

Opo flaumkraftverk

Tilleggsutgreiing

Vurdering av vasstand for opning av flaumluker

Kartlegging av flaumkraftverkets verknad på flaumforholda langs nedre del av Storelva

Januar 2018



Samandrag

Tilleggsutgreiinga fylgjer konsesjonssøknad for Opo flaumkraftverk, sendt november 2017. Utgreiinga svarer på to tema som vart føreslått som oppfølgjande undersøkingar i kapittel 18 i konsesjonssøknaden:

- Vurdera kotehøgder for opning av flaumluker
- Kartleggja tiltaket si innverknad på flaumforholda langs nedre del av Storelva

Utførte arbeider

Storelva er den største tilførsleelva til Sandvinvatnet og har utlaup sør i Sandvinvatnet, ved Sandvin. I samband med utgreiinga er det utført nye innmålingar av terrenget på Sandvin, samt innmålingar av botnen i Storelva. Det er også laga flaumsonekart og profiler for berekna vasslinje for ulike flaumsituasjonar i nedre del av Storelva. Dette utgjer grunnlaget for vurderinga av vasstand for opning av flaumlukene, og tiltaket si verknad på flaumforholda oppover i Storelva. I tillegg er dei hydrologiske verknadene presentert i konsesjonssøknaden samt manøvreringsreglementet oppdatert.

Vurdering av vasstand for opning av flaumlukene

Hensikta med å justera vasstand for opning av flaumlukene er å sikra at vasstanden i Sandvinvatnet vert lågare ved ei regulering enn utan regulering, under alle forhold. I konsesjonssøknaden vart grensa føreslått til kote 88,3, medan tilleggsutgreiinga foreslår å justera denne til kote 87,9.

Konsekvensane av denne justeringa er:

- Betre sikring av dyrka mark ved mindre og hyppige flaumar
- Redusert vasstand i Sandvinvatnet og nedre del av Storelva
- Noko flaumvatn vert flytta frå Opo til flaumtunnelen
 - Noko redusert overløp til Opo for situasjonar der flaumtunnelen er i bruk
 - Noko auka bruk av flaumtunnelen

Flaumtilhøve

For å illustrera verknaden av flaumkraftverket i Storelva er det berekna vasslinjer og laga flaumsonekart for nedre del av Storelva ved ulike flaumsituasjonar. Flaumsonekarta viser ei klar betring for områda langs den nedste delen av Storelva ved dei mindre og hyppige flaumane. For dei større flaumane har tiltaket same flaumdempende effekt uavhengig av om flaumlukene opnar ved kote 88,3 eller kote 87,9.

Konsekvensvurderingar

Justeringa av vasstand for opning av flaumlukene gjev inga endring i konsekvensvurderinga.

Flaumkraftverket si innverknad på flaumforholda langs nedre del av Storelva

Tiltaket gjev inga flaumregulering av Storelva, men gjev kontroll på vasstanden i Sandvinvatnet og reduserar denne i alle flaumsituasjonar. Vasstanden i Sandvinvatnet har ein innverknad på vasstanden i den nedste delen av elva og flaumsonekarta viser at denne vert redusert ved alle flaumstorleiker. Reduksjonen i vasstand er størst ved dei store flaumane og i desse flaumane gjev tiltaket effekt lenger opp i Storelva enn ved mindre flaumar.

Innhald

1	Innleiing.....	4
1.1	Bakgrunn.....	4
1.2	Utførte arbeider.....	5
2	Vurdering av vasstand for opning av flaumlukene	6
2.1	Bakgrunn.....	6
2.2	Forslag.....	7
3	Verknad på vasstands- og vassføringstilhøve	9
3.1	Minstevassføring	9
3.2	Vassføring flaumtunnel	9
3.3	Driftsvassføringar kraftverk	10
3.4	Sandvinvatnet	10
3.5	Opo	13
3.6	Avlaupsstasjon 48.1 Sandvenvatn	15
4	Forslag til manøvreringsreglement	16
5	Konsekvensvurderingar	17
5.1	Fagutgreiar.....	17
5.2	Tiltakshavars vurdering	17
6	Flaumtilhøve.....	18
6.1	Flaumsonekart	18
7	Kartlegging av tiltaket si innverknad på flaumforholda i nedre del av Storelva	25
8	Oppsummering.....	28
9	Vedlegg.....	29

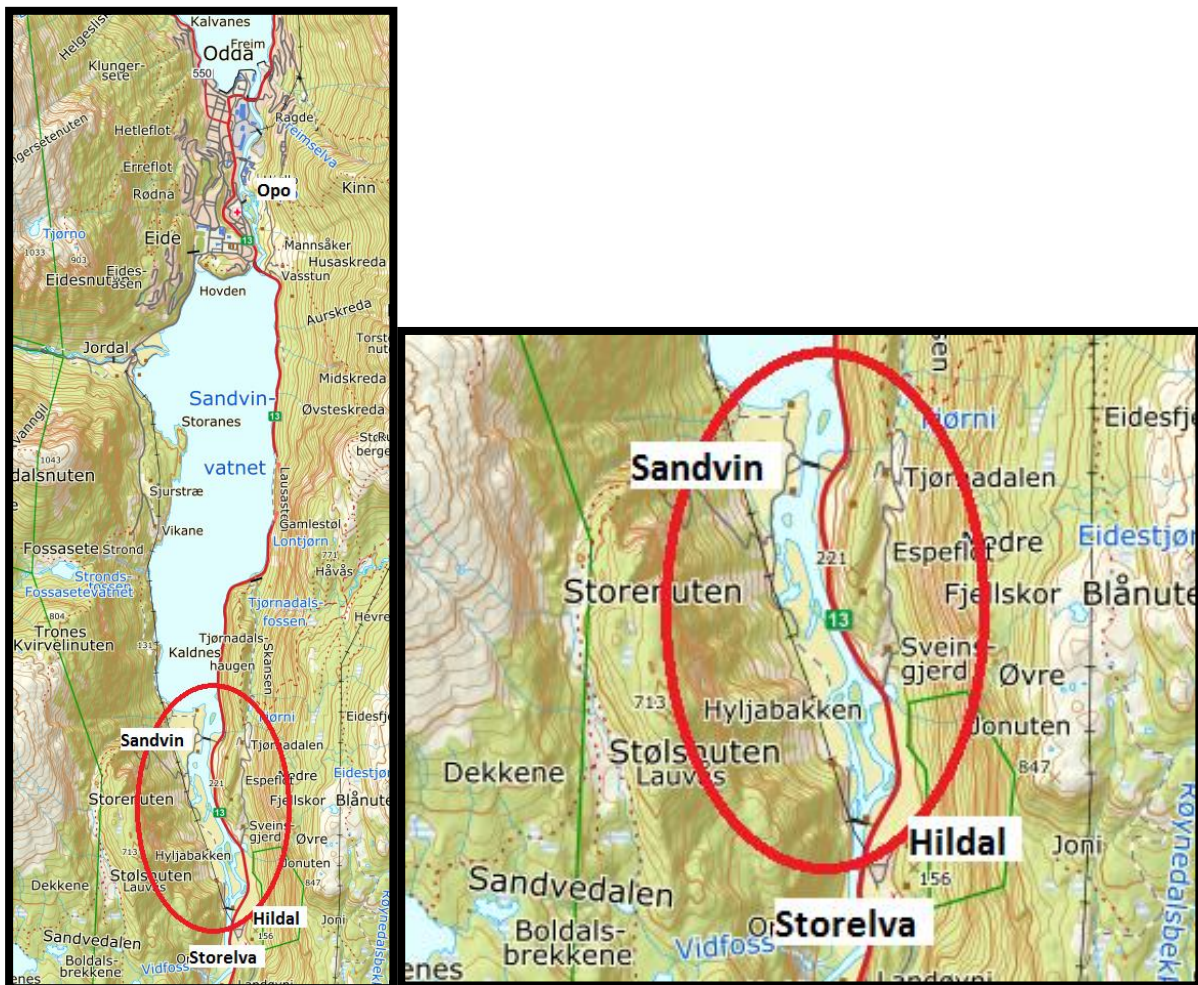
1 Innleiing

1.1 Bakgrunn

Konsesjonssøknad og konsekvensutgreiing for Opo flaumkraftverk vart sendt til NVE i november 2017. I kapittel 18 i søknaden (Forslag til nærare undersøkingar og overvaking), er det føreslått fleire oppfølgjande undersøkingar. Arbeidet presentert i dette notatet omhandlar to av dei oppfølgjande undersøkingane:

- Vurdera kotehøgder for opning av flaumluker (kap. 2)
- Kartleggja tiltaket si innverknad på flaumforholda langs nedre del av Storelva (kap. 7)
 - I konsesjonssøknaden formulert som «Kartleggja Storelva sin innverknad på flaumforholda ved Sandvin/Hildal»

Storelva er den største tilførsleelva til Sandvinvatnet, og den nedre delen av Storelva omtalt i dette notatet går frå Hildal i sør til Sandvin i nord, eit strekk på om lag 3 km (vist i Figur 1.1.). Dette notatet oppsummerer arbeidet som er utført i tilleggsutgreiinga, og syner resultat og konsekvensar.



Figur 1.1 Oversiktskart over Odda og Sandvinvatnet. Nedste del av Storelva, frå Sandvin til Hildal, er markert med raud ring.

1.2 Utførte arbeider

Kartlegging av kotehøgder på terreng og bygningar på Sandvin

Kartlegginga vart utført av Norconsult og inneber innmålingar av terreng og bygningar rundt Sandvinvatnet og langs Storelva. Dette gir grunnlagsdata for å vurdere tiltakets verknad på flaumforholda ved utlaupet til Storelva, og for vurderinga av på kva vasstand flaumlukene vert opna.

Innmåling av tverrprofiler i Storelva

Botnen i Storelva frå Sandvin til Hildal vart målt inn av Norconsult. Dei innmålte tverrprofilane gjev eit godt underlag for å simulera flaumforholda i nedste del av Storelva.

Kartlegging av flaumsonar i nedste del av Storelva

Ei flaumsonekartlegging av områda sør for Sandvinvatnet er utført av Sweco. Ulike flaumsituasjonar er simulert og presentert i flaumsonekarta. Dette gjev ei forståing av tiltaket si verknad på flaumforholda oppover langs Storelva og kva betydning ei justering av vasstand for opning av flaumlukene har. Flaumsonekarta er omtalt i kapittel 6.1.

Oppdatert verknad på vasstands- og vassføringstilhøve

Med ei justering av vasstand for opning av flaumlukene vert vasstands- og vassføringstilhøva endra. Oppdaterte verknader er presentert i kapittel 3.

Berekningsgrunnlag

Tiltakshavar er merksam på at det vart ein oppdatering av vassføringskurva til vassmerke 48.1 Sandvenvatn i januar 2018. Alle berekningar og simuleringar i denne tilleggsutgreiinga er basert på det grunnlaget som var gjeldande pr. 31.12.2017. Endringa i vassføringskurva indikerer at tiltaket kan ha ei auka positiv effekt for flaumtilhøva i nedre del av Storelva, men hovudkonklusjonane i denne tilleggsutgreiinga vert elles ikkje påverka. Effekten av ei justering av kotehøgde for opning flaumluker vert den same.

2 Vurdering av vasstand for opning av flaumlukene

2.1 Bakgrunn

I konsesjonssøknaden er det foreslått eit dempingsmagasin i Sandvinvatnet, der vasstanden kan variera 90 cm frå kote 86,5 (LRV) til kote 87,4 (HRV). Dette er innanfor Sandvinvatnet si naturlege vasstandsvariasjon. Basert på dette er det foreslått å etablere ein terskel ved utlaupet av Sandvinvatnet på kote 87,4. Det inneber at når vasstanden i Sandvinvatnet vert høgare enn kote 87,4 renn vatnet over terskelen og ut i Opo. Vassføringa i Opo vil då vere minstevassføring i tillegg til vassmengda som renn over terskelen. Dette ligg fast og vert ikkje drøfta i tilleggsutgreiinga.

I ein flaumsituasjon stig vasstanden i Sandvinvatnet over terskelhøgda på kote 87,4 og vassføringa i Opo vil då auke. Problemstillinga som vert drøfta i denne tilleggsutgreiinga er på kva vasstand flaumlukene skal opnast. Dette er omtalt i kapittel 4.4 (Driftsopplegg) i konsesjonssøknaden. I søknaden er vasstand opning flaumluke (VOF) foreslått til kote 88,3, basert på tilgjengeleg informasjon om nivå på lågast liggjande landbruksareal rundt Sandvinvatnet. Konsesjonssøknaden opnar for ei endring av dette nivået dersom det kjem fram at ei VOF på kote 88,3 ikkje betrar forholda i alle flaumar som skuldast vasstanden i Sandvinvatnet.

Hensikta med å justera vasstand for opning av flaumlukene er å sikra at vasstanden i Sandvinvatnet vert lågare ved ei regulering enn utan regulering, under alle forhold. Ved mindre flaumar er naturleg vasstand i Sandvinvatnet noko lågare enn kote 88,3, og ei opning av flaumlukene fyrst ved vasstand på kote 88,3 vil då gjere at vasstanden blir løfta med regulering. Dette gjeld situasjonar med normal høg vassføring (om lag $250 \text{ m}^3/\text{s}$ i Opo) og opptil middelflaum (om lag $330 \text{ m}^3/\text{s}$). Vasstandsnivået ved opning av flaumlukene må difor reduserast slik at Opo flaumkraftverk sikrar lik eller lågare vasstand i alle situasjonar med høg vassføring.

Endring av nivå for opning av flaumlukene gjev inga endring i kor ofte det vert overløp til Opo, men vil påverke kor mykje vatn som kjem når det er store overløp. Dersom flaumlukene opnar ved ei låg vasstand sikrar dette meir areal mot overfløymingar, men flyttar samstundes vatn frå Opo til flaumtunnelen. Opnar flaumlukene ved ei høgare vasstand flyttar det vatn frå flaumtunnelen til Opo, men fører til at meir areal vert oftare fløymt over. Desse omsyna må ein balansera og tiltakshavar har mål om ei vasstand for opning av flaumlukene som sikrar mest mogleg dyrka mark rundt Sandvinvatnet samstundes som Opo sine naturlege vassføringsvariasjonar i størst mogleg grad vert oppretthaldt.

Som nemnt i kapittel 1.2 er det utført nye målingar av kotehøgder i terrenget rundt Sandvinvatnet og langs Storelva. Denne kartlegginga viser at ein del jordbruksareal ligg lågare enn kotehøgde 88,3. Gjennom ei vurdering og avveging mellom å betra forholda for dyrka mark og redusere vassføringa i Opo vert det foreslått ei ny vasstand for opning av flaumlukene.

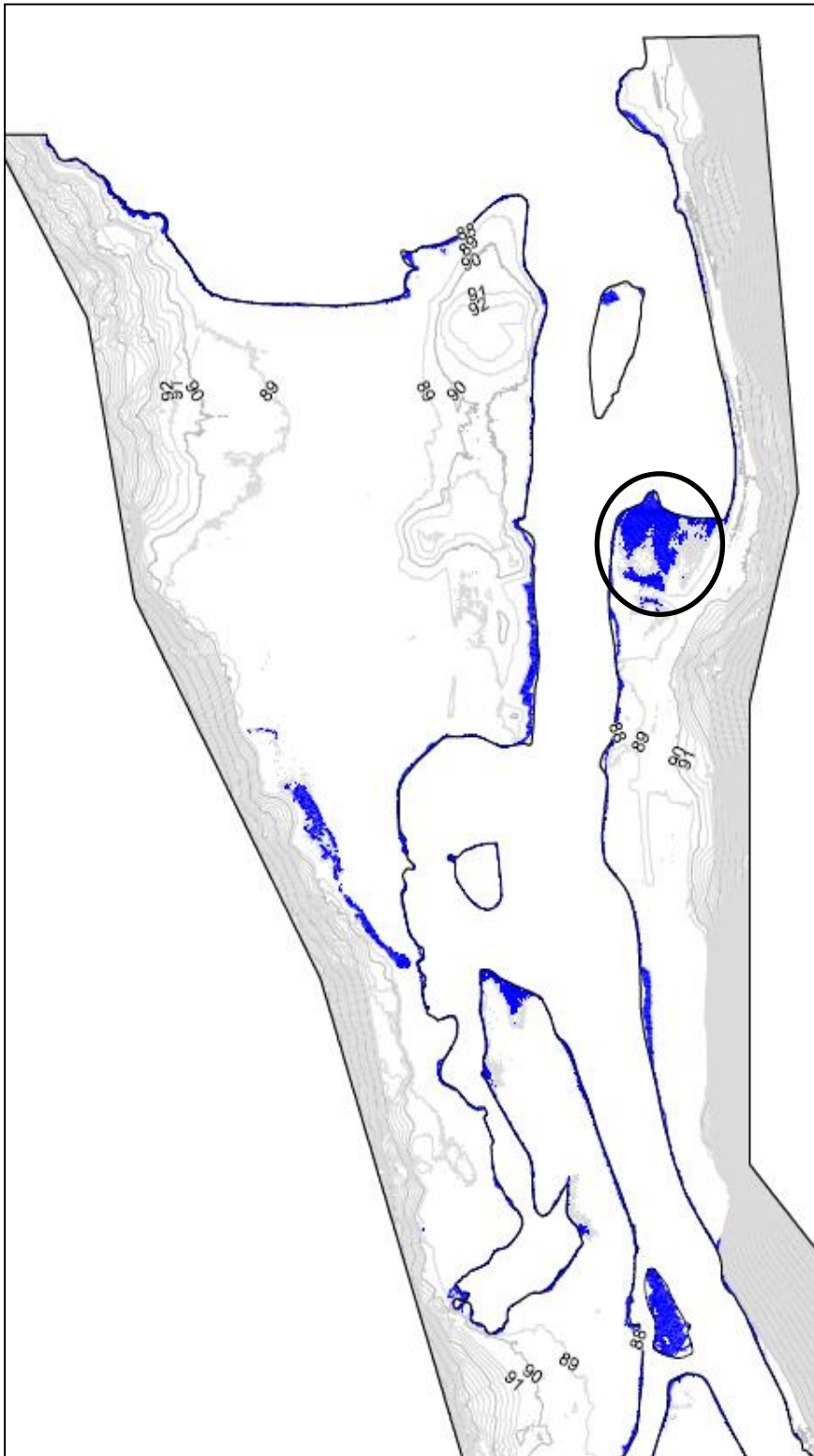
2.2 Forslag

Tiltakshavar foreslår at vasstand for opning av flaumlukene i flaumtunnelen til Opo flaumkraftverk vert justert frå kote 88,3 til kote 87,9. Det vil sei at når vasstanden i Sandvinvatnet er på kote 87,9 vert flaumlukene gradvis opna. Vasstanden vert halden på dette nivået heilt til flaumtunnelens fulle kapasitet vert nytta. Forslaget inneber ingen endring i reguleringsgrensene for Sandvinvatnet, LRV (kote 86,5) og HRV (kote 87,4). Driftsopplegget til flaumkraftverket er nærare omtalt i kapittel 4.4 i konsesjonssøknaden for Opo flaumkraftverk.

Med denne justeringa vil tiltaket gje lågare vasstander i Sandvinvatnet i alle flaumsituasjonar, samanlikna med dagens tilhøve. Områda som ligg lågast vil framleis vere utsett, sjølv om forholda vert betra. Det er spesielt eit område heilt nord i Storelva som ligg lågare enn kote 87,9. Dette er eit område som er nytta til jordbruk (vist i Figur 2.1). I tillegg vert områda oppover i Storelva òg påverka av Storelva si vassføring. Effekten av flaumkraftverket for områda langs Storelva er presentert i kapittel 7.

Dei følgjande konsekvensane av å justera vasstand for opning av flaumlukene frå kote 88,3 til kote 87,9 vert vidare utdjupa i notatet:

- Betre sikring av dyrka mark ved mindre og hyppige flaumar
- Redusert vasstand i Sandvinvatnet og nedre del av Storelva
- Noko flaumvatn vert flytta frå Opo til flaumtunnelen
 - Noko redusert overløp til Opo for situasjonar der flaumtunnelen er i bruk
 - Noko auka bruk av flaumtunnelen



Figur 2.1 Kartlegging av kotehøgder langs nedre del av Storelva. Terreng som ligg lågare enn kote 87,9 er markert med blått. Området markert med svart ring er nytta som jordbruksareal, elles er dei blå områda strandlinje eller utmark.

3 Verknad på vasstands- og vassføringstilhøve

Justering i kotehøgde for opning av flaumlukene gjev generelt svært små endringar i tiltaket sine verknadar på dei hydrologiske tilhøva. Verknaden på vasstands- og vassføringstilhøva (skildra i kapittel 5.2 i konsesjonssøknaden) vert noko endra, og det same gjeld hyppigheita på bruk av flaumtunnelen. I dei følgjande underkapitla er endringane i forhold til konsesjonssøknaden presentert.

3.1 Minstevassføring

Det er inga endring i føreslått minstevassføringsregime. Sidan flaumlukene vert opna ved ei noko lågare vasstand i Sandvinvatnet vil noko flaumvatn flyttas frå Opo til flaumtunnelen (nærare forklart i kapittel 3.5). Denne vassmengda er så liten at det vert inga nemneverdig endring i fordelinga av det samla tilsiget mellom kraftverket, flaumtunnelen og Opo (jf. Tabell 5.5 i konsesjonssøknaden).

Tabell 3.1 Fordeling av samla tilsig mellom kraftverk, Opo og flaumtunnel

	Fordeling VOF = 88,3*	Fordeling VOF = 87,9*
Driftsvassføring kraftverk	69 %	Uendra
Vassføring Opo	30 %	
Vassføring flaumtunnel	1 %	
Totalt	100 %	

*VOF = Vasstand for opning av flaumlukene

3.2 Vassføring flaumtunnel

Med justering av vasstand for opning av flaumlukene, vert flaumtunnelen brukt oftare enn omtalt i konsesjonssøknaden.

Det er lagt til grunn at flaumlukene vert styrt slik som skildra i kapittel 4.4.1 i konsesjonssøknaden. Flaumlukene vert opna slik at vasstanden i Sandvinvatnet ikkje skal overstiga kote 87,9 så lenge tilsiget til Sandvinvatnet er lågare enn kapasiteten på flaumtunnelen.

Ved simulering av vassføringa i flaumtunnelen er det brukt vassføringsdata frå perioden 1998-2017. Det er ikkje lagt til klimapåslag i desse simuleringane. Episodane med bruk av flaumtunnelen er vist i tabellen i Vedlegg A. For kvar episode viser den tal på timar med opne flaumluker, maksimal vassføring i tunnelen og Opo, samt maksimal vassføring i Opo utan flaumtunnel. Simuleringane viser at flaumtunnelen vert brukt 36 gongar på desse nesten 20 åra, som gjev eit gjennomsnitt på nesten to gonger årleg. Dette er ein liten auke i forhold til om flaumlukene vert opna på vasstand 88,3, som foreslått i konsesjonssøknaden. Tabell 3.2 gjev ei oppsummering over bruk av flaumtunnelen.

Tabell 3.2 Oversikt bruk av flaumtunnelen for perioden 1998-september 2017

	VOF 88,3*	VOF 87,9*
Tal på opning av flaumlukene i perioden 1998-2017	23	36
Gjennomsnitt per år	1,2	1,8

*VOF = Vasstand for opning av flaumlukene

Tiltakshavar har mål om å ikkje flytta meir vatn enn naudsynt frå Opo til flaumtunnelen. Det er i tillegg utgreiinga difor lagt til grunn at utlaupet av Sandvinvatnet vert utforma slik at kapasiteten er størst mogleg. Det reduserer vasstandsstigninga i Sandvinvatnet, slik at flaumlukene kan vente noko med å opne.

3.3 Driftsvassføringar kraftverk

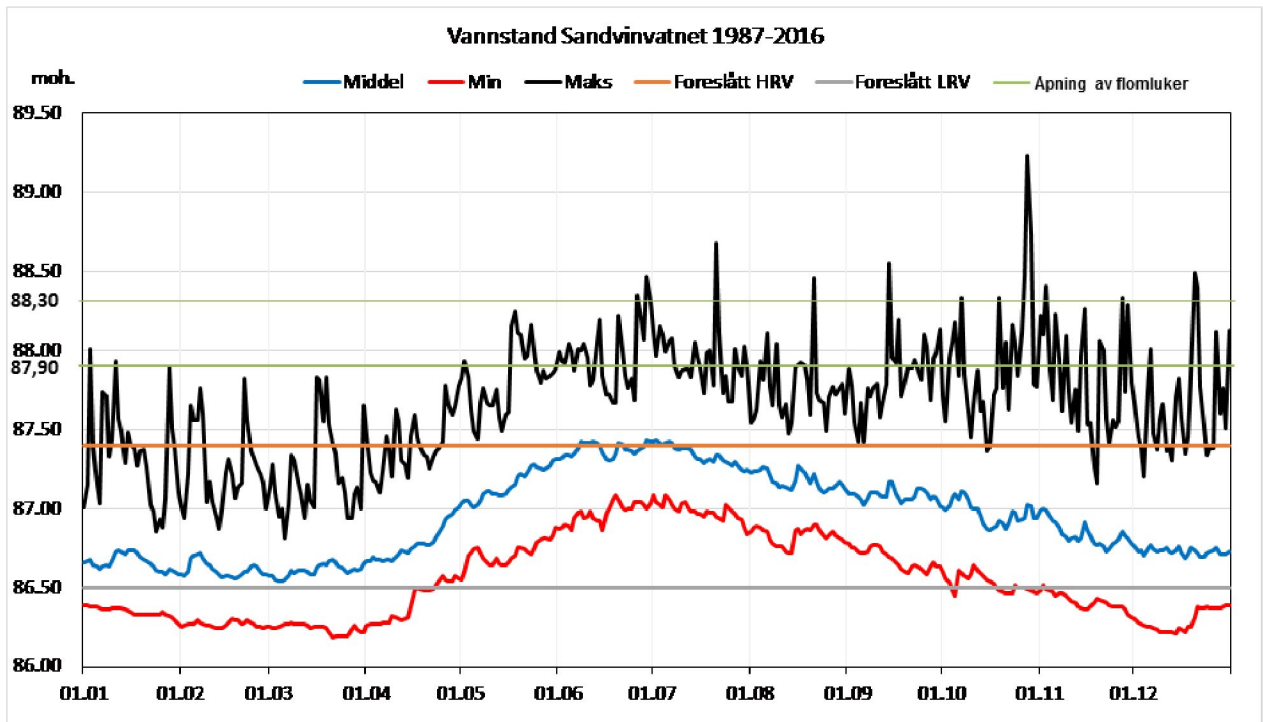
Det vert inga endring i slukeevna eller køyrestrategien til kraftverket. Køyrestrategien er skildra i kapittel 4.4.2 i konsesjonssøknaden.

Ei justering av vasstand for opning av flaumlukene gjev ei liten endring i driftsvassføringa til kraftverket, men gjev ikkje nemneverdig utslag på midlare driftsvassføring. Samla sett kan det sjå ut til at årleg produksjon vert noko redusert.

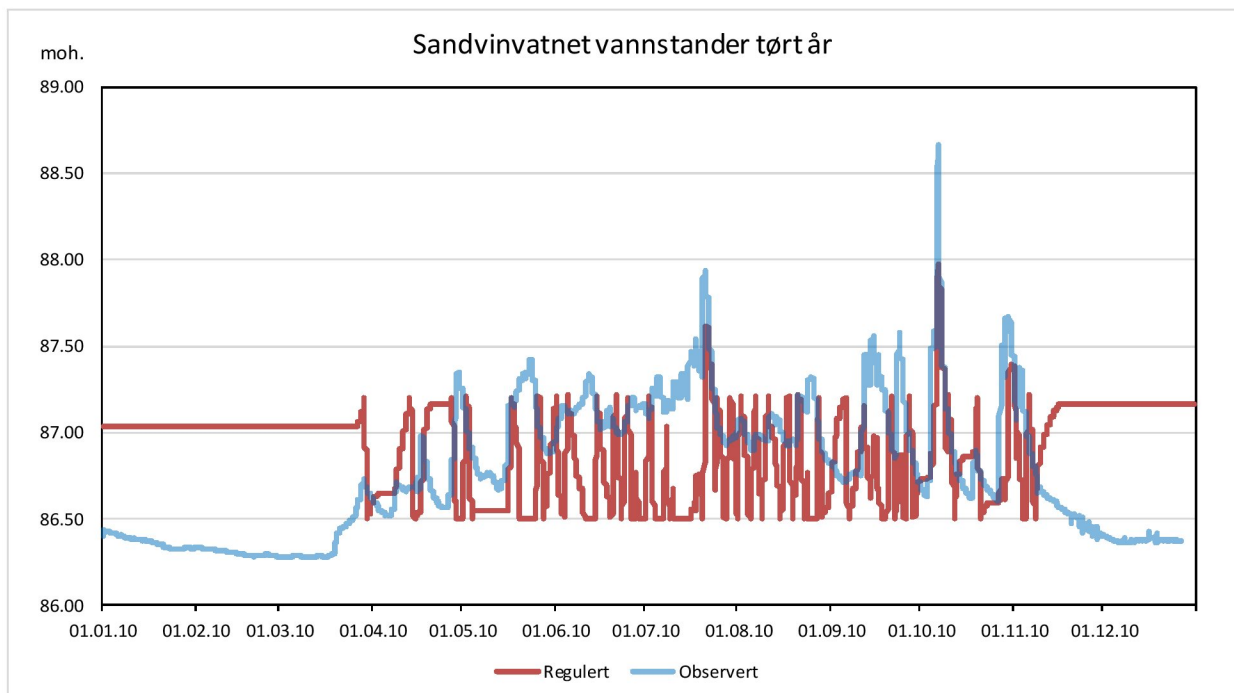
3.4 Sandvinvatnet

Magasinkurva til Sandvinvatnet er omtalt i kapittel 5.2.4 i konsesjonssøknaden og det vert inga endring i denne. Daglege verdiar for maksimums-, middel- og minimumsvasstandar for observerte daglege vasstandar siste 30-års periode (vist i Figur 3.1) vert heller ikkje endra. Dei to omtalte nivåa for opning av flaumlukene er teikna inn i figuren med grøn strek. Ein kan sjå at opning av flaumlukene på kote 87,9 framfor på kote 88,3 gir vesentleg betring av flaumforholda for områda rundt Sandvinvatnet. Vasstanden i Sandvinvatnet vert halden på kote 87,9 eller lågare for alle flaumar opp til flaumtunnelens maksimale kapasitet.

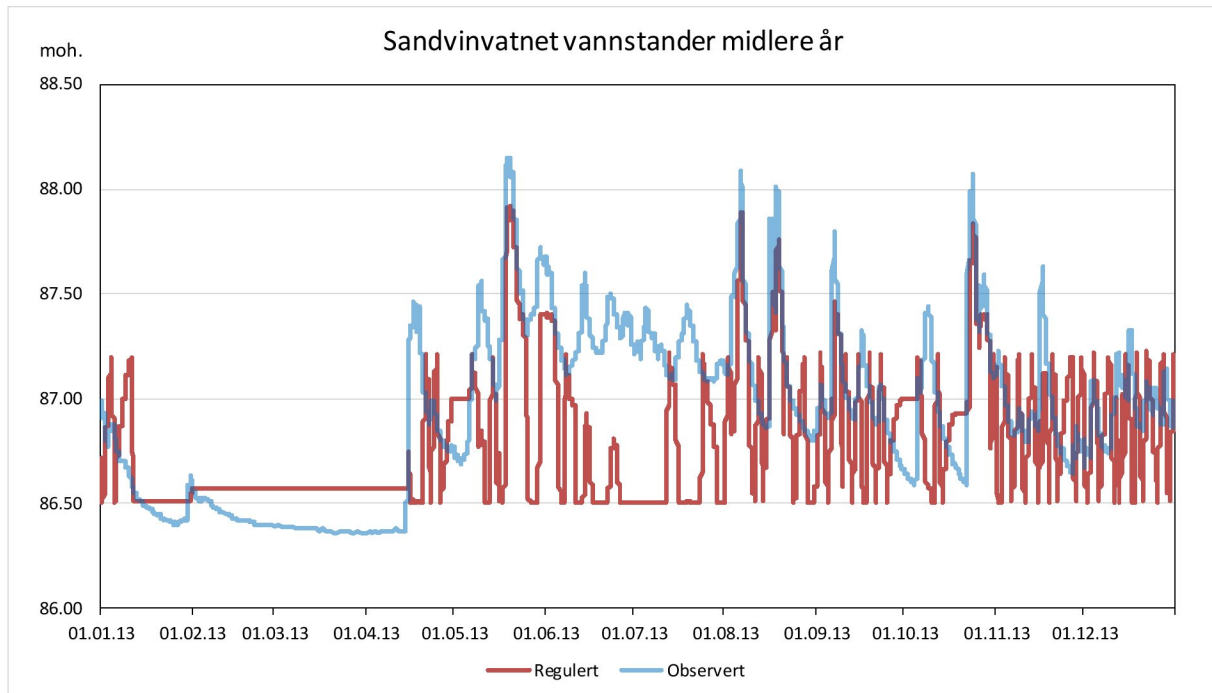
Figur 3.2 til Figur 3.4 viser vasstand i Sandvinvatnet med og utan regulering for eit tørt, midlare og vått år. Tilsvarande figurar finst i kapittel 5.2.1 i konsesjonssøknaden.



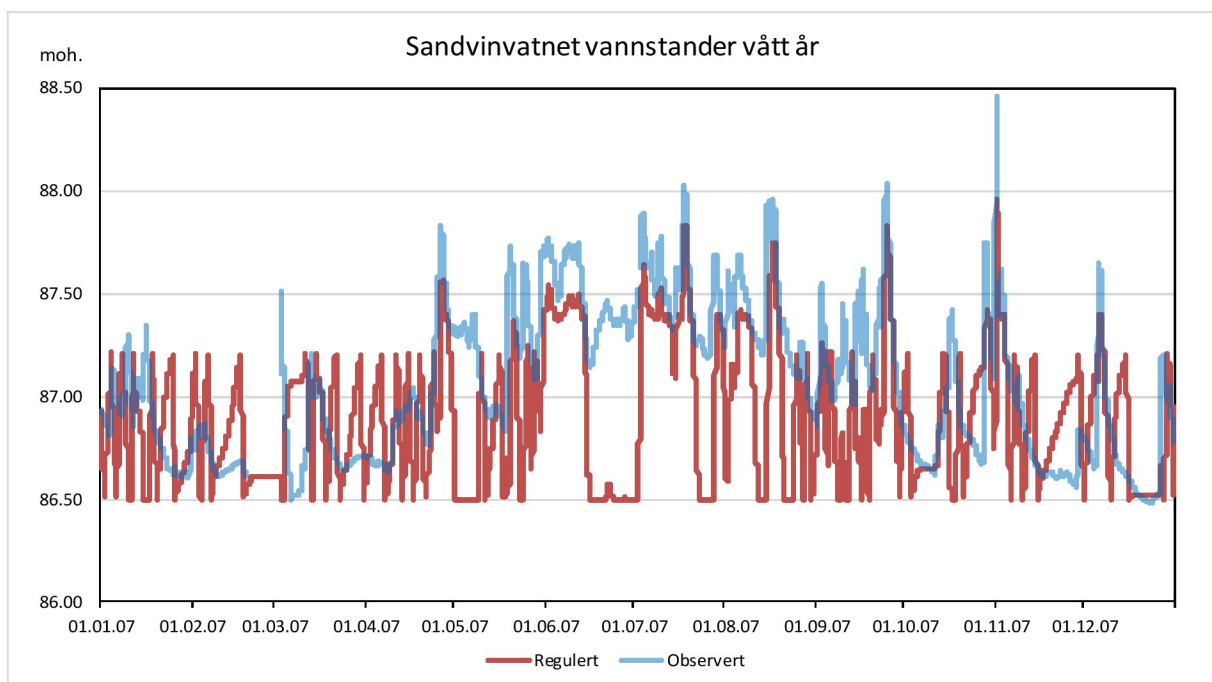
Figur 3.1 Observerte vasstandar i Sandvinvatnet siste 30-årsperiode. LRV = 86,5 moh, HRV = 87,4 moh, foreslått nivå for opning av flaumluker i konsesjonssøknad = 88,3 moh, nytt forslag for nivå for opning av flaumluker = 87,9 moh.



Figur 3.2 Vasstandar i Sandvinvatnet i eit tørt år (2010), med og utan regulering



Figur 3.3 Vasstandar i Sandvinvatnet i eit midlere år (2013), med og utan regulering



Figur 3.4 Vasstandar i Sandvinvatnet i eit vått år (2007), med og utan regulering

3.5 Opo

Justering av vasstand for opning av flaumlukene gjev nokre mindre endringar i vassføringa i Opo i forhold til det som er presentert i konsesjonssøknaden. Endringa er i hovudsak at overløpet til Opo vert redusert frå om lag 150 m³/s til om lag 120 m³/s for situasjonar der flaumtunnelen vert i bruk. Dette skuldast at noko meir vatn då vert flytta frå Opo til flaumtunnelen. Når tilsiget til Sandvinvatnet vert meir enn 620 m³/s (flaumtunnelens kapasitet på 500 m³/s pluss 120 m³/s), aukar vassføringa i Opo ytterligare.

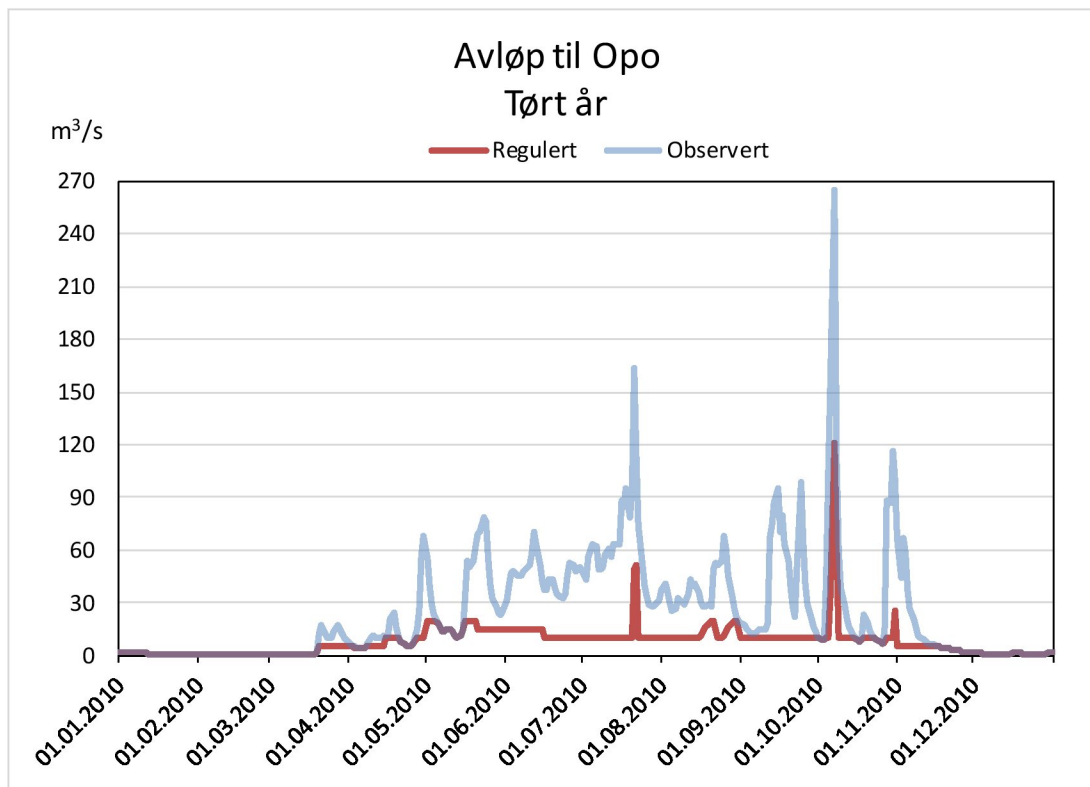
Det er kapasiteten på terskelen i utlaupet av Sandvinvatnet som styrer kor mykje vatn som vert leia til Opo. For å kunne auka restvassføringa til Opo i tilfella der vasstanden er over kote 87,9, vert det føreslått å bruka minstevassføringsluka til å auka kapasiteten på terskelen. Luka er i utgangspunktet open for å sleppe minstevassføringa, men vert opna ytterlegare når vasstanden i Sandvinvatnet overstig HRV (kote 87,9). På HRV har minstevassføringsluka ei kapasitet på 48 m³/s. Aukar tilsiget vidare, vert også flaumlukene opna for å halde vasstanden på kote 87,9. Med denne aktive bruka av minstevassføringsluka som flaumsikring, vert det mogleg å sikra mest mogleg dyrka mark for dei små flaumane samtidig som ein kan leda mest mogleg vatn til Opo i staden for i flaumtunnelen.

Oppdaterte middelvassføringar per måned i Opo ut frå Sandvinvatnet er vist i Tabell 3.3, med dagens tilhøve, og med regulering (med vasstand for opning av flaumlukene på kote 87,9). Tabellen viser òg regulert vassføring som prosentdel av uregulert vassføring. Restvassføringa vert redusert med to prosent for månadene juni og juli, og ein prosent for månadane oktober og november, samanlikna med kva som vart førespeila i konsesjonssøknaden. Dette skuldast noko redusert vassføring i Opo i situasjonar med høgt tilsig og ved mindre flaumar. Det er inga endring i situasjonar der det er låg vassføring i Opo. Total middelvassføring i Opo med regulering er endra frå 11,5 m³/s til 11,3 m³/s på grunn av justeringa av vasstand for opning av flaumlukene.

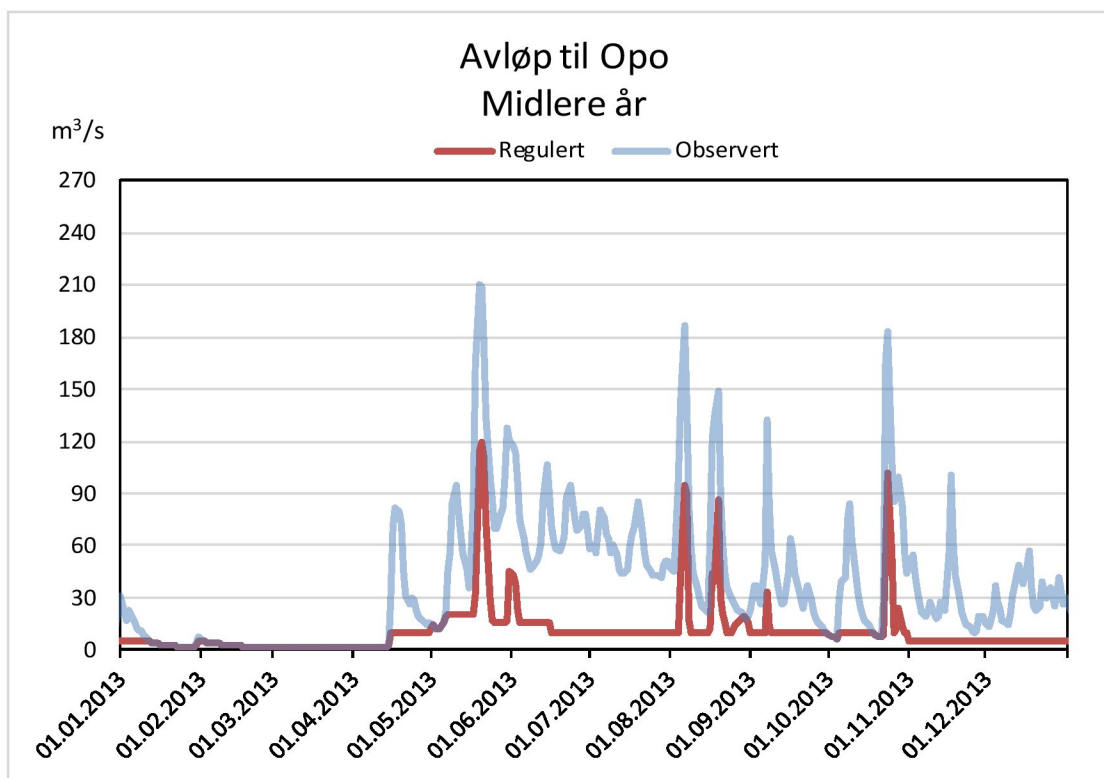
Verknadar på vassføringar i Opo i eit tørt, midlare og vått år vist i Figur 3.5 til Figur 3.7. Samanlikna med kurvene presentert i konsesjonssøknaden (i Figur 5.19 til Figur 5.21) er flaumtoppane på om lag 150 m³/s redusert til om lag 120 m³/s, elles er det ingen nemneverdig endring.

Tabell 3.3 Middelvassføringar per måned (m³/s) (1998-2014) i Opo. Siste rad viser vassføringa etter tiltaket, samanlikna med vassføringa i dag.

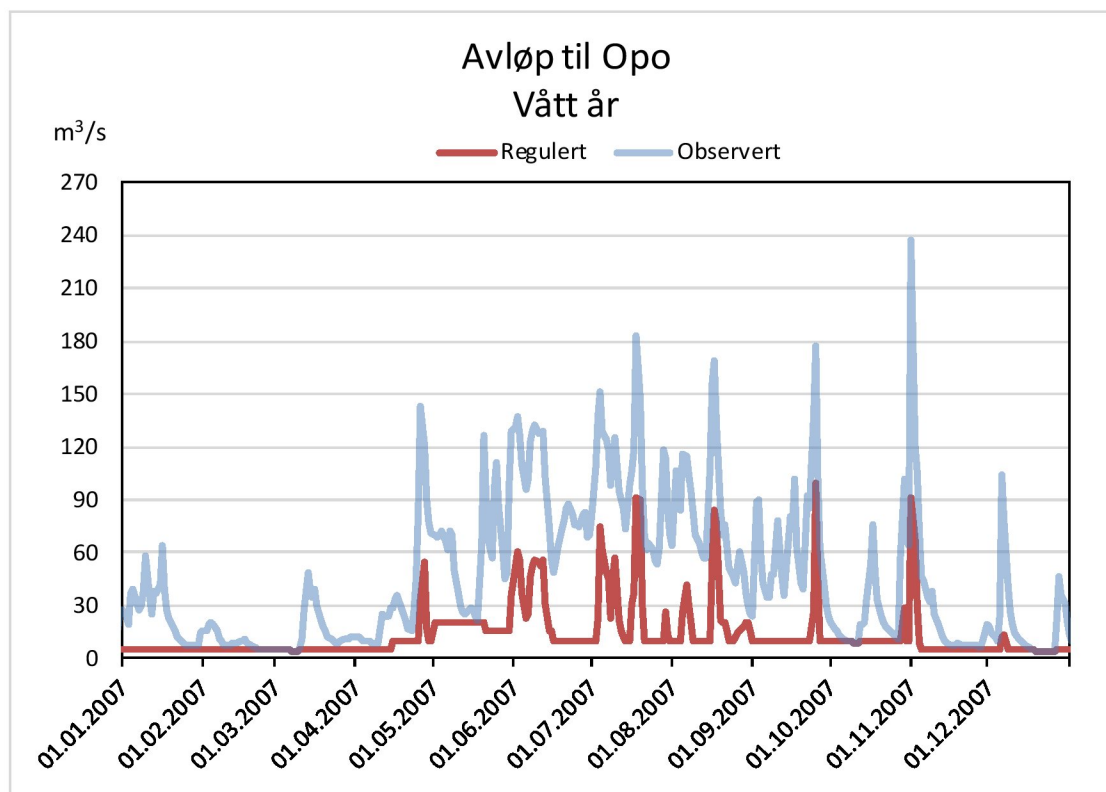
Vassføring i Opo	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	År
Uregulert	13,1	10,6	9,6	23,3	57,3	80,2	71,7	50,0	48,3	42,0	33,5	18,1	38,3
Regulert	4,5	4,1	4,0	7,6	21,6	20,7	16,4	14,7	13,7	13,6	9,1	4,8	11,3
Restvassføring	34%	38%	41%	32%	38%	26%	23%	29%	28%	32%	27%	27%	29%



Figur 3.5 Vassføring i Opo i eit tørt år (2010), med og utan regulering



Figur 3.6 Vassføring i Opo i eit midlere år (2013), med og utan regulering



Figur 3.7 Vassføring i Opo i eit vått år (2007), med og utan regulering

3.6 Avlaupsstasjon 48.1 Sandvenvatn

Justering av vasstand for opning av flaumlukene gjev inga endring til dette kapittelet.

4 Forslag til manøvreringsreglement

Som følge av justeringa av vasstand for opning av flaumlukene vert det ei endring i punkt II i forslag til manøvreringsreglementet presentert i konsesjonssøknaden. Eit oppdatert utkast til manøvreringsreglement finst i Vedlegg B, og det endra punktet er presentert her:

II. Flaumsikring

Flaumlukene skal vera opne når vasstanden i Sandvinvatnet er på kote 87,9 eller høgare.

Lukene skal gradvis opnast inntil full opning slik at vasstanden ikkje aukar vidare.

Vassdragsstyresmaktene kan under særlege tilhøve krevja at flaumlukene skal opnast også ved lågare vasstand i Sandvinvatnet.

5 Konsekvensvurderingar

5.1 Fagutgreiar

Sweco har utført ei vurdering av kva verknad ei lågare vasstand for opning av flaumlukene har på konsekvensutgreiinga for Opo flaumkraftverk.

- Reduksjon av flaumvassføringane i Opo trekker i ei negativ retning for fagtema landskap, men konsekvensgraden vert ikkje endra.
- Det vert ingen vesentlige endringar i vurderte konsekvensar for fagtema ferskvassøkologi i Sandvinvatnet eller i Opo.
- Det vert inga endringar for dei øvrige fagtema i konsekvensutgreiinga

5.2 Tiltakshavars vurdering

Justering av opning av flaumlukene gjev betre flaumsikring av områda rundt Sandvinvatnet. For å oppnå dette må noko vatn flyttast frå Opo til flaumtunnelen. Vatnet flyttast i periodar der vassføringa til Opo er godt over 100 m³/s. Tiltakshavar meiner difor at dette har liten til inga konsekvens for landskapsopplevinga av Opo.

Tiltakshavar er samd med fagkonsulent i dei øvrige vurderingane.

6 Flaumtilhøve

Med justering av vasstand for opning av flaumlukene vert flaumtilhøva noko endra for dei minste flaumane. Tabell 6.1 viser justerte berekna kulminasjonsverdiar og maksimalverdiar i Opo og Sandvinvatnet med flaumtunnel for berekna flaumar med ulike gjentaksintervall. Tal som er endra grunna justering av vasstand for opning av flaumlukene frå kote 88,3 til kote 87,9 er markert i tabellen. Tabellen viser at justeringa påverkar vassføringa i Opo (vert redusert) og vasstanden i Sandvinvatnet (vert redusert) ved flaumar opp til 50-årsflaum.

Tabell 6.1 Naturlege flaumar til Opo, kulminasjonsvassføringer, og berekna kulminasjonsvassføringer i Opo med flaumkraftverk. Maksimale flaumvasstandar i Sandvinvatnet ved berekna flaumar i Opo ut av vatnet. Med og utan flaumkraftverk. Årleg middelflaum merka Q_M , og flaumar med gjentaksintervall T år merka Q_T . (Kjelde: Væringstad, 2015).

Flaumintervall	Vassføring i Opo		Vasstand Sandvinvatnet	
	Utan flaumkraftverk (m ³ /s)	Med flaumkraftverk (m ³ /s)	Utan flaumkraftverk (moh)	Med flaumkraftverk (moh)
Q_M	330	120*	88,6	87,9*
Q_{10}	450	120*	89,0	87,9*
Q_{50}	600	120*	89,4	87,9*
Q_{100}	670	170	89,6	88,3*
Q_{200}	740	240	89,7	88,7
Q_{500}	850	350	90,0	89,0
Q_{1000}	940	440	90,2	89,2

* Endra i forhold til konsesjonssøknaden

6.1 Flaumsonekart

Det er laga flaumsonekart og berekna vasslinjer for nedre del av Storelva i ulike flaumsituasjonar. Dette gjev eit godt grunnlag for å illustrera kva verknad flaumkraftverket har oppover Storelva (omtalt i kapittel 7). Flaumsonekarta laga for dei mindre og hyppige flaumane illustrerer effekten av å senka vasstand for opning av flaumlukene.

Vassføringa i Storelva har stor betydning for korleis tilhøva vert for områda langs elva. For å få gode simuleringar av Storelva er det målt opp 20 tverrprofilar frå Sandvin til Hildal. Saman med laserkartlegging (2-punkts laserdata, Odda 2011), gjev dette ei god modellering av terrenget.

Målestasjonane Reinsnosvatn (VM 48.5) og Sandvenvatn (VM 48.1) er brukt for å estimere vassføringa nedst i Storelva. Nedbørfeltet til Reinsnosvatnet utgjer om lag ein tredjedel av feltet til Storelva. Summen av vassføringa ut frå Reinsnosvatnet og bidraget frå den resterande delen av nedbørfeltet til Storelva utgjer ei estimert vassføring i Storelva. Det sistnemnte bidraget er funne ved å skalera vassføringa i Opo ut av Sandvinvatnet.

Tabell 6.2 gjev ei oversikt over flaumsituasjonane som er simulert. For alle situasjonane, bortsett frå 200-årsflaumane, er det tatt utgangspunkt i reelle hendingar frå 1999, 2008 og 2014. For kvar av flaumsituasjonane er det sett på tre tilstander i Sandvinvatnet:

- a) Uregulert – utan flaumkraftverk
- b) Regulert – flaumlukene vert opna på vasstand kote 87,9
- c) Regulert – flaumlukene vert opna på vasstand kote 88,3

Ein middelflaum (1999) og ein situasjon med høg vassføring (2008) er simulert for å sjå verknaden for justering av nivå for opning av flaumlukene. 200-årsflaumen og flaumen i 2014 er om lag like store, og er simulert for å kartleggja verknaden flaumkraftverket har oppover i Storelva ved store flaumar. For desse flaumane har det ikkje noko å sei kva vasstand flaumlukene vert opna på. Det same gjeld for 200-årsflaumen inkludert 40% klimapåslag.

Tabell 6.2 Oversikt over dei forskjellige situasjonane som er simulert til flaumsonekarta. Q_M er middelflaum og Q_{200} er 200-årsflaum.

Flaum-situasjon	Tilstand Sandvinvatnet	Vassføring i Storelva (m^3/s)	Vasstand Sandvinvatnet	Merknad
Høg vassføring (250 m^3/s i Opo)	Uregulert	160	88,3	Vasstanden for regulert med opning 88,3 er den same som for uregulert.
	Regulert, opning 88,3		87,9	
Q_M (330 m^3/s i Opo)	Uregulert	200	88,6	
	Regulert, opning 88,3		88,3	
	Regulert, opning 87,9		87,9	
Q_{200} (740 m^3/s i Opo)	Uregulert	470	89,7	Vasstanden for regulert med opning 87,9 er lik som for regulert med opning 88,3.
	Regulert, opning 87,9 og 88,3		88,7	
Flaum 2014 (780 m^3/s i Opo)	Uregulert	490	89,8	Vasstanden for regulert med opning 87,9 er lik som for regulert med opning 88,3.
	Regulert, opning 87,9 og 88,3		88,6	
$Q_{200} + 40\%$ klimapåslag (1040 m^3/s i Opo)	Uregulert	650	90,4	Vasstanden for regulert med opning 87,9 er lik som for regulert med opning 88,3.
	Regulert, opning 87,9 og 88,3		89,5	

6.1.1 Justering av vasstand for opning av flaumlukene – verknad på flaumtilhøva

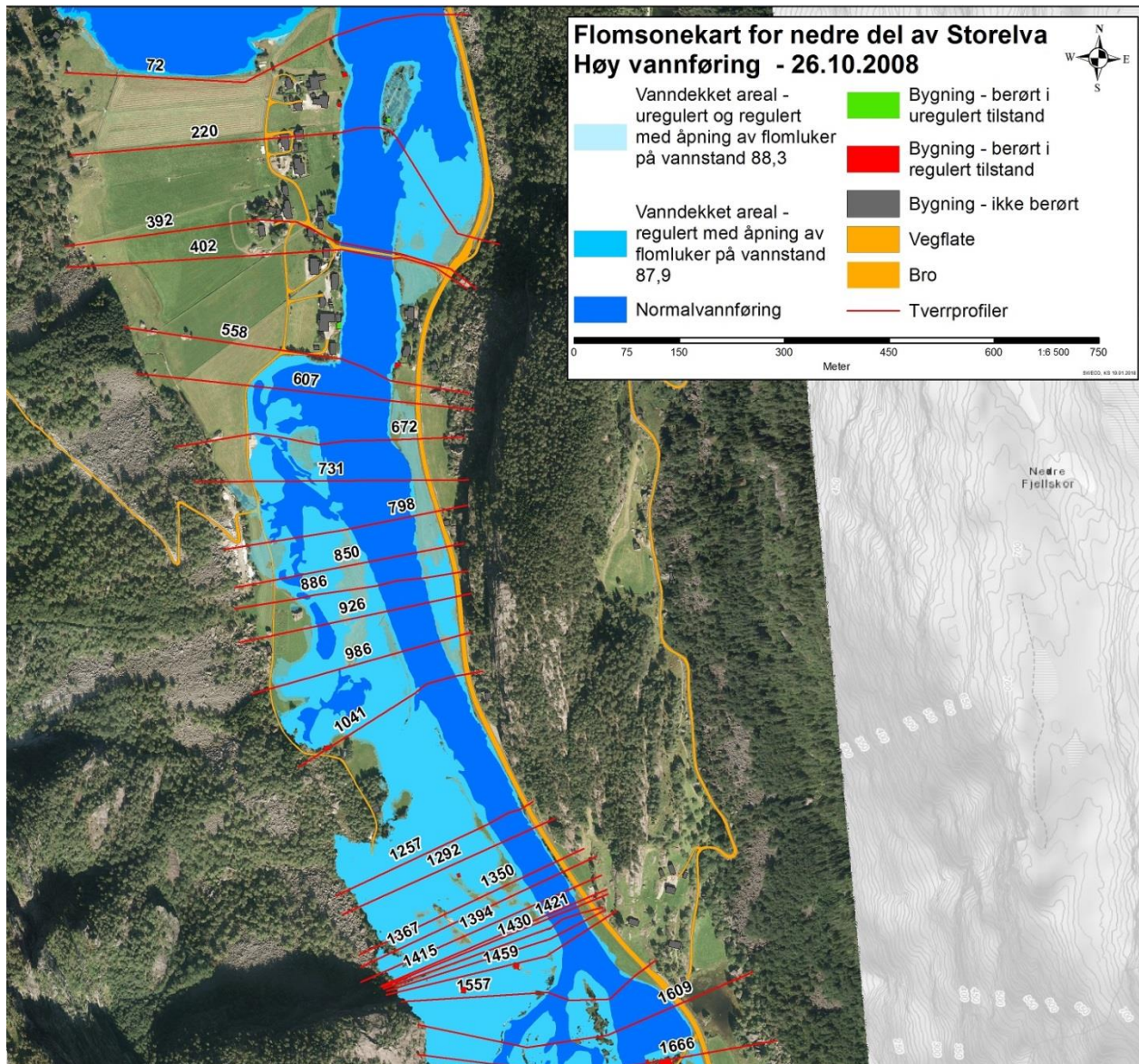
Verknaden ved ei justering av vasstanden for opning av flaumlukene kan ein sjå ut i frå flaumsonekarta for høg vassføring og middelflaum. Karta viser at å opne flaumlukene på vasstand 87,9 gjev ei god sikring av jorder og dyrka mark på Sandvin, og opp til om lag 1 kilometer oppstrøms Sandvinvatnet for dei mindre og hyppige flaumane.

Eit utsnitt av flaumsonekartet for høg vassføring er vist i Figur 6.1. I denne situasjonen er naturleg vasstand i Sandvinvatnet på rett under kote 88,3. Ei slik situasjon er ikkje uvanleg at oppstår ein gong eller to i året. Med ei regulering vert vasstanden i Sandvinvatnet kontrollert på kote 87,9. Ein kan sjå ut i frå dette kartet at tilhøva vert betra, noko som ikkje vart tilfellet om flaumlukene vert opna på kote 88,3.

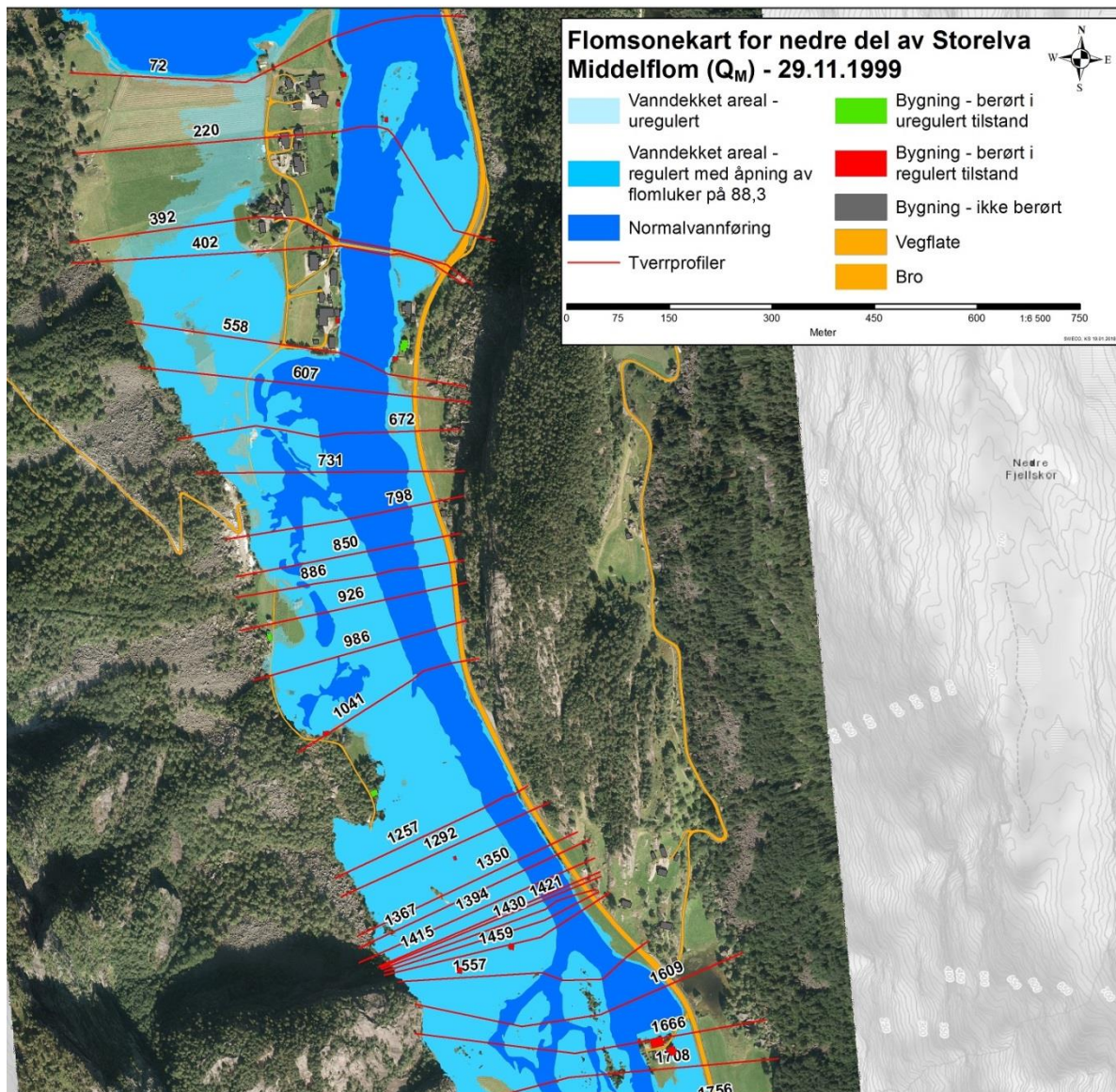
I flaumsonekarta for middelflaumen ser ein tydeleg at flaumtilhøva vert betra med ei justering av vasstand for opning av flaumlukene frå kote 88,3 til kote 87,9. Figur 6.2 viser flaumtilhøva ved opning på kote 88,3, og Figur 6.3 viser flaumtilhøva ved opning på kote 87,9.

Flaumsonekarta visar kor stort areal som vert dekt av vatn, men visar ikkje vassnivået i elva. Figur 6.4 viser profilar av berekna vasslinjer for situasjonen med middelflaum. Ein kan her sjå kva vasstand elva vil ha i dei forskjellige flaumsituasjonane (uregulert, regulert med opning på kote 88,3 og regulert med opning på 87,9).

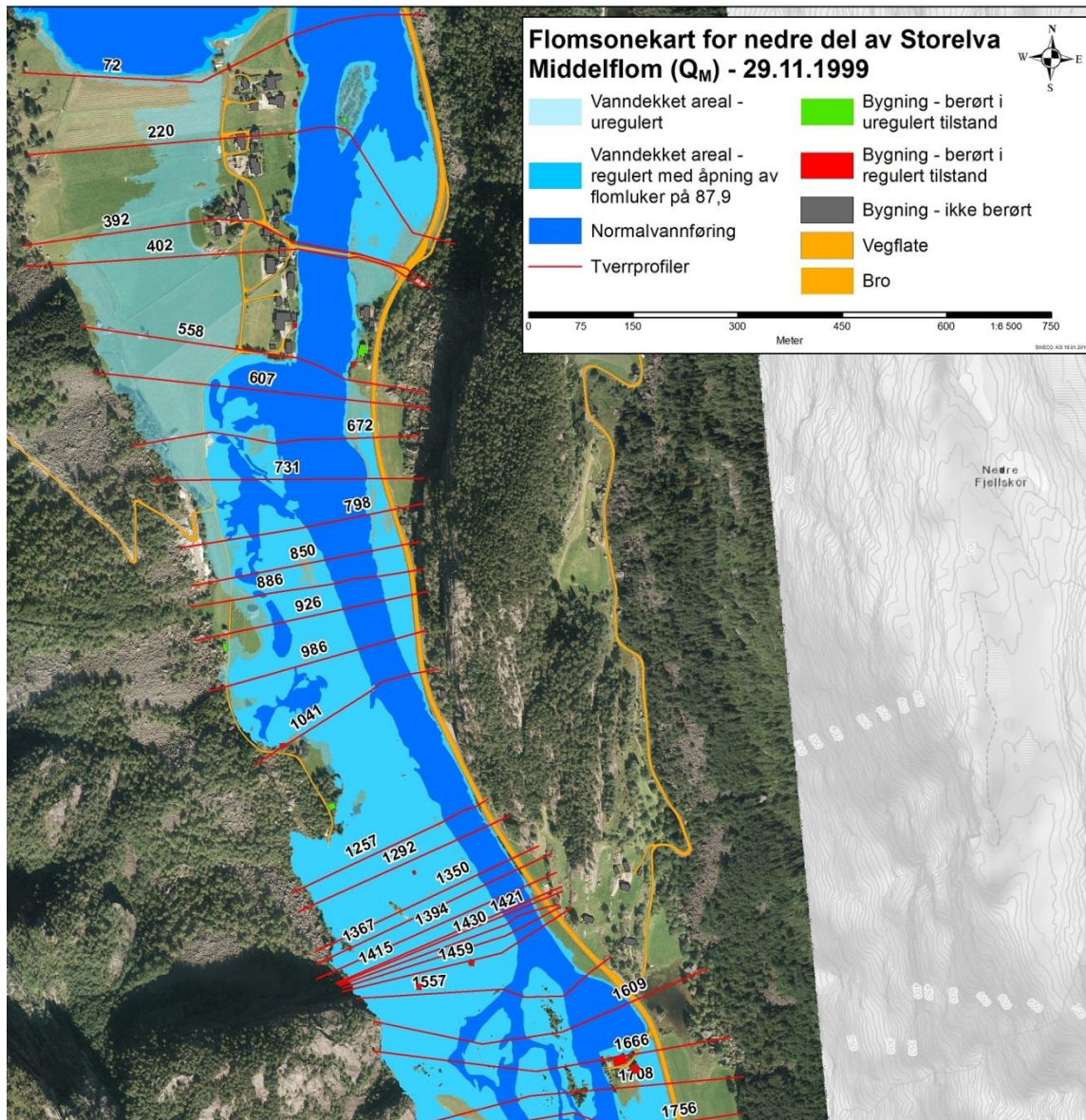
Flaumsonekarta og profiler med berekna vasslinjer finst i sin heilhet i vedlegg C og D.



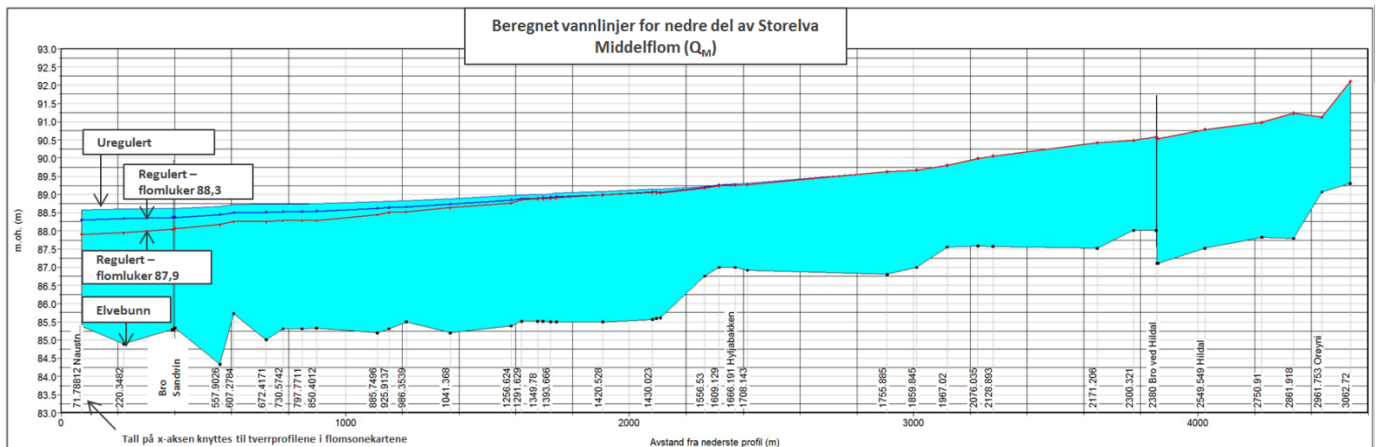
Figur 6.1 Utsnitt av flomsonekart for nedre del av Storelva ved høy vassføring (vassføring på 250 m³/s i Opo). Kartet viser vassdekt areal utan regulering og regulert med opning av flaumlukene på vasstand kote 87,9. Bygningar markert med raudt vert omfatta i både regulert og uregulelt tilstand. Bygningar markert med grønt vert omfatta i uregulert tilstand, men ikkje i regulert tilstand. Heile kartet finst i vedlegg C-1.



Figur 6.2 Utsnitt av flomsonekart for nedre del av Storelva ved ein middelflaum (vassføring på $330 \text{ m}^3/\text{s}$ i Opo). Kartet viser vassdekt areal utan regulering og regulert med opning av flaumlukene på vasstand kote 88,3. Bygningar markert med raudt vert omfatta i både regulert og uregulert tilstand. Bygningar markert med grønt vert omfatta i uregulert tilstand, men ikkje i regulert tilstand. Heile kartet finst i vedlegg C-2.



Figur 6.3 Utsnitt av flomsonekart for nedre del av Storelva ved ein middelflaum (vassføring på $330 \text{ m}^3/\text{s}$ i Opo). Kartet viser vassdekt areal utan regulering og regulert med opning av flaumlukene på vasstand kote 87,9. Bygningar markert med raudt vert omfatta i både regulert og uregulelt tilstand. Bygningar markert med grønt vert omfatta i uregulelt tilstand, men ikkje i regulert tilstand. Heile kartet finst i vedlegg C-2.



Figur 6.4 Profil av berekna vasslinje for nedre del av Storelva ved ei middelflaum (vassføring på 330 m³/s i Opo). Profilet finst òg i vedlegg D-2.

Figur 6.4 syner vasstanden i Storelva ved ein middelflaum utan regulering, regulering der flaumlukene opnar på kote 88,3 og med regulering der flaumlukene opnar på kote 87,9. Ein kan sjå at tiltaket gjev ei flaumreduserande effekt om lag 1,5 km oppover i Storelva, og at effekten er størst når flaumlukene opnar på kote 87,9.

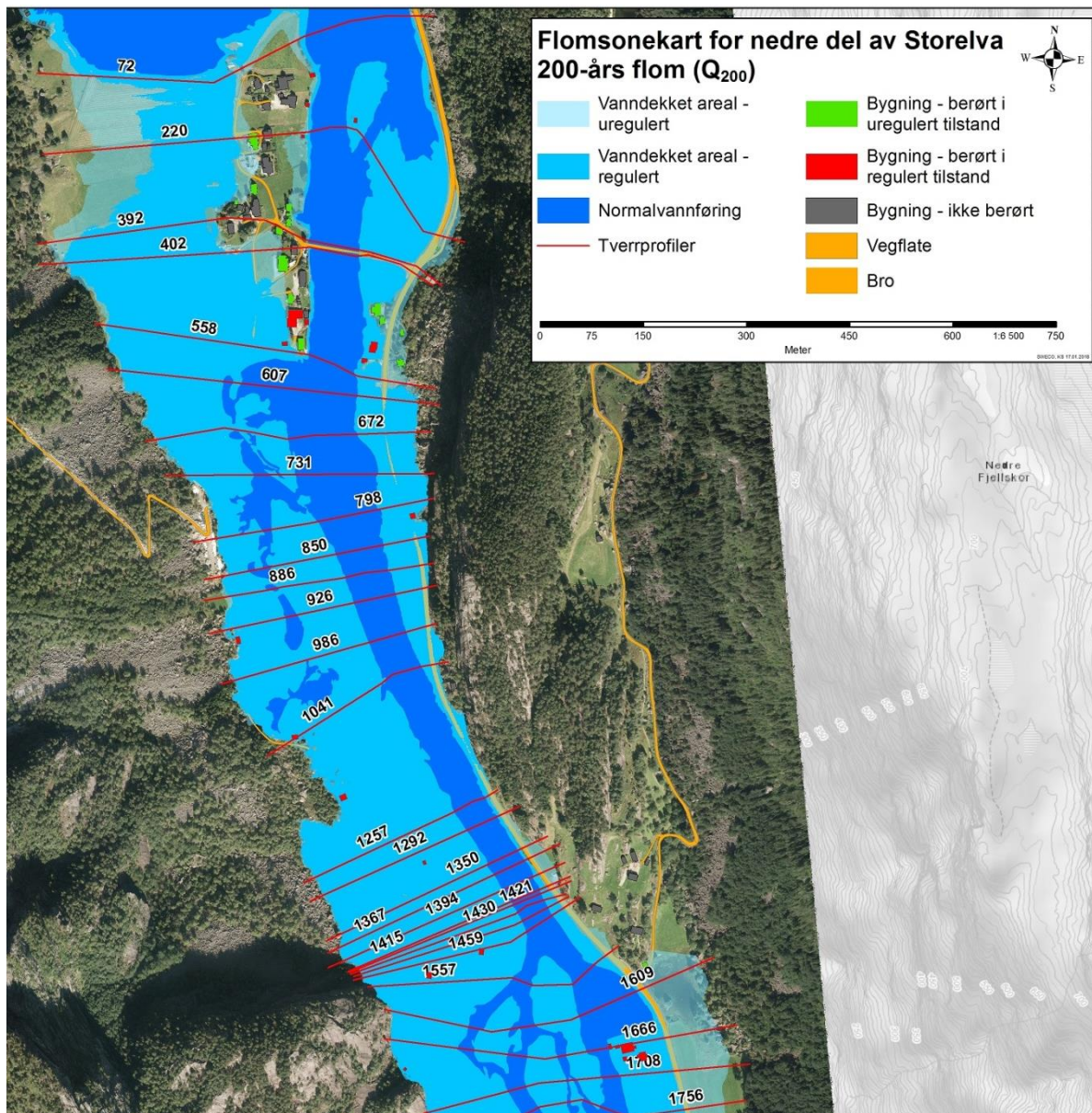
7 Kartlegging av tiltaket si innverknad på flaumforholda i nedre del av Storelva

Flaumsonekarta saman med vasslinjeprofila for alle dei simulerte flaumsituasjonane gjev grunnlag for å dokumentere Opo flaumkraftverk si innverknad på flaumforholda i nedre del av Storelva. Tiltaket gjev inga flaumregulering av Storelva, men kontroll på vasstanden i Sandvinvatnet vil ha ein verknad på den nedste delen av elva. Dei tre nedste kilometra av Storelva renn frå Hildal og ut i Sandvinvatnet og er relativt flatt. Det er berre fire meter i høgdeforskjell frå elvebotn i Hildal og elvebotn der Storelva løpar ut i Sandvinvatnet.

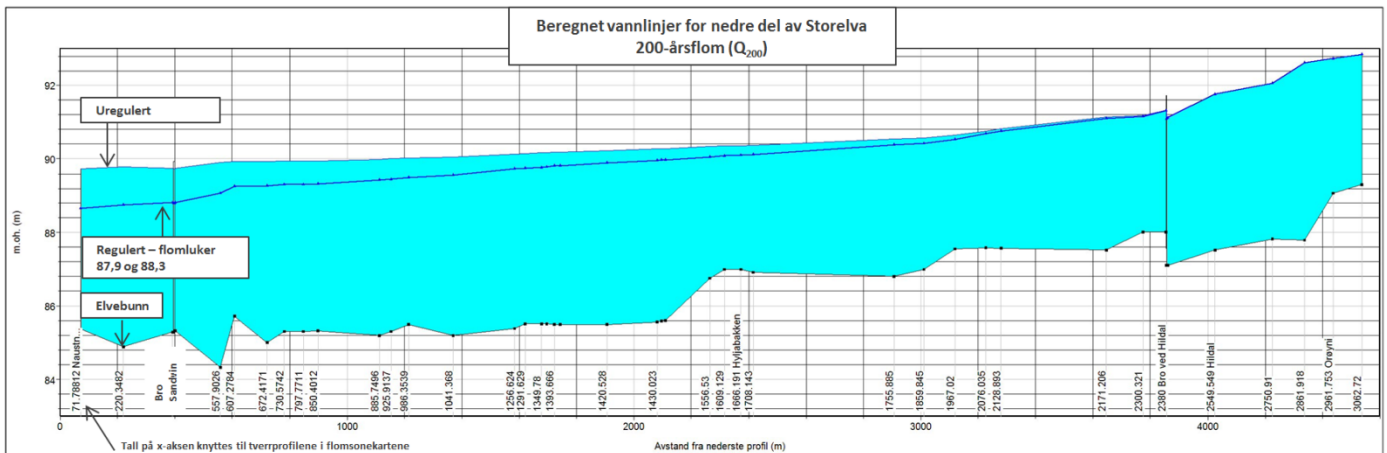
Dei berekna vasslinjeprofila (Vedlegg D), viser at flaumkraftverket har ein flaumdempande effekt oppover i Storelva. Ved dei store flaumane vert vasstanden redusert på nesten heile strekket opp til Hildal (Figur 7.2 og Vedlegg D-3 og D-5). Effekten vert minkande jo lengre opp i Storelva ein kjem. Ved brua på Sandvin er reduksjonen på vasstanden omtrent 1 meter, mens det 1,5 km lengre oppe i elva er reduksjonen på om lag 10 cm. Frå rundt 2 km oppstrøms Sandvinvatnet er det Storelva aleine som bidrar til overfløyning av terrenget, og det har ikkje noko å sei kva vasstand Sandvinvatnet ligg på. Dette gjeld for flaumar på størrelse med 200-årsflaumane både med og utan klimapåslag.

Flaumsituasjonen for ein 200-årsflaum har omtrent dei same flaumforholda som flaumen i oktober 2014. Flaumsonekarta viser situasjonen når flaumen kulminerer (er på sitt største). Kartet viser at flaumkraftverket betrar situasjonen for bustader på Sandvin i ein slik situasjon (Figur 7.1 og Vedlegg C-3 og C-4). Dei lågtliggjande bustadane lengre opp i elva vert råka av den høge vassføringa i Storelva, men høgda på vasstanden i elva vert redusert, og reduserer dermed skadeomfanget. Denne verknaden ser ein ikkje på flaumsonekarta då dei ikkje viser høgdekoter, men ein ser frå vasslinjeprofilet i Figur 7.2 (Vedlegg D-3) at flaumkraftverket har effekt også oppover i Storelva. Ein ser òg at tiltaket betrar forholda for Rv 13 som går langs Storelva.

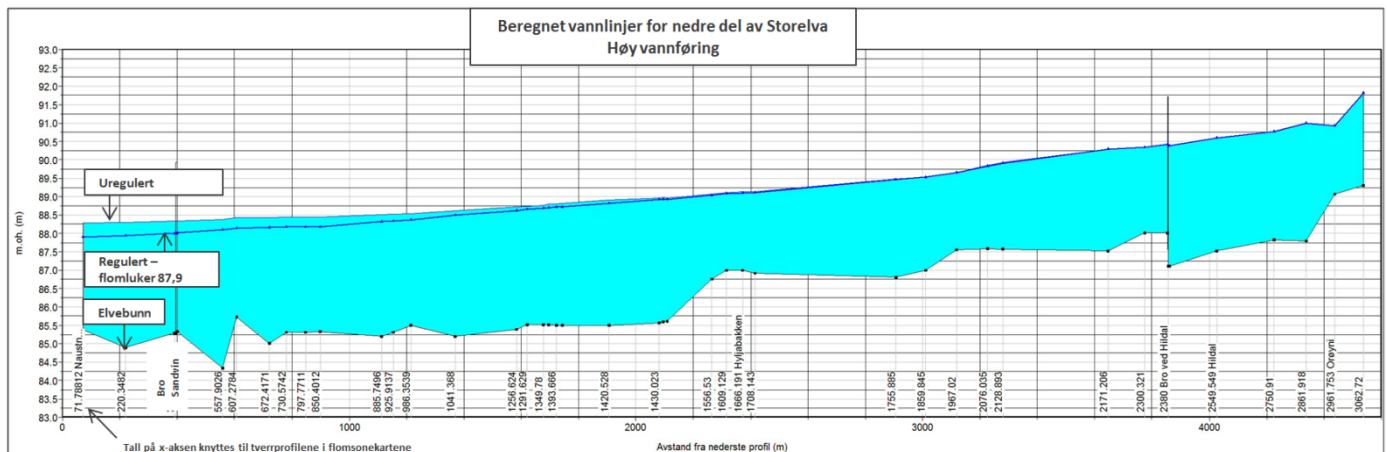
For dei mindre ekstreme flaumsituasjonane som er simulert, «høg vassføring» og «middelflaum», ser ein frå vasslinjeprofila i Figur 7.3 at tiltaket betrar flaumforholda for områda oppover langs Storelva. Som for dei store flaumane er det størst forbetring nedst i Storelva. Ved brua på Sandvin vert reduksjonen på vasstanden om lag 50 cm, mens det 1 km lengre oppe i elva er ein reduksjon på 10 cm. Lenger opp enn dette er det Storelva aleine som bidrar til overfløyning av terrenget, og det har ikkje noko å sei kva vasstand Sandvinvatnet ligg på.



Figur 7.1 Utsnitt av flomsonekart for nedre del av Storelva ved ein 200-årsflaum. Kartet viser vassdekt areal utan regulering og regulert med opning av flaumlukene på vasstand kote 87,9. Bygningar markert med raudt vert omfatta i både regulert og uregulet tilstand. Bygningar markert med grønt vert omfatta i uregulert tilstand, men ikkje i regulert tilstand. Heile kartet finst i Vedlegg C-3.



Figur 7.2 Profil av berekna vasslinje for nedre del av Storelva ved ein 200-årsflaum (vassføring på $740 \text{ m}^3/\text{s}$ i Opo). Profilet finst òg i vedlegg D-3.



Figur 7.3 Profil av berekna vasslinje for nedre del av Storelva ved høg vassføring (vassføring på $250 \text{ m}^3/\text{s}$ i Opo). Profilet finst òg i vedlegg D-1.

8 Oppsummering

I denne tilleggsutgreiinga vert det føreslått ei justering av vasstand for opning av flaumlukene frå kote 88,3 til kote 87,9. I tillegg vert tiltakets verknad langs nedre delar av Storelva kartlagt.

Vurdering av vasstand for opning av flaumlukene

Vasstand for opning av flaumlukene vert føreslått til kote 87,9. Denne justeringa har som konsekvens at dyrka mark ved Sandvin vert betre sikra ved mindre og hyppige flaumar, då vasstanden i Sandvinvatnet og nedre del av Storelva vert redusert. Flaumtoppane til Opo vert noko redusert i forhold til kva som vart førespeilt i konsesjonssøknaden. Justeringa medfører også ei auka bruk av flaumtunnelen.

Kartlegging av tiltakets verknad på flaumforholda langs nedre delar av Storelva

Tiltaket gjev auka flaumsikring i nedste del av Storelva i alle flaumsituasjonar. Effekten er størst for dei store flaumane med både størst reduksjon i vasstand i Storelva og ved at effekten strekker seg lengst opp frå Sandvinvatnet. Vasstanden i Storelva vert redusert oppover mot Hildal, men reduksjonen er størst ved Sandvin og den første kilometeren oppover i elva.

9 Vedlegg

- A – Simulert bruk av flaumtunnelen
- B – Oppdatert utkast til manøvreringsreglement
- C – Flaumsonekart for nedre del av Storelva
 - C-1 – Høg vassføring
 - C-2 – Middelflaum
 - C-3 – 200-årsflaum
 - C-4 – Flaumen oktober 2014
 - C-5 – 200-årsflaum inkl. klimapåslag
- D – Profilar av berekna vasslinjer for nedre del av Storelva
 - D-1 – Høg vassføring
 - D-2 – Middelflaum
 - D-3 – 200-årsflaum
 - D-4 – Flaumen oktober 2014
 - D-5 – 200-årsflaum inkl. klimapåslag

Simulert bruk av flaumtunnelen (1998-september 2017)

Tilsvarande Tabell 5.6 i konsesjonssøknad for Opo flaumkraftverk

Tidspunkt	Vassføring i Opo		Maksimal vassføring i flaumtunnelen (m ³ /s)	Antall timar open tunnel
	Utan flaumkraftverk (m ³ /s)	Med flaumkraftverk (m ³ /s)		
23.10.1998	169	122	147	4
20.-21.06.1999	282	122	160	19
02.11.1999	252	122	130	7
29.11.1999	331	122	209	11
17.-18.05.2000	290	122	168	26
13.-14.06.2000	266	122	144	25
04.10.2001	197	122	75	1
23.09.2003	251	122	129	3
25.-26.09.2003	263	122	141	8
15.11.2004	338	122	216	9
14.-15.09.2005	478	122	356	19
09.11.2005	222	122	100	3
14.-15.11.2005	386	122	264	19
06.11.2006	314	122	192	13
01.11.2007	345	122	223	10
21.10.2008	218	122	96	1
24.10.2008	225	122	103	2
26.10.2008	253	122	131	6
20.-21.11.2009	294	122	172	12
07.10.2010	410	122	288	17
28.-30.06.2011	389	122	267	40
27.11.2011	444	122	322	12
27.12.2011	269	122	147	4
01.-02.07.2012	228	122	106	11
19.-20.05.2013	229	122	107	8

Tidspunkt	Vassføring i Opo		Maksimal vassføring i flaumtunnelen (m ³ /s)	Antall timar open tunnel
	Utan flaumkraftverk (m ³ /s)	Med flaumkraftverk (m ³ /s)		
23.05.2014	232	122	110	14
07.07.2014	216	122	94	2
26.-29.10.2014	734	234*	500	75
03.-04.07.2015	236	122	114	40
06.-07.07.2015	214	122	92	32
19.07.2015	200	122	78	6
05.-06.12.2015	241	122	119	19
19.-22.12.2015	354	122	232	51
10.08.2016	230	122	108	13
30.09-01.10.2016	266	122	144	30
18.-19.05 2017	255	122	133	24

*Denne flaumtoppen er noko redusert i forhold til konsesjonssøknaden. Dette skuldast ei hurtigare evakuering av vatnet i Sandvinvatnet når flaumlukene vert opna på ei lågare vasstand.

Utkast til

Manøvreringsreglement

For regulering av Opo og Sandvinvatnet i Odda kommune, Hordaland fylke.

1.

Reguleringer

	Naturlig Vannst. kote	Reg. grenser		Oppd. m	Senkn. m	Reg. høyde m
		Nedre kote	Øvre kote			
Magasin						
Sandvinvatn.....	86,9	86,5	87,4	0,5	0,4	0,9

Reguleringsgrensene referer seg til høyde-system NN2000. Reguleringsgrensene skal markeres med faste og tydelige vannstandsmerker som det offentlige godkjenner.

2.

Regulanten plikter å manøvrere flomlukene slik at vannstanden i Sandvinvatnet ikke overstiger kote 87,9 før flomlukene er helt åpne.

I en ekstraordinær flomsituasjon eller under andre særskilte omstendigheter plikter Regulanten å følge vassdragsmyndighetens pålegg om manøvrering av flomlukene.

3.

Regulanten plikter å slippe en vannføring ut av Sandvinvatnet i tråd med tabellen nedenfor

1.1 – 14.4	5 m ³ /s
15.4 – 30.4	10 m ³ /s
1.5 – 20.5	20 m ³ /s
21.5 – 15.6	15 m ³ /s
16.6 – 14.8	10 m ³ /s
15.8 – 20.8	økende fra 10 m ³ /s til 20 m ³ /s
21.8 – 23.8	avtakende fra 20 m ³ /s til 10 m ³ /s
24.8 – 29.8	økende fra 10 m ³ /s til 20 m ³ /s
30.8 – 1.9	avtakende fra 20 m ³ /s til 10 m ³ /s
2.9 – 31.10	10 m ³ /s
1.11 – 31.12	5 m ³ /s

Dersom tilsiget er lavere enn kravet til vannslipp, skal hele tilsiget slippes og kraftverket ikke være i drift..

4.

Det skal påses at reguleringsanleggene til enhver tid er i god stand.

Det føres protokoll over manøvreringen og avleste vannstander. Dersom det forlanges, skal også nedbørsmengder, temperaturer, snødybde m.v. observeres og noteres. NVE kan forlange å få tilsendt utskrift av protokollen som regulanten plikter å oppbevare for hele reguleringstiden.

5.

Vilkår for manøvrering av flomlukene og slipp av minstevann skal revurderes etter en periode på 5 år, regnet fra ferdigstillelse av reguleringsanlegget. Eventuelle endringer som følge av slik revurdering skal ikke redusere årlig kraftproduksjon i kraftverket.

6.

Viser det seg at slippingen etter dette reglementet medfører skadelige virkninger for omfang for allmenne interesser, kan Kongen uten erstatning til konsesjonæren, men med plikt for denne til å erstatte mulige skadevirkninger for tredjemann, fastsette de

endringer i reglementet som finnes nødvendige.

Forandringer i reglementet kan bare foretas av Kongen etter at de interesserte har hatt anledning til å uttale seg.

Mulig tvist om forståelsen av dette reglementet avgjøres av Olje- og energidepartementet.

Vedlegg C – Flaumsonekart for nedre del av Storelva

C-1 – Høg vassføring

C-2 – Middelflaum

C-3 – 200-årsflaum










C-4 – Flaumen oktober 2014

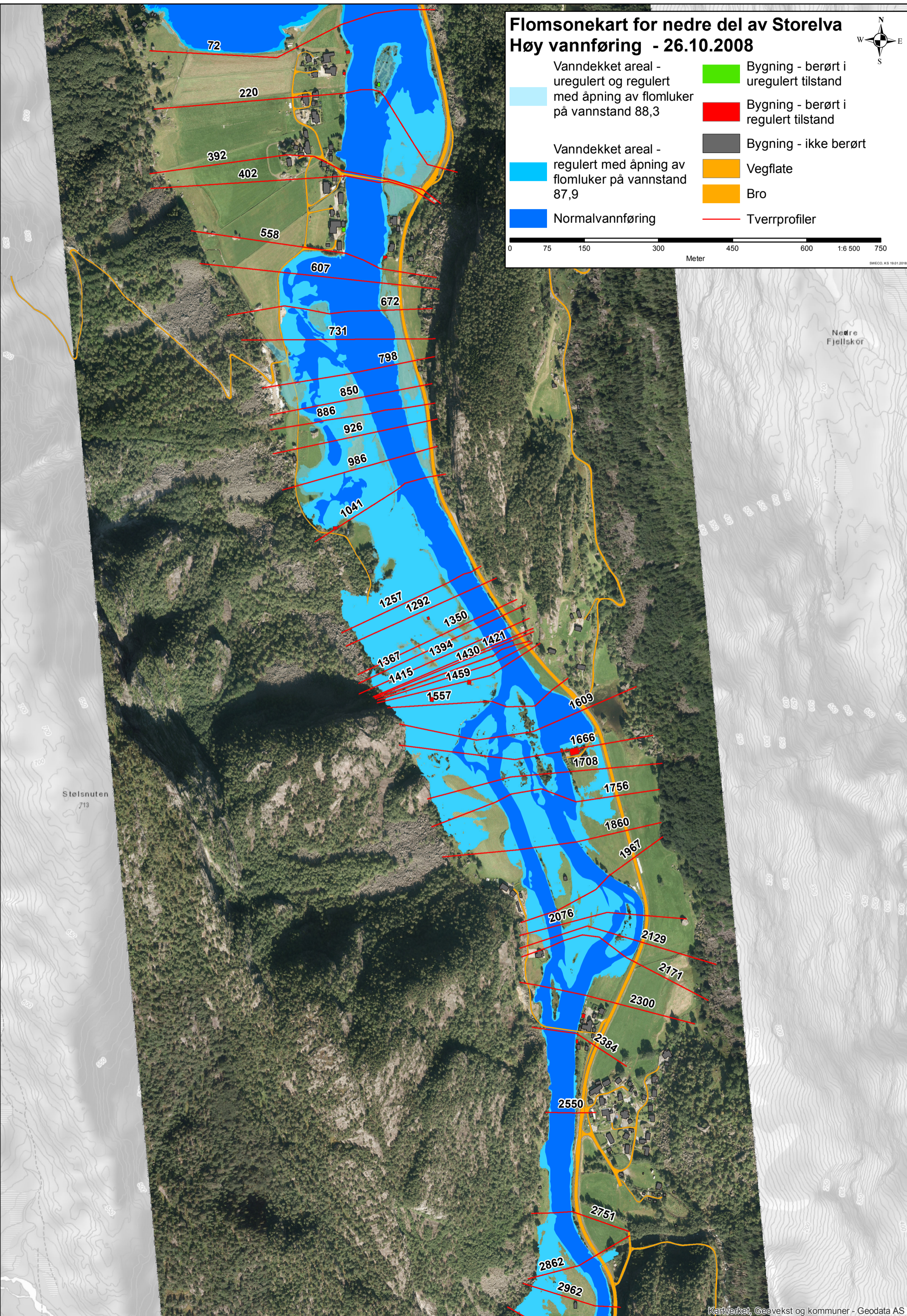
C-5 – 200-årsflaum inkl. klimapåslag

Flomsonekart for nedre del av Storelva

Høy vannføring - 26.10.2008












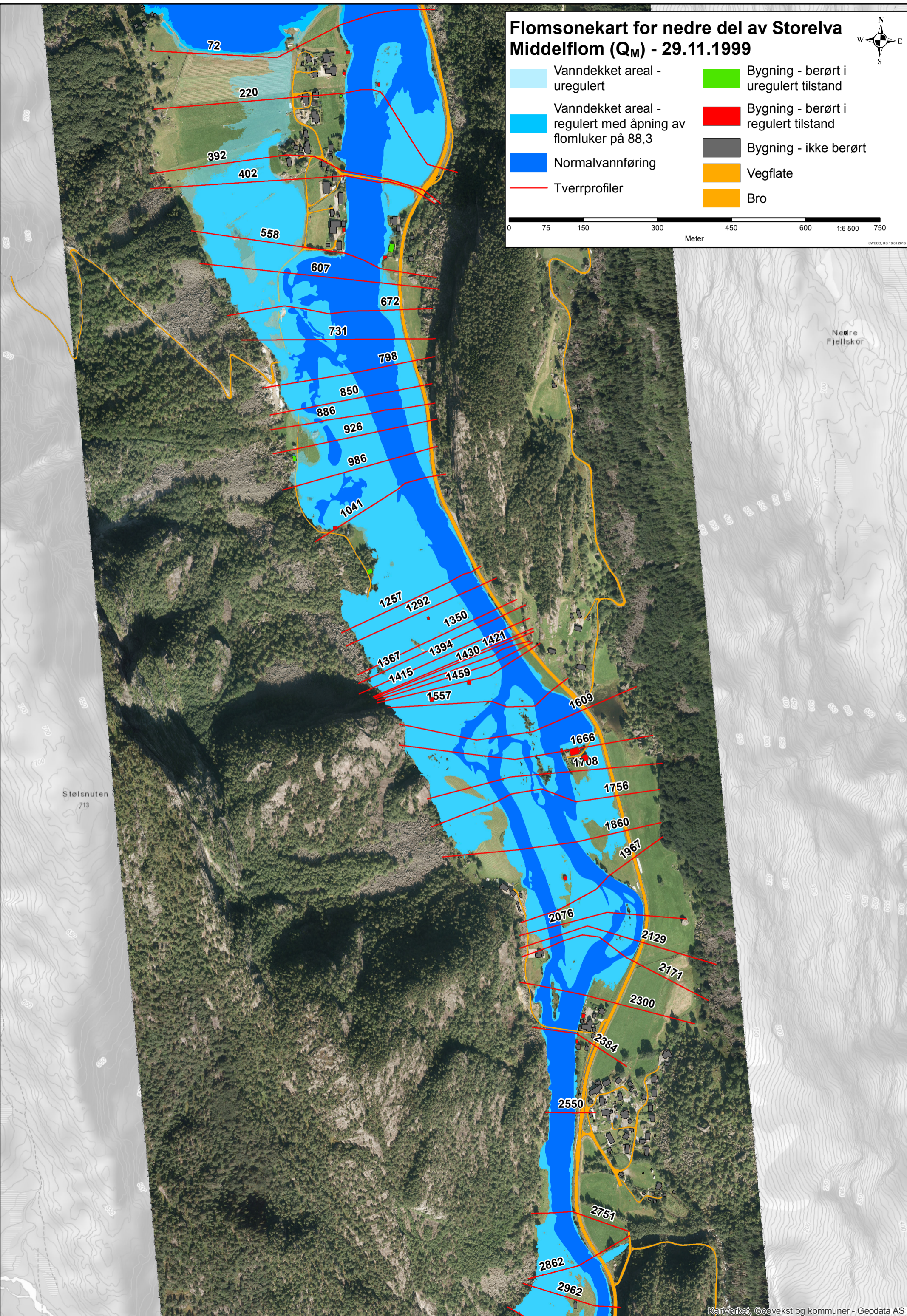
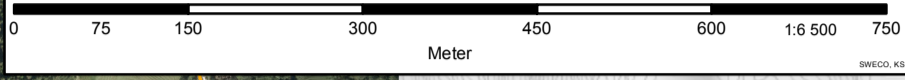
- | | | | |
|---|--|---|---------------------------------------|
|  | Vanndekket areal - uregulert og regulert med åpning av flomluker på vannstand 88,3 |  | Bygning - berørt i uregulert tilstand |
|  | Vanndekket areal - regulert med åpning av flomluker på vannstand 87,9 |  | Bygning - berørt i regulert tilstand |
|  | Normalvannføring |  | Bygning - ikke berørt |
| | |  | Vegflate |
| | |  | Bro |
| | |  | Tverrprofiler |



Flomsonekart for nedre del av Storelva Middelflom (Q_M) - 29.11.1999












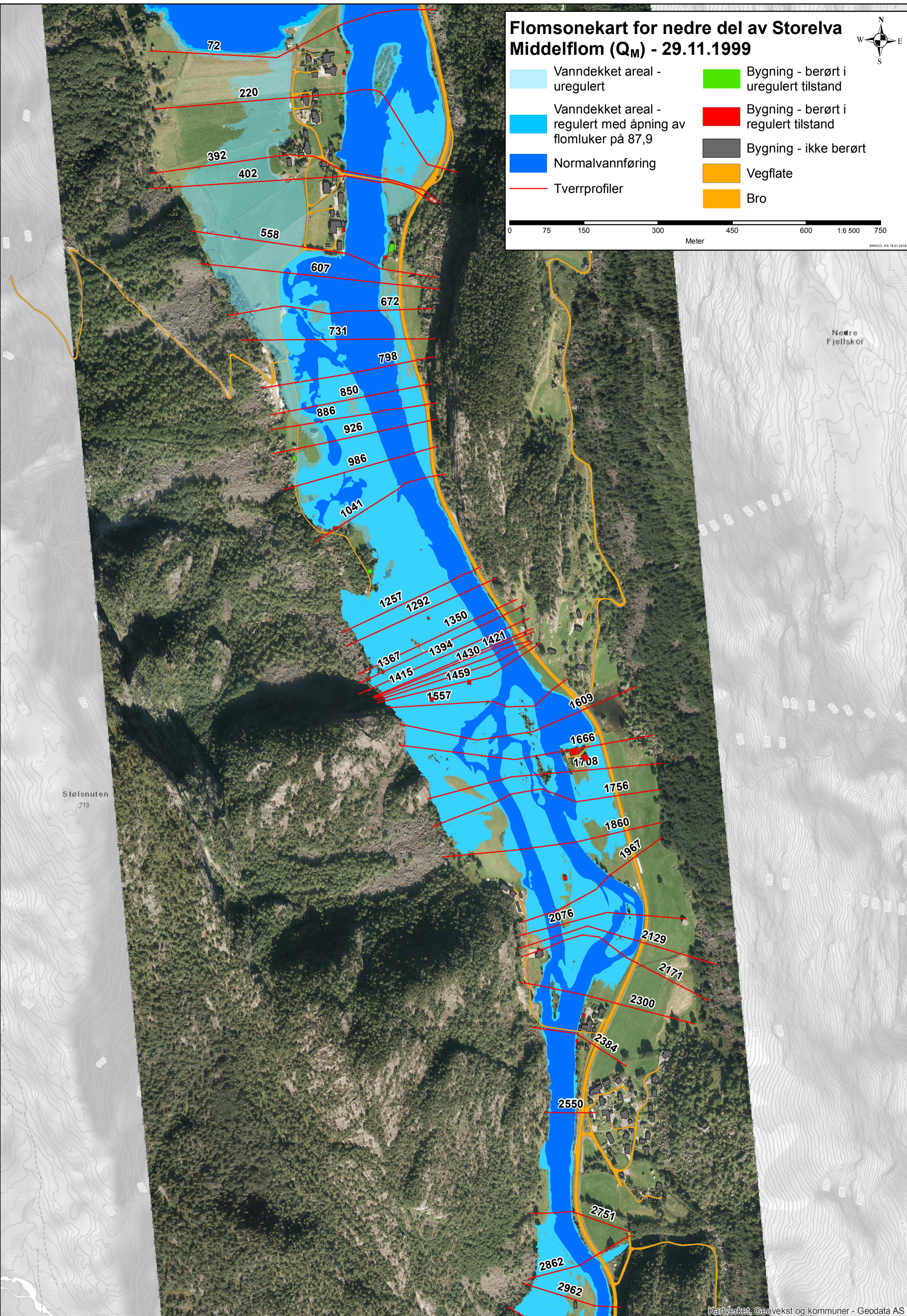
- | | | | |
|---|---|---|---------------------------------------|
|  | Vanndekket areal - uregulert |  | Bygning - berørt i uregulert tilstand |
|  | Vanndekket areal - regulert med åpning av flomluker på 88,3 |  | Bygning - berørt i regulert tilstand |
|  | Normalvannføring |  | Bygning - ikke berørt |
|  | Tverrprofiler |  | Vegflate |
| | |  | Bro |



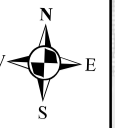
Flomsonekart for nedre del av Storelva Middelflom (Q_M) - 29.11.1999

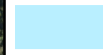

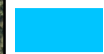








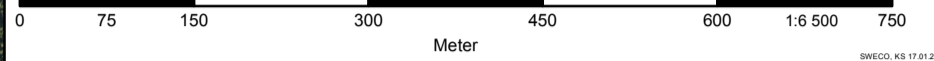
- | | |
|---|---|
|  Vanndekket areal - uregulert |  Bygning - berørt i uregulert tilstand |
|  Vanndekket areal - regulert med åpning av flomluker på 87,9 |  Bygning - berørt i regulert tilstand |
|  Normalvannføring |  Bygning - ikke berørt |
|  Tverrprofiler |  Vegflate |
| |  Bro |



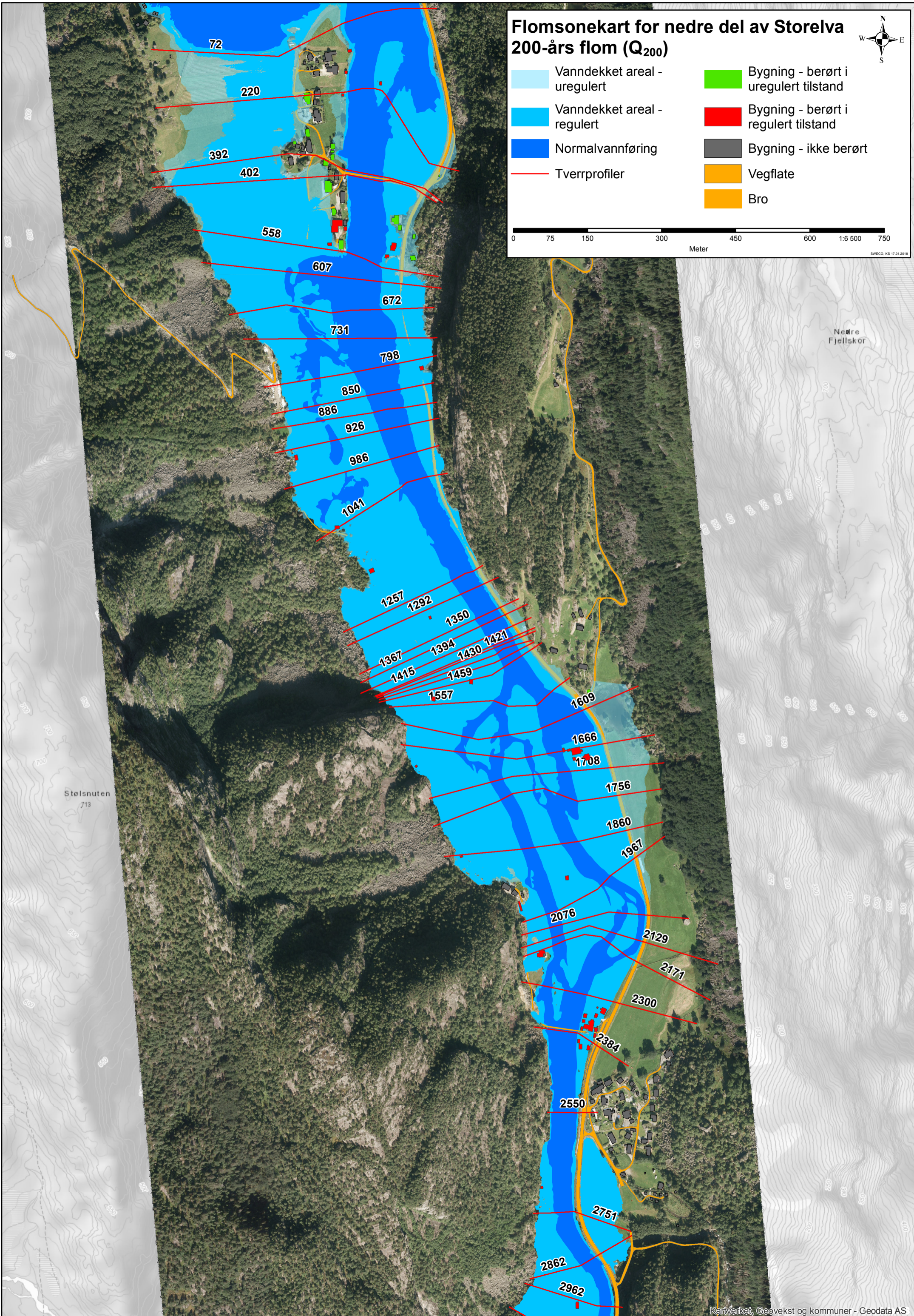
Flomsonekart for nedre del av Storelva 200-års flom (Q₂₀₀)



- | | |
|--|---|
|  Vanndekket areal - uregulert |  Bygning - berørt i uregulert tilstand |
|  Vanndekket areal - regulert |  Bygning - berørt i regulert tilstand |
|  Normalvannføring |  Bygning - ikke berørt |
|  Tverrprofiler |  Vegflate |
| |  Bro |

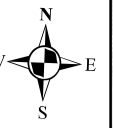










SWECO, KS 17.01.2018

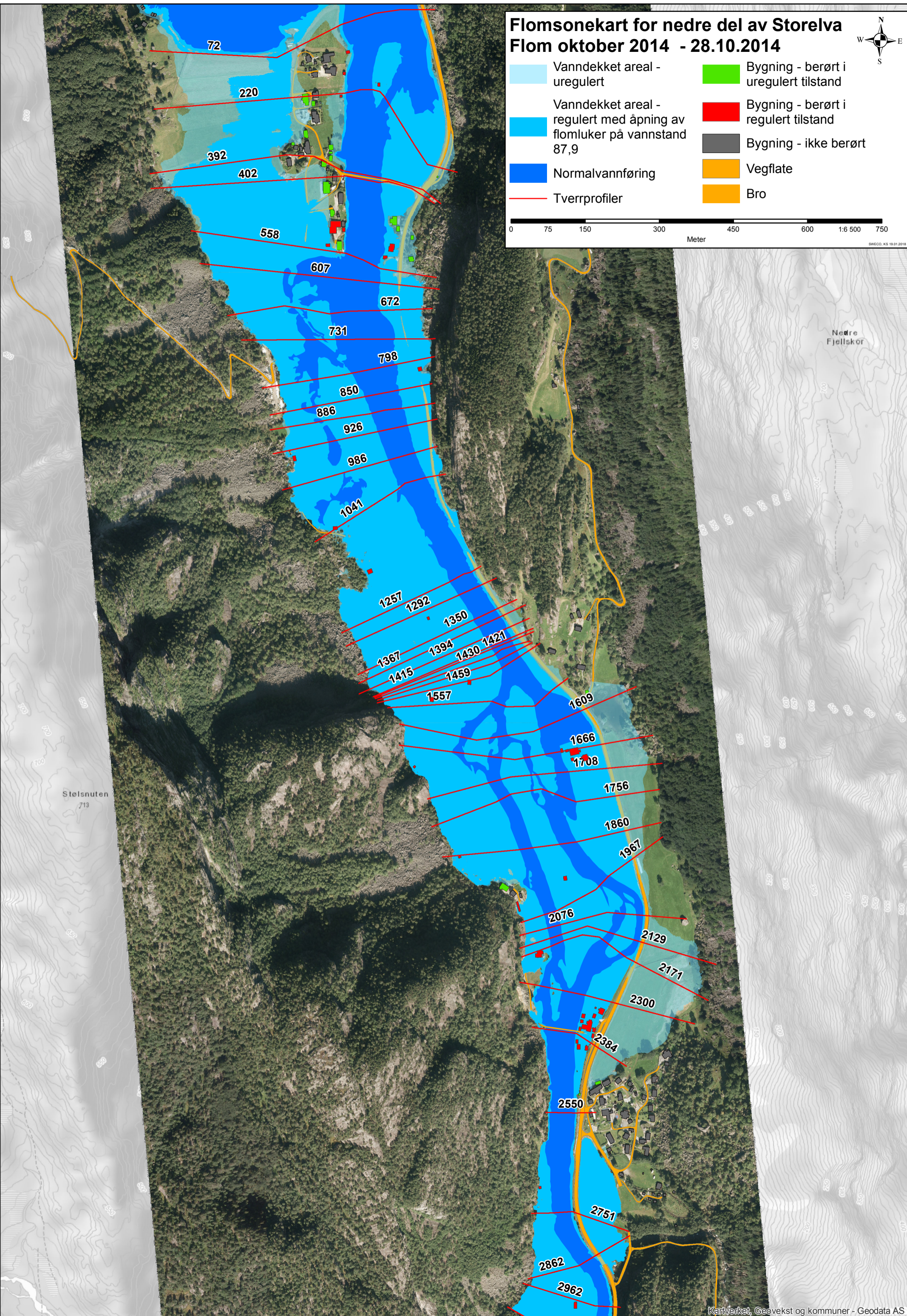
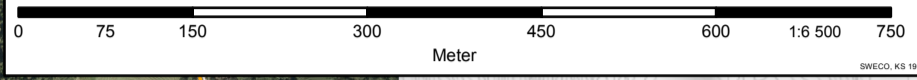


Flomsonekart for nedre del av Storelva

Flom oktober 2014 - 28.10.2014












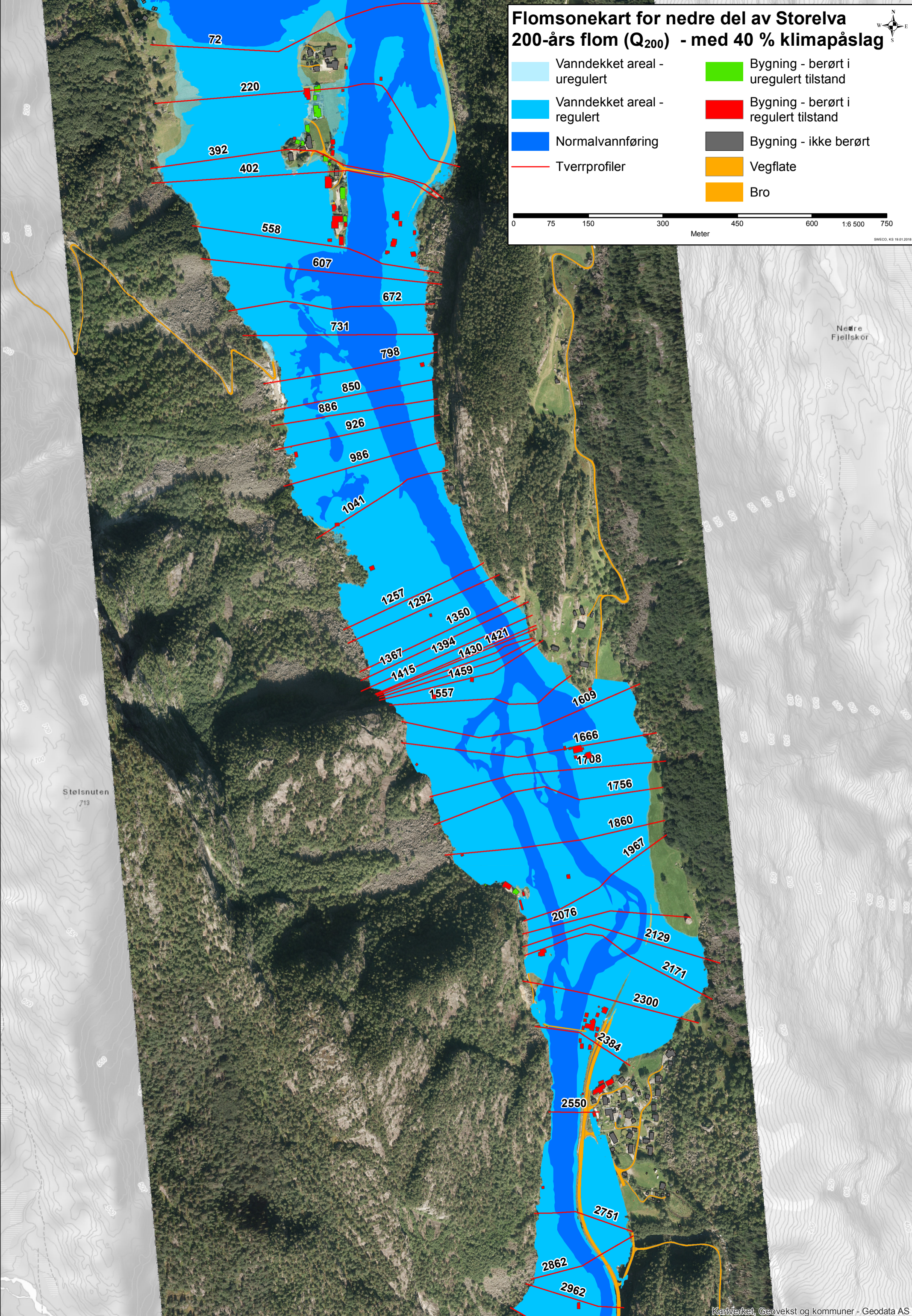
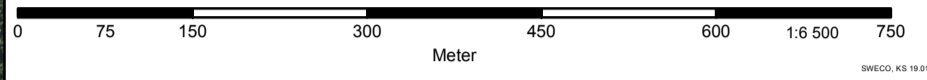
- | | | | |
|---|---|---|---------------------------------------|
|  | Vanndekket areal - uregulert |  | Bygning - berørt i uregulert tilstand |
|  | Vanndekket areal - regulert med åpning av flomluker på vannstand 87,9 |  | Bygning - berørt i regulert tilstand |
|  | Normalvannføring |  | Bygning - ikke berørt |
| | Tverrprofiler |  | Vegflate |
| | |  | Bro |



Flomsonekart for nedre del av Storelva 200-års flom (Q₂₀₀) - med 40 % klimapåslag



- | | |
|--|---|
|  Vanndekket areal - uregulert |  Bygning - berørt i uregulert tilstand |
|  Vanndekket areal - regulert |  Bygning - berørt i regulert tilstand |
|  Normalvannføring |  Bygning - ikke berørt |
|  Tverrprofiler |  Vegflate |
| |  Bro |



Vedlegg D – Profilar av berekna vasslinjer for nedre del av Storelva

D-1 – Høg vassføring

D-2 – Middelflaum

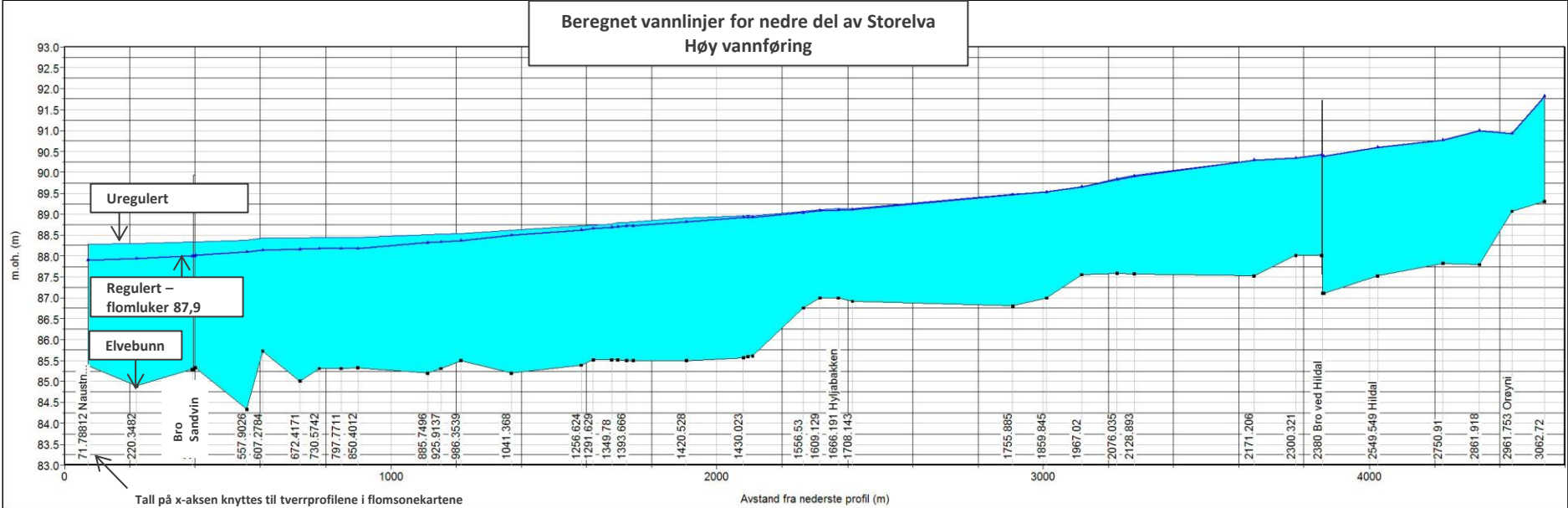
D-3 – 200-årsflaum

D-4 – Flaumen oktober 2014

D-5 – 200-årsflaum inkl. klimapåslag

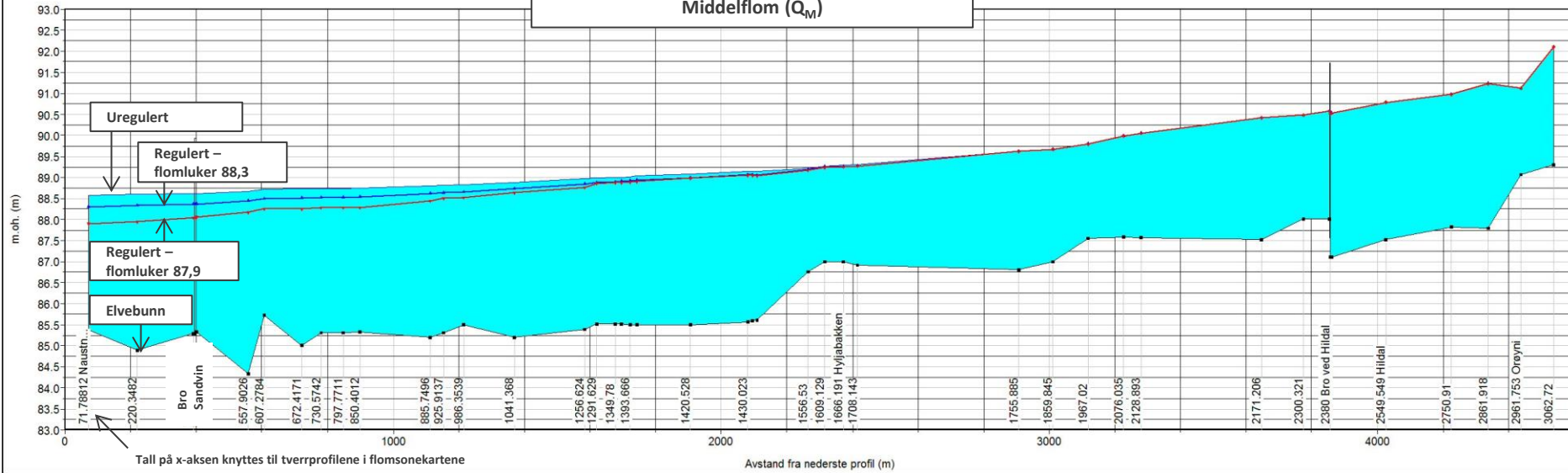
Vedlegg D-1

Beregnet vannlinjer for nedre del av Storelva Høy vannføring



Vedlegg D-2

Beregnet vannlinjer for nedre del av Storelva
Middelflom (Q_M)

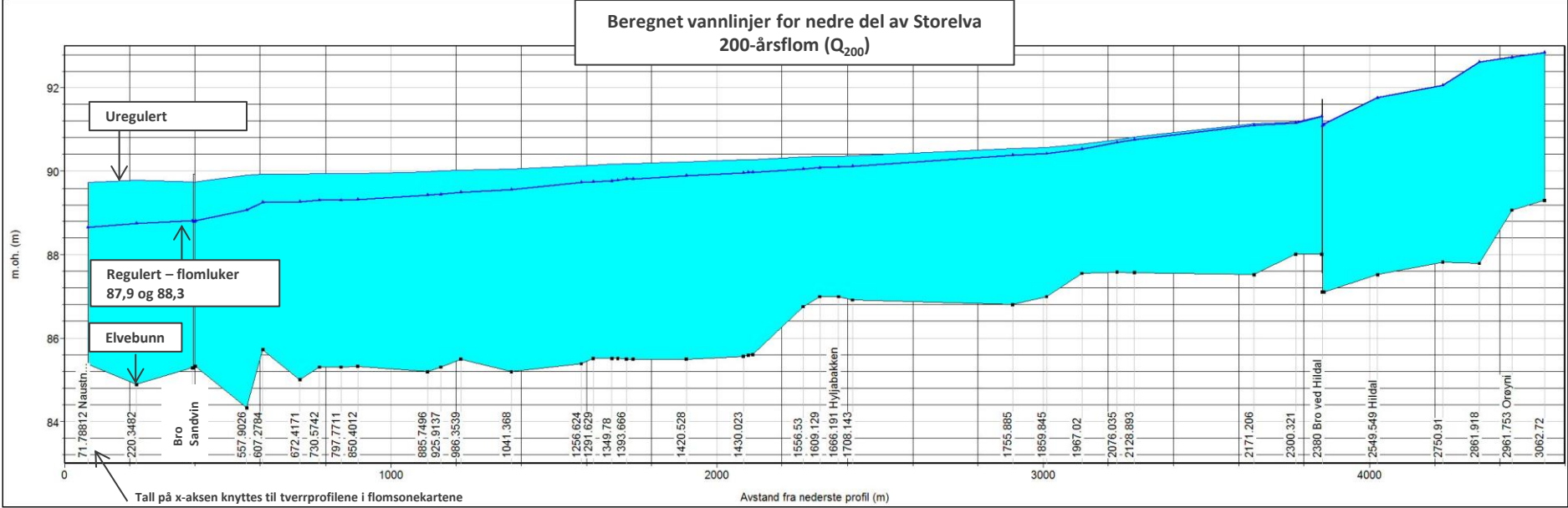


Tall på x-aksen knyttes til tverrprofilene i flomsonekartene

Avstand fra nederste profil (m)

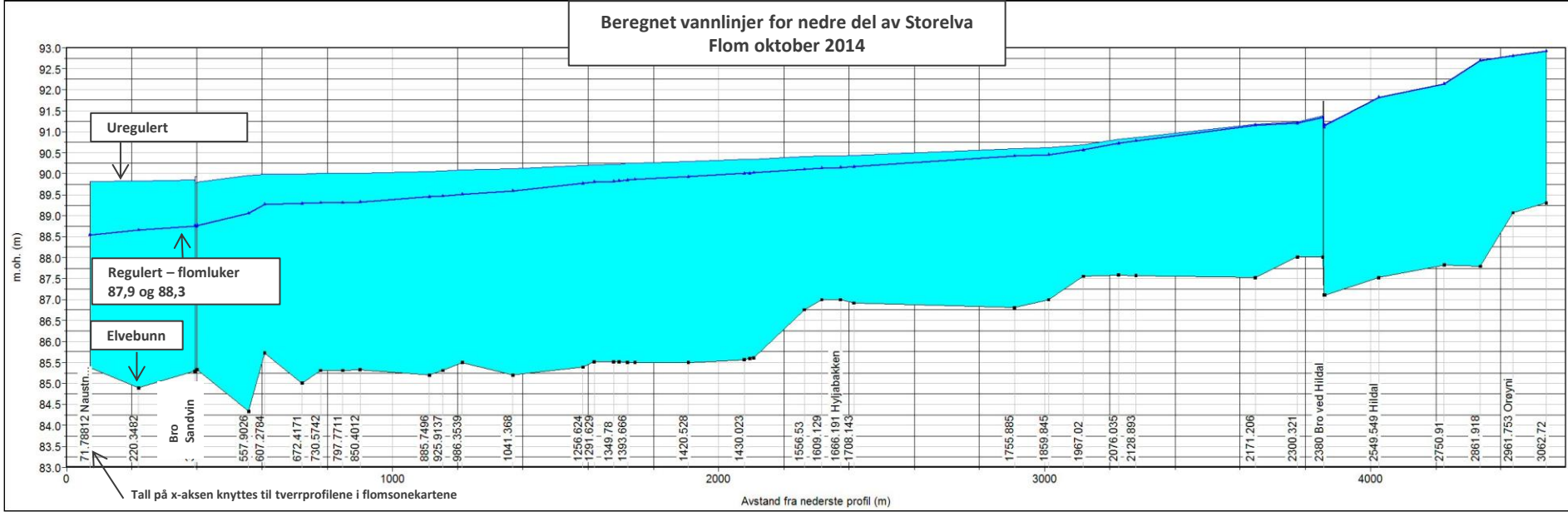
Vedlegg D-3

Beregnet vannlinjer for nedre del av Storelva
200-årsflom (Q_{200})



Vedlegg D-4

Beregnet vannlinjer for nedre del av Storelva
Flom oktober 2014



Vedlegg D-5

Beregnet vannlinjer for nedre del av Storelva
200-årsflom + 40% klimapåslag (Q₂₀₀ klima)

