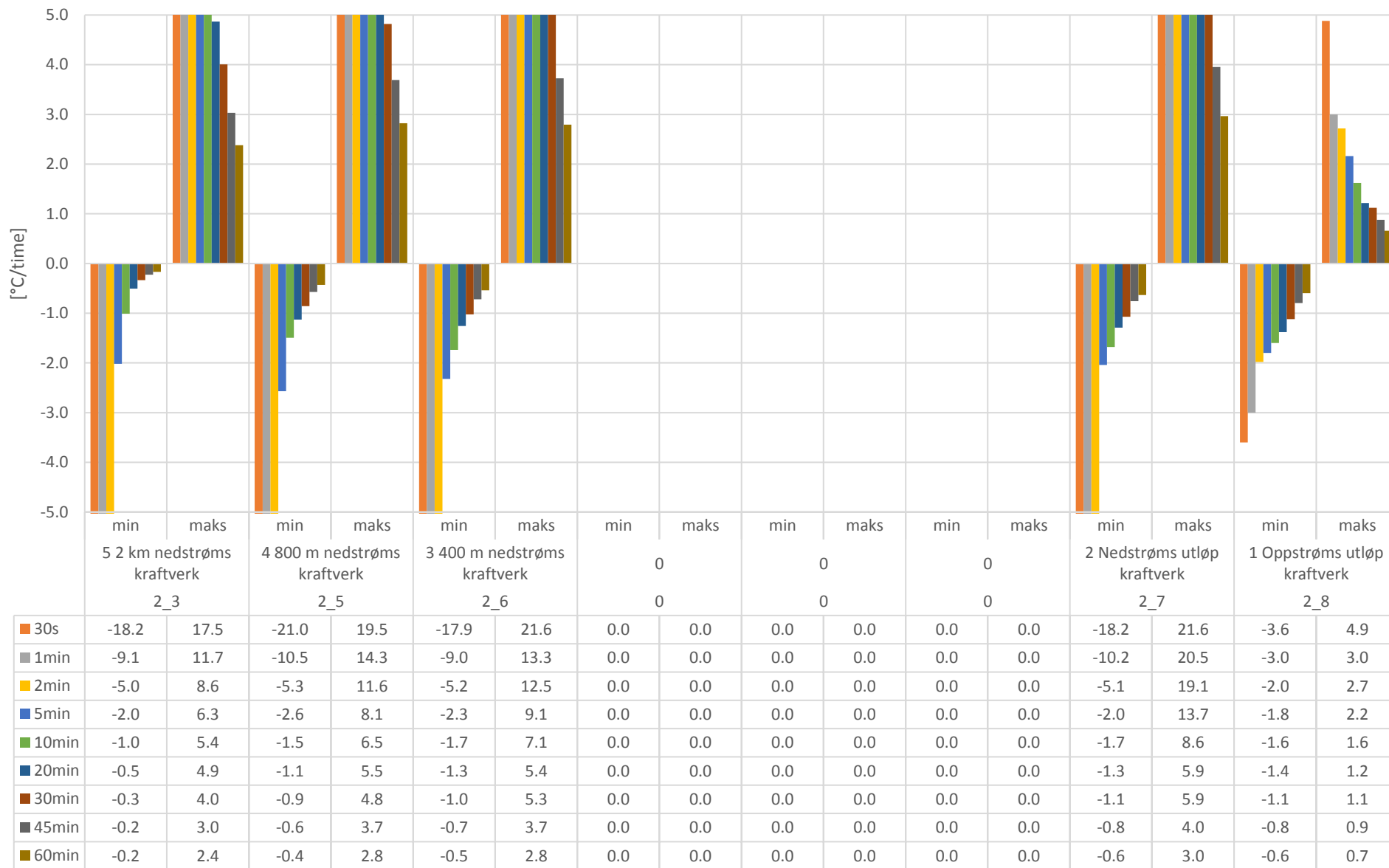


Temperaturvariasjoner, Bele, 23 Mai 2017, Vannføring: Høy

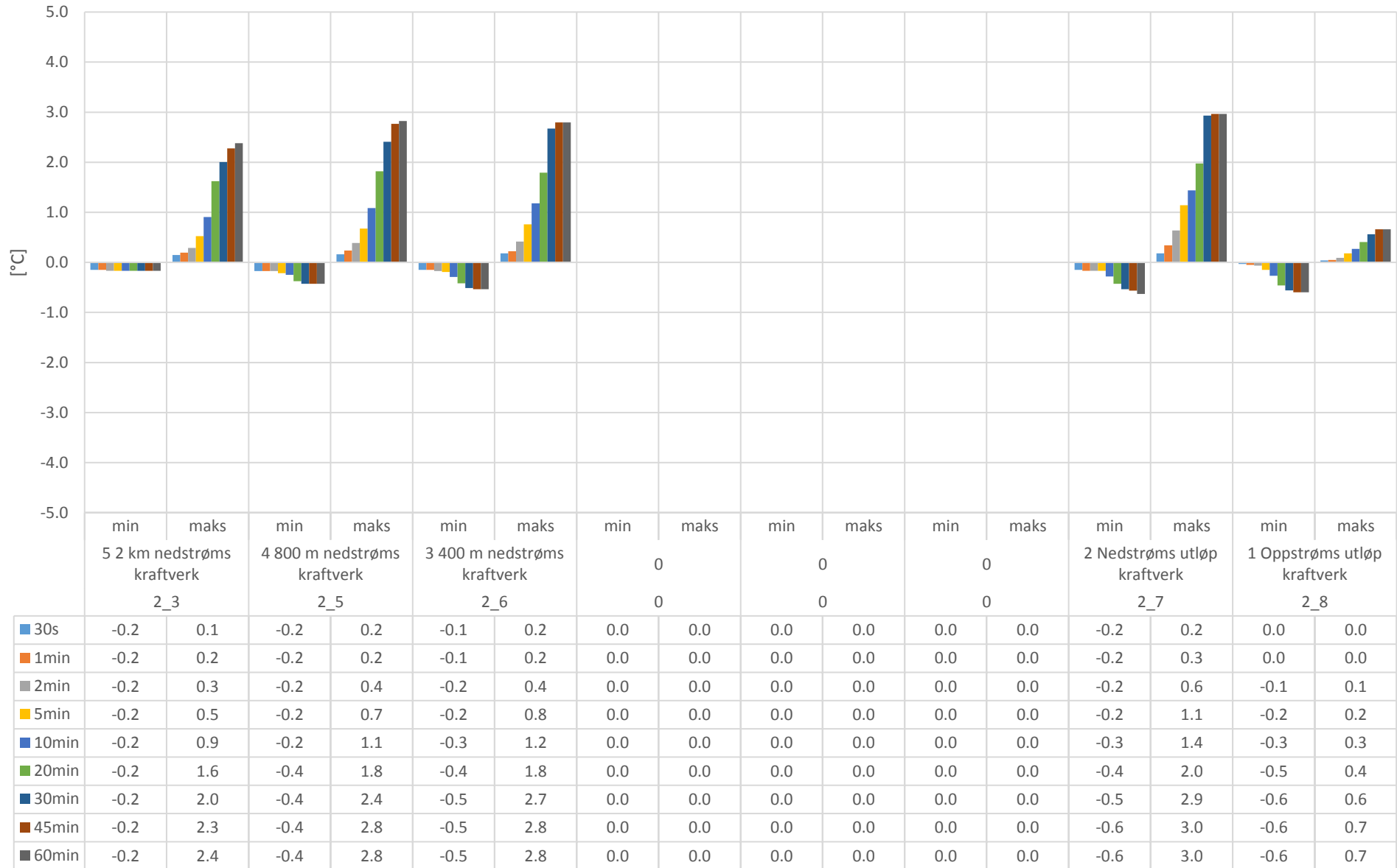
— 1 Oppstrøms utløp kraftverk ····· 2 Nedstrøms utløp kraftverk - - - 3 400 m nedstrøms kraftverk - - - 4 800 m nedstrøms kraftverk
- · - · 5 2 km nedstrøms kraftverk ■ Stopp ■ Start



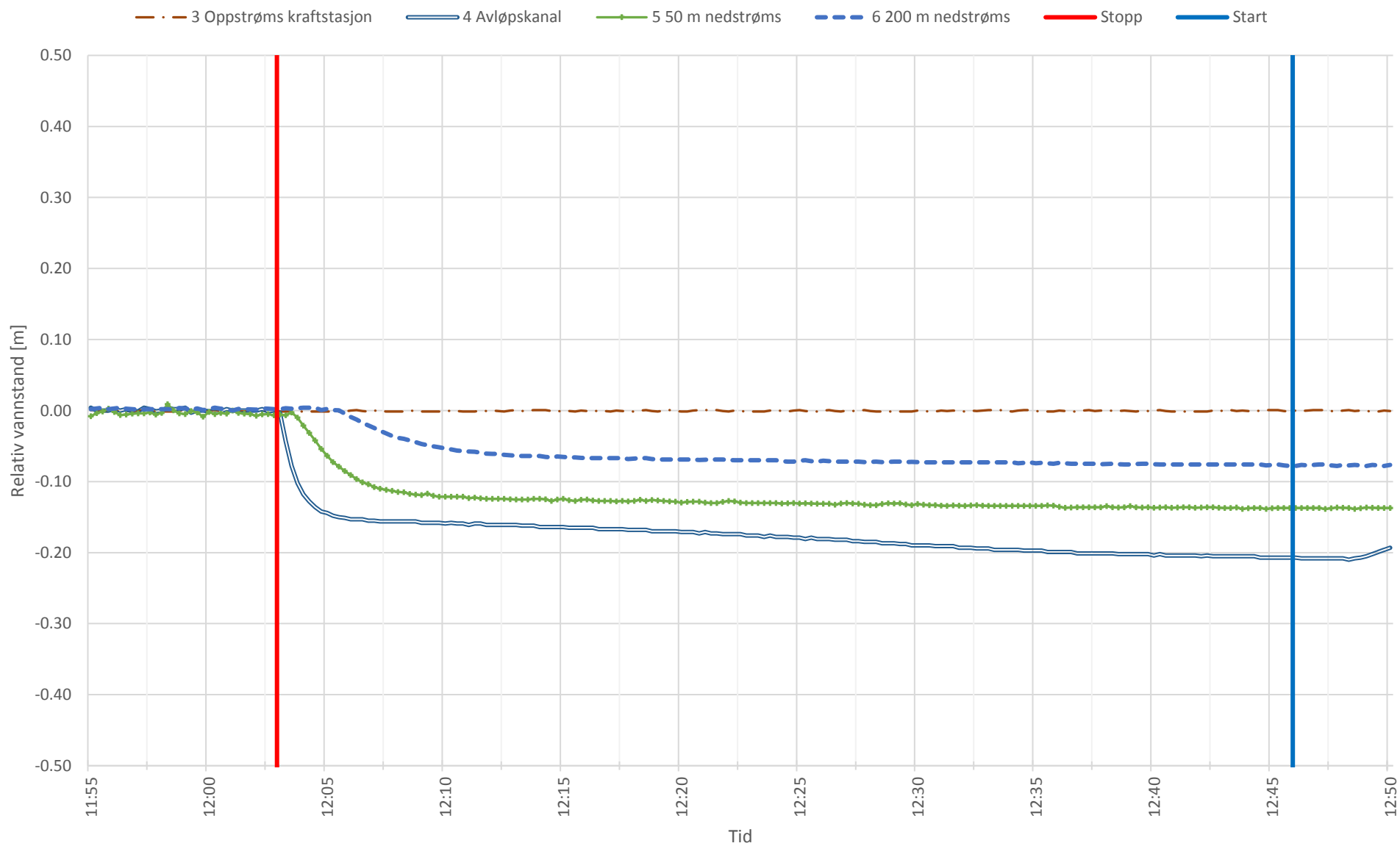
Temperaturendring per time, Bele, 23 Mai 2017, Vannføring: Høy



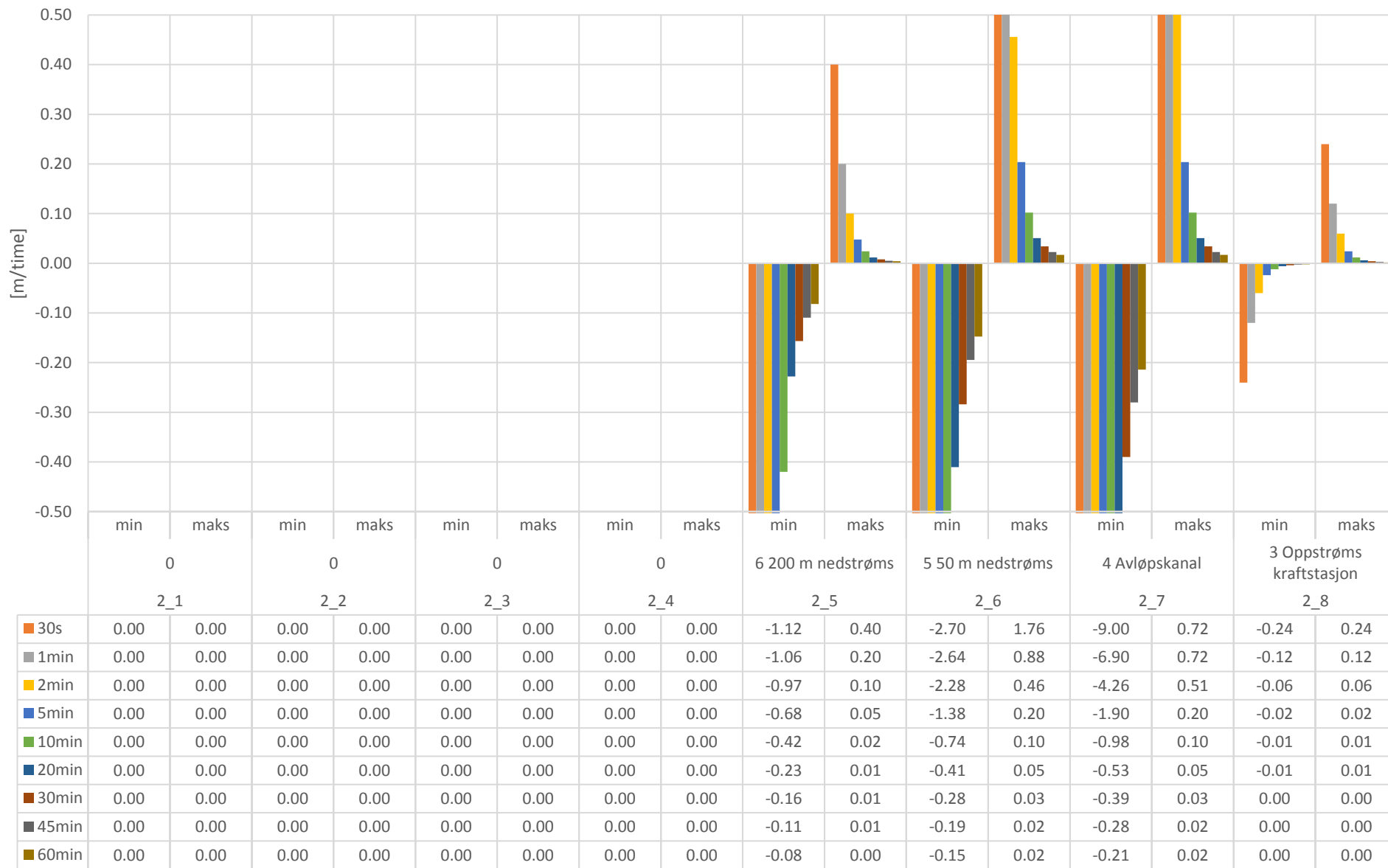
Temperaturendring, Bele, 23 Mai 2017, Vannføring: Høy



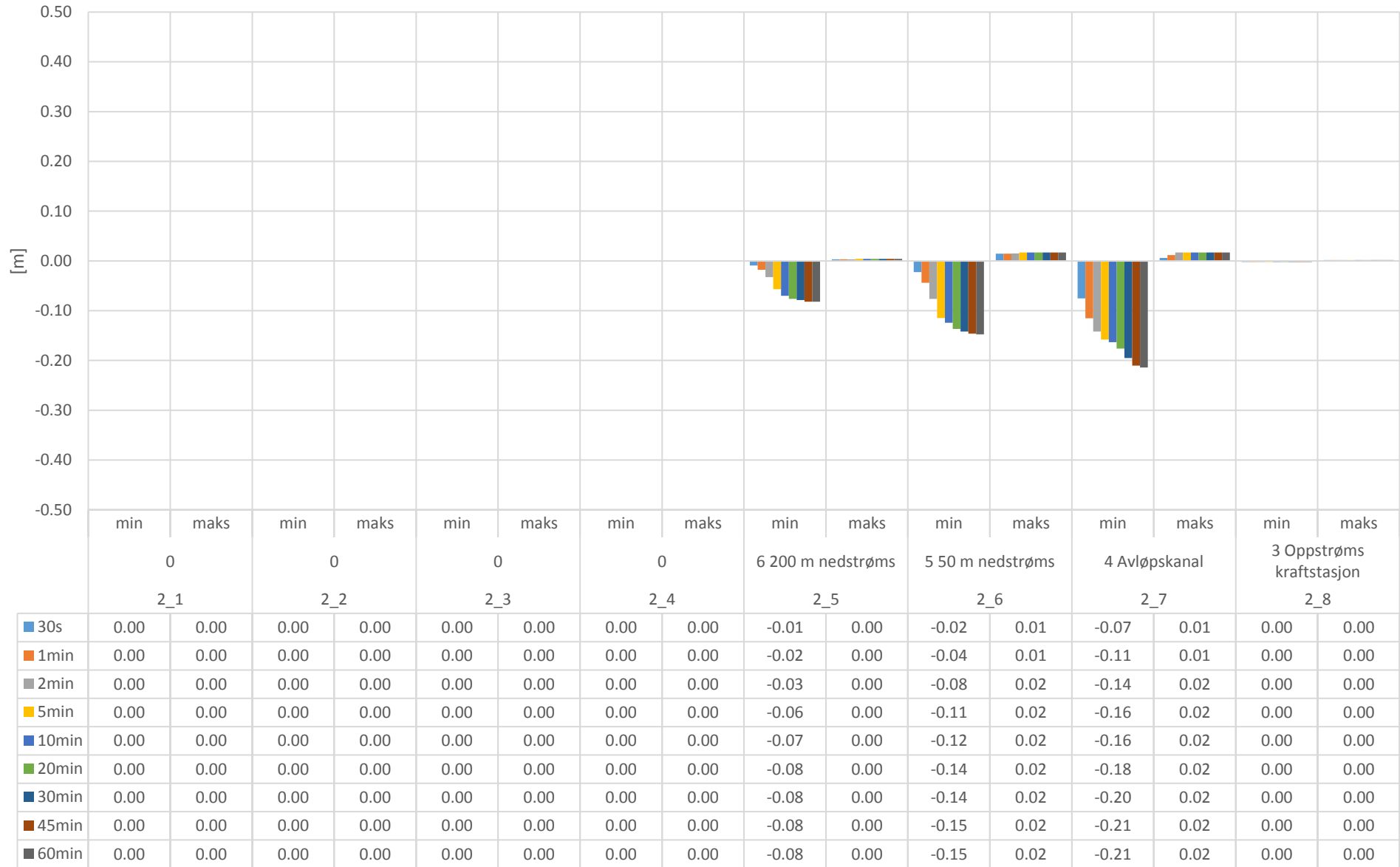
Vannstandsvariasjoner, Brandåa, 7 Oktober 2016, Vannføring: Lav



Vannstandsending per time, Brandåa, 7 Oktober 2016, Vannføring: Lav

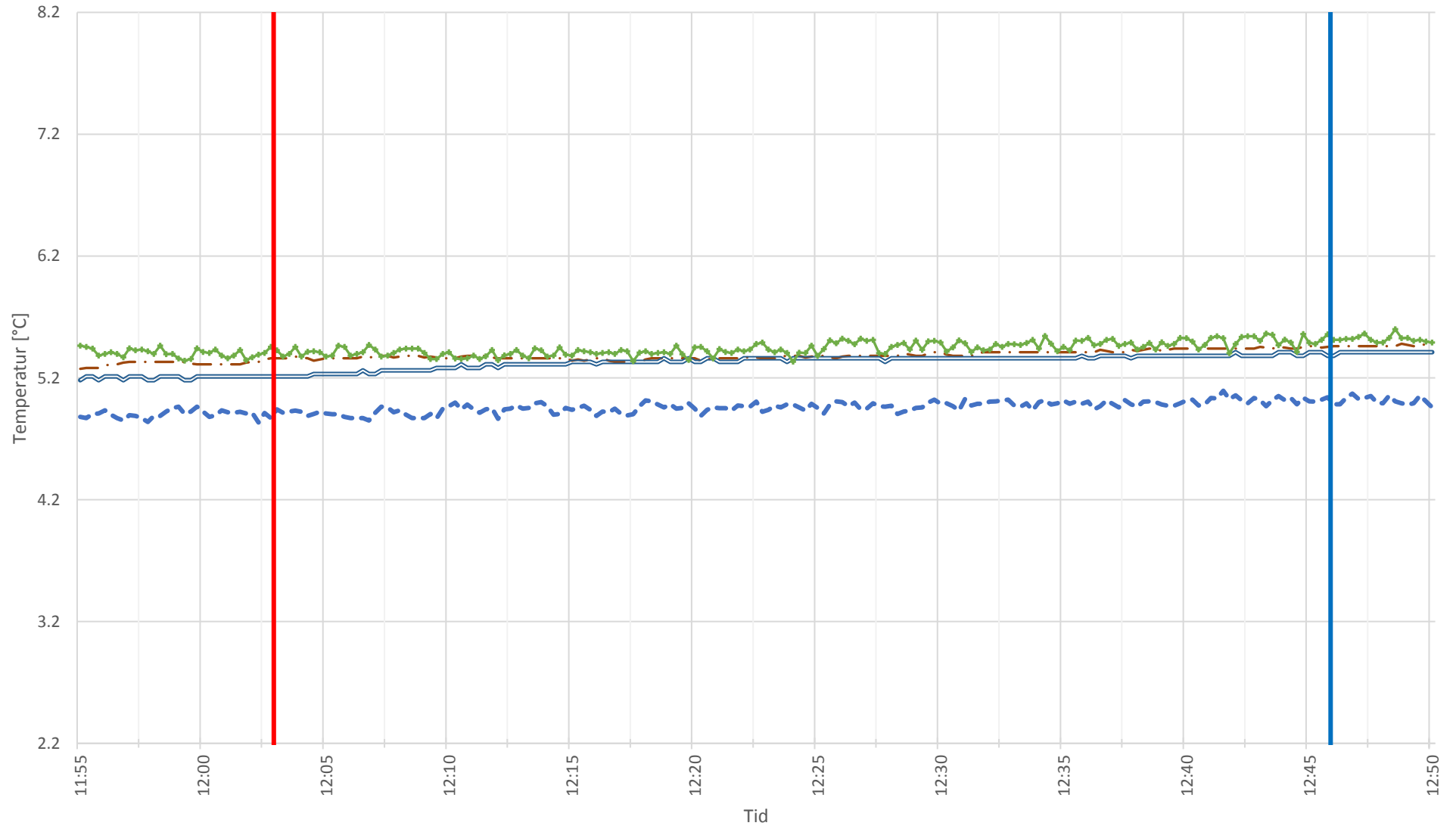


Vannstandsending, Brandåa, 7 Oktober 2016, Vannføring: Lav

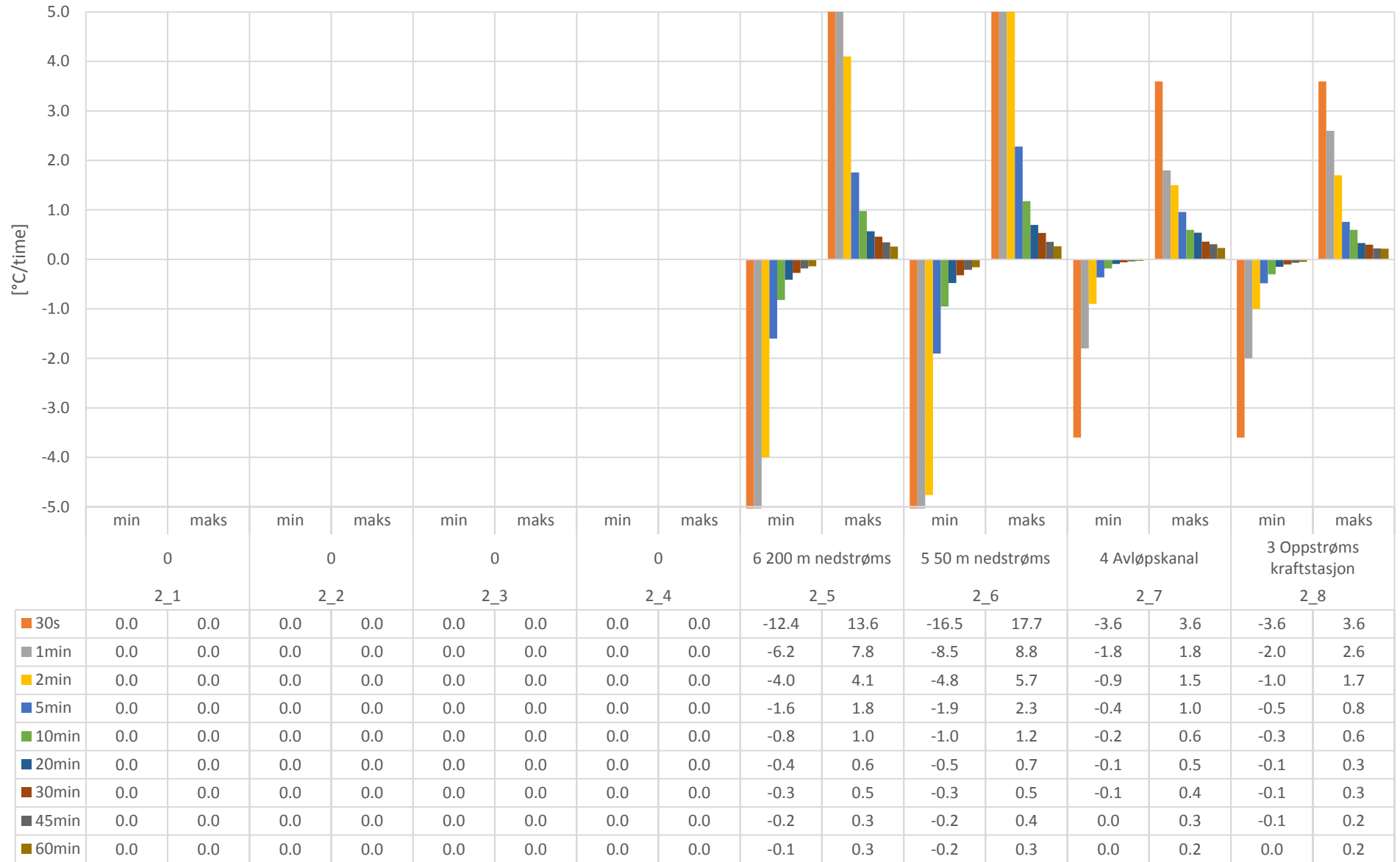


Temperaturvariasjoner, Brandåa, 7 Oktober 2016, Vannføring: Lav

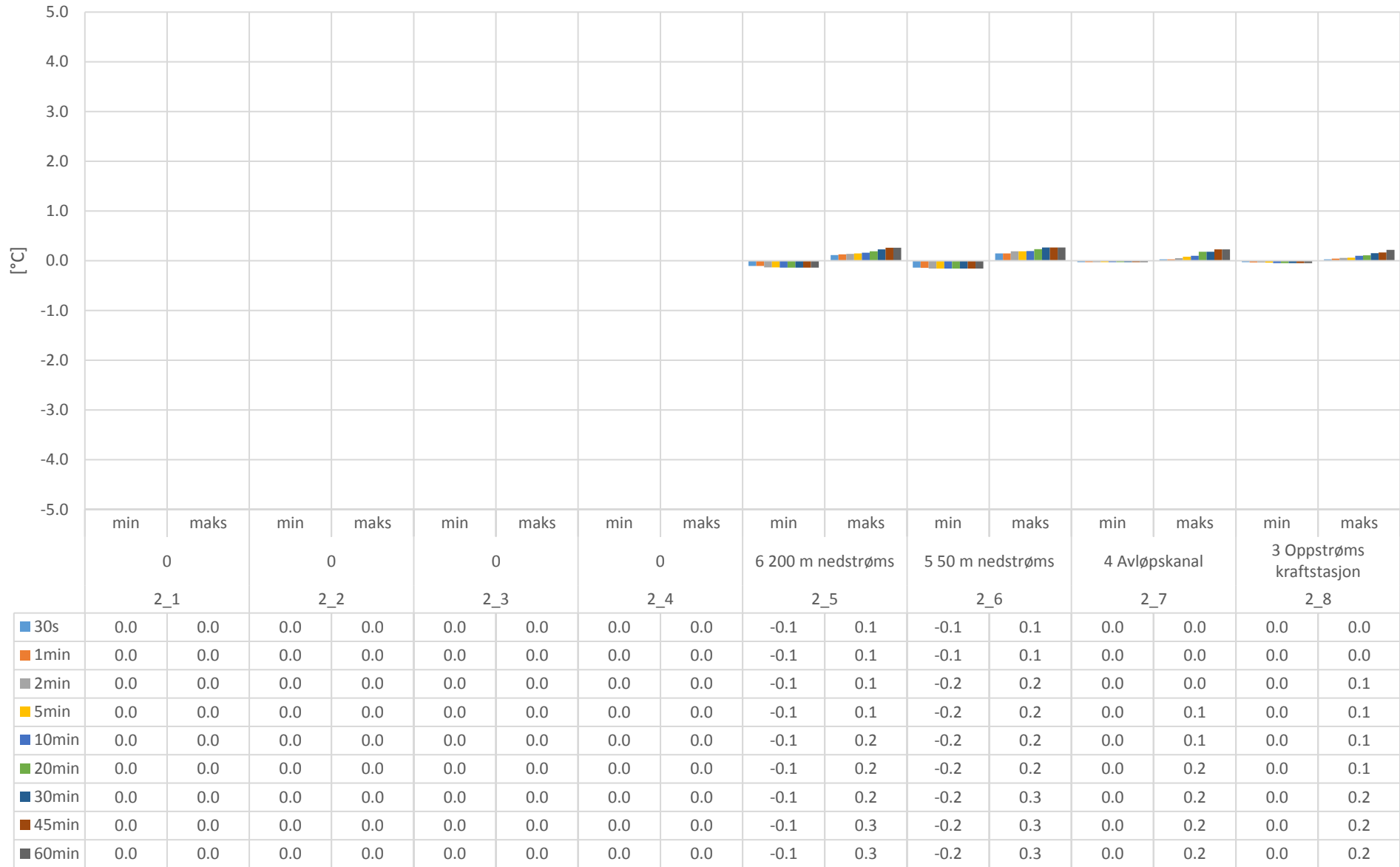
3 Oppstrøms kraftstasjon 4 Avløpskanal 5 50 m nedstrøms 6 200 m nedstrøms Stopp Start



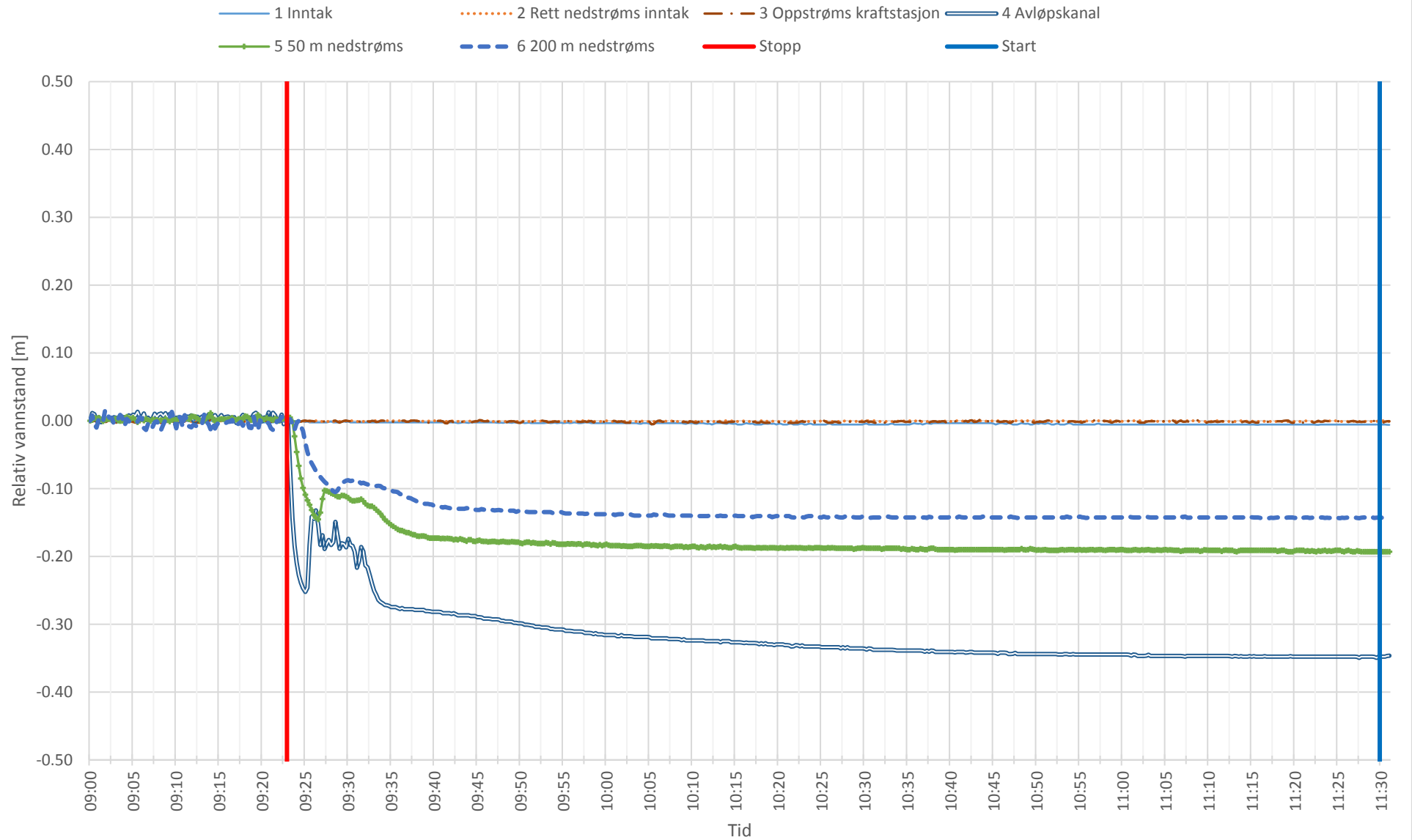
Temperaturendring per time, Brandåa, 7 Oktober 2016, Vannføring: Lav



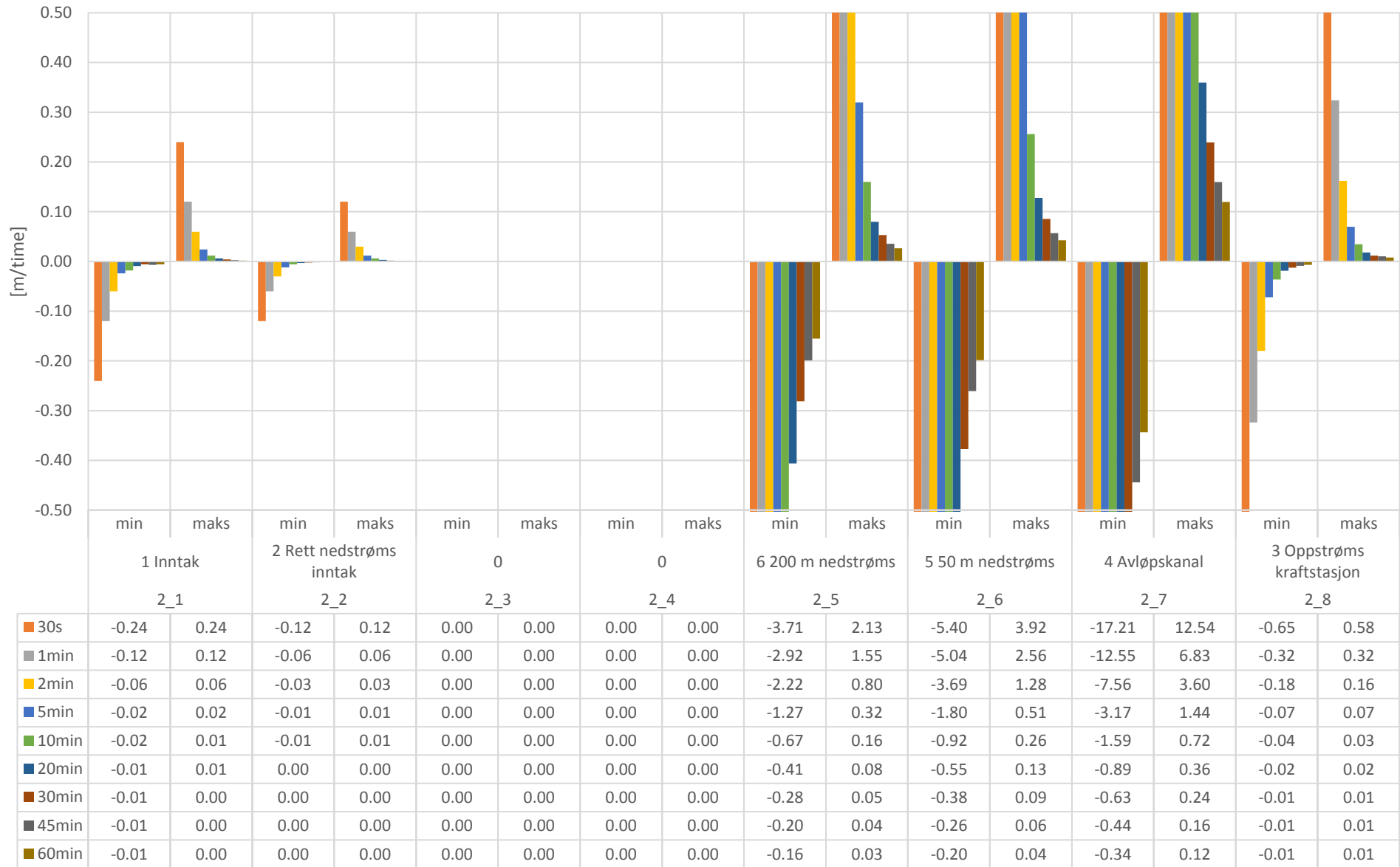
Temperaturendring, Brandåa, 7 Oktober 2016, Vannføring: Lav



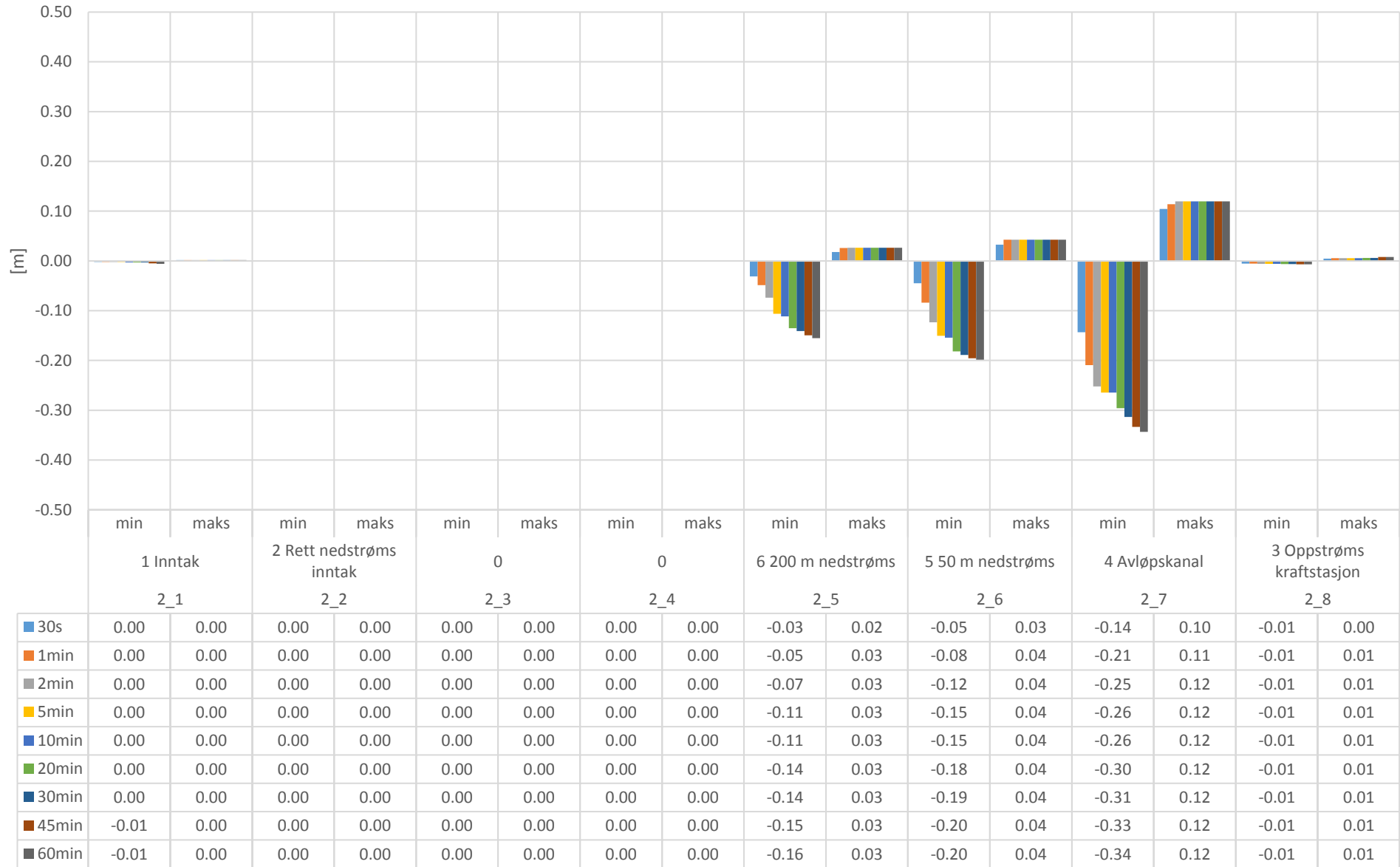
Vannstandsvariasjoner, Brandåa, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels



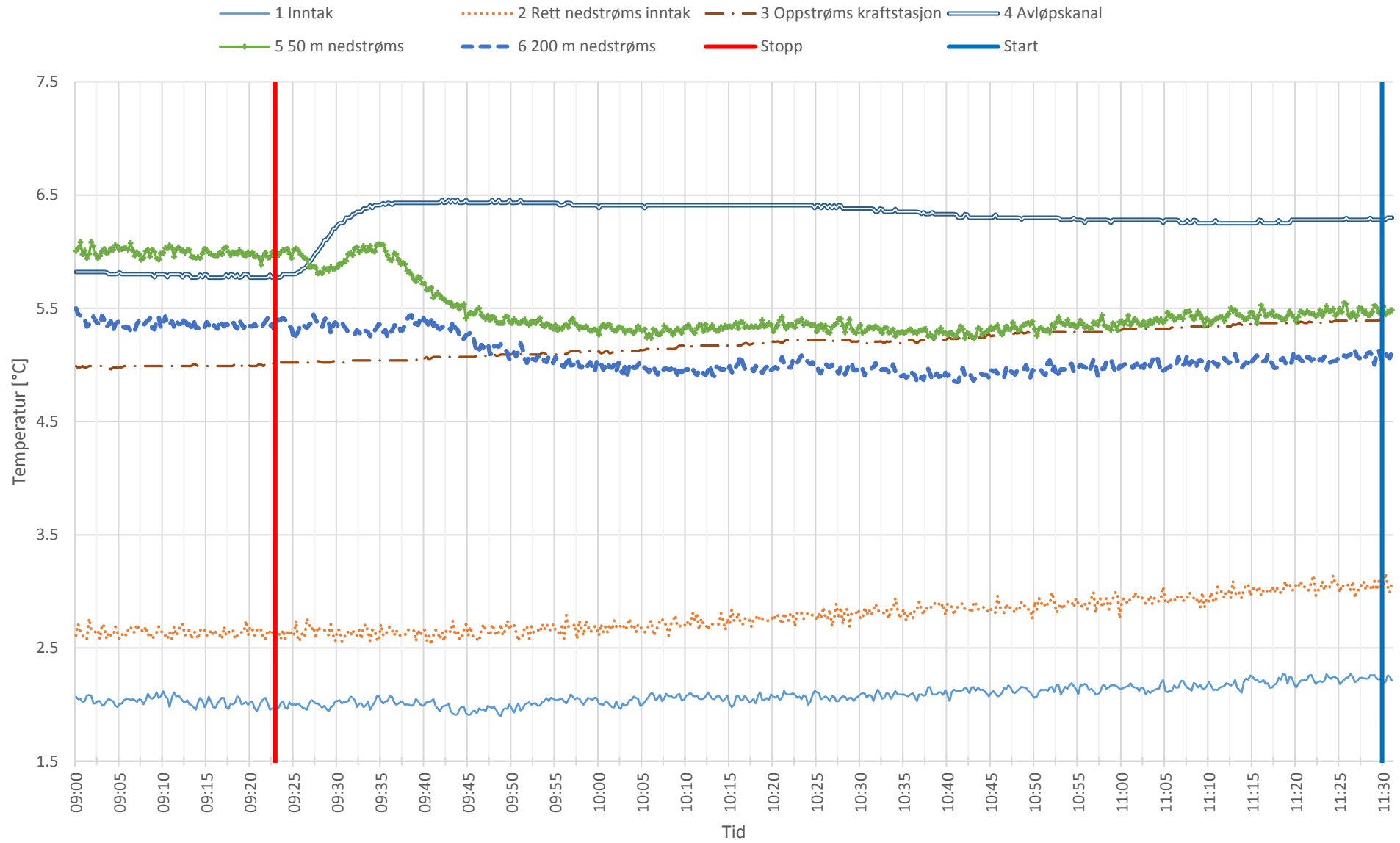
Vannstandsending per time, Brandåa, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels



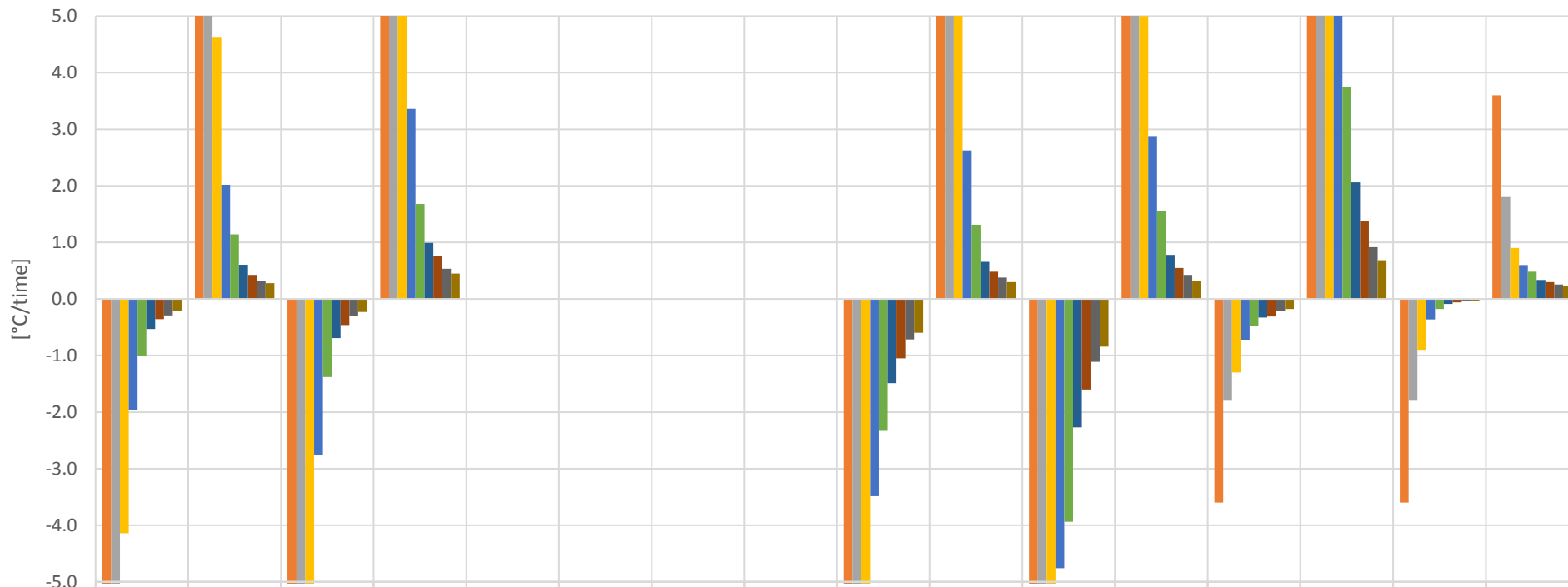
Vannstandsending, Brandåa, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels



Temperaturvariasjoner, Brandåa, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels

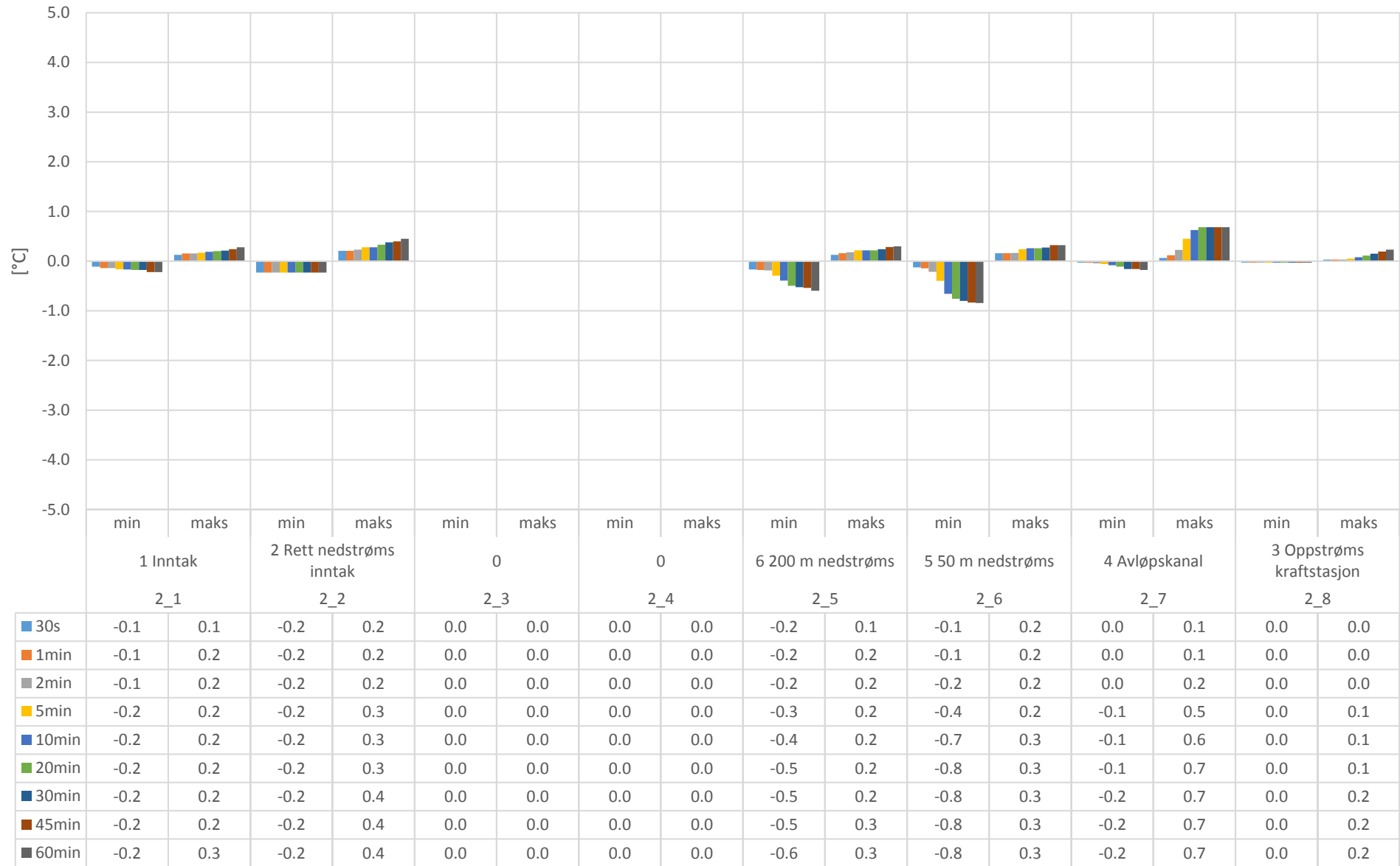


Temperaturendring per time, Brandåa, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels



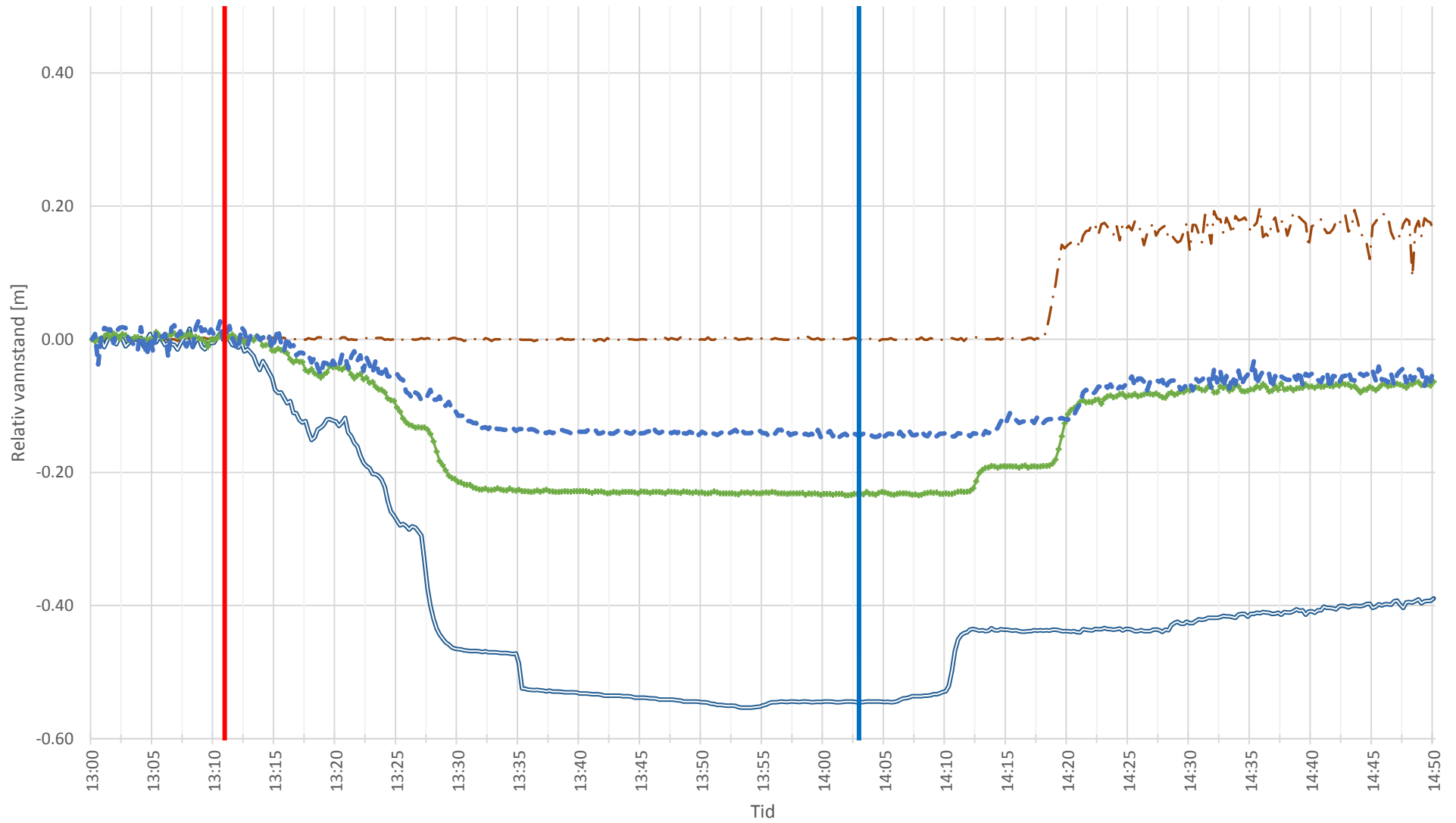
	1 Inntak 2_1		2 Rett nedstrøms inntak 2_2		0 2_3		0 2_4		6 200 m nedstrøms 2_5		5 50 m nedstrøms 2_6		4 Avløpskanal 2_7		3 Oppstrøms kraftstasjon 2_8	
	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks
30s	-13.0	15.4	-27.6	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-20.0	15.4	-15.2	19.2	-3.6	8.1	-3.6	3.6
1min	-8.3	9.2	-13.8	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.6	9.5	-8.6	9.6	-1.8	7.0	-1.8	1.8
2min	-4.1	4.6	-6.9	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.6	5.4	-6.5	5.0	-1.3	6.8	-0.9	0.9
5min	-2.0	2.0	-2.8	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.5	2.6	-4.8	2.9	-0.7	5.4	-0.4	0.6
10min	-1.0	1.1	-1.4	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.3	1.3	-3.9	1.6	-0.5	3.7	-0.2	0.5
20min	-0.5	0.6	-0.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.5	0.7	-2.3	0.8	-0.3	2.1	-0.1	0.3
30min	-0.4	0.4	-0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.1	0.5	-1.6	0.5	-0.3	1.4	-0.1	0.3
45min	-0.3	0.3	-0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.7	0.4	-1.1	0.4	-0.2	0.9	0.0	0.3
60min	-0.2	0.3	-0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6	0.3	-0.8	0.3	-0.2	0.7	0.0	0.2

Temperaturendring, Brandåa, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels

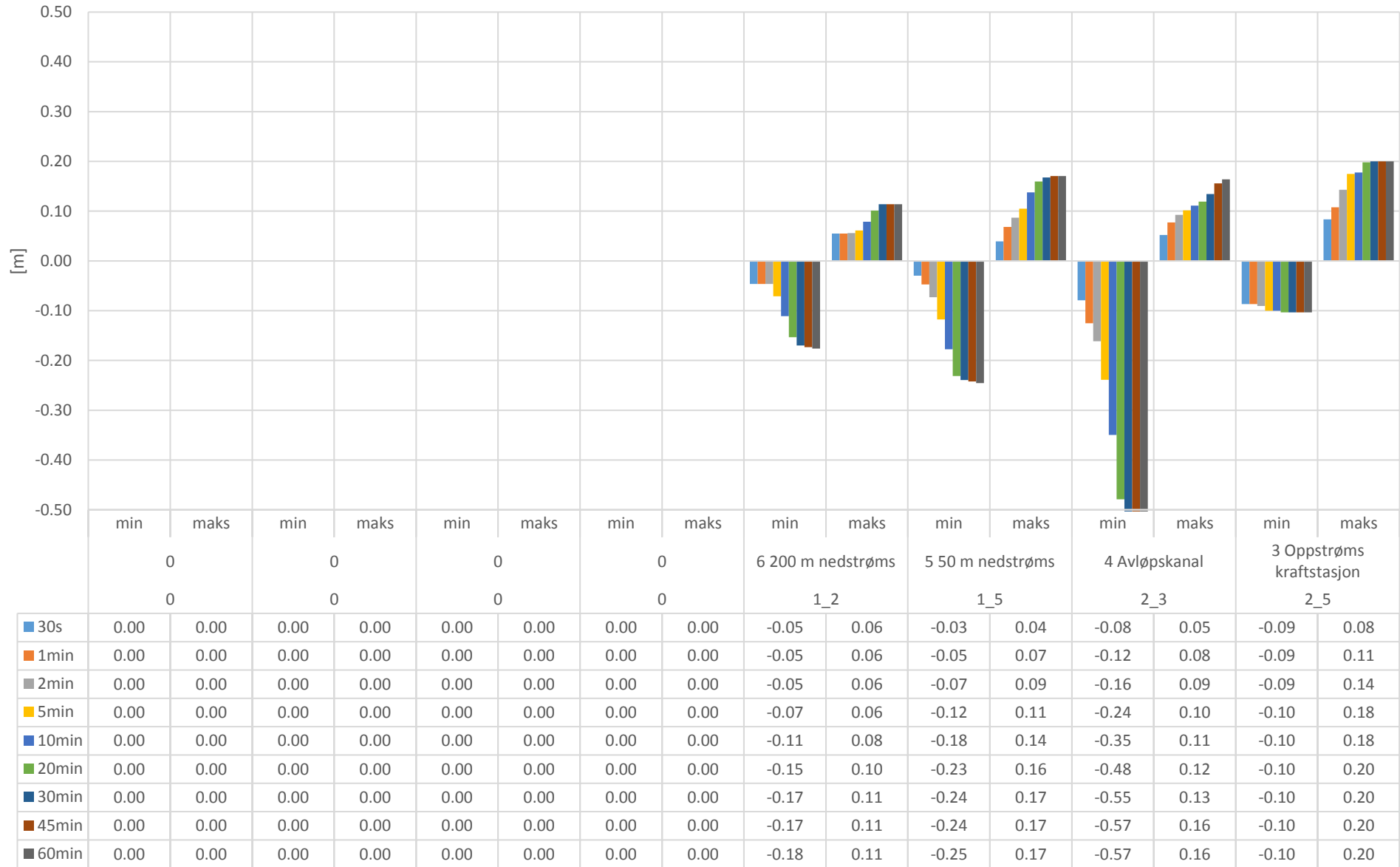


Vannstandsvariasjoner, Brandåa, 4 April 2017, Vannføring: Høy

3 Oppstrøms kraftstasjon 4 Avløpskanal 5 50 m nedstrøms 6 200 m nedstrøms Stopp Start

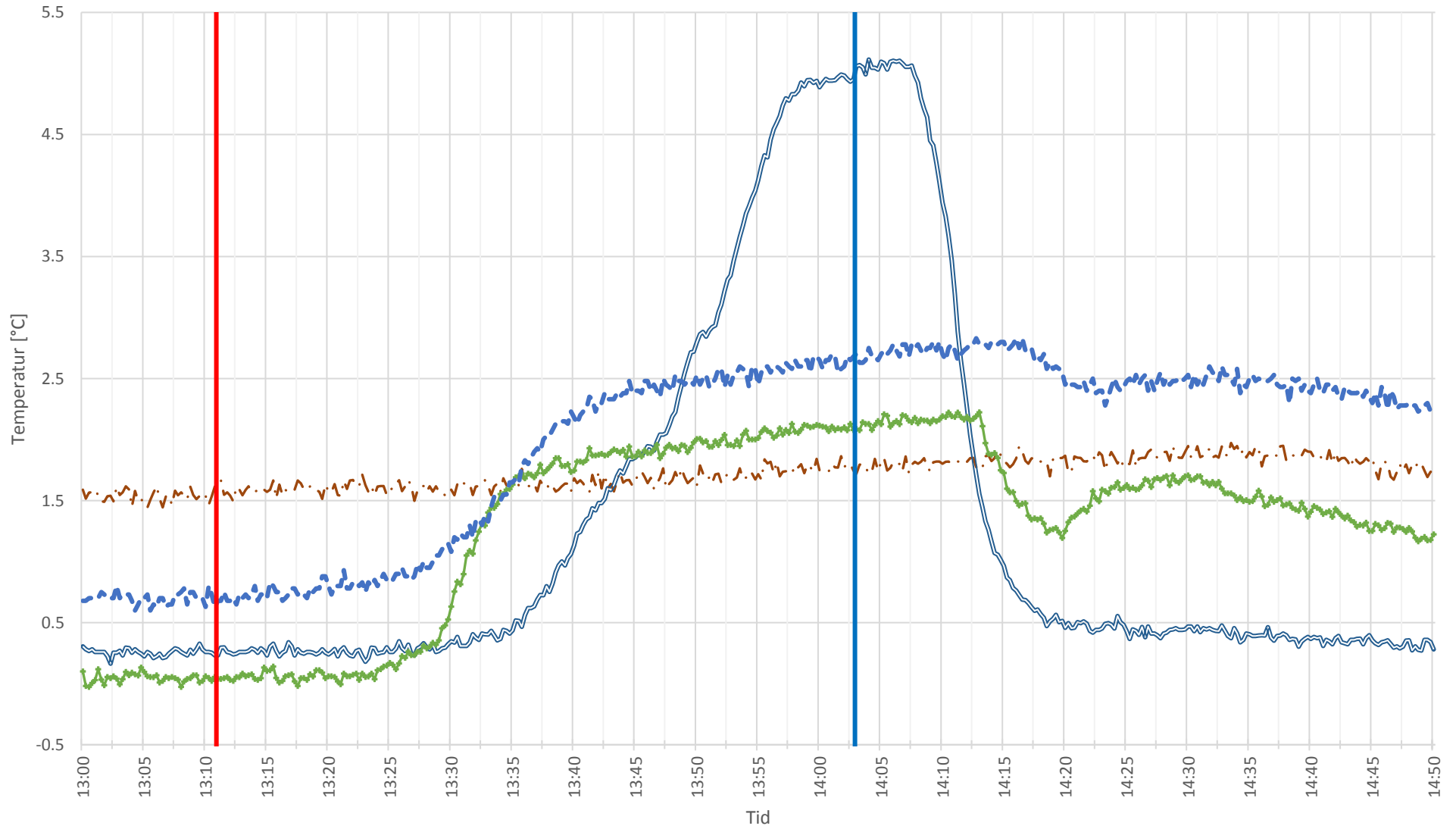


Vannstandsending, Brandåa, 4 April 2017, Vannføring: Høy

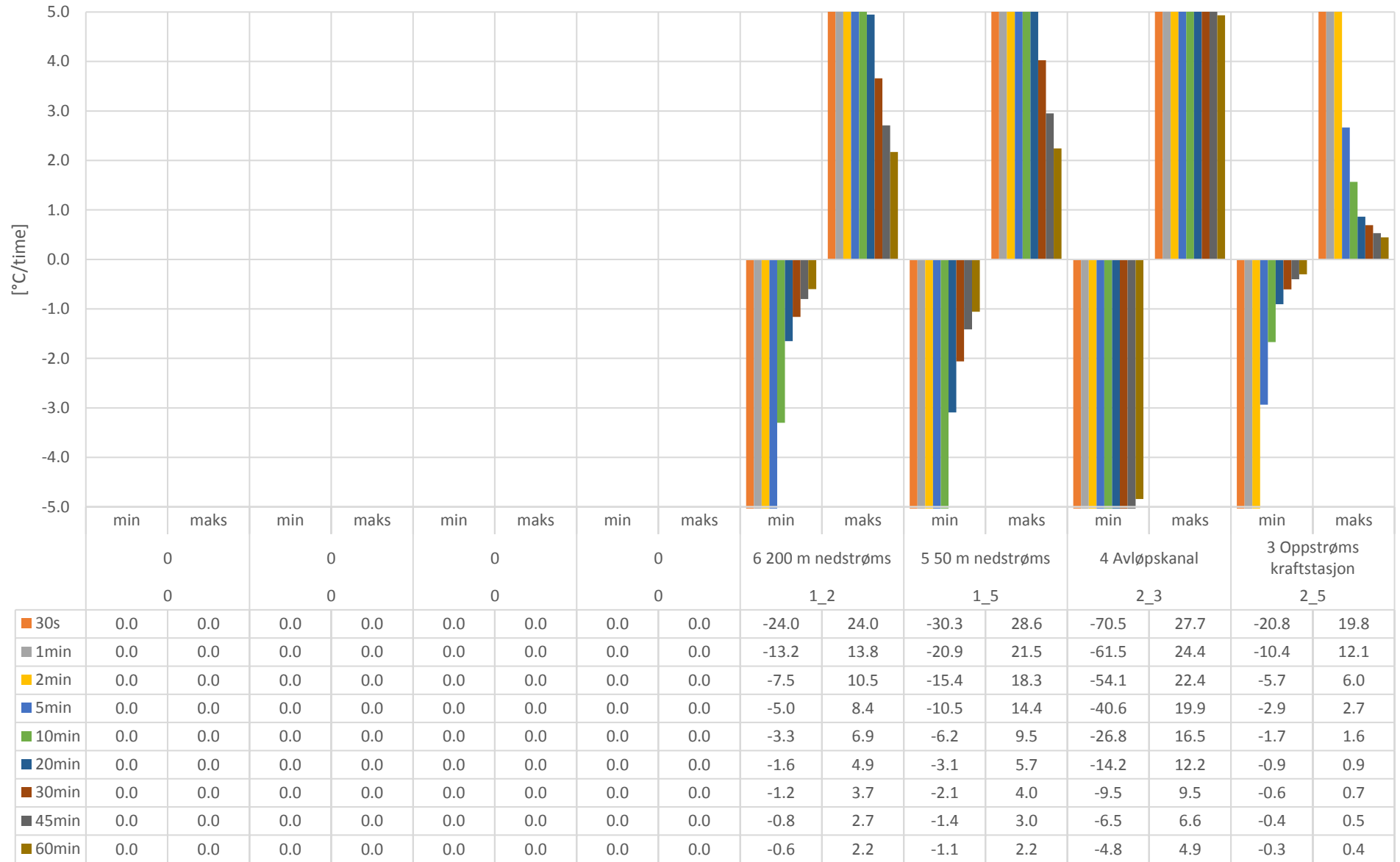


Temperaturvariasjoner, Brandåa, 4 April 2017, Vannføring: Høy

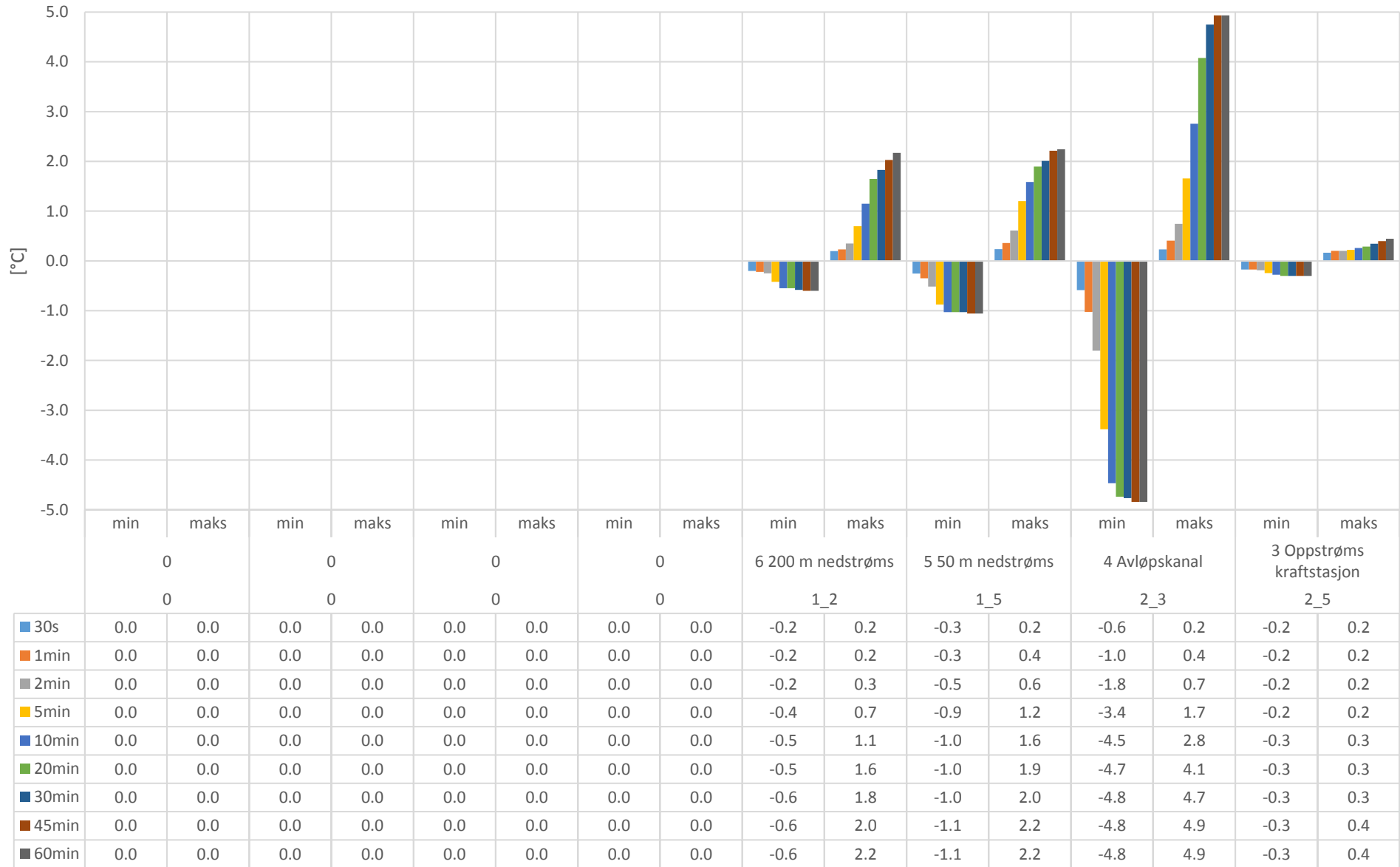
3 Oppstrøms kraftstasjon 4 Avløpskanal 5 50 m nedstrøms 6 200 m nedstrøms Stopp Start



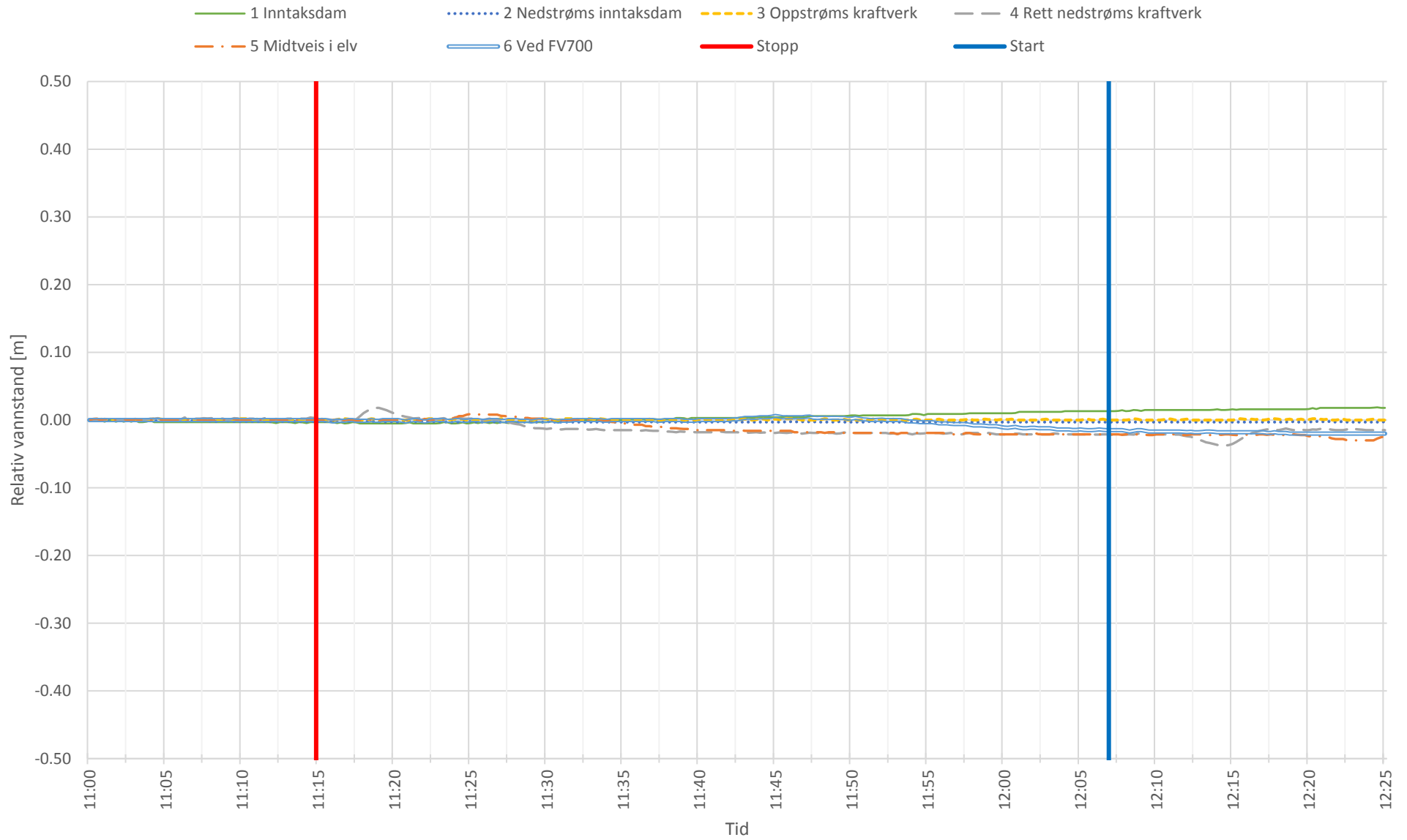
Temperaturendring per time, Brandåa, 4 April 2017, Vannføring: Høy



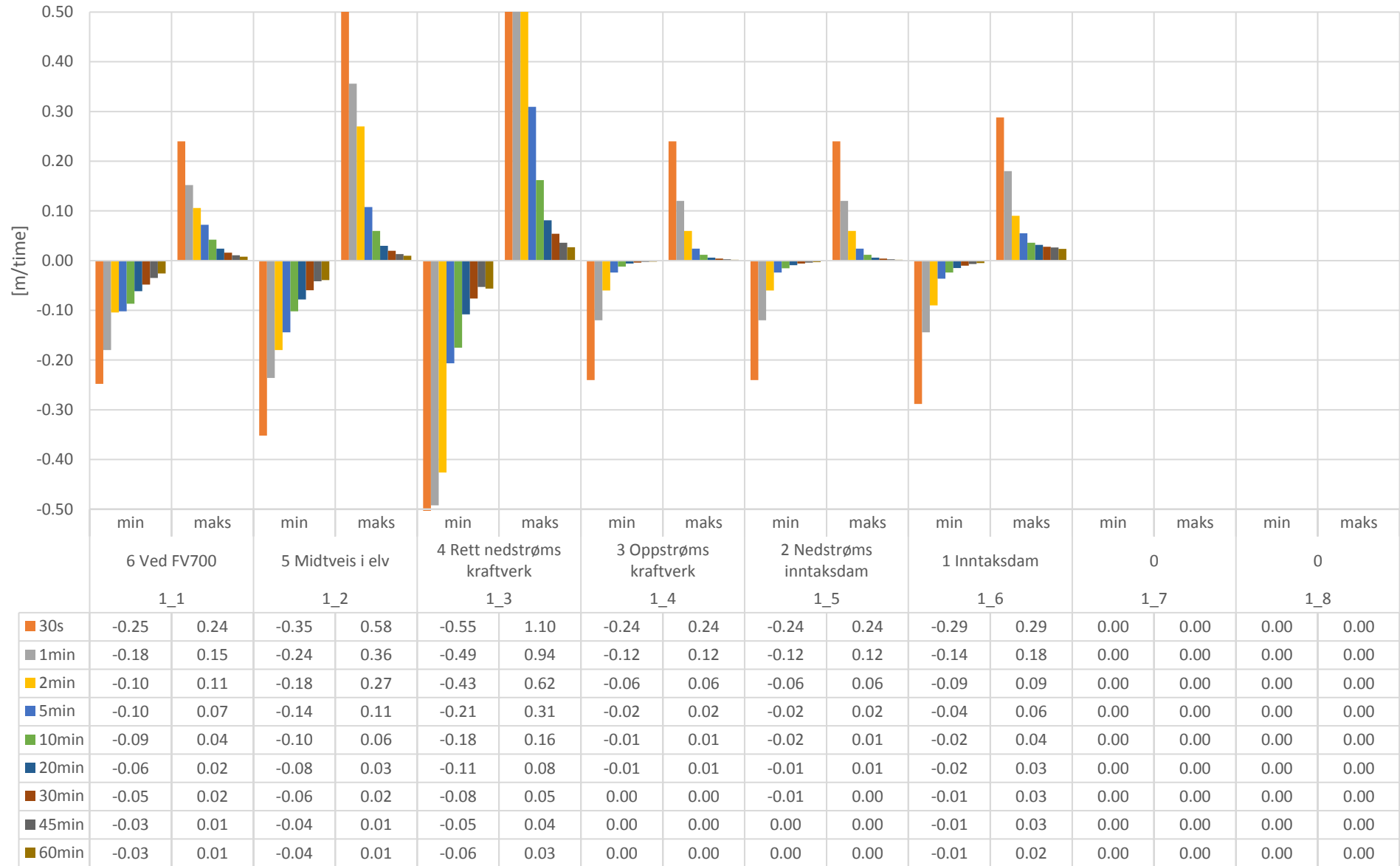
Temperaturendring, Brandåa, 4 April 2017, Vannføring: Høy



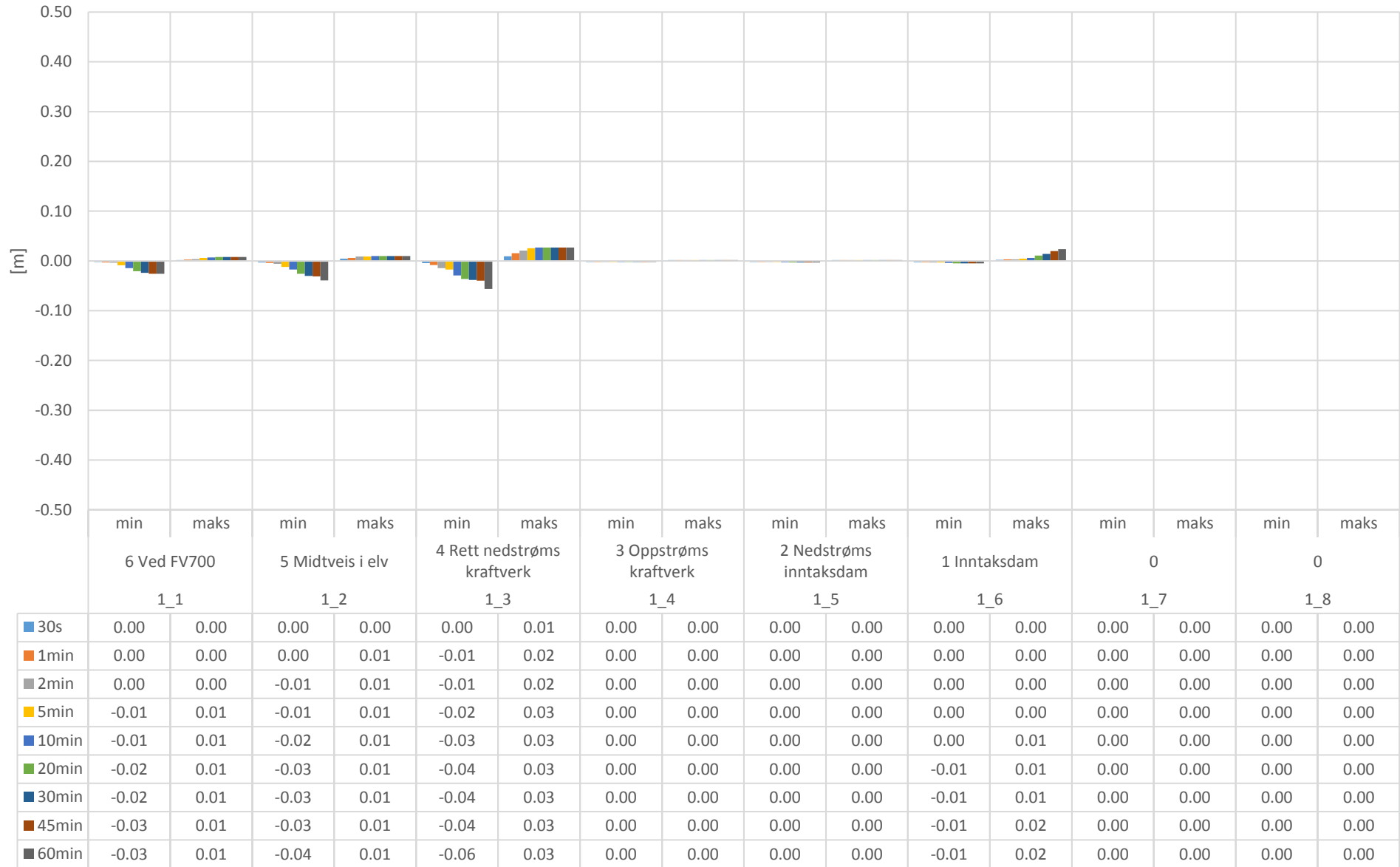
Vannstandsvariasjoner, Sya, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav



Vannstandsending per time, Sya, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav

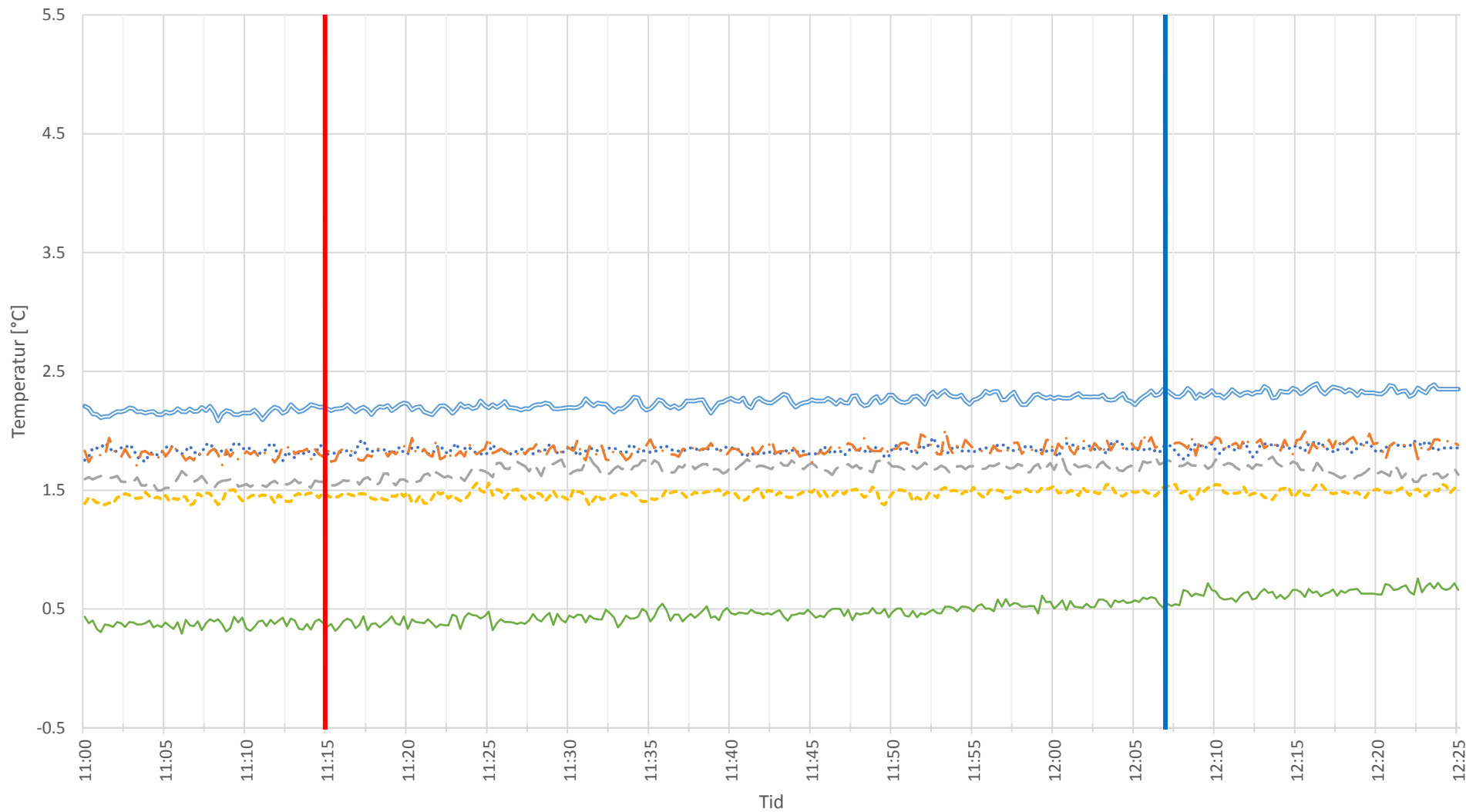


Vannstandsending, Sya, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav

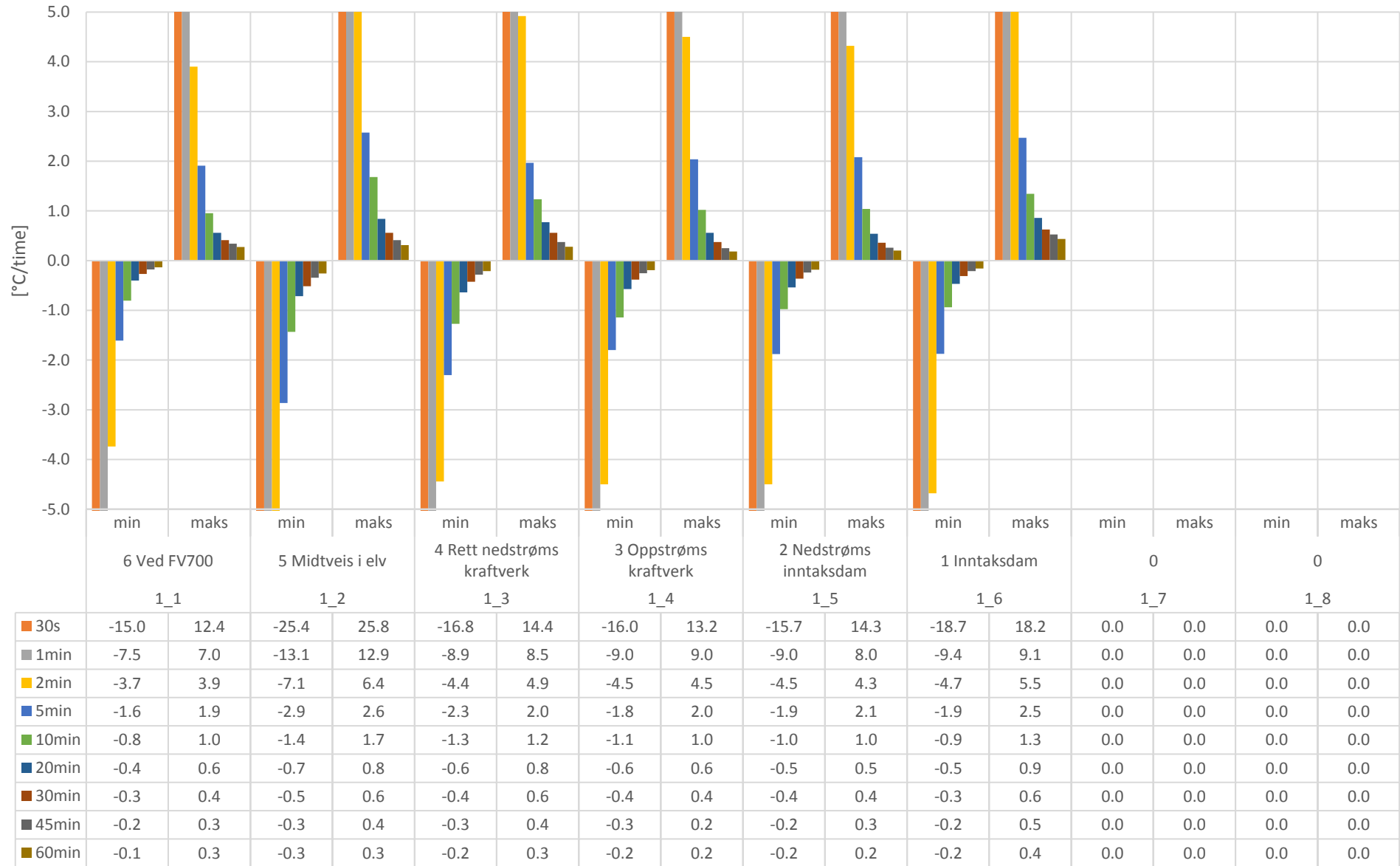


Temperaturvariasjoner, Sya, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav

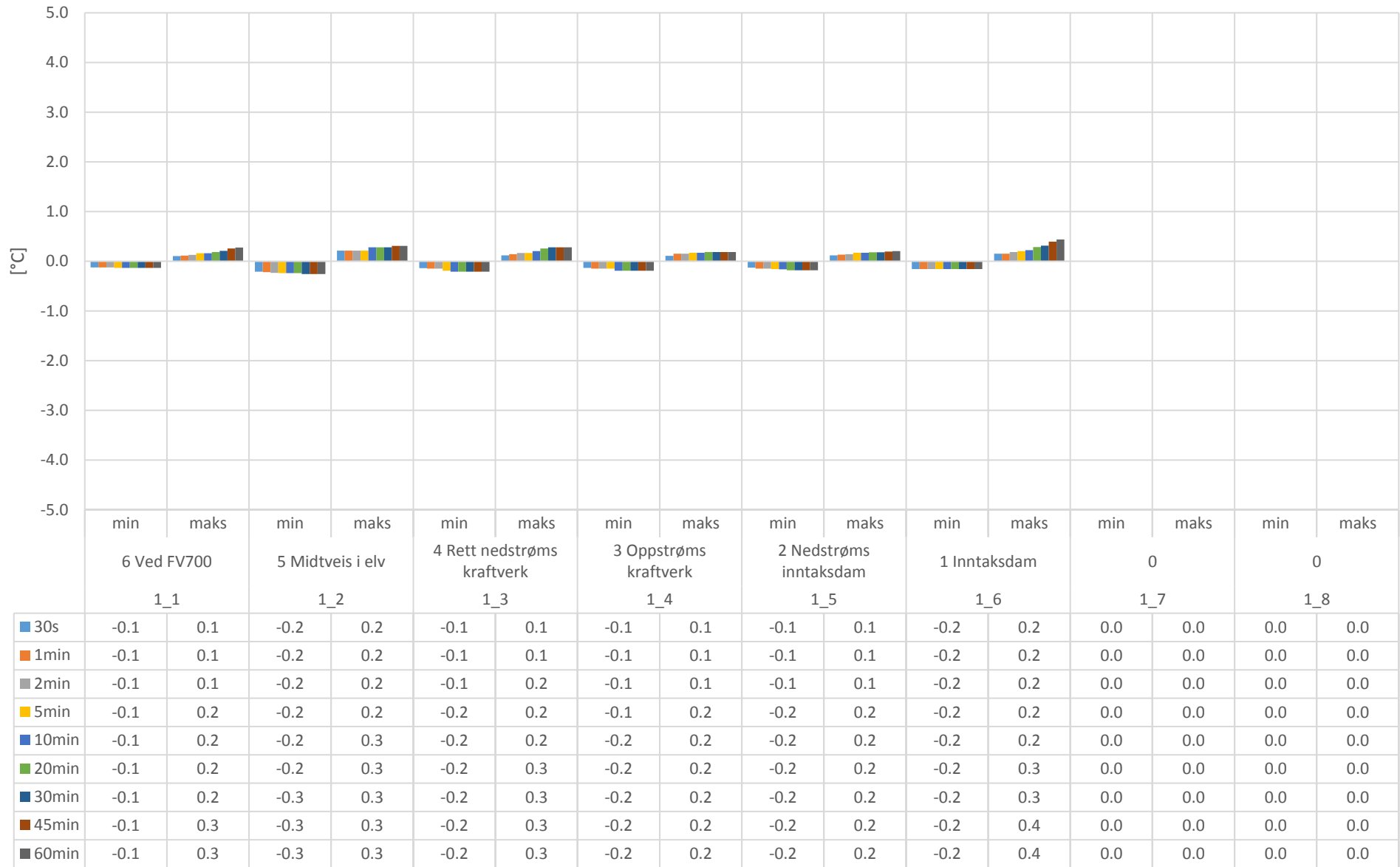
- 1 Inntaksdam
- 2 Nedstrøms inntaksdam
- 3 Oppstrøms kraftverk
- 4 Rett nedstrøms kraftverk
- 5 Midtveis i elv
- 6 Ved FV700
- Stopp
- Start



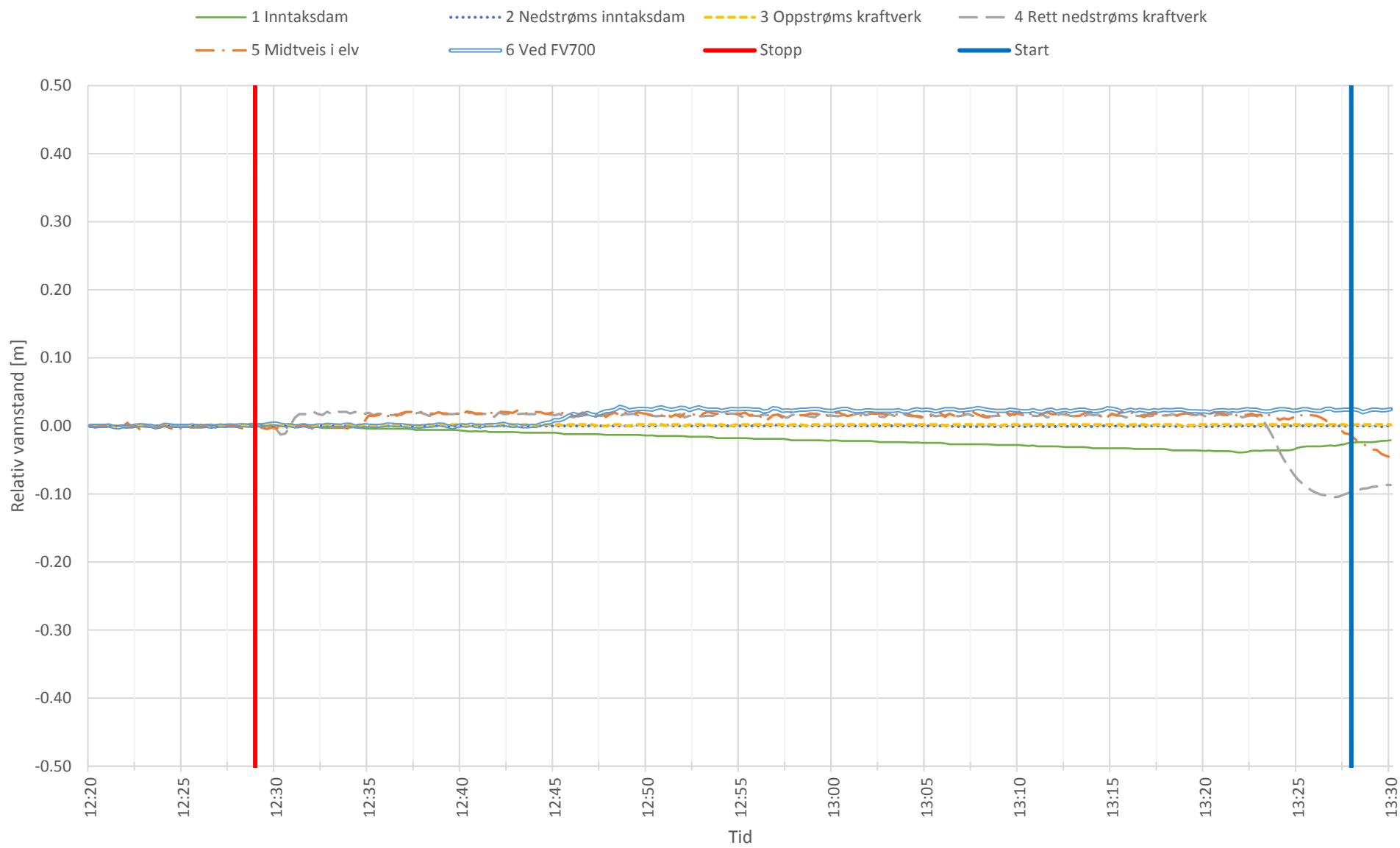
Temperaturrendring per time, Sya, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav



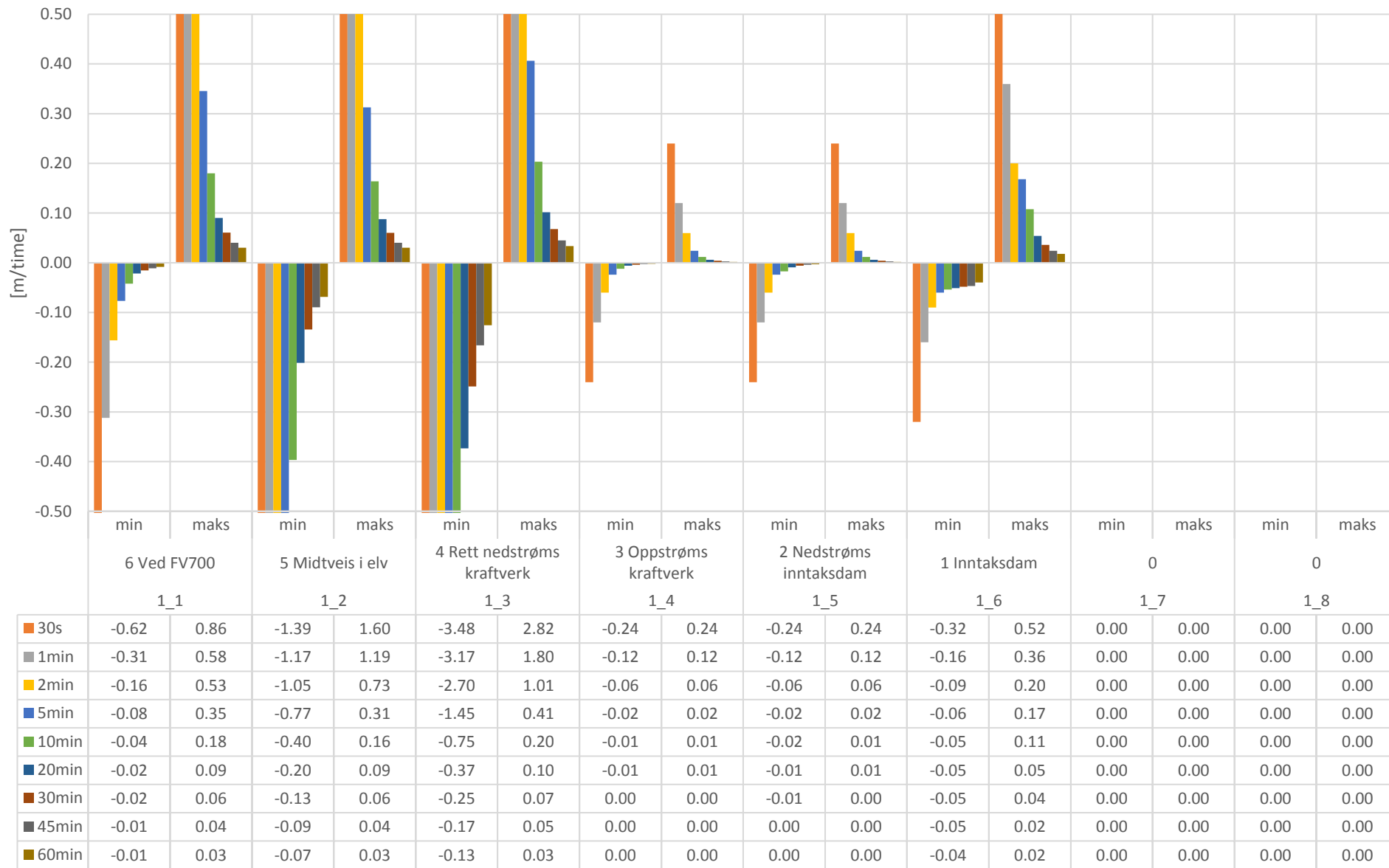
Temperaturendring, Sya, 13 Oktober 2016, Vannføring: Lav



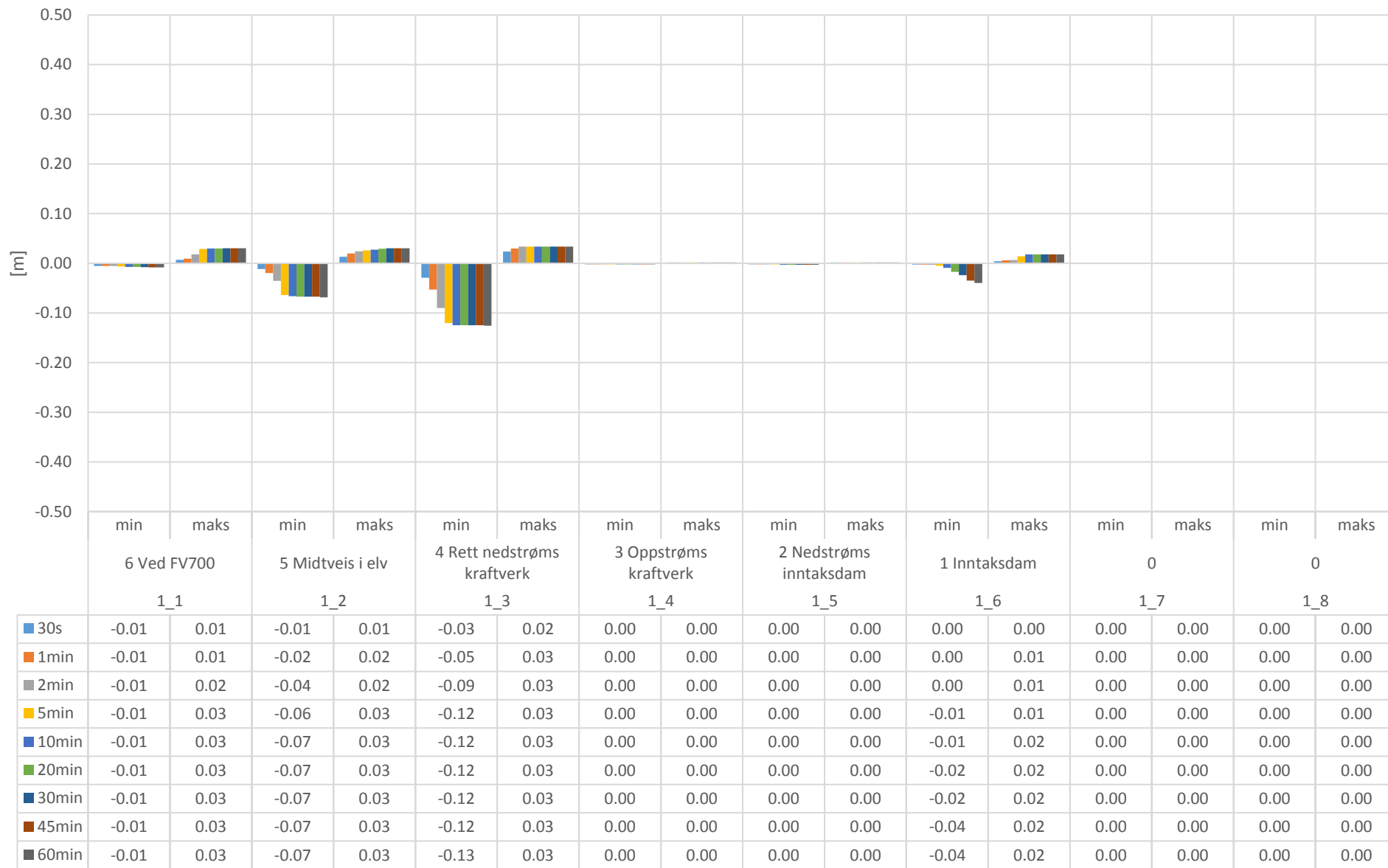
Vannstandsvariasjoner, Sya, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels



Vannstandsending per time, Sya, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels

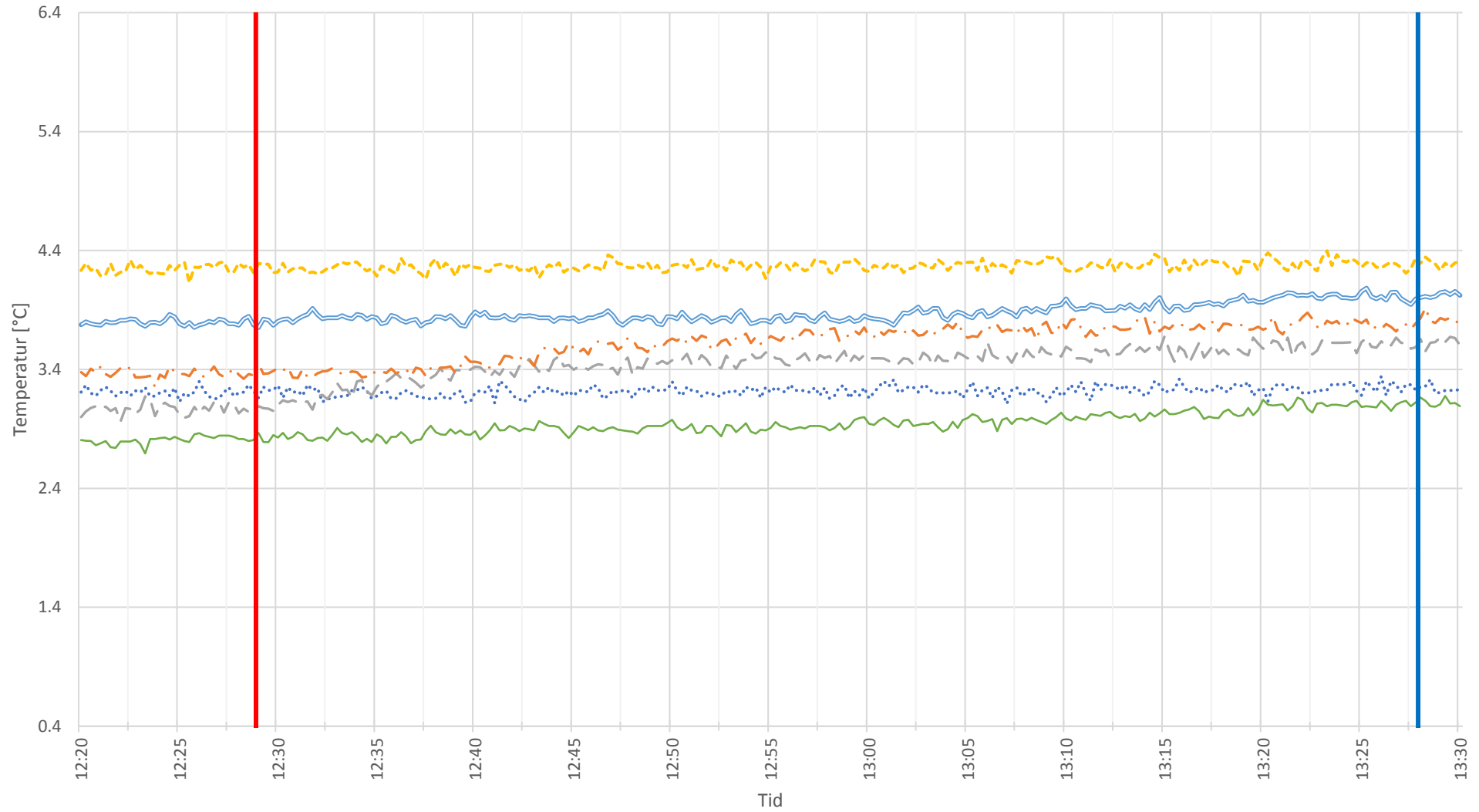


Vannstandsending, Sya, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels

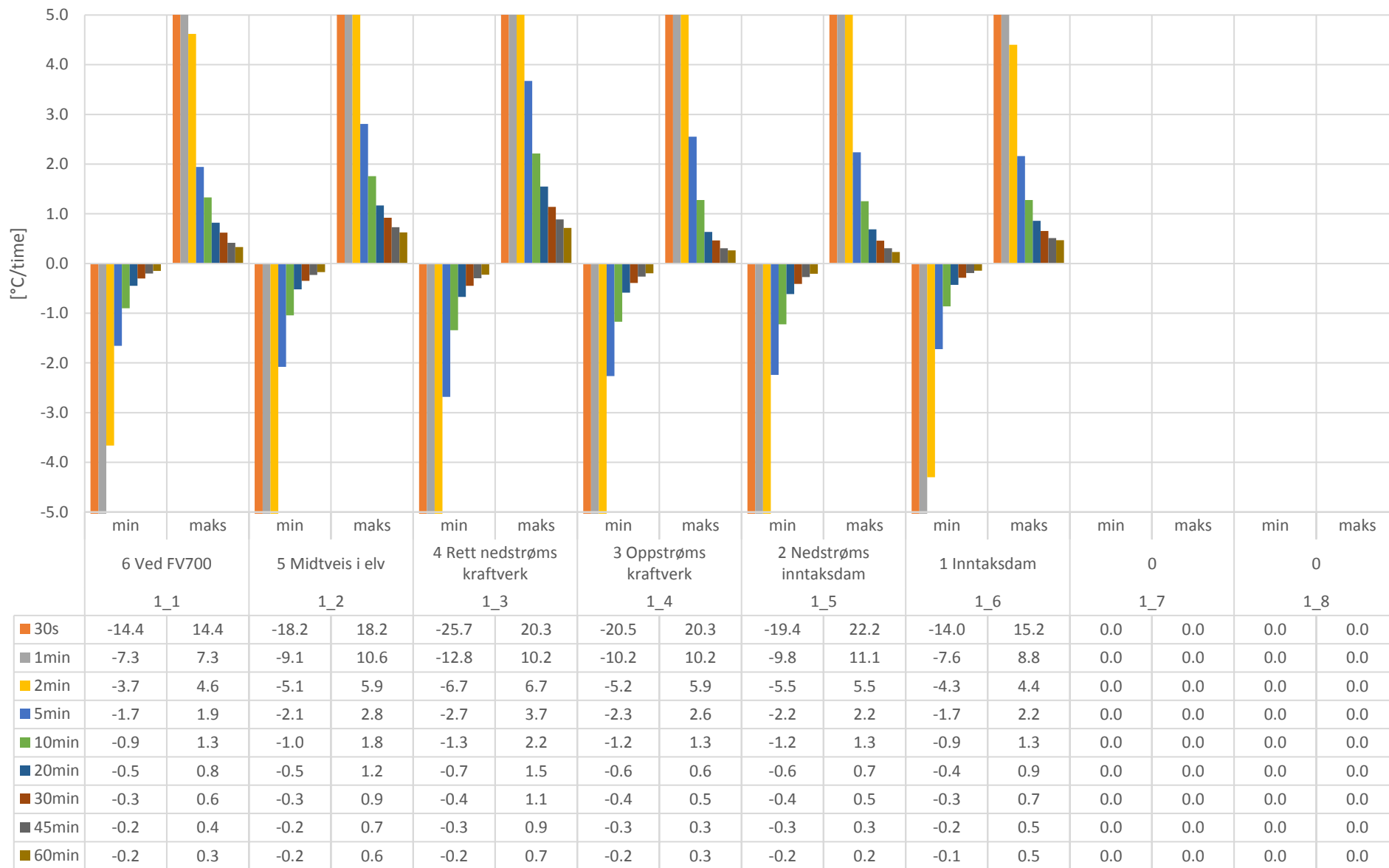


Temperaturvariasjoner, Sya, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels

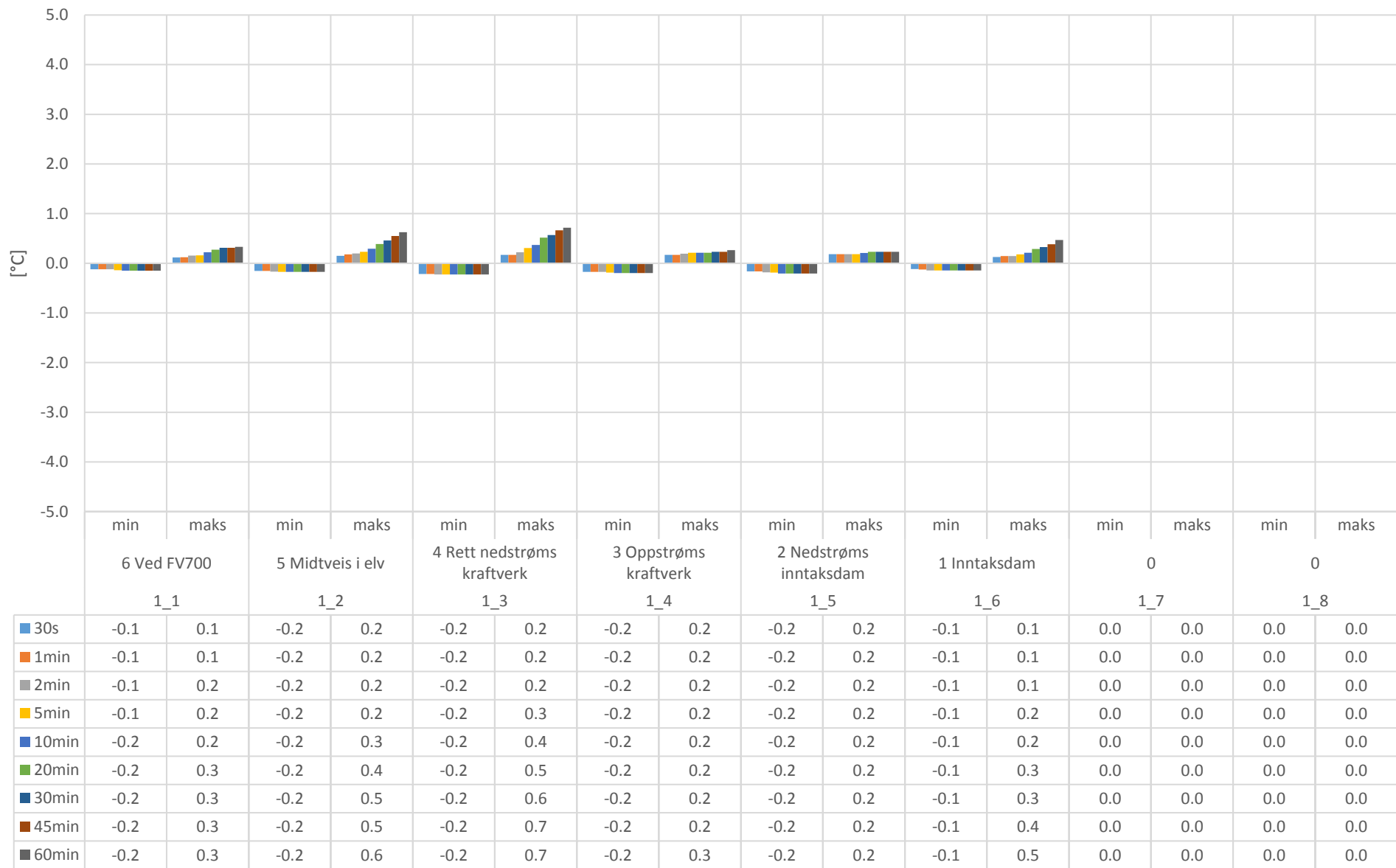
- 1 Inntaksdam
- 2 Nedstrøms inntaksdam
- 3 Oppstrøms kraftverk
- 4 Rett nedstrøms kraftverk
- 5 Midtveis i elv
- 6 Ved FV700
- Stopp
- Start



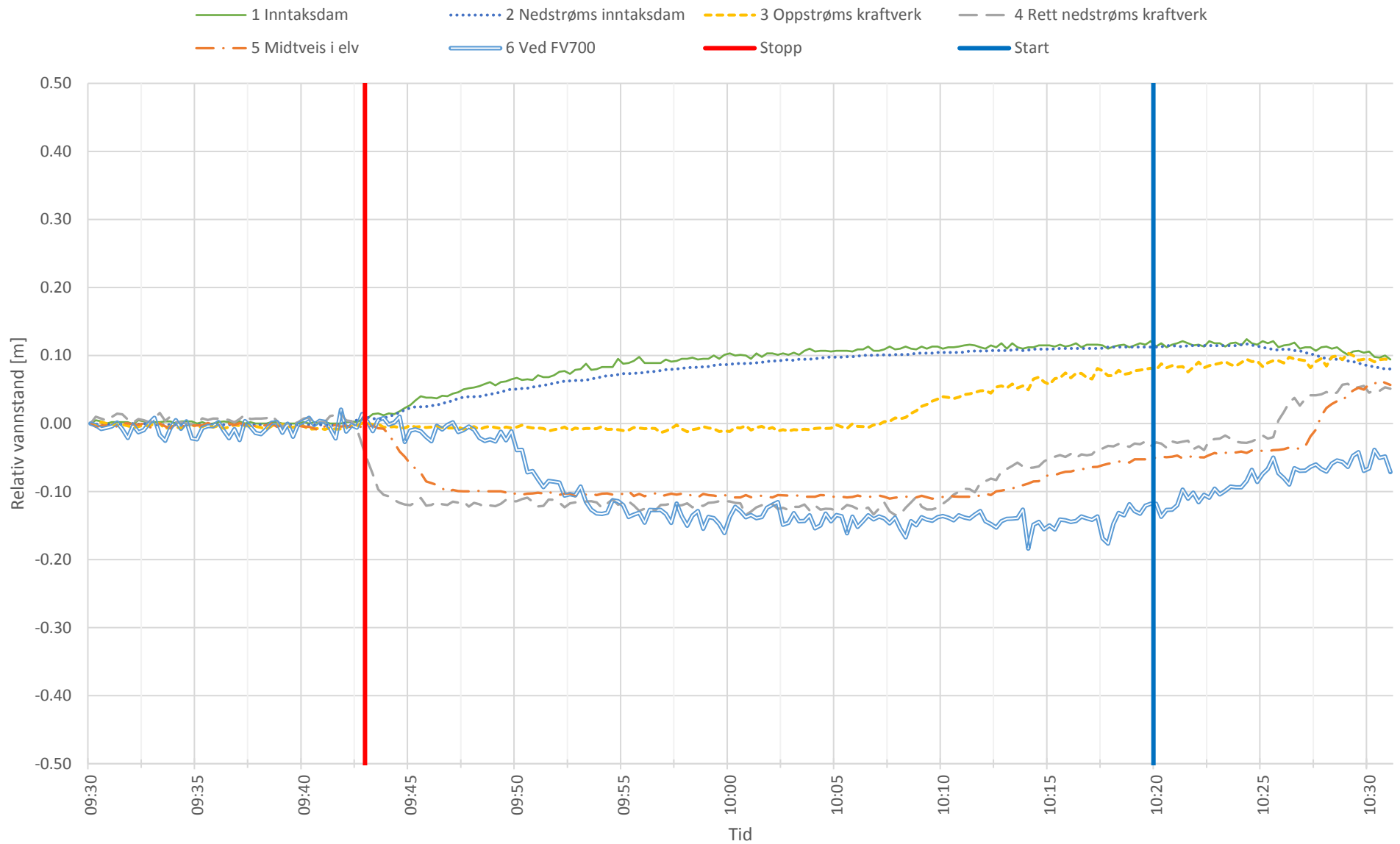
Temperaturrendring per time, Sya, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels



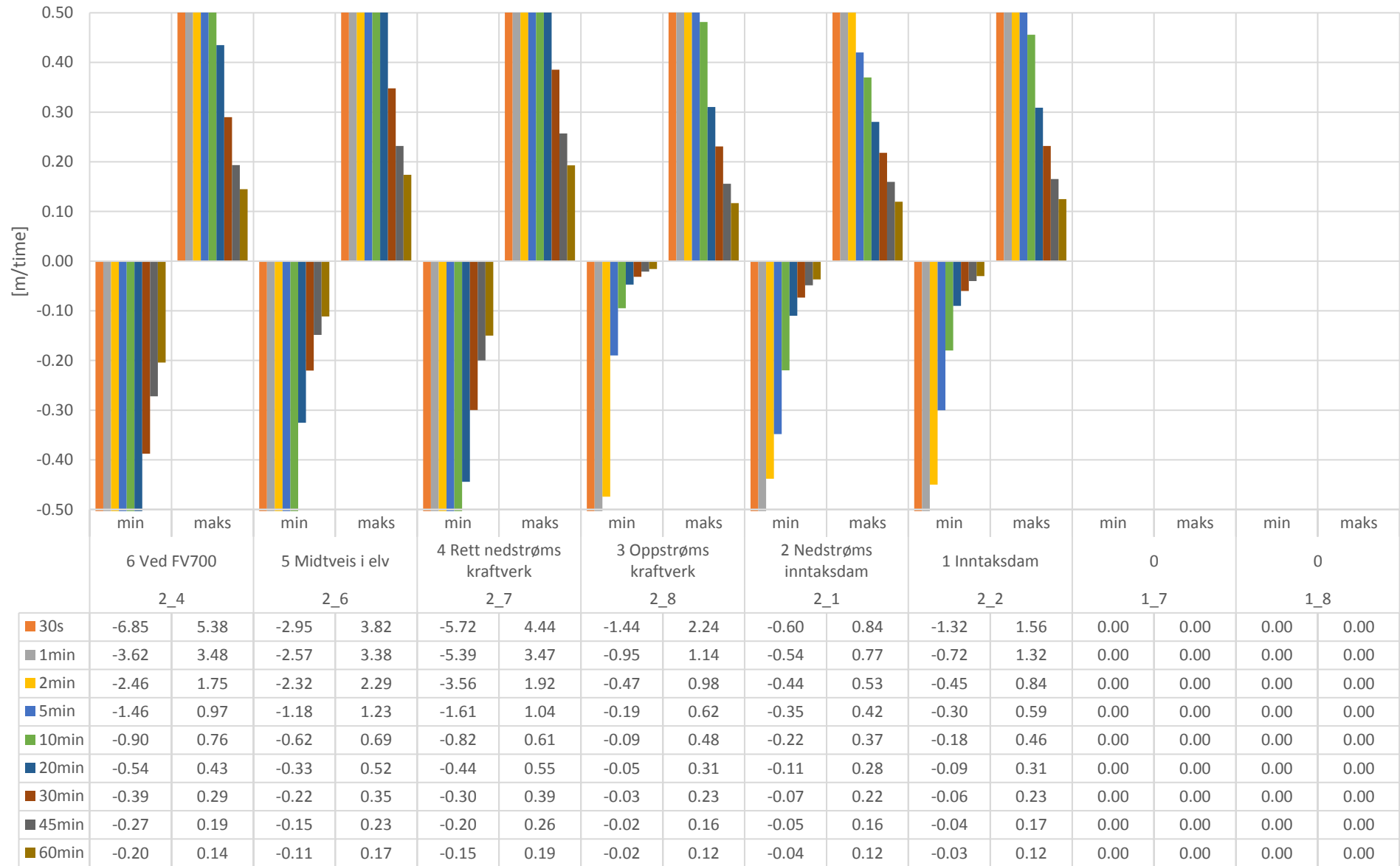
Temperaturendring, Sya, 4 Oktober 2016, Vannføring: Middels



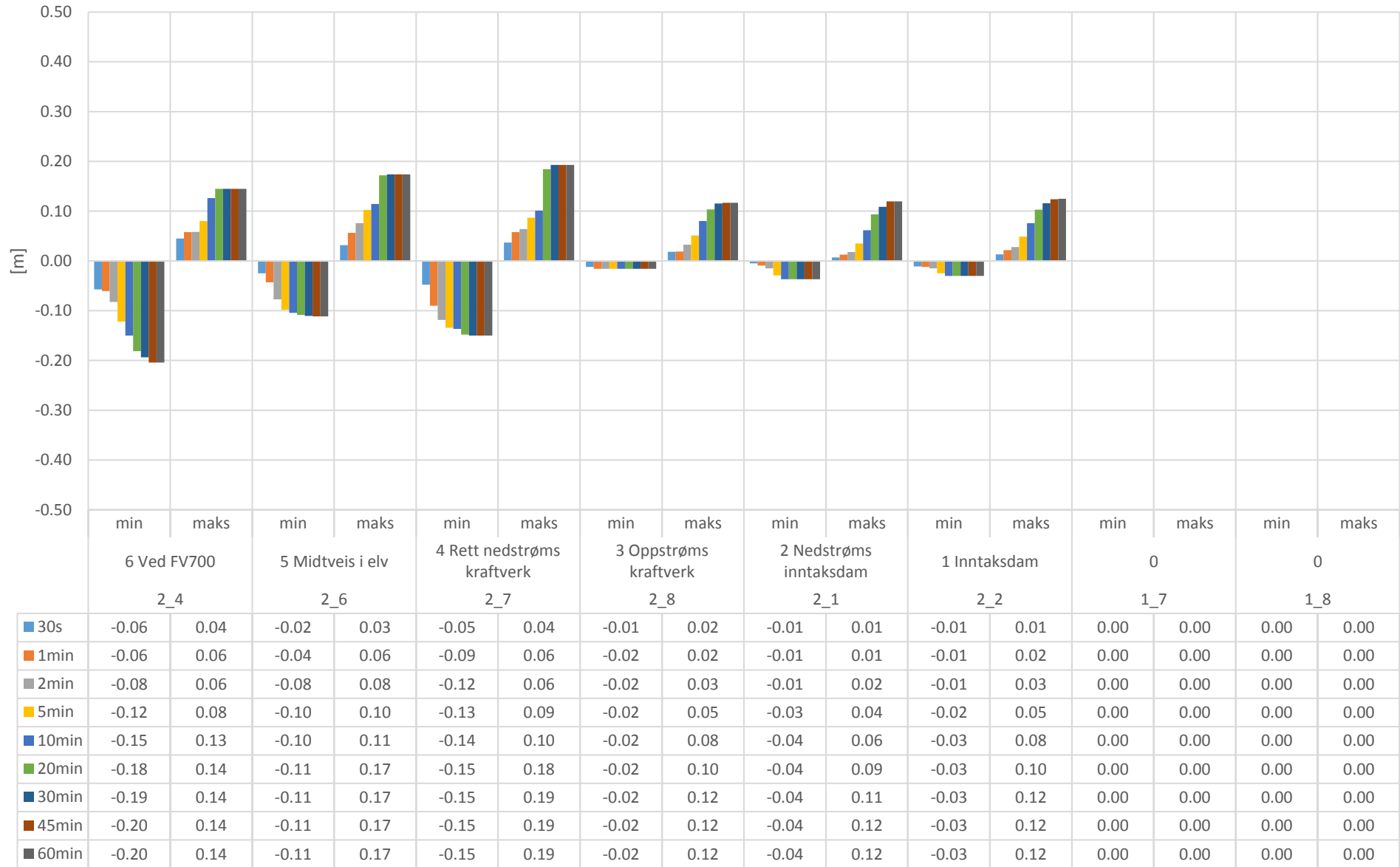
Vannstandsvariasjoner, Sya, 4 April 2017, Vannføring: Høy



Vannstandsending per time, Sya, 4 April 2017, Vannføring: Høy

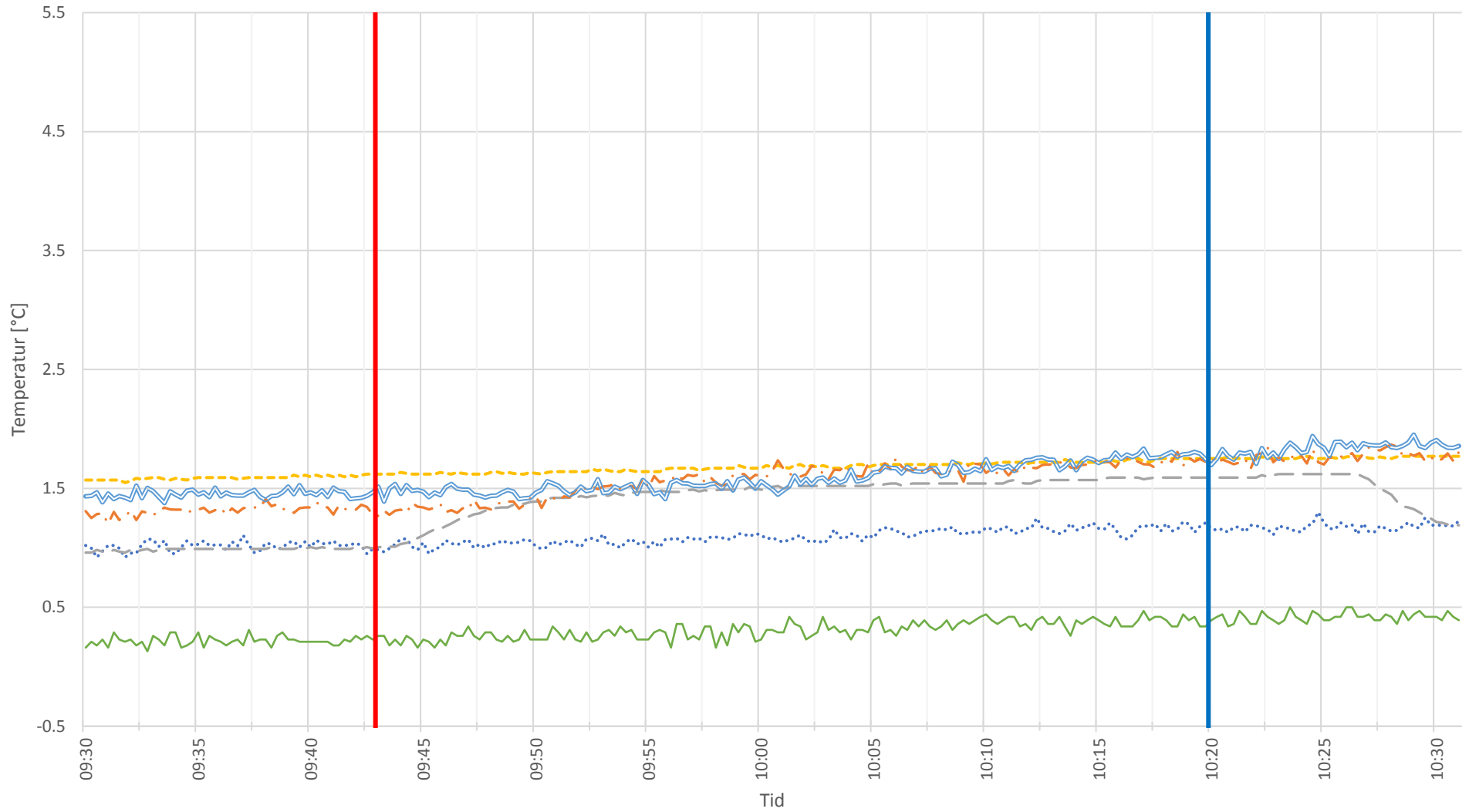


Vannstandsending, Sya, 4 April 2017, Vannføring: Høy

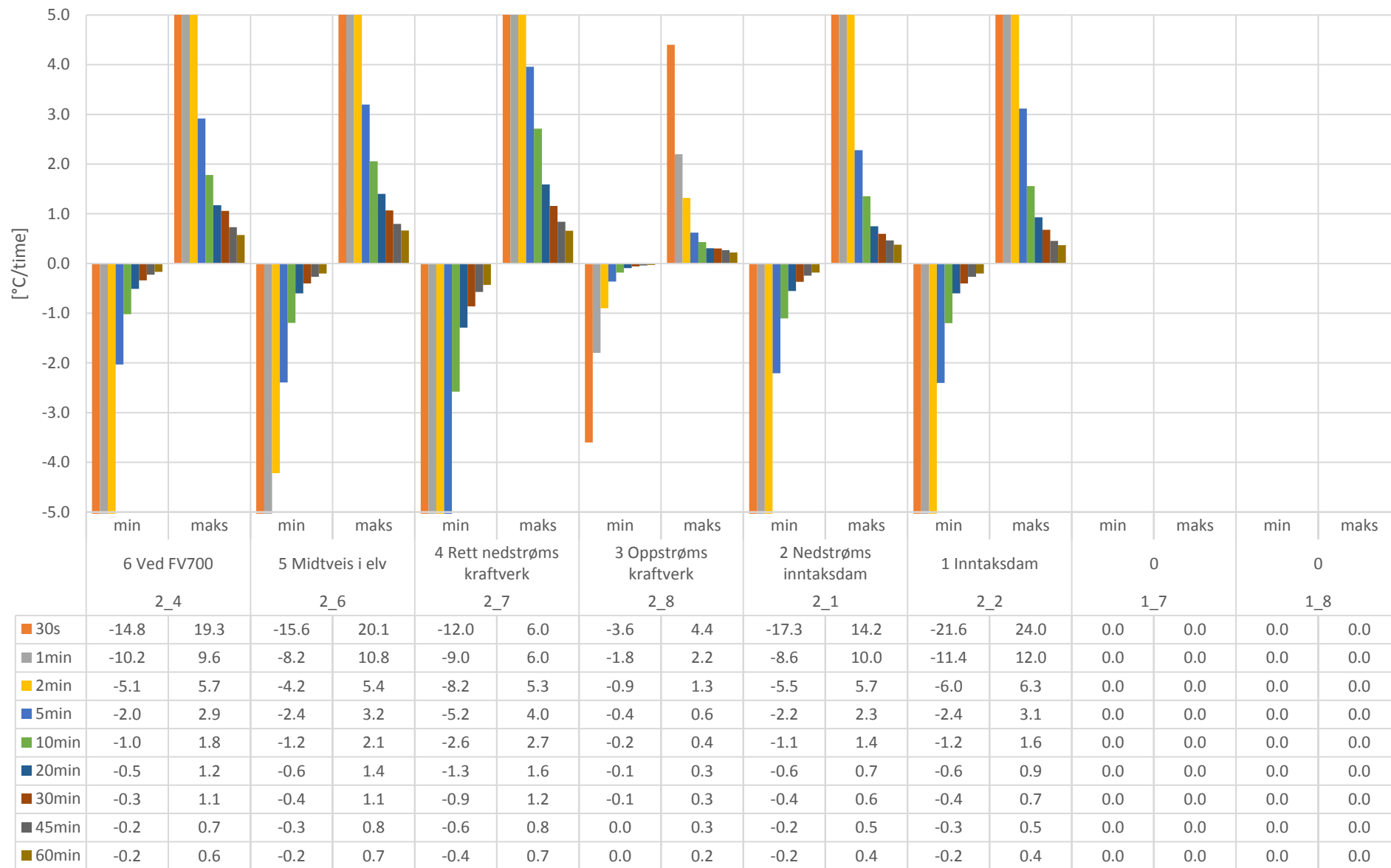


Temperaturvariasjoner, Sya, 4 April 2017, Vannføring: Høy

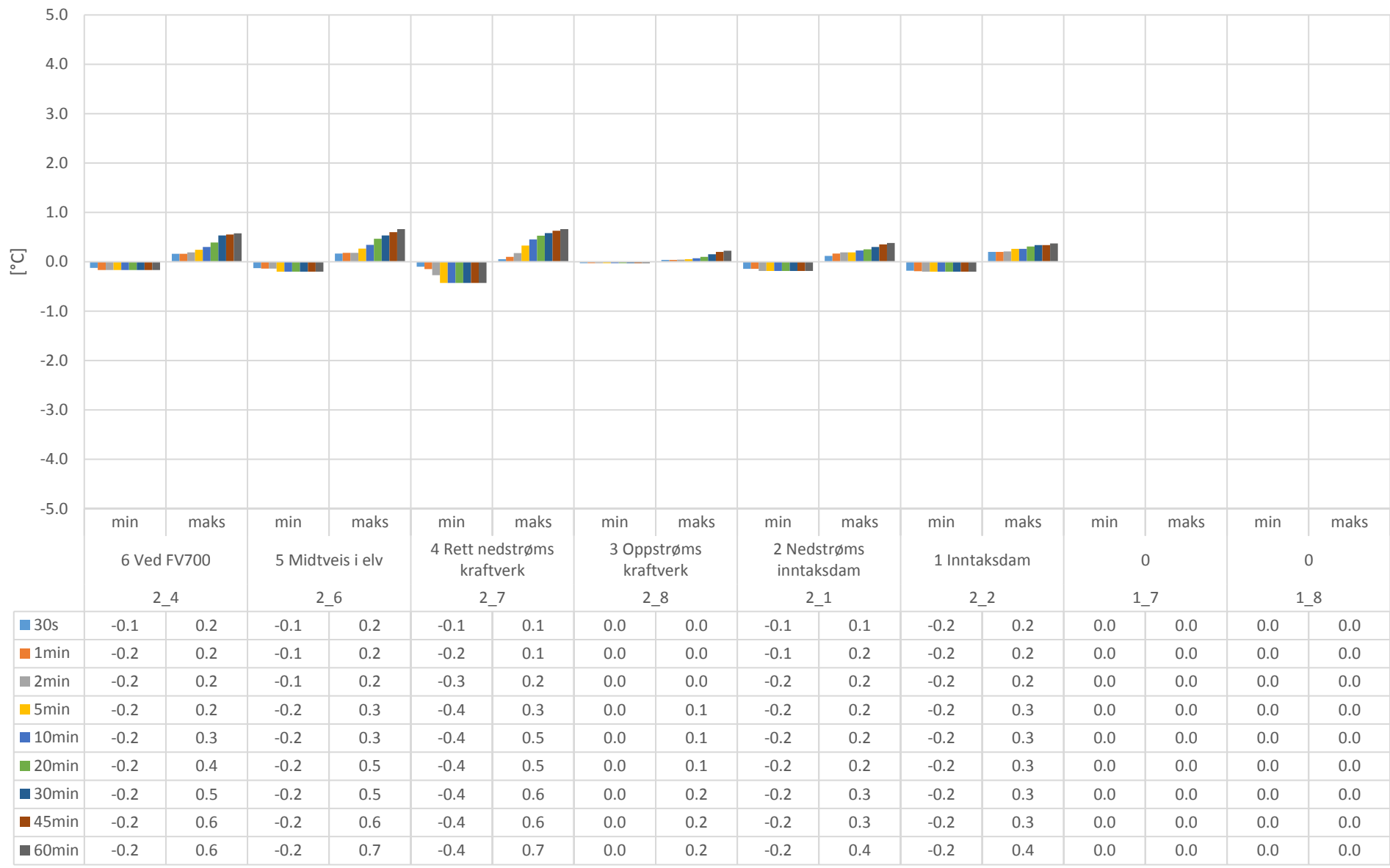
- 1 Inntaksdam
- 2 Nedstrøms inntaksdam
- 3 Oppstrøms kraftverk
- 4 Rett nedstrøms kraftverk
- 5 Midtveis i elv
- 6 Ved FV700
- Stopp
- Start



Temperaturendring per time, Sya, 4 April 2017, Vannføring: Høy



Temperaturendring, Sya, 4 April 2017, Vannføring: Høy



Vedlegg 3
Nedstengningstid

Nedstegningstid		Endring
Minutter	l/s	l/(s*min)
374	1600	10,9
373	1589,1	10,9
372	1578,2	10,8
371	1567,4	10,8
370	1556,6	10,7
369	1545,9	10,7
368	1535,3	10,6
367	1524,6	10,6
366	1514,1	10,5
365	1503,6	10,5
364	1493,1	10,4
363	1482,7	10,4
362	1472,3	10,3
361	1462,0	10,3
360	1451,8	10,2
359	1441,5	10,2
358	1431,4	10,1
357	1421,3	10,1
356	1411,2	10,0
355	1401,2	10,0
354	1391,2	9,9
353	1381,3	9,9
352	1371,5	9,8
351	1361,6	9,8
350	1351,9	9,7
349	1342,1	9,7
348	1332,5	9,6
347	1322,8	9,6
346	1313,3	9,5
345	1303,7	9,5
344	1294,3	9,4
343	1284,8	9,4
342	1275,4	9,3
341	1266,1	9,3
340	1256,8	9,2
339	1247,6	9,2
338	1238,4	9,2
337	1229,2	9,1
336	1220,1	9,1
335	1211,1	9,0
334	1202,0	9,0
333	1193,1	8,9
332	1184,2	8,9
331	1175,3	8,8
330	1166,5	8,8
329	1157,7	8,7
328	1149,0	8,7
327	1140,3	8,6

Nedstegningstid		Endring
Minutter	l/s	l/(s*min)
326	1131,6	8,6
325	1123,0	8,6
324	1114,5	8,5
323	1106,0	8,5
322	1097,5	8,4
321	1089,1	8,4
320	1080,7	8,3
319	1072,4	8,3
318	1064,1	8,2
317	1055,8	8,2
316	1047,6	8,2
315	1039,5	8,1
314	1031,4	8,1
313	1023,3	8,0
312	1015,3	8,0
311	1007,3	7,9
310	999,4	7,9
309	991,5	7,8
308	983,6	7,8
307	975,8	7,8
306	968,1	7,7
305	960,4	7,7
304	952,7	7,6
303	945,0	7,6
302	937,4	7,6
301	929,9	7,5
300	922,4	7,5
299	914,9	7,4
298	907,5	7,4
297	900,1	7,3
296	892,8	7,3
295	885,5	7,3
294	878,2	7,2
293	871,0	7,2
292	863,8	7,1
291	856,7	7,1
290	849,6	7,1
289	842,5	7,0
288	835,5	7,0
287	828,5	6,9
286	821,6	6,9
285	814,7	6,9
284	807,9	6,8
283	801,0	6,8
282	794,3	6,7
281	787,5	6,7
280	780,8	6,7
279	774,2	6,6

Nedstegningstid		Endring
Minutter	l/s	l/(s*min)
278	767,6	6,6
277	761,0	6,5
276	754,4	6,5
275	747,9	6,5
274	741,5	6,4
273	735,1	6,4
272	728,7	6,3
271	722,3	6,3
270	716,0	6,3
269	709,7	6,2
268	703,5	6,2
267	697,3	6,2
266	691,2	6,1
265	685,0	6,1
264	679,0	6,0
263	672,9	6,0
262	666,9	6,0
261	660,9	5,9
260	655,0	5,9
259	649,1	5,9
258	643,3	5,8
257	637,4	5,8
256	631,6	5,8
255	625,9	5,7
254	620,2	5,7
253	614,5	5,6
252	608,9	5,6
251	603,3	5,6
250	597,7	5,5
249	592,1	5,5
248	586,6	5,5
247	581,2	5,4
246	575,8	5,4
245	570,4	5,4
244	565,0	5,3
243	559,7	5,3
242	554,4	5,3
241	549,1	5,2
240	543,9	5,2
239	538,7	5,2
238	533,6	5,1
237	528,5	5,1
236	523,4	5,1
235	518,3	5,0
234	513,3	5,0
233	508,3	4,9
232	503,4	4,9
231	498,5	4,9

Nedstegningstid		Endring
Minutter	l/s	l/(s*min)
230	493,6	4,9
229	488,7	4,8
228	483,9	4,8
227	479,1	4,8
226	474,4	4,7
225	469,6	4,7
224	465,0	4,7
223	460,3	4,6
222	455,7	4,6
221	451,1	4,6
220	446,5	4,5
219	442,0	4,5
218	437,5	4,5
217	433,0	4,4
216	428,6	4,4
215	424,2	4,4
214	419,8	4,3
213	415,5	4,3
212	411,2	4,3
211	406,9	4,2
210	402,7	4,2
209	398,5	4,2
208	394,3	4,2
207	390,1	4,1
206	386,0	4,1
205	381,9	4,1
204	377,8	4,0
203	373,8	4,0
202	369,8	4,0
201	365,8	3,9
200	361,9	3,9
199	358,0	3,9
198	354,1	3,9
197	350,2	3,8
196	346,4	3,8
195	342,6	3,8
194	338,8	3,7
193	335,1	3,7
192	331,4	3,7
191	327,7	3,7
190	324,0	3,6
189	320,4	3,6
188	316,8	3,6
187	313,2	3,5
186	309,7	3,5
185	306,2	3,5
184	302,7	3,5
183	299,2	3,4

Nedstegningstid		Endring
Minutter	l/s	l/(s*min)
182	295,8	3,4
181	292,4	3,4
180	289,0	3,4
179	285,6	3,3
178	282,3	3,3
177	279,0	3,3
176	275,8	3,2
175	272,5	3,2
174	269,3	3,2
173	266,1	3,2
172	262,9	3,1
171	259,8	3,1
170	256,7	3,1
169	253,6	3,1
168	250,5	3,0
167	247,5	3,0
166	244,5	3,0
165	241,5	3,0
164	238,5	2,9
163	235,6	2,9
162	232,7	2,9
161	229,8	2,9
160	226,9	2,8
159	224,1	2,8
158	221,3	2,8
157	218,5	2,8
156	215,7	2,7
155	213,0	2,7
154	210,3	2,7
153	207,6	2,7
152	204,9	2,6
151	202,3	2,6
150	199,6	2,6
149	197,0	2,6
148	194,5	2,6
147	191,9	2,5
146	189,4	2,5
145	186,9	2,5
144	184,4	2,5
143	181,9	2,4
142	179,5	2,4
141	177,1	2,4
140	174,7	2,4
139	172,3	2,3
138	170,0	2,3
137	167,7	2,3
136	165,4	2,3
135	163,1	2,3

Nedstegningstid		Endring
Minutter	l/s	l/(s*min)
134	160,8	2,2
133	158,6	2,2
132	156,4	2,2
131	154,2	2,2
130	152,0	2,2
129	149,8	2,1
128	147,7	2,1
127	145,6	2,1
126	143,5	2,1
125	141,4	2,0
124	139,4	2,0
123	137,4	2,0
122	135,4	2,0
121	133,4	2,0
120	131,4	1,9
119	129,5	1,9
118	127,5	1,9
117	125,6	1,9
116	123,7	1,9
115	121,9	1,8
114	120,0	1,8
113	118,2	1,8
112	116,4	1,8
111	114,6	1,8
110	112,8	1,8
109	111,1	1,7
108	109,3	1,7
107	107,6	1,7
106	105,9	1,7
105	104,3	1,7
104	102,6	1,6
103	101,0	1,6
102	99,3	1,6
101	97,7	1,6
100	96,1	1,6
99	94,6	1,6
98	93,0	1,5
97	91,5	1,5
96	90,0	1,5
95	88,5	1,5
94	87,0	1,5
93	85,5	1,4
92	84,1	1,4
91	82,7	1,4
90	81,2	1,4
89	79,8	1,4
88	78,5	1,4
87	77,1	1,3

Nedstigningstid		Endring
Minutter	l/s	l/(s*min)
86	75,8	1,3
85	74,4	1,3
84	73,1	1,3
83	71,8	1,3
82	70,5	1,3
81	69,3	1,3
80	68,0	1,2
79	66,8	1,2
78	65,6	1,2
77	64,3	1,2
76	63,2	1,2
75	62,0	1,2
74	60,8	1,1
73	59,7	1,1
72	58,6	1,1
71	57,4	1,1
70	56,3	1,1
69	55,3	1,1
68	54,2	1,1
67	53,1	1,0
66	52,1	1,0
65	51,1	1,0
64	50,0	1,0
63	49,0	1,0
62	48,1	1,0
61	47,1	1,0
60	46,1	0,9
59	45,2	0,9
58	44,3	0,9
57	43,3	0,9
56	42,4	0,9
55	41,5	0,9
54	40,7	0,9
53	39,8	0,9
52	38,9	0,8
51	38,1	0,8
50	37,3	0,8
49	36,5	0,8
48	35,6	0,8
47	34,9	0,8
46	34,1	0,8
45	33,3	0,8
44	32,6	0,7
43	31,8	0,7
42	31,1	0,7
41	30,4	0,7
40	29,7	0,7
39	29,0	0,7

Nedstigningstid		Endring
Minutter	l/s	l/(s*min)
38	28,3	0,7
37	27,6	0,7
36	26,9	0,7
35	26,3	0,6
34	25,6	0,6
33	25,0	0,6
32	24,4	0,6
31	23,8	0,6
30	23,2	0,6
29	22,6	0,6
28	22,0	0,6
27	21,4	0,6
26	20,9	0,5
25	20,3	0,5
24	19,8	0,5
23	19,3	0,5
22	18,8	0,5
21	18,3	0,5
20	17,8	0,5
19	17,3	0,5
18	16,8	0,5
17	16,3	0,5
16	15,9	0,5
15	15,4	0,4
14	15,0	0,4
13	14,5	0,4
12	14,1	0,4
11	13,7	0,4
10	13,3	0,4
9	12,9	0,4
8	12,5	0,4
7	12,1	0,4
6	11,7	0,4
5	11,4	0,4
4	11,0	0,4
3	10,6	0,3
2	10,3	0,3
1	10,0	0,3

Vedlegg 4
Rådata fra loggere(elektronisk)

Vedlegg 5
Bilder og filmer (elektronisk)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

