



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

# Tiltaksplan

Sikringstiltak mot kvikkleireskred i  
Norddalselva ved Årnes sentrum

Plandato: 10.05.2016	Saksnr.: 201107286
Revidert: 3.10.2016	Vassdragsnr.: 135.AZ.
Kommune: <b>Åfjord</b>	<b>NVE Region Midt-Norge</b>
Fylke: <b>Sør-Trøndelag</b>	Vestre Rosten 81, 7075 TILLER
Inngrepsnr.: <b>10887</b>	Tlf.: 095 75 Faks: 72 89 65 51





<b>Tiltaksnr:</b>	<b>Vassdragsnr.:</b>		
10887	135.AZ	Sikringstiltak mot kvikkleireskred i Norddalselva ved Årnes sentrum	
Saksbehandler:	Geir B. Hagen	Adm.enhet: RM	Sign.:
Miljøvurdering:	Arne Jørgen Kjøsnes	Adm.enhet: RM	Sign.:
Ansvarlig:	Mads Johnsen	Adm.enhet: RM	Sign.:
<b>Saksnr:</b>	<b>Arkiv:</b>	<b>Kommune:</b>	<b>Fylke:</b>
201107286	411	Åfjord	Sør-Trøndelag

<b>Sammendrag:</b>
Norddalselva ved Årnes sentrum renner gjennom kvikkleiresonen Årnes med faregrad «høy». Innenfor kvikkleiresone Årnes ligger flere boenheter, næringsbygg, deriblant Åfjord kommunesenter og infrastruktur. I den hensikt å forebygge mot videre erosjon i bunn og elvesider ved Årnes sentrum foreslås det å bygge en ca. 280 m lang erosjonssikring og noe kompensasjonsgraving. Erosjonssikringen vil forebygge videre erosjon i tiltaksområdet ved Årnes sentrum, noe som vil være forebyggende mot skred. Sikringstiltaket vil også øke områdestabiliteten i området. Kvikkleiresones faregrad vil, videre, etter gjennomført tiltak få nedsatt faregrad til middels.
<b>Vernestatus:</b> Norddalselva er et vernet vassdrag. Vassdraget er vernet under verneplan I for vassdrag.
<b>Tiltakets hensikt:</b> Tiltakets hensikt er å forebygge erosjon og skadevirkninger i Årnes sentrum. Det foreslåtte tiltaket vil videre heve områdestabiliteten innen tiltaksområdet og i deler av Årnes sentrum.

<b>Nøkkeldata</b>	
<b>Plandato:</b> 10.5.2016	<b>Kostnadsoverslag:</b> <del>kr 2 280 000,- eks. mva.</del>
<b>Revidert:</b> 3.10.2016	kr 3.500.000,- eks. mva.
Lengde totalt: <del>280 m</del> 280 m	Tiltakstype: Erosjonssikring og noe kompensasjonsgraving
Antall parseller: 1	Elveside: Hele profilet, men primært venstre side



<b>Stedfesting</b>					
<b>Punkt</b>	<b>Sone</b>	<b>UTM – Ø</b>	<b>UTM – N</b>	<b>Vassdragsnr.</b>	<b>Kommunenr.</b>
<b>Øvre</b>	33N	559894	7093338	135.AZ.	1630
<b>Midtre</b>	33N	559866	7093173	135.AZ	1630
<b>Nedre</b>	33N	559865	7093037	135.AZ	1630

<b>Tegninger</b>	
<b>Tegningstype:</b> Oversiktskart 1:2500 Oversiktskart 1:2500 Detaljkart 1:1200 Tverrprofiler m/tiltak 1:300 NVE rapport: «Hydrauliske beregninger i Norddalselva»	<b>Tegningsnr.:</b> Vedlegg A Vedlegg B Vedlegg C Vedlegg D Vedlegg E

<b>Registrering i databasen, Planer</b>	
Utfylt dato:	Sign.
Kontrollert dato:	Sign.
Registrert dato:	Sign.

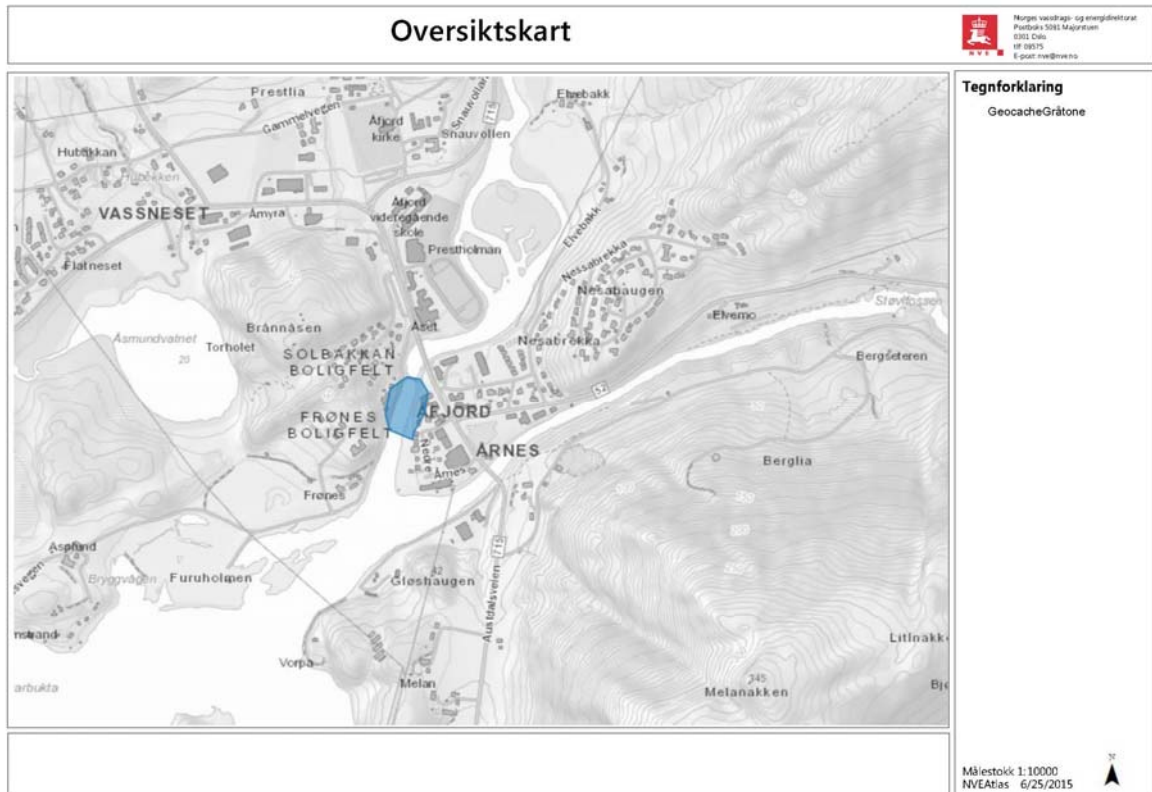
# Innholdsfortegnelse

<b>1. Innledning</b>	<b>5</b>
1.1. Beliggenhet .....	5
1.2. Bakgrunn .....	5
<b>2. Grunnlagsdata</b>	<b>6</b>
2.1. Beskrivelse av problemet .....	6
2.2. Forholdet til offentlige planer .....	7
2.3. Terrengmodell .....	7
<b>3. Teknisk beskrivelse av tiltaket</b>	<b>7</b>
3.1. Formål, utforming og omfang .....	7
3.2. Forberedende arbeider.....	8
3.3. Krav til sikringsmassene .....	8
3.4. Erosjonsvern.....	8
3.5. Massetak / steinbrudd.....	9
3.6. Avbøtende tiltak .....	9
3.7. Avsluttende arbeider .....	9
<b>4. Naturmangfold</b>	<b>10</b>
<b>5. Virkninger</b>	<b>12</b>
5.1. Stabilitet .....	12
5.2. Hydrauliske forhold.....	12
5.3. Kulturminner .....	12
5.4. Brukerinteresser .....	12
<b>6. Kostnadsoverslag</b>	<b>13</b>
<b>7. Gjennomføring</b>	<b>14</b>
<b>8. Oppfølging og vedlikehold</b>	<b>14</b>
<b>9. Kart og tegninger</b>	<b>15</b>

## 1. Innledning

### 1.1. Beliggenhet

Det foreslåtte tiltaksområdet ligger i Årnes sentrum i Åfjord kommune, omlag 70 meter i fra Åfjord videregående skole. Den blå polygonen i kartutsnittet under er avmerket tiltaksområdet.



Figur 1: Oversiktskart over tiltaksområdet, markert med blått polygon, i forhold til andre kjente fastmerker i området.

### 1.2. Bakgrunn

Med bakgrunn i grunnundersøkelser langs Norddalselva og i Årnes i årene 2012-2014 er det blitt definert en ny kvikkleiresone i området, kvikkleiresone Årnes. Kvikkleiresone Årnes er klassifisert som faregrad høy. Området med behov for sikring omfatter østsiden av Norddalselva fra området ved «gammelbrua» og ca. 70 m sørover. I tillegg til sikring av østre elveskråning (Årnes siden) vil det være behov for plastring av elvebunn, samt sikring av vestre elveskråning.

Det er utført flere grunnundersøkelser for Årnes, tabell 1 viser oversikt over de undersøkelsene som er gjort:



Tabell 1 Tidligere utførte grunnundersøkelser ved Årnes sentrum, fra Multiconsult AS sin rapport 417129-RIG-RAP-001

Bedrift	Rapport	Dato
Statens Vegvesen	Ud-433A-2 RV 715 Årnes Bru.	29.01.1985
Noteby AS	37385-Utbedring av eksisterende veg. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering.	06.04.1995
Multiconsult AS	412385-1 Åset skole, grunnundersøkelser.	06.06.2007
Multiconsult AS	412385-2 Åset skole, supplerende boringer.	29.07.2008
Multiconsult AS	412385-3 Åset skole, Faregradsevaluering-Kvikkleireområde.	02.09.2008
Multiconsult AS	414653 Områderegulering Årnes, grunnundersøkelser med geoteknisk vurdering.	24.08.2012
Multiconsult AS	416475 Norddalselva – Forbygning øst for rådhuset, supplerende grunnundersøkelser	04.04.2014
Multiconsult AS	416672 Årnesgården - Grunnundersøkelser	12.02.2015

Grunnundersøkelsene og vurderingene som er grunnlaget for denne sikringsplanen er gjort av Multiconsult AS og er presentert i deres rapport 415653\_RIG-RAP-001\_rev02 datert 24.08.2012. Den gang tiltaksklasse K3 (tilsvarende dagens K4), ble lagt til grunn for beregning av sikringstiltak. I tillegg har Multiconsult AS utført grunnundersøkelser for utbyggingen av Åset skole, samt diverse andre grunnundersøkelser for Åfjord kommune.

Videre erosjon i tiltaksområdet kan blottlegge deler av kvikkleiresonen. Videre konsekvens av dette kan være et større kvikkleireskred med store skader på liv og eiendom. Innenfor kvikkleiresonen ligger bolighus, næringsbygg og infrastruktur. NVE foreslår å erosjonssikre venstre og høyre elveside av Norddalselva ved Årnes sentrum for å forebygge videre erosjon. Steinsettingen av elvesidene, erosjonssikringen, vil virke forebyggende mot erosjon og vil videre kunne øke områdestabiliteten innen tiltaksområdet og Årnes sentrum. Hydraulisk modellering viser at noe av sikringen må legges som kompensasjonsgraving i bunn.

## 2. Grunnlagsdata

### 2.1. Beskrivelse av problemet

Tiltaket ligger i et område med påvist kvikkleire, kvikkleiresone Årnes, med faregrad høy. Vannføringen i tiltaksområdet, er av NVE beregnet til å være  $Q_m$  (midlere vannføring)  $160 \text{ m}^3/\text{s}$  og i en flomsituasjon med et 200-års gjentaksintervall  $415 \text{ m}^3/\text{s}$ . Den relativt høye midlere og flomvannføringer medfører at elva raskt kan grave i soner med finere sedimenter i elvesidene. Videre erosjon av venstre elveside, der kvikkleiresone Årnes er påvist, anses som uheldig. Elvas høyre side steinsettes også med tanke på å minke faren for erosjon når venstre side blir sikret. Innenfor kvikkleiresonen finnes flere bolighus, næringsbygg og infrastruktur. Et kvikkleireskred, som følge av undergraving av elvesiden eller annen belastning av elvesiden, kan i verste fall berøre samtlige verdier innenfor kvikkleiresonen.

Stabilitetsberegninger utført av Multiconsult på oppdrag fra NVE viser at den foreslåtte erosjonssikringen kan øke områdestabiliteten i tiltaksområdet nok til å tilfredsstille krav til tiltakskategori K3 og K4, som muliggjør videre utbygging i området. Den foreslåtte erosjonssikringen

av Norddalselva ved Årnes vil videre medføre en nedsettelse av kvikkleiresonens faregrad. Faregraden i kvikkleiresone Årnes vil, etter at tiltaket er gjennomført, nedsettes fra høy til middels.

## 2.2. Forholdet til offentlige planer

Norddalselva er vernet under verneplan I for vassdrag. Tiltaksområdet er regulert som naturområde i sjø og vassdrag av Åfjord kommune.

## 2.3. Terrengmodell

Gemini Ter & Ent 11 er brukt til prosjektering av tiltaket.

# 3. Teknisk beskrivelse av tiltaket

## 3.1. Formål, utforming og omfang

Det foreslåtte tiltaket (erosjonssikring) utformes som en steinfylling på venstre og høyre elveside over en strekning på 175 m. Deretter vil erosjonssikringen strekke seg bare på venstre side, denne må ha en god bunnforankring på om lag 1 m. En må påregne noe kompensasjonsgraving. Erosjonssikringens totale lengde er 280 m, med en bredde på om lag 45 m. Den foreslåtte høyden er minimum 1 m og maksimum 2.5 m. Tiltaket vil avsluttes og forankres i eksisterende sikring vist på figur 2. Høyden på steinfyllingen er bestemmende for prosentvis forbedring av områdestabilitet. Tyngden og plasseringen av steinmassene gir en stabiliserende effekt på områdestabiliteten i tiltaksområdet. Stabiliteten etter at erosjonssikringen er bygd er beregnet til å tilfredsstille tiltaksklasse K3 og K4. Steinfyllingen mettes med samfengt grus og tilføres et vekstlag på om lag 10 cm for å muliggjøre hurtig reetablering av vegetasjon i tiltaksområdet. En rekke avbøtende tiltak, omtalt i kapittel 3.6. *Avbøtende tiltak*, gjennomføres for å unngå forringelse av, blant annet, oppholdsplasser for fisk og andre biotoper som befinner seg innenfor tiltaksområdet.



Figur 2: Norddalselvas venstre bredd. Avslutning av sikring.



Tiltaket vil berøre elvebunnen. Tiltakene beskrevet i kapittel 3.6 og 4 omtaler effekten av dette, og foreslåtte tiltak for å unngå unødig forringelse av Norddalselva i tiltaksområdet.

### **3.2. Forberedende arbeider**

Det vil være behov for minimalt med skogrydding for å komme til langs elva da det er mulig å benytte allerede anlagt veg som ligger ved elva samt at det er lite trær og annen vegetasjon rundt.

Anleggsveien er tegnet inn med rød strek i kart, vedlegg B. Under bygging av anleggsvei må en være påpasselig med å legge stor nok stein i laveste punkt av elva, som en fotgrøft. Dette for å hindre at en forverrer stabiliteten. Det må vises særdeles varsomhet under bygging av anleggsveien, da denne foregår i sonen med lavest stabilitet. Geotekniker må godkjenne anleggsvei og trase før bygging.

### **3.3. Krav til sikringsmassene**

Det skal leveres velgraderte samfengt sprengte masser med fraksjoner fra 0 mm til maksimal steinstørrelse ( $d_{100}$ ) på 400 mm og midlere steinstørrelse ( $d_{50}$ ) omkring 250 mm.

### **3.4. Erosjonsvern**

Samfengt sprenget stein legges ut som angitt i vedlegg D tverrprofil med tiltak inntegnet.

Bekkebunnen og sider skal erosjonssikres med samfengt sprenget stein i en gjennomsnittlig tykkelse på 1.5 m. Tverrprofilene utformes deretter slik det er angitt i tegninger vedlagt i vedlegg E I-VII.

I anleggsfasen kjøres nødvendige steinmengder ut som en midlertidig vegfylling. Steinen plasseres både som erosjonssikring, og som stabiliserende fotfylling. Fyllingen må i seg selv ikke øke faren for erosjon i anleggsfasen.

Når selve erosjonssikringen utføres legges de største fraksjonene nederst i fyllingen, deretter gradvis i mindre fraksjoner. Enkelte plasser på en også påregne kompensasjonsgraving.

Elvebunnen utformes i den grad det er mulig slik den var før oppstart av anlegget. Det bør legges tilrette for kulper, meandere og stryk. Slik at en legger tilrette for tilbakeføring av det biologiske mangfoldet som måtte befinne seg i bekken.

I en anleggsfase med transport, graving og fylling må all aktivitet være grundig vurdert/beregnet for å unngå situasjoner som øker rasfaren. Dette gjelder bl.a. adkomstveier/nedkjøringer og kompensasjonsgraving.

Kompensasjonsgraving skal gjøres i korte sekvenser. Av hensyn til rasfaren må gravegrøft for kompensasjonsgraving ikke overskride lengder på 5-7 m før steinmasser legges inn og komprimeres. Entreprenør må sette seg grundig inn i NVEs dokument "Generelle sikkerhetsregler i anleggsdriften" før gjennomføring av kompensasjonsgraving.

De fyllinger som etableres må ikke være så høye at de i seg selv kan føre til mindre utglidninger, og dermed utløse et større skred. Hvis det er nødvendig å skape høydeforskjeller i tverrprofil må disse ikke være høyere enn 1,5 meter uten at fagansvarlig godkjenner dette. Fyllinger må ikke plasseres slik i profilet at de skaper erosjon, og dermed øker rasfaren.





### **3.5. Massetak / steinbrudd**

Samfengt sprengt stein hentes fra etablert, lokalt og godkjent steinbrudd. Eventuelle vekstmasser hentes fra etablert, godkjent og lokalt massetak.

### **3.6. Avbøtende tiltak**

Steinfyllingen mettes med samfengt grus i den øvre delen av fyllingen og tilføres deretter et vekstlag på ca. 10 cm på topp av sikringsmassene i de avsluttende arbeider. Røtter og kvister tas vare på etter forberedende arbeider og dras utover vekstlaget for å legge til rette for hurtig gjengroing. Dersom vekstmassene tas ut i fra en skråning nær elva skal massene ikke inneholde lupiner og andre lignende fremmede arter innen norsk flora. Se kapittel 4. *Naturmangfold* for videre beskrivelse.

### **3.7. Avsluttende arbeider**

Avbøtende og biotopjusterende tiltak som omtalt i kapittelet over gjennomføres. Anlegget ryddes og settes i stand.



#### 4. Naturmangfold

Norrdalselva renner fra Momyrvatnet mot sørvest og ut i Åfjorden ved Årnes i Åfjord kommune. Elva har et nedbørsfelt på 146 km<sup>2</sup>, og har en lakseførende strekning på ca. 18 km som er kjent som ei god smålakselv. Like før munningen løper elva sammen med Stordalselva.

Norrdalselva har svært mange natur- og kulturkvaliteter, og i 1973 ble elva vernet mot kraftutbygging gjennom Verneplan I for vassdrag. Landskapet har en relativt høy grad av urørthet for tekniske inngrep selv om fylkesvei 715 følger elva i lange strekninger. Elvelandskapet er mangfoldig med innslag av boreal regnskog, elvenære gråorskoger og varmekjær vegetasjon. Selve elva inneholder mange små kulper, stryk, trange juv, og er et populært sted for sportsfiskere.

NVE skal vurdere om planen vil berøre naturmangfoldet, jf naturmangfoldloven § 7. Vurderingene som er gjort er basert på innhentede data fra Naturbase, Artskart, samt kunnskap om truede arter og naturtyper hentet fra Norsk rødliste for arter 2010 og Norsk rødliste for naturtyper 2011.

Norrdalselva har en anadrom strekning på ca. 18 km, men det er kun de nederste 200 m som vil bli berørt av tiltaket. Selve tiltaksområdet ligger i sentrum og det ligger vei og bebyggelse inntil elva på begge sider av elva.

Det er ikke registrert prioriterte naturtyper i nærheten som vil bli berørt av tiltaket. Søk i artsdatabanken viser at det er gjort mange observasjoner, spesielt av fugler i elvemunningen, men ingen av disse vil bli nevneverdig påvirket av tiltaket. I Stordalselva, som møter Norrdalselva like nedstrøms tiltaksområdet, er det registrert elvemusling, men denne er ikke registrert i Norrdalselva.

Ved å studere flyfoto, ser vi at det bare sporadisk er kantskog langs elva. Det kan bli behov for å fjerne litt kantskog langs elva, men vi vil tilstrebe å ikke hogge ned flere trær enn absolutt nødvendig for å gjennomføre tiltaket. Vi vil så langt det lar seg gjøre også forsøke å reetablere kantskogen enkelte steder der vi må fjerne trær for å gjennomføre sikringsarbeidet.

Tiltaksområdet ligger helt i munningen av elva og det er lite sannsynlig at det foregår gyting her. Det er kun fisk på vandring opp eller ned som vil bli berørt av sikringsarbeidene. Det vil bli tatt hensyn til gytevandring og smoltutvandring, slik at vi vil, så langt det er mulig, inngå å arbeide i elva i september/oktober (gytevandring) og i mai/juni (smoltutvandring). NVE vil ta kontakt med Fylkesmannen i Sør-Trøndelag for en nærmere bekreftelse på når spesielt smolten vandrer ut av elva. Laksefisk er veldig sårbar under denne perioden, og vi vil forsøke å tilpasse arbeidene slik at vi ikke graver i elveløpet i denne perioden.

Selve tiltaket vi består av fylling av sprengstein i elvekanten, og ut i elva. Der det er behov for å plastre lenger ut i elva, vil det bli lagt over et dekke bestående av stedegen grus og elvestein. Eventuelle store steiner som benyttes som hvileplasser for oppvandrende fisk, vil bli lagt ut igjen om de må fjernes i forbindelse med plastring av elvebunn.

Etter NVEs vurdering er det innhentet tilstrekkelig informasjon for å vurdere tiltakets omfang og virkninger på det biologiske mangfoldet. Samlet sett mener NVE at sakens kunnskapsgrunnlag er godt nok utredet, jmfør nml. § 8.

Når det treffes en beslutning uten at det foreligger tilstrekkelig kunnskap om hvilke virkninger den kan ha for naturmiljøet, skal det tas sikte på å unngå mulig vesentlig skade på naturmangfoldet. Foreligger en risiko for alvorlig eller irreversibel skade på naturmangfoldet, skal ikke mangel på kunnskap brukes som begrunnelse for å utsette eller unnlate å treffe forvaltningstiltak. Førre-var-prinsippet skal



anvendes i tilfeller der det er tvil om konsekvensene for miljøet og verneverdiene. Elva er allerede sterkt påvirket av menneskelig aktivitet på denne strekningen, og sikringsarbeidet vil ikke få noen stor negativ påvirkning på akvatisk fauna på elvestrekningen og få, om noen, viktige miljømessige verdier vil gå tapt. Sikringsarbeidet vil ikke bli utført på nye urørte områder. NVE mener at kunnskap om effekter fra lignende tiltak andre steder samt at her er det ingen spesielle verneverdier å ta hensyn til, gjør at føre-var-prinsippet i nml. § 9 tillegges ikke kommer til anvendelse.

I nmf. § 10 står det at de påvirkninger et økosystem utsettes for skal vurderes ut fra en samla belastning. Det er sammenhengende render/striper av lauvskog noen få steder i tiltaksområdet. Slike mindre lauvskogområder fungerer ofte som viltpassasjer samtidig som de ofte har et rikt fugleliv. I tillegg så bidrar kantskogen med å gi skygge, skjul og næringstilførsel til fisk og annen akvatisk fauna i elva. Som nevnt så kan det bli behov for å fjerne litt skog i kantene enkelte steder. Men det vil ikke bli fjernet flere trær enn hva som er absolutt nødvendig. NVE anser det å sikre elva mot flom og videre erosjon ikke vil medføre vesentlig skade på det biologisk mangfoldet i og langs Norddalselva.

Det kan bli behov for å legge sprengstein i bunnen av elva flere steder. Dette for å unngå undergraving og erosjon som kan få forbygningen til å rase ut. Bruk av sprengstein i elveløpet kan være uheldig for den akvatiske faunaen i elva, men denne steinen vil ligge skjult under vannflaten og kan dekket over med naturlige elvestein. Masser som vil bli fjernet fra selve elveløpet vil, om vi finner de egnet, bli lagt i elveløpet lengre opp der det ligger sprengstein i bunnen. Dette for å legge bedre til rette for det akvatiske miljøet i elva, samt gi elva et mer naturlig utseende med naturlig bunnssubstrat. Etter utlegging/omplussing av naturlige elvestein og gyttegrus vil elva, også etter at sikringsarbeidet er utført, fortsatt ha tilstrekkelige gyte- og oppveksthabitater for alle årsklasser av anadrom fisk.

Det er få trebevokste områder langs elva som er av en slik størrelse at de er viktige hekkelokaliteter for fugl. Ved å legge anleggsarbeidet i disse områdene til utenom hekketiden for fugler (hekkeperioden er i mai-juni), vil fjerning av litt av lauvskog heller ikke påvirke fuglelivet i særlig grad. Tiltaket vil etter NVEs mening ha liten betydning for naturtyper, arter og økosystem, og vi anser derfor prinsippet om å vurdere samlet belastning i nml. § 10 som ivaretatt.

Tiltaket vil ikke medføre til noen form for miljøforringelse, og kostnadene vil bli fordelt mellom NVE og kommunen. NVE mener at planen beskriver akseptable teknikker og driftsmetoder, og §§ 11 og 12 i nmf. om kostnader ved miljøforringelse, og miljøforsvarlige teknikker og driftsmetoder ivaretas gjennom tiltaksplanen.

Tiltaket vil etter NVEs mening ikke være i konflikt med forvaltningsmålet for naturtyper, arter eller økosystemet gitt i nml. §§ 4 og 5.

NVE har vurdert samfunnsnyttene av inngrepet til å være større enn skadene og ulempene ved tiltaket. Videre har NVE vurdert at hensikten med inngrepet i form av økt sikkerhet mot flom og/eller vassdragsrelaterte skred ikke med rimelighet kan oppnås med andre midler som miljømessig er vesentlig bedre. Både teknisk gjennomførbarhet og kostnader er vurdert.



## 5. Virkninger

### 5.1. Stabilitet

Tiltaket vil ha en positiv effekt på områdestabiliteten i tiltaksområdet. Den prosentvise forbedringen er forventet å være mellom 14-24% i tiltaksområdet. Etter at erosjonssikringen er ferdig bygget settes faregraden i kvikkleiresone Årnes ned til «middels».

### 5.2. Hydrauliske forhold

Det er utført hydrauliske beregninger for Norddalselva i Åfjord kommune fra utløpet i fjorden til elvekrysset ved fotballbanen, en strekning på 0.5km. Beregningene er en kontroll av at de prosjekterte sikringstiltakene for Norddalselva ikke forverrer flomsituasjonen vesentlig for store flommer. Det er utført en flomberegning og beregnet 200årsflommen til 415m<sup>3</sup>/s. Effekten av klimafremskrivninger er 20% økning i flomvannføringer frem mot år 2100. Beregningene viser at de prosjekterte sikringstiltakene vil medføre at vannstanden øker med 15cm til 30cm oppstrøms innsnevringen ved den nederste broen for henholdsvis en 200årsflom og en 1000årsflom med klimapåslag. Det er ikke lagt inn miljøtiltak i beregningene. Usikkerheten ved bruer er større enn for resten av beregningene. Bruene på strekningen er ikke modellert. Dette representerer et vesentlig usikkerhetsmoment.

Modellen viser at det prosjekterte tiltaket vil ha svært liten innvirkning på flomforholdene i nedre del av Norddalselva. Usikkerheten i vannlinjeberegningene ligger innenfor +/- 0.3 m.

For detaljert informasjon se vedlegg E, for NVEs rapport «Dokumentasjon av hydrauliske beregninger i Norddalselva» datert 30.03.16.

### 5.3. Kulturminner

Søk i Riksantikvarens karttjeneste «kulturminnesok.no» avdekker ingen kulturminner i tiltaksområdet.

### 5.4. Brukerinteresser

Området har også en fotballbane, de hydrauliske beregningene viser at denne ikke vil bli berørt av tiltaket.

Den ene brua blir brukt som badeplass, NVE vil ikke berøre dette området.



## 6. Kostnadsoverslag

Datert 3.10.2016.

B - Kapitalytelser, rigging, drift og nedrigging	kr	300.000
• Rigging/nedrigging av byggeplass, inkl. adkomstveier		
- Adkomstveg		
- Relokalisering av adkomstveg		
• Drift av byggeplass		
F - Markkrydding, grunnforsterking, graving og fylling	kr	400.000
• Grunnforsterkning		
G - Berg 12 000 lm <sup>3</sup> x 200 kr	kr	2.400.000
• Sprenging, lasting, mottak, legging og transport samfengt sprengt stein		
K - Terrengarbeider	kr	100.000
• Arrondering og vekstmasser		
• Utforming av bekkebunn, og utlegging av gytegrus		
• Rør, kabler etc.		
Diverse uforutsett (10 %)	kr	320.000
<b>Sum eks. mva.</b>	<b>kr</b>	<b>3.500.000</b>
<b><i>Beregnet kostnad eks. mva. (avrundet)</i></b>	<b><i>kr</i></b>	<b><i>3.500.000</i></b>

Pris- og lønnsstigning frem til utførelse vil påløpe i tillegg.



## **7. Gjennomføring**

Ved oppstart av anlegget skal planlegger og byggeleder gjennomgå planene med det utførende ledd, slik at en sikrer at resultatet blir i samsvar med planen.

Steinstørrelsene beskrevet i kapittel 3.3 Krav til sikringsmassene skal kontrolleres, og godkjennes i steinbruddet av anleggsleder før utkjøring av stein til anleggsområdet blir gjennomført. Blir det brukt feil steinstørrelse til bygging av sikringstiltaket kan det i verste fall føre til et svakt anlegg, som ikke står imot de kreftene det er dimensjonert til å tåle.

Det anbefales at anlegget bygges utenfor gyte og hekkesesongen til fisk og annen fauna i tiltaksområdet. I samarbeid med kommunen skal berørte grunneiere varsles og orienteres om oppstart av arbeidene. Det kan bli nødvendig med noen mindre justeringer av planen for å tilpasse anlegget til evt. endringer fram til anleggsstart.

## **8. Oppfølging og vedlikehold**

Det er viktig at utførte tiltak blir holdt under tilsyn og vedlikeholdt slik at dens stabiliserende effekt ikke forringes i fremtiden. Strekningen med erosjonssikring skal etterses og eventuelle svakheter skal utbedres med tilførsel av nye steinmasser. Overdragelse av anlegget vil skje etter at anlegget er befart og funnet i orden.



## **9. Kart og tegninger**

Vedlegg A: Oversiktskart 1: 2500

Vedlegg B: Oversikt adkomst og anleggsveg 1:2500

Vedlegg C: Detaljkart P0-P280 1:1200

Vedlegg D: Tverrprofil P0-P280 med tiltak inntegnet 1:300

Vedlegg E: NVE Rapport «Dokumentasjon av hydrauliske beregninger i Norddalselva» datert 30.3.2016

P0 - P170:  
Erosjonssikring - hele elveprofilen


- P 10
- P 20
- P 30
- P 40
- P 50
- P 60
- P 70
- P 80
- P 90
- P 100
- P 110
- P 120
- P 130
- P 140
- P 150
- P 160
- P 170
- P 180
- P 190
- P 200
- P 210
- P 220
- P 230
- P 240
- P 250
- P 260
- P 270

P170-P280:  
Erosjonssikring - venstre elveside

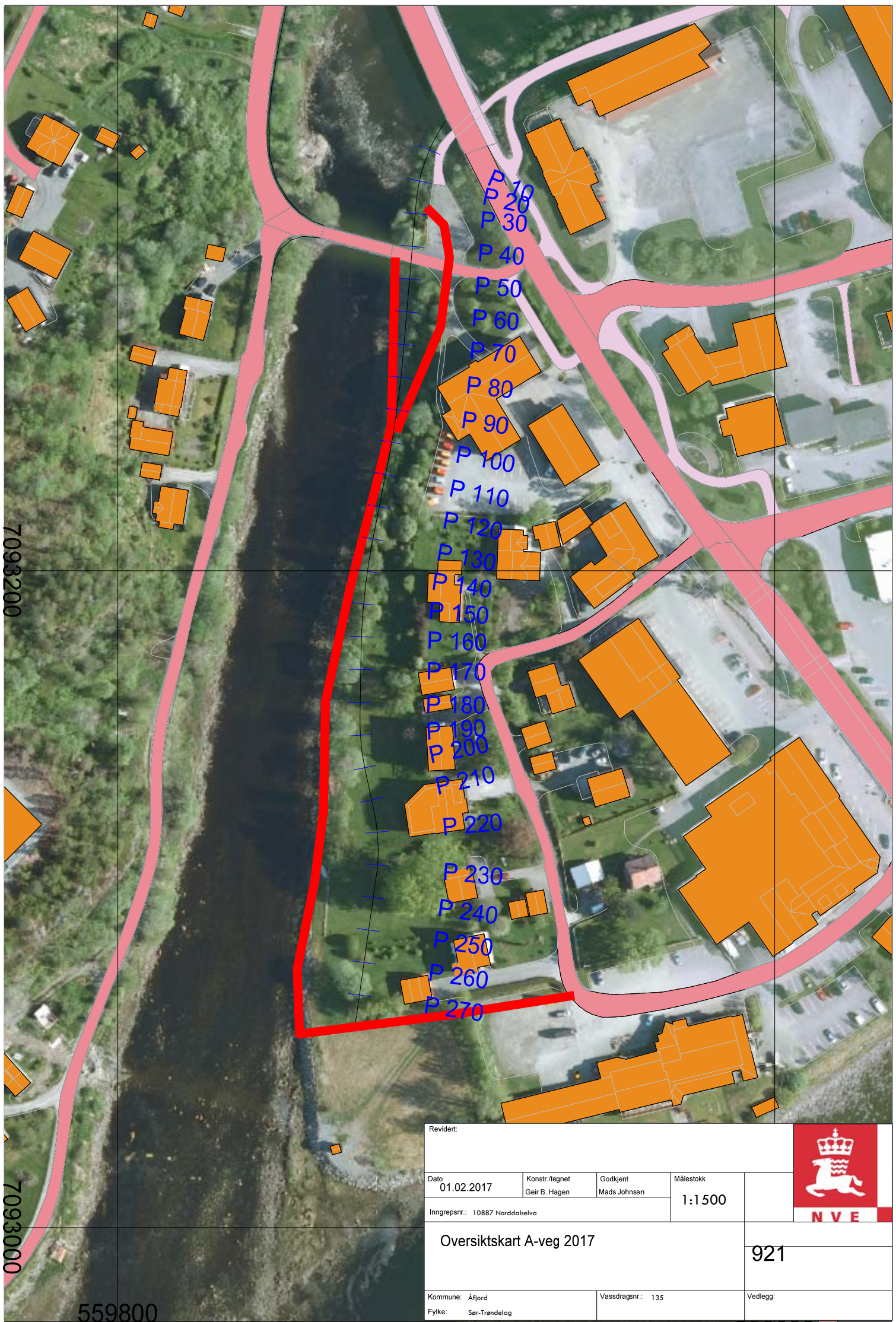
7093200

7093000

559800

Revidert: 3.10.2016				
Dato 03.10.2016	Konstr./tegnet Geir B. Hagen	Godkjent Mads Johnsen	Målestokk 1:1500	
Inngrepsnr.: 10887				
Oversiktskart Nedre tiltak P0-P280				913
Revisjon oktober 2016				
Kommune: Åfjord kommune	Fylke: Sør-Trøndelag	Vassdragsnr.: 135	Vedlegg: Vedlegg A	





Revidert:

Dato: 01.02.2017

Konstr./tegnet  
Geir B. Hagen

Godkjent  
Mads Johnsen

Målestokk  
1:1500

Inngrepsnr.: 10887 Norddalselva



Oversiktskart A-veg 2017

921

Kommune: Åfjord  
Fylke: Sør-Trendelag

Vassdragsnr.: 135

Vedlegg:

559800

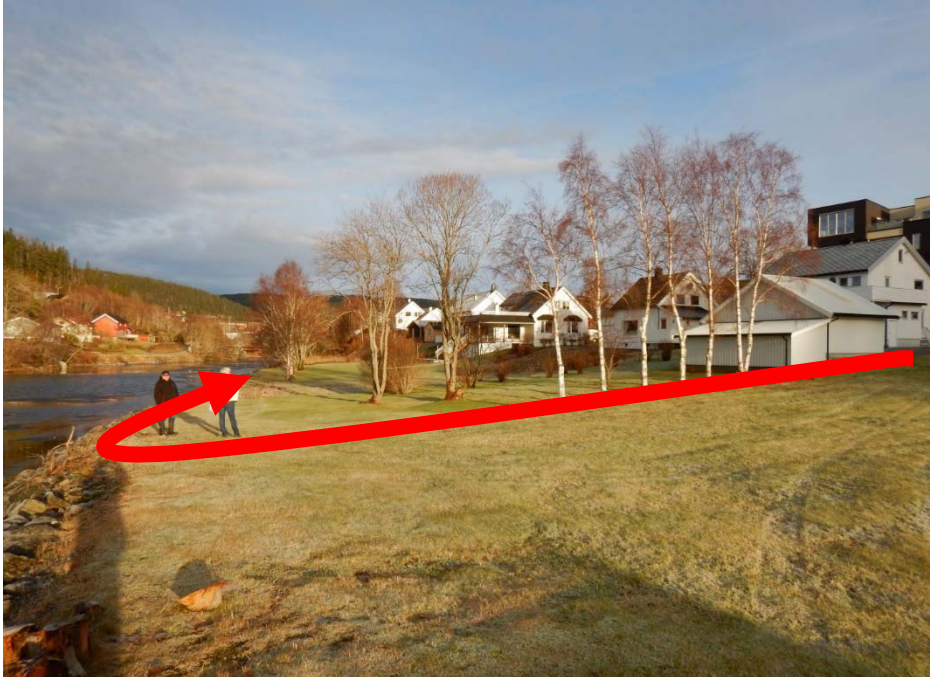
7093200

7093000

## Forslag til anleggsvei etter befaring 31.1.2017



Anleggsvei. Duk vil benyttes for å beskytte eksisterende terreng på land.



5-6 m bred anleggsvei langs elvekanten.



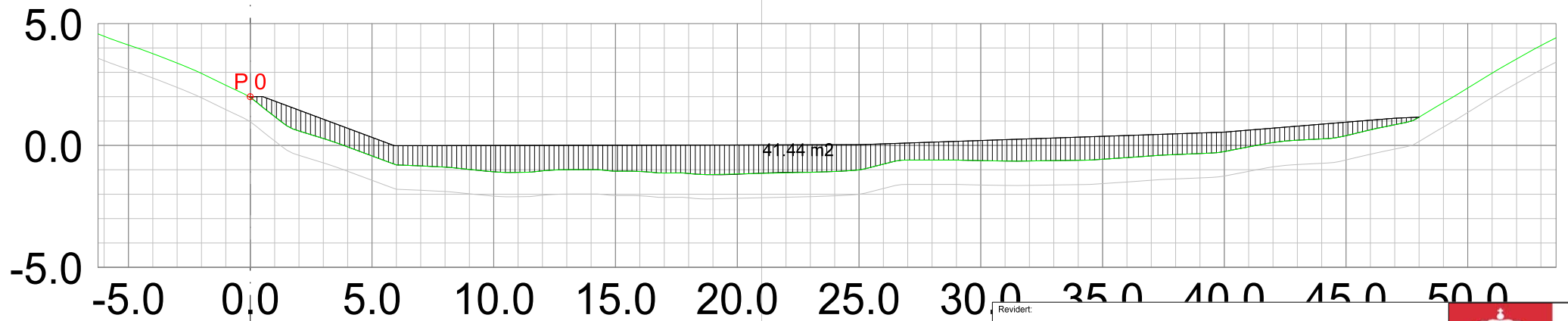
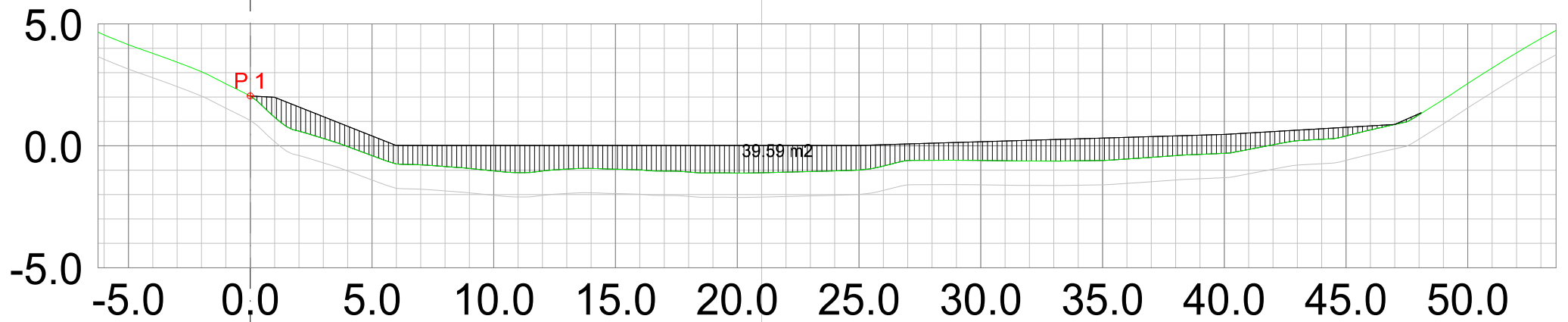
5-6 m bred anleggsvei langs elvekanten.




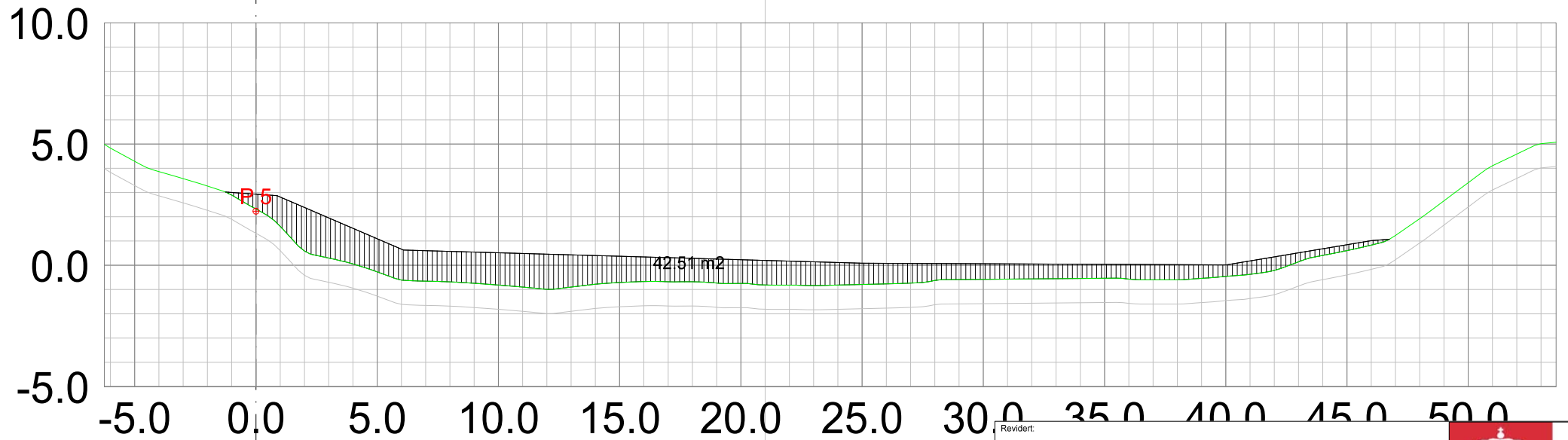
Anleggsveien stopper ved brufundament.


For å komme til oppstrøms gml. brua foreslås å forsterke eksisterende vei for å komme til på oppstrøms side. Man vil også legge så mye stein under bruprofilet som mulig fra nedstrøms side.

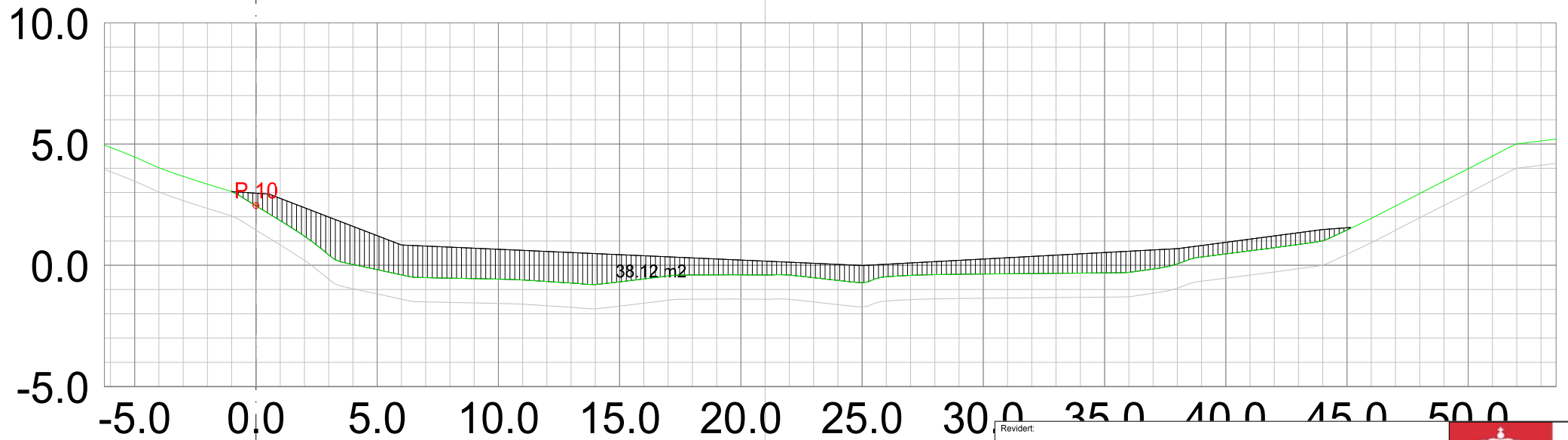





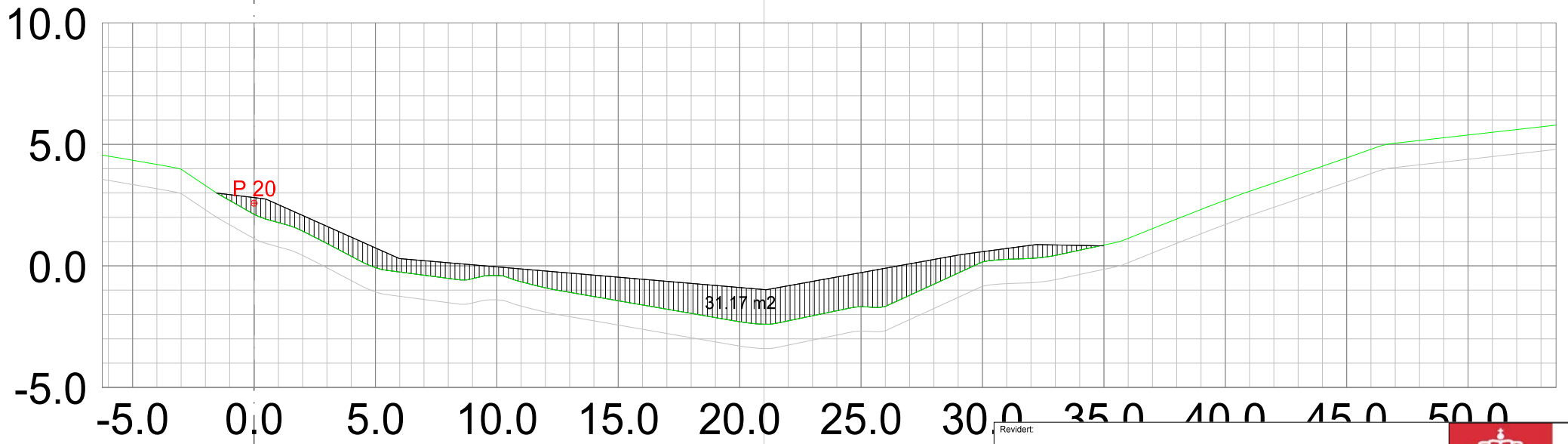
Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				330
Tverrprofil P0-P280_okt2016				
Kommune:		Vassdragsnr.:	Vedlegg:	
Fylke:				




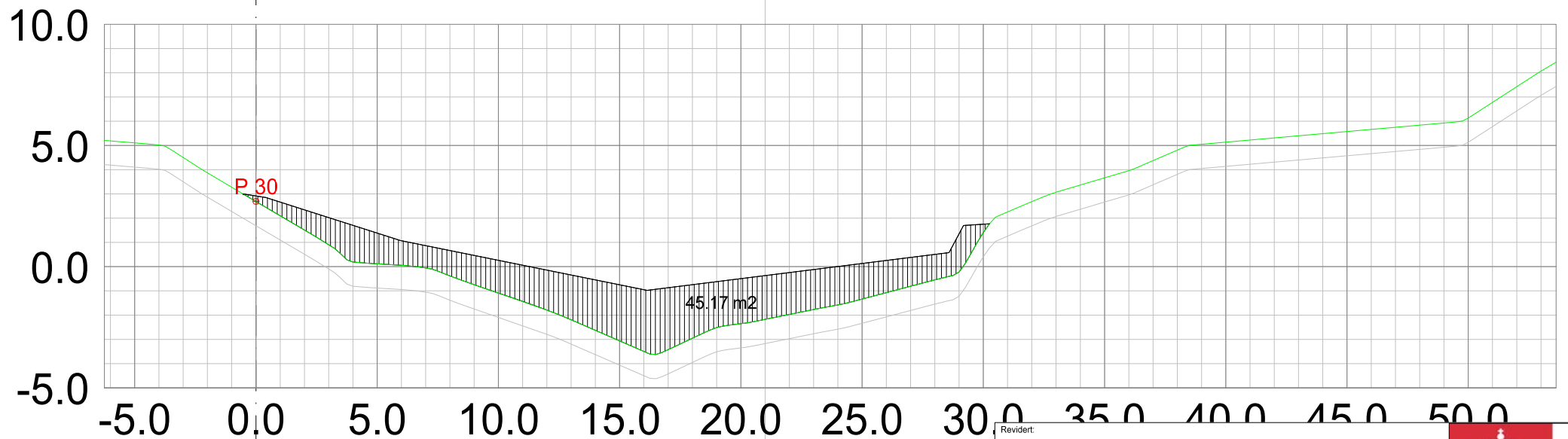
Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:			Vassdragsnr.:	Vedlegg:
Fylke:				




Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:			Vassdragsnr.:	Vedlegg:
Fylke:				

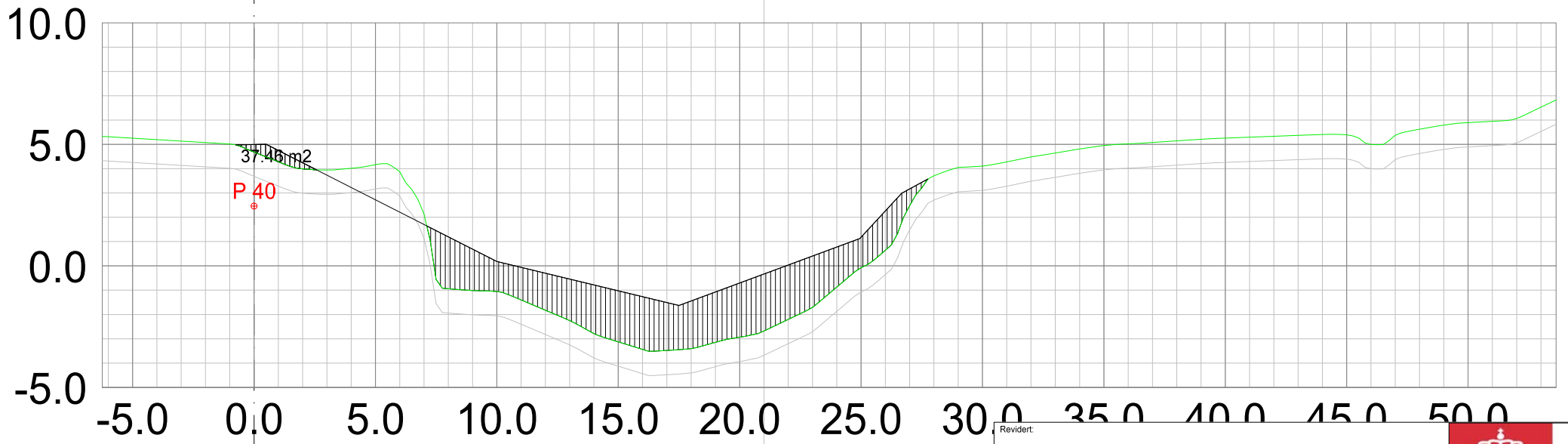



Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:			Vassdragsnr.:	Vedlegg:
Fylke:				

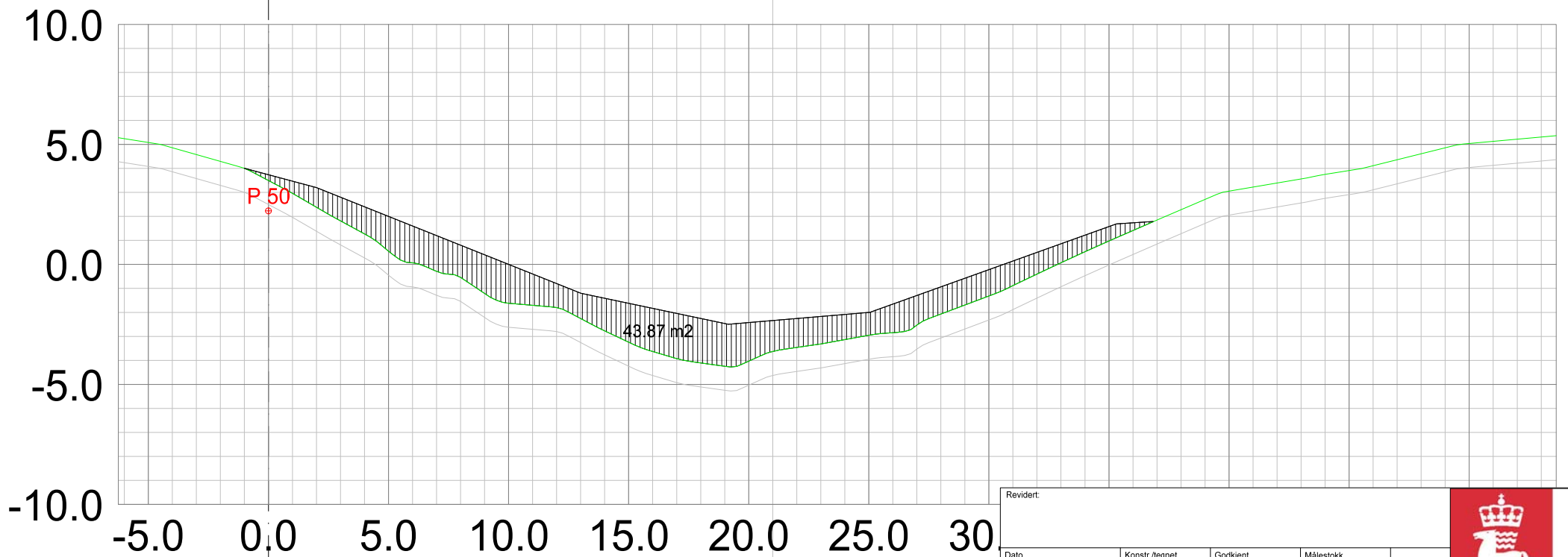



Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:			Vassdragsnr.:	Vedlegg:
Fylke:				

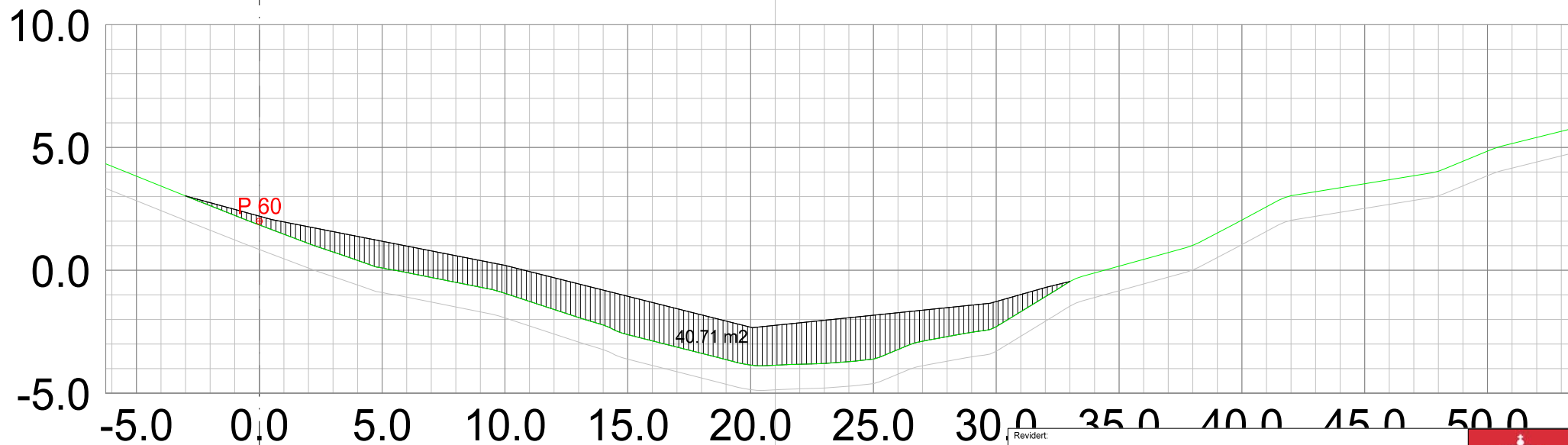





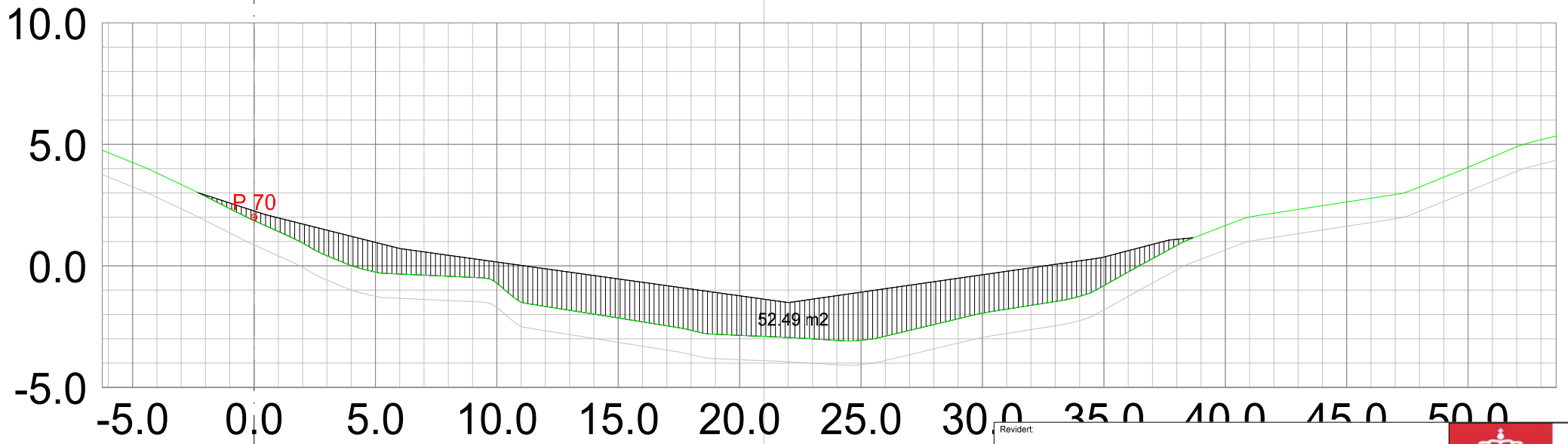
Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:			Vassdragsnr.:	Vedlegg:
Fylke:				




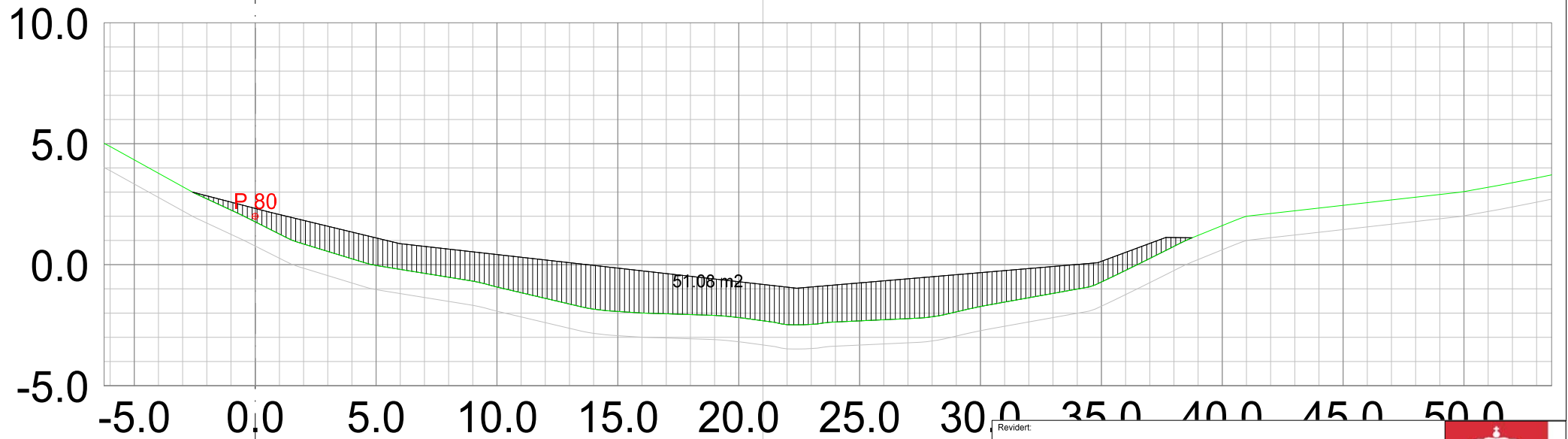
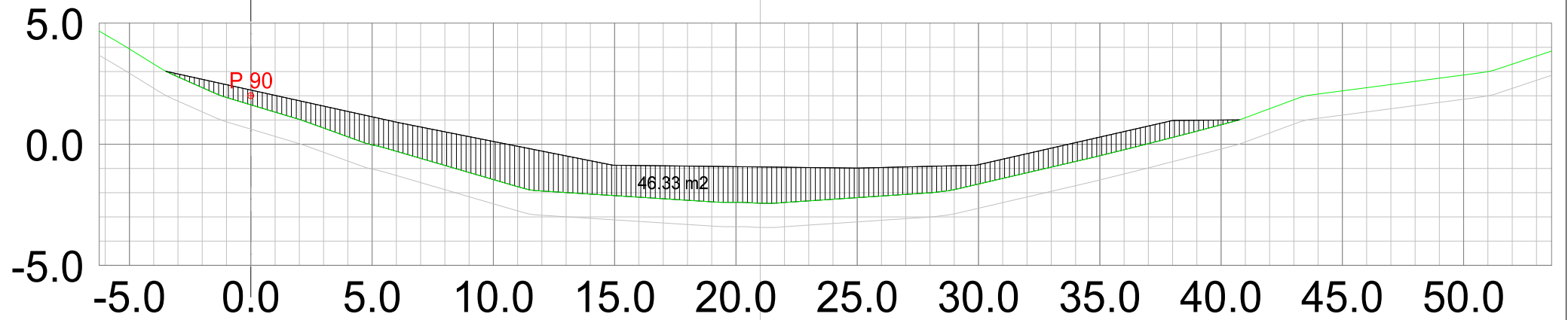
Revidert:				
Dato	Konstr./egnet	Godkjent	Målestokk	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:		Vassdragsnr.:	Vedlegg:	
Fylke:				




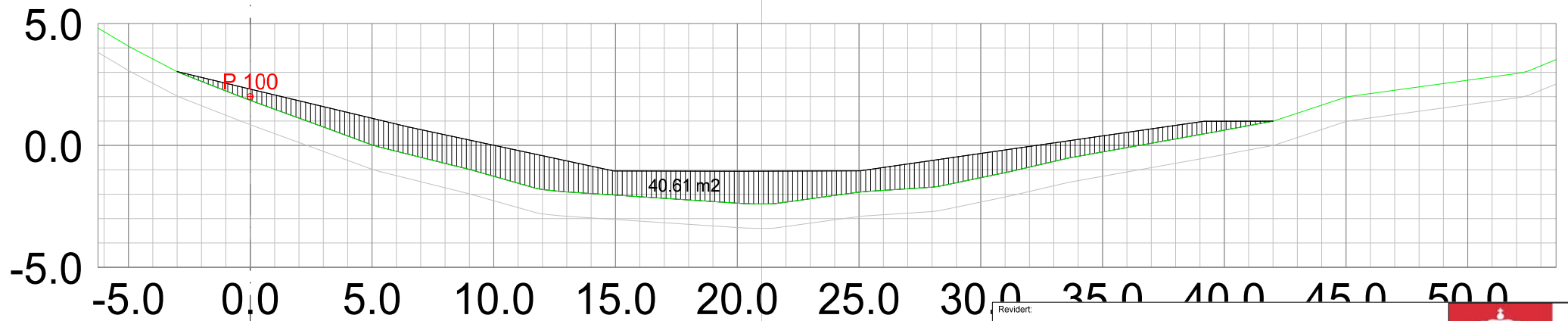
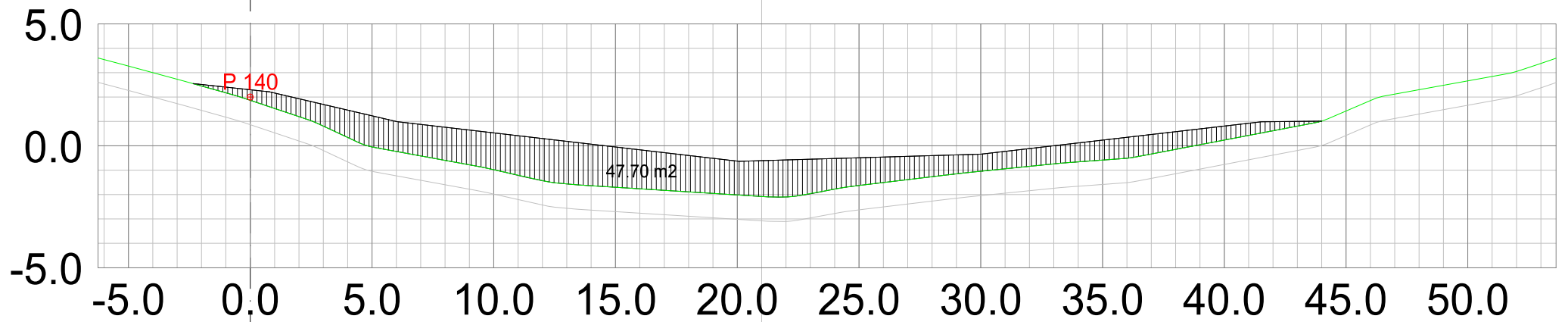
Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:			Vassdragsnr.:	Vedlegg:
Fylke:				




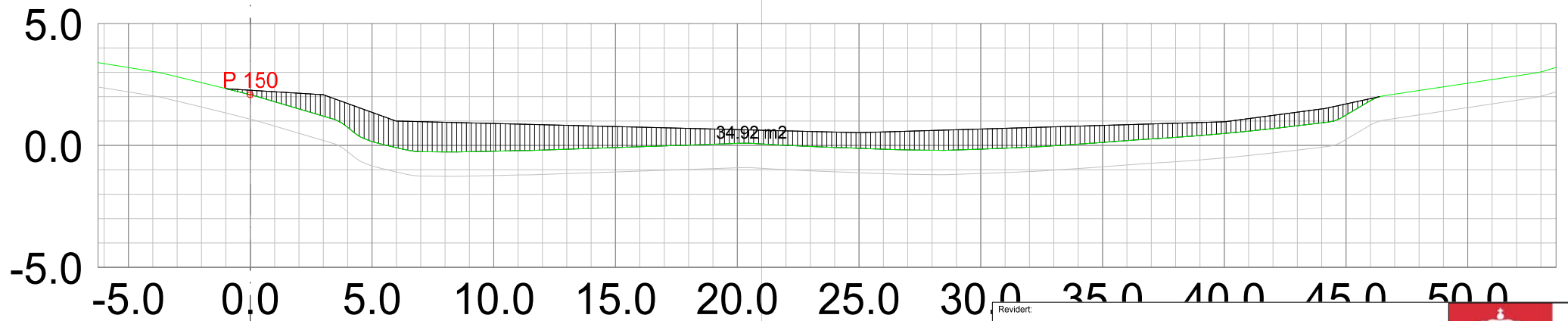
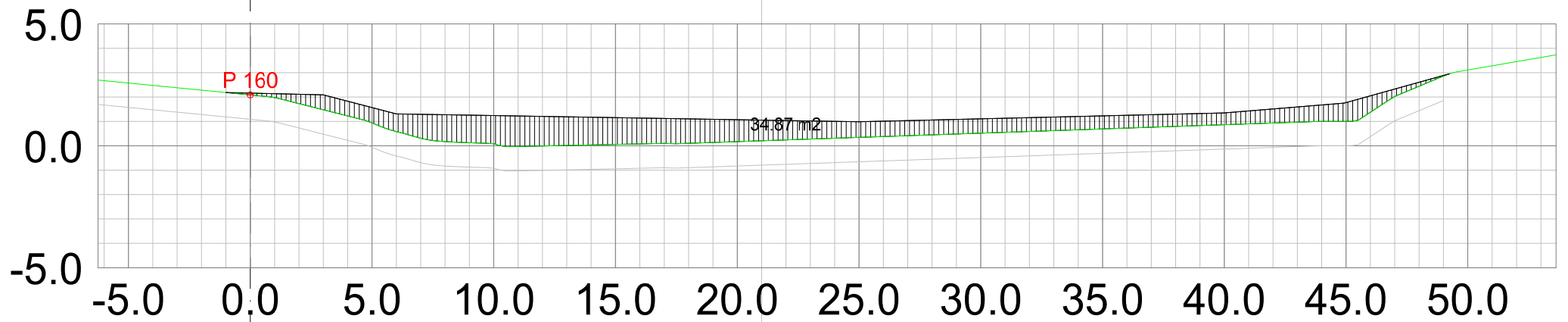
Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:			Vassdragsnr.:	Vedlegg:
Fylke:				




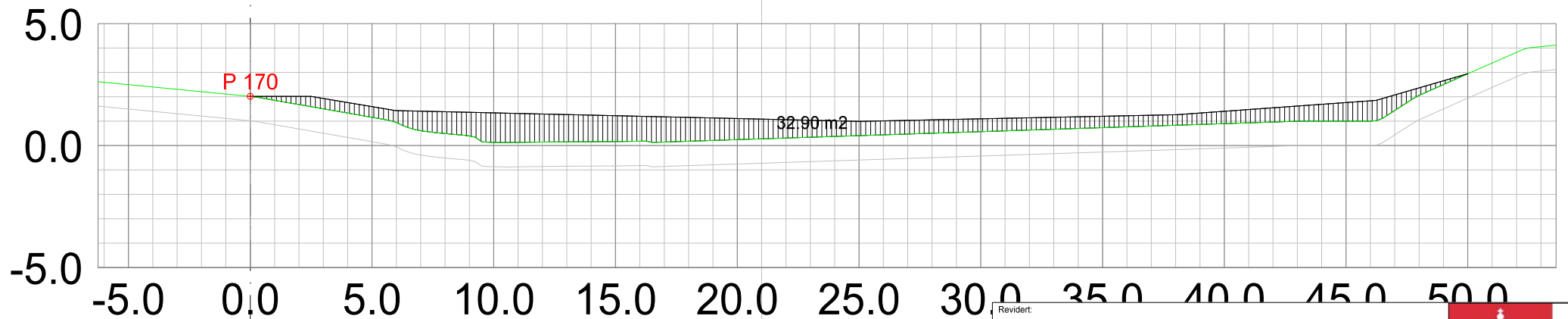
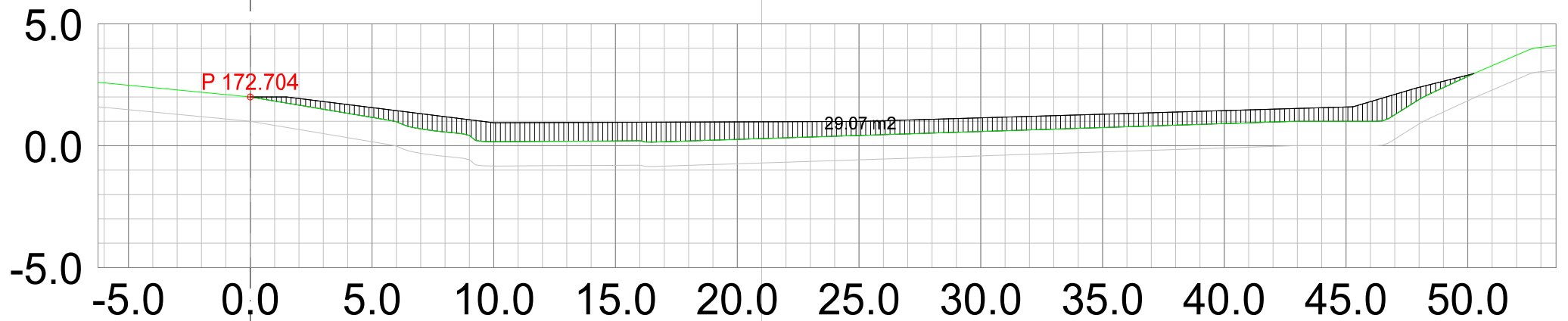
Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:			Vassdragsnr.:	Vedlegg:
Fylke:				




Revidert:				 <b>NVE</b>
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:		Vassdragsnr.:	Vedlegg:	
Fylke:				

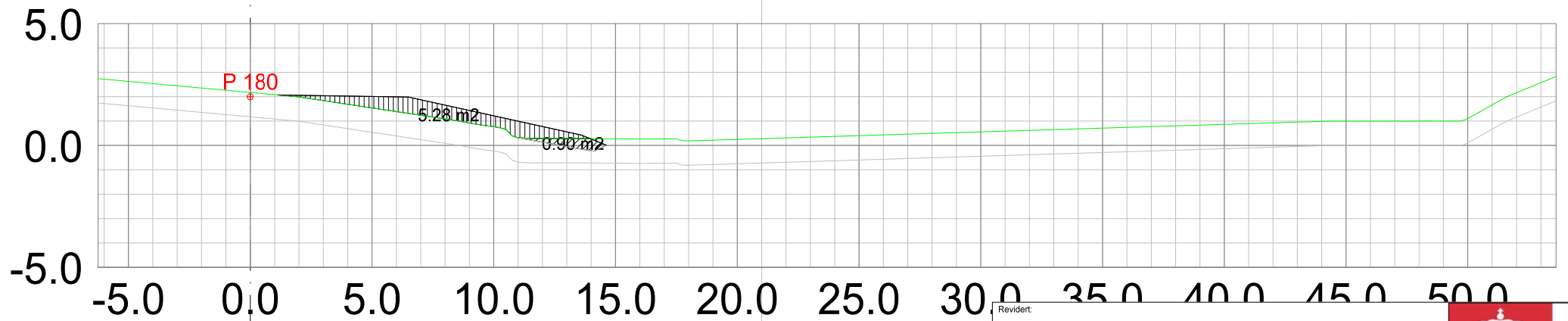
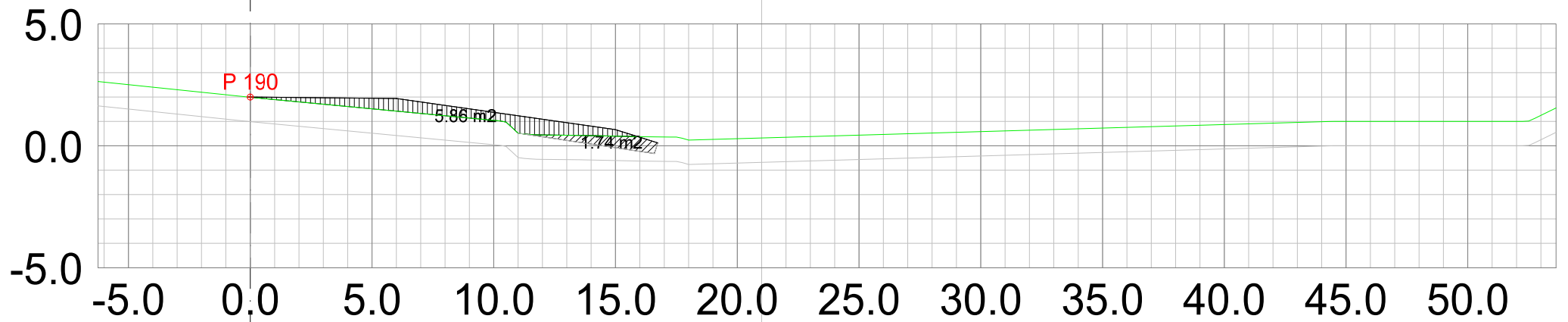



Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				330
Tverrprofil P0-P280_okt2016				
Kommune:		Vassdragsnr.:	Vedlegg:	
Fylke:				

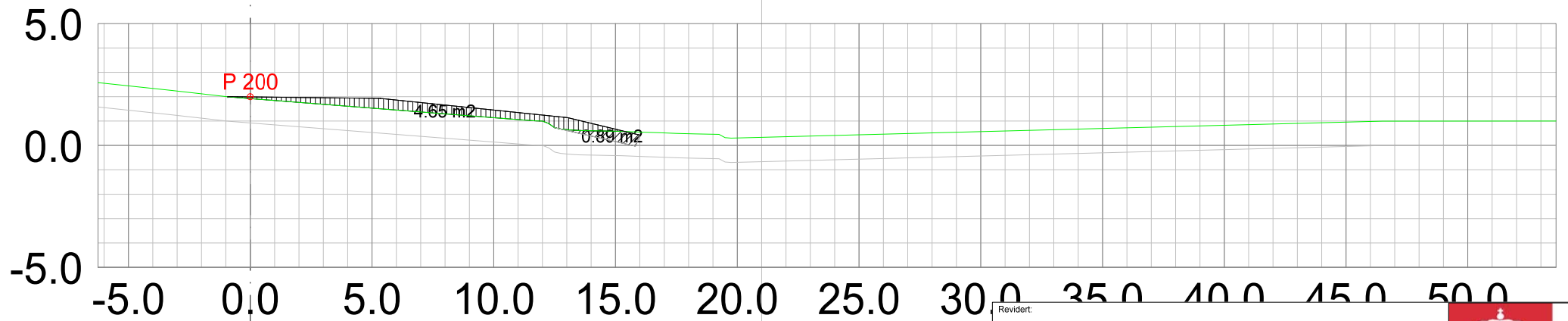
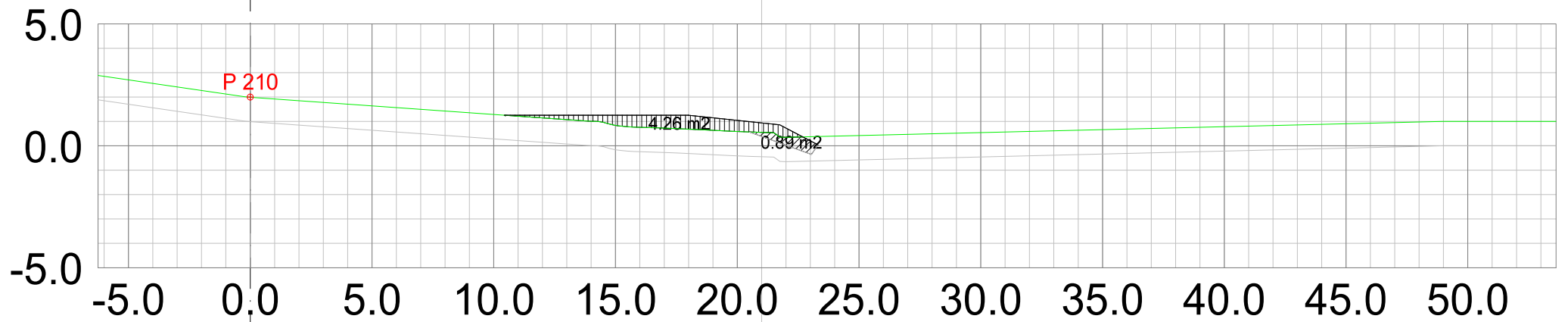



Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				330
Tverrprofil P0-P280_okt2016				
Kommune:		Vassdragsnr.:	Vedlegg:	
Fylke:				

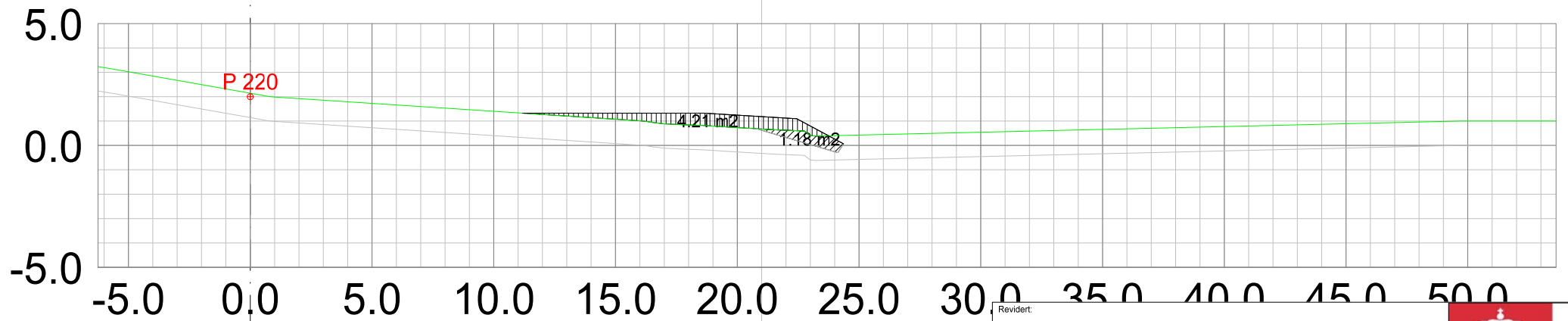
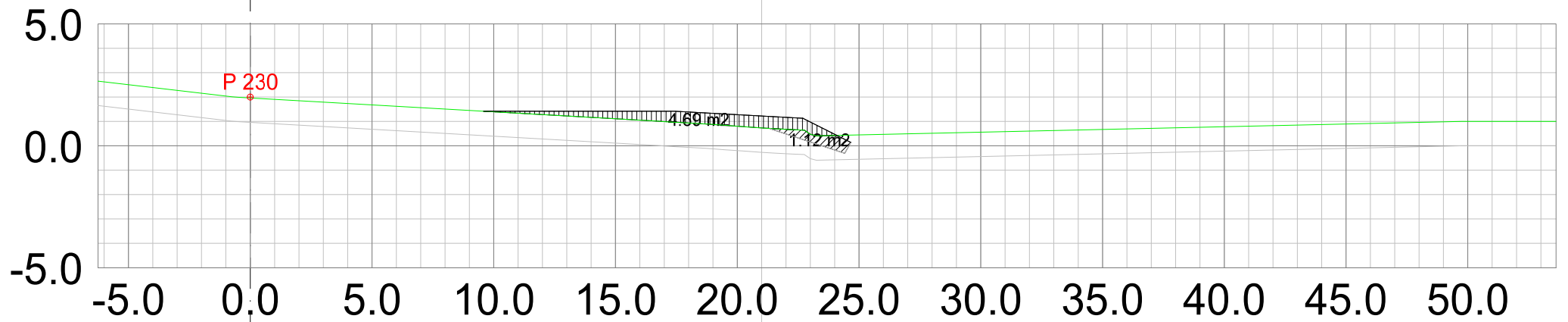





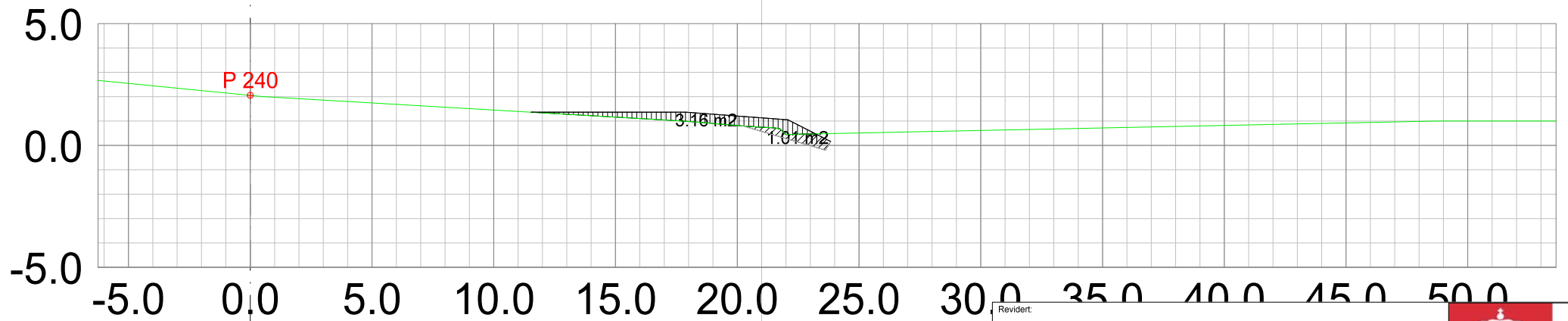
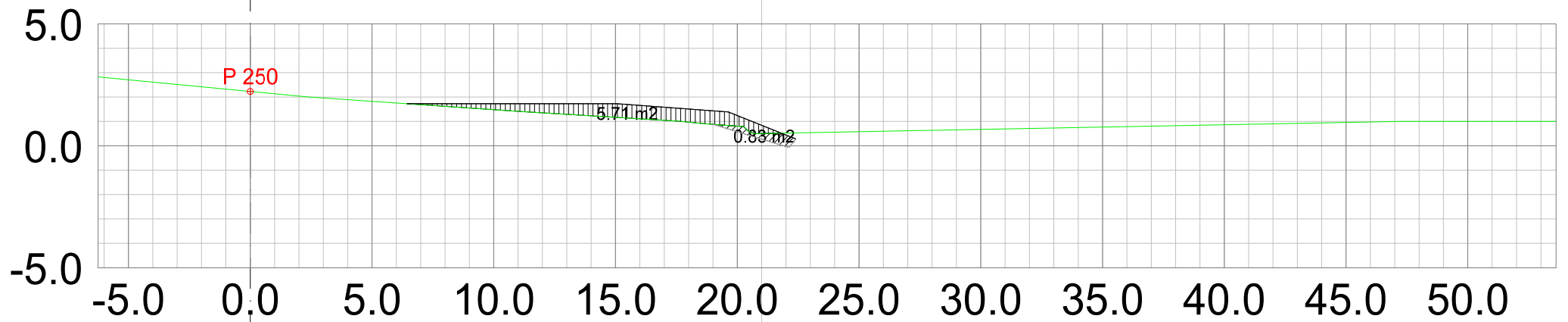
Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:		Vassdragsnr.:	Vedlegg:	
Fylke:				




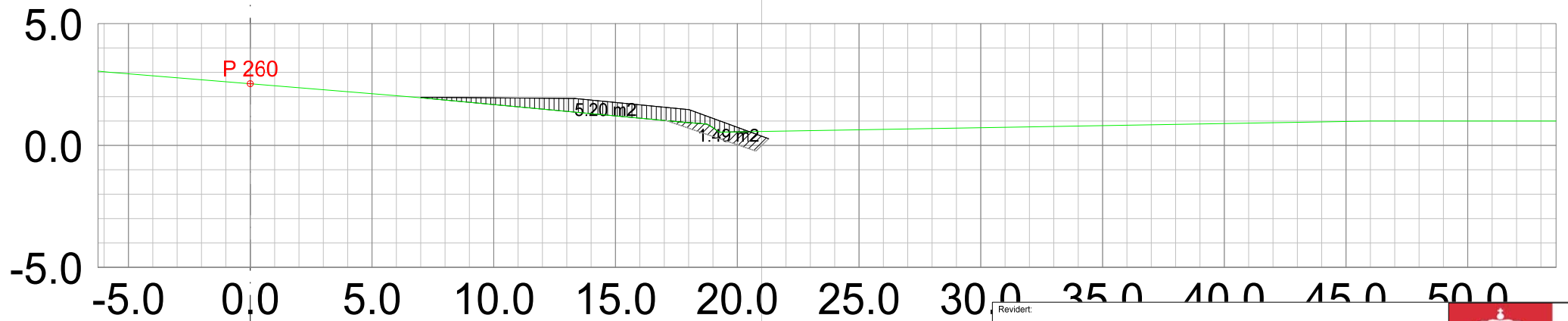
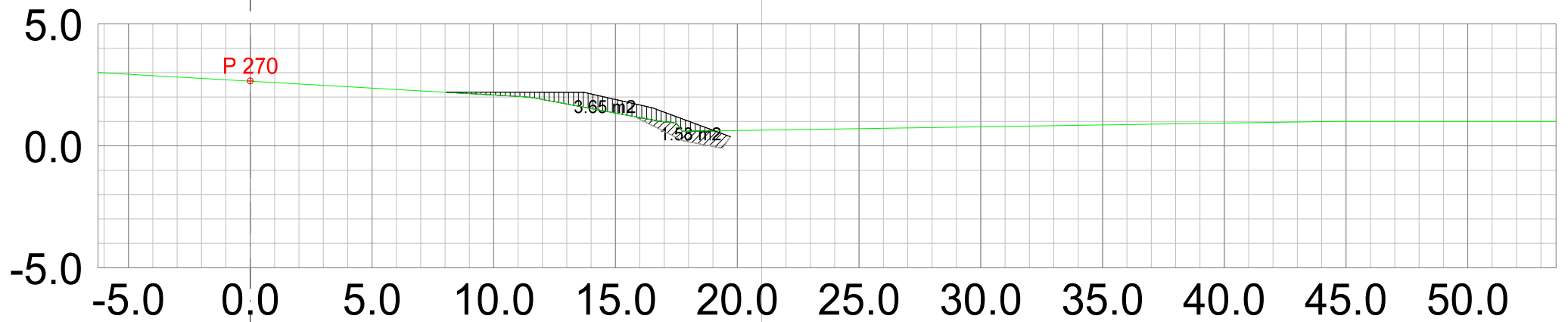
Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:		Vassdragsnr.:	Vedlegg:	
Fylke:				




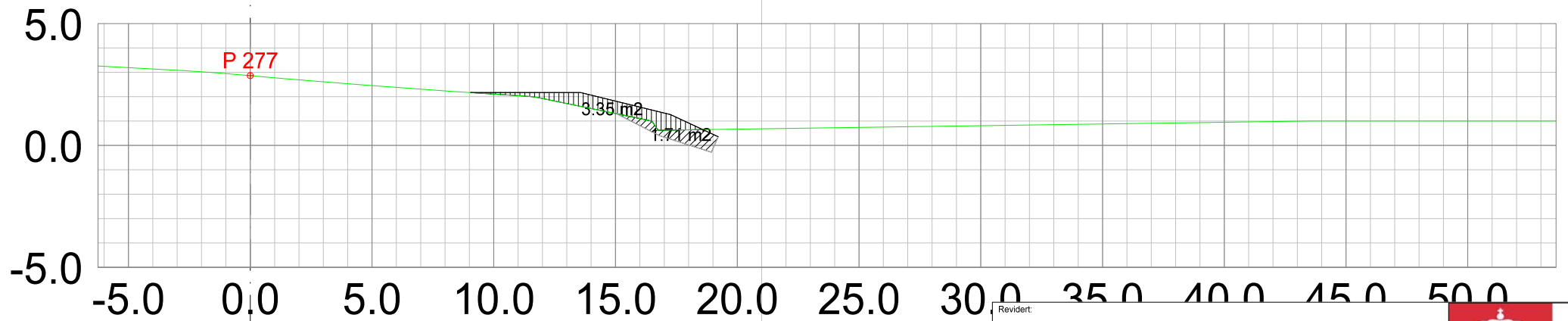
Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:			Vassdragsnr.:	Vedlegg:
Fylke:				





Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:		Vassdragsnr.:	Vedlegg:	
Fylke:				



Revidert:				
Dato:	Konstr./egnet:	Godkjent:	Målestokk:	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:		Vassdragsnr.:	Vedlegg:	
Fylke:				



Revidert:				
Dato	Konstr./egnet	Godkjent	Målestokk	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_okt2016				330
Kommune:		Vassdragsnr.:	Vedlegg:	
Fylke:				

Revidert:				
Dato	Konstr./egnet	Godkjent	Målestokk	
16.01.2017	Geir B. Hagen	Mads Johnsen	1:250	
Inngrepsnr.:				
Tverrprofil P0-P280_akt2016				330
Kommune:		Vassdragsnr.:		Vedlegg:
Fylke:				

## Internt notat

---

Til:

---

Fra: Kjartan Orvedal

Sign.:

---

Ansvarlig: Eli Katrina Øydvin

Sign.:

---

Dato: 30.03.2016

---

Saksnr.: NVE 201107286

---

Arkiv: 412/027

---

Kopi:

---

## Dokumentasjon av hydrauliske beregninger i Norddalselva – Åfjorden kommune

### Sammendrag

Det er utført hydrauliske beregninger for Norddalselva i Åfjord kommune fra utløpet i fjorden til elvekrysset ved fotballbanen, en strekning på 0.5km. Beregningene er en kontroll av at de prosjekterte sikringstiltakene for Norddalselva ikke forverrer flomsituasjonen vesentlig for store flommer. Det er benyttet det numeriske hydraulikkprogrammet Hec-Ras v 5.0, som er utviklet av U.S. Army. For at beregningene skal stemme ved en fremtidig flomhendelse, er det en forutsetning at en ikke har vesentlig massetransport/erosjon i vassdraget og sikringstiltakene blir utført slik de er prosjektert.

Per Ludvig Bjerke har utført en flomberegning og beregnet 200årsflommen til 415m<sup>3</sup>/s. Effekten av klimafremskrivninger er 20% økning i flomvannføringer frem mot år 2100.

Beregningene viser at de prosjekterte sikringstiltakene vil medføre at vannstanden øker med 15cm til 30cm oppstrøms innsnevringen ved den nederste broen for henholdsvis en 200årsflom og en 1000årsflom med klimapåslag. Det er ikke lagt inn miljøltiltak i beregningene. Eksempel på miljøltiltak er store steiner eller trestammer, som forbedrer forholdene for fisk i elva.

Usikkerheten ved bruer er større enn for resten av beregningene. Bruene på strekningen er ikke modellert. Dette representerer et vesentlig usikkerhetsmoment.

### Generelt om vannlinjeberegninger

Hec-Ras er et dataprogram som er utviklet av U.S. Army som benytter energimetoden eller momentmetoden for å beregne vannlinjen fra et tverrsnitt til det neste. Modellen beregner vannlinjen ved hjelp av energimetoden der det er en gradvis varierende vannlinje. Dersom vannlinjen går gjennom kritisk, eller varierer brått, som ved et vannstandssprang eller i et brutverrsnitt, vil momentmetoden benyttes. Samme vannmengde kan strømme *rolig* eller *strykende*, med to forskjellige vanddyp avhengig av bunnhelning og forholdene oppstrøms og nedstrøms, avhengig av energiforholdene. Rolig strømning kalles også underkritisk, mens strykende strømning kalles overkritisk. Ved en overgang mellom disse to situasjonene sier vi gjerne at ”dybden går gjennom kritisk.” Dersom vannlinjen går gjennom kritisk vil modellen bytte til momentmetoden, som benytter seg av kraftbalanse og kontinuitet mellom to tverrsnitt. I likhet med energimetoden tas det utgangspunkt i at dybden i et tverrsnitt er kjent.



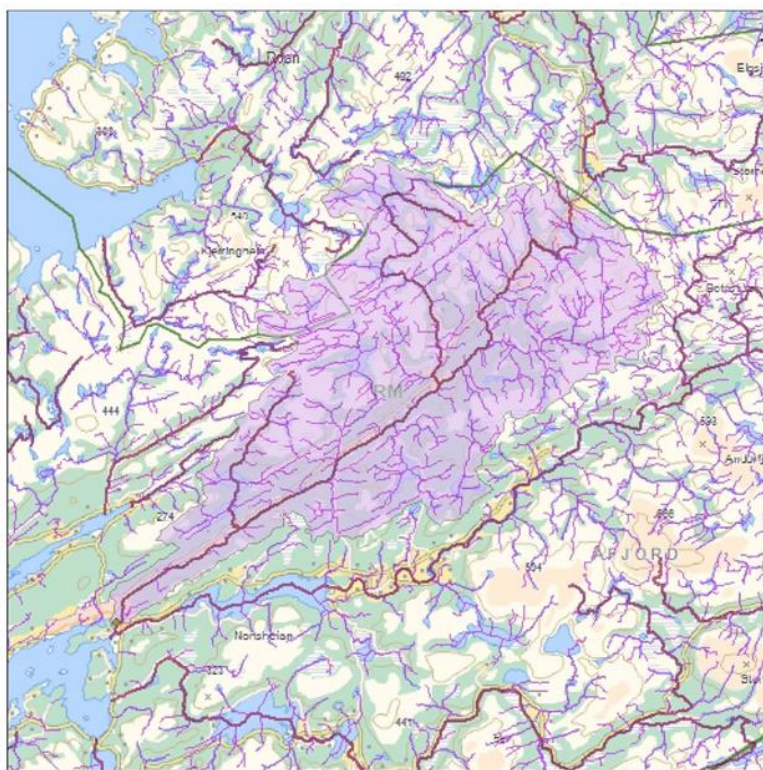
Modellen beregner en endimensjonal og stasjonær strømningstilstand. Nødvendige inngangsdata er tverrprofilgeometri, ruhet og vannføring. Ruheten beskrives ved Manning's n-tall, der lave n-verdier representerer lavest ruhet.

## Hydrologi

Flomberegningen er dokumentert i *Flomberegning for Norddalselva, Åffjord*<sup>1</sup>.

Analysen baserer seg på analyse fra målestasjon 133.7 Krinsvatn, 135.1 Stordalsvatn, 138.1 Øyungen og på tidligere flomberegninger for Lauvsnes<sup>2</sup>, Fosen<sup>3</sup> og Arnevikselva<sup>4</sup>.

Feltet som drenerer til Norddalselva er på 145 km<sup>2</sup>. Dette er frembrakt ved hjelp av programmet Lavvann.



Figur 1: Norddalselva sitt nedbørsfelt.

Geografisk er det veldig nært beliggende til Krinsvatn og Arnevikselva og det må antas at nedbørforholdene er ganske lik som disse. Analysen viser at feltet er består av 46 % skog, 15 % myr, 0.3 % effektiv sjøprosent og 26 % snaufjell. Noen utvalgte data for de ulike feltene er gitt i

Tabell 1. Norddalselva er et kystvassdrag med markert snøsmelteperiode og sommer og vinter lavvann. Vassdraget kan ha flomepisoder hele året med markerte episoder fra januar til mars.

Tabell 1: Tabell som viser egenskaper for de ulike hydrologiske sammenligningsfelt sammen med 200 års døgnmiddelflommer.

Felt	Areal (km <sup>2</sup> )	Eff. sjø (%)	Høyde intervall (moh)	Snaufjell (%)	Q <sub>N</sub> (61-90) (l/sek*km <sup>2</sup> )	200 års døgnmiddelflom (l/sek*km <sup>2</sup> )
Krinsvatn	205	1.0	87 - 629	57	63	1670*
Øyungen	238	1.4	103 - 684	27	51	1514**
Arnevikselva	178	2.4	7 - 660	46	55	1432*
Lauvsnes	103	6.6	18 - 565	36	39	1330***
Norrdalselva	145	0.3	5 - 529	26.4	38	
Skjærbuvatn	148	0.7				1700****

\*Fra<sup>4</sup>. \*\*Fra<sup>2</sup>. \*\*\*Momentanverdi fra<sup>2</sup>. \*\*\*\*Fra<sup>3</sup>.

For å beregne avrenning fra Norrdalselva er det benyttet programmet Lavvann og den er funnet til å være 38 l/sek\*km<sup>2</sup>. Denne kan være usikker og det er i denne analysen valgt å se bort fra denne verdien på grunn av at Norrdalselva er veldig nær felt med kjent og betydelig større avrenning.



Figur 2 Kart som viser utvalgte felt der det er utført flomberegninger i nærheten av Norrdalselva.

Flommen på Fosen i 2006 er analysert og funnet å være en 200 års flom for vassdragene Arnevikselva, Lauvsnes, Krinsvatn og Øyungen. Og ifølge rapportene NVE 8/2006 og NVE 3/2006, har Lauvsnes og Arnevikselva et noe lavere spesifikt avløp på grunn av noe ulik klimaeksponering og større selvregulering, enn Øyungen og Krinsvatn.

Ved å sammenligne feltenes egenskaper og bruke resultater fra de tidligere flomberegningene, er 200års spesifikke døgnmiddelverdi funnet å være 1700 l/sek\*km<sup>2</sup> for Norddalselva. Dette er grunnet i et areal likt med Skjærbufvatn nær beliggenhet til Krinsvatn. Når det gjelder de andre flomstørrelser er det valgt å bruke frekvensfaktorer som for Krinsvatn som er basert på 90 år med data.

Tabell 2 Tabell med frekvensfaktorer som er satt lik de for Krinsvatn. Analysen er basert på data fra Krinsvatn for perioden 1916 til 2006 og fordelingsfunksjon GEV.

Felt	Q <sub>10</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>50</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>100</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>500</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>1000</sub> /Q <sub>M</sub>
Norrdalselva	1.43	1.98	2.25	2.55	2.97	3.33

For å finne kulminasjonsverdiene benyttes formel fra Sælthun 1997 og bruker middelerdien derfra som er funnet å være 1.4, se tabell 3 for beregning.

Tabell 3 Beregning av kulminasjonsverdier etter formel fra Sælthun (1997).

Areal area_total	Sjø% (As)	Eff.sjø% (Ase)	Vårflom	Høstflom	Middel vår og høst
km <sup>2</sup>	%	%	Q <sub>mom</sub> /Q <sub>mid</sub>	Q <sub>mom</sub> /Q <sub>mid</sub>	Q <sub>mom</sub> /Q <sub>mid</sub>
145	4.6	0.3	1.28	1.52	1.40

### Flomverdier i et forventet fremtidig klima

Når det gjelder klimafremskriving er det fulgt anbefaling<sup>5</sup> og økt de beregnede flomverdiene med 20 %. Resultatet er gitt i tabell 4.

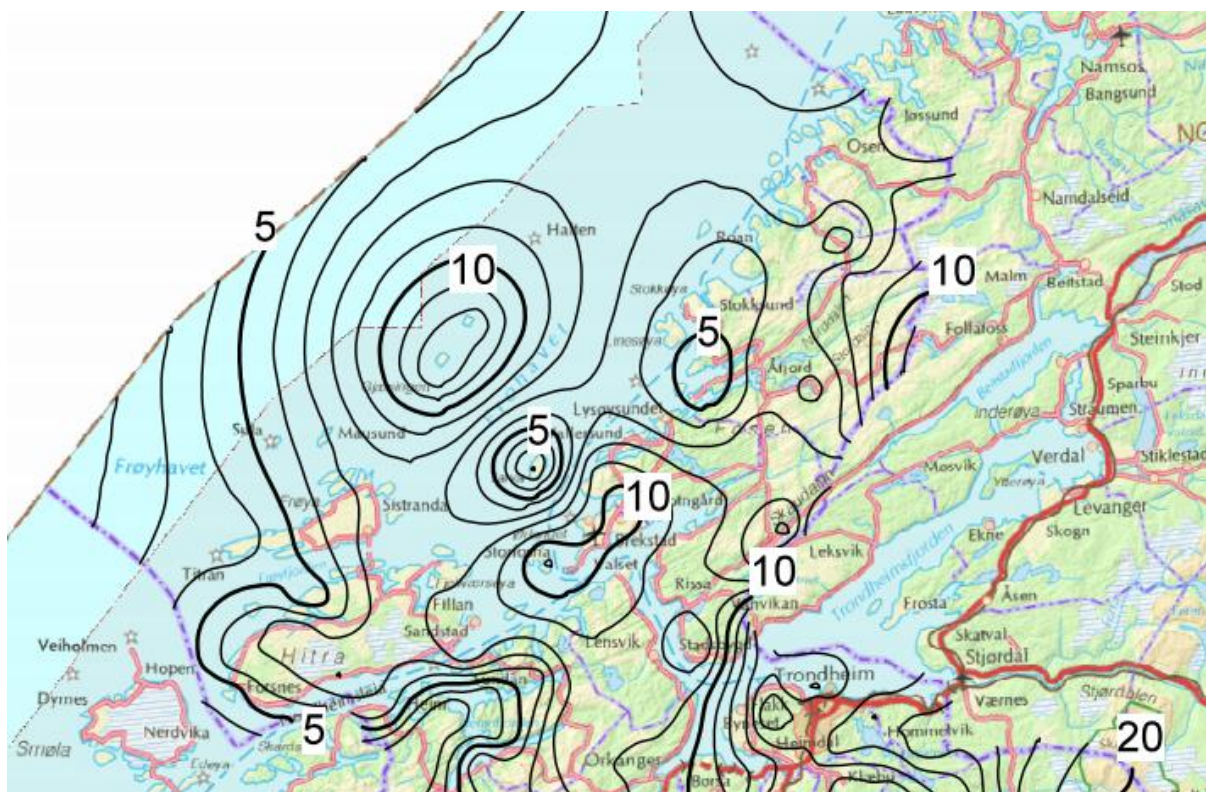
Tabell 4 Tabell som viser de beregnede kulminasjonsverdier for Norddalselva i Åffjord.

Felt	Q <sub>M</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>50</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>200</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>500</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>1000</sub> (m <sup>3</sup> /s)
Norrdalselva	<b>160</b>	<b>320</b>	<b>365</b>	<b>415</b>	<b>480</b>	<b>540</b>

### Topografiske data

Modellen er basert på topografiske data fra Gemini-modellen, som er utarbeidet for sikringsplanen. Alle topografiske data er oppgitt i NN2000. Terrengmodellen i er basert på laserdata fra Geovekst, som ble skannet i 2010 med 2 punkter pr m<sup>2</sup> oppløsning. I elven er det supplert med oppmålte tverrprofiler som ble innmålt med en differensiell Trimble GPS R8 med TSC2 målebok og CPOS.

For Norddalselva er forskjellen mellom NN1954 og NN2000 6cm ut fra Figur 3, dvs. at NN2000 er 6cm høyere enn NN1954.



Figur 3: Kart som viser avvik mellom NN1954 og NN2000. Alle høyder får et tillegg på mellom 1 og 13cm.  
Kilde: [www.affjord.kommune.no](http://www.affjord.kommune.no)<sup>6</sup> og [www.kartverket.no](http://www.kartverket.no)<sup>7</sup>

### Kalibreringsdata

For å kalibrere en hydraulisk modell, trenger en sammenhørende verdier for vannstand og vannføring. Data for vannstand kan ofte måles like etter store flommer, mens vannføringen som oftest estimeres ut fra en målestasjon i den aktuelle elva eller i nærliggende nedbørsfelt.

For Norddalselva er det ikke så aktuelt med kalibreringsdata, da modellen er satt opp for å beregne endring fra nå situasjonen til situasjonen etter at sikringstiltaket er på plass.

### Ruhet

Ruheten på flomslettene vil også kunne variere gjennom året avhengig av vegetasjonen. Likeså vil ruheten/energitapet kunne avta med økende vannstand. I modellen for Norddalselva er ruheten er satt ut fra erfaringsdata fra litteraturen og tilsvarende elver.

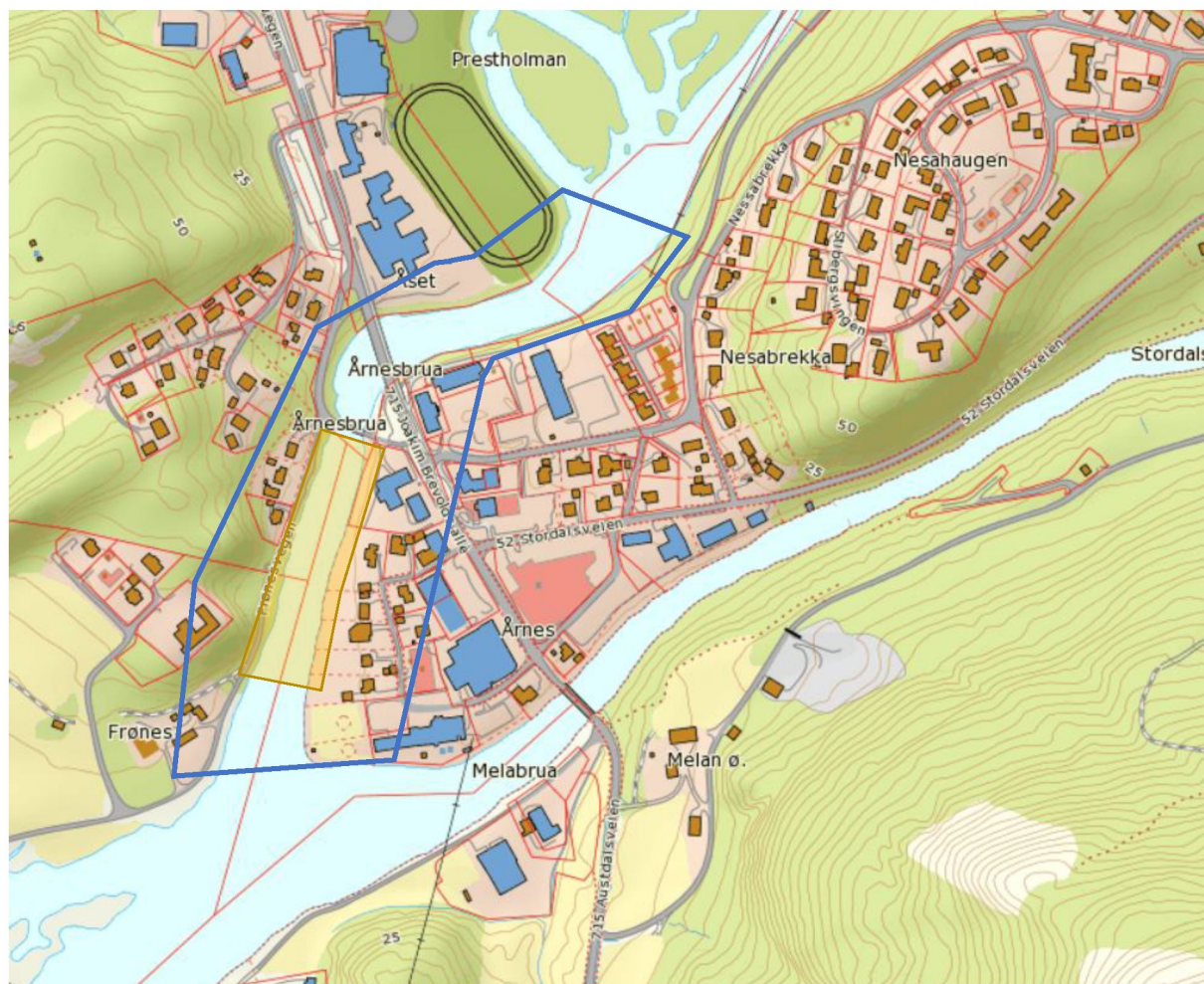
Avgrensningen av elveløpet og elveslettene fastsettes ved bruk av ”bank stations”. I dette prosjektet er plasseringen av disse vurdert for hvert enkelt tverrprofil på bakgrunn av profilutformingen.

### Ekstremvannstander i sjøen (stormflo)

Nedre grensebetingelse for vannlinjeberegningene er normalt 1-årsstormflo. I dette prosjektet var ikke stormfloverdier tilgjengelig på SeHavnivå.no, og det er derfor benyttet HAT på 1.40m (NN2000), som nedre grensebetingelse for Norddalselva.

## Modellavgrensning

Området som modelleres er større enn strekningen med prosjekterte tiltak, da tiltaket kan ha innvirkning på vannstanden oppstrøms og nedstrøms.



Figur 4: Oversikt over modellavgrensningen. Området markert med gult er strekningen der sikringstiltaket er planlagt, mens det blå linjen avgrensner strekningen som er modellert.

## Resultat

Modellen viser at det prosjekterte tiltaket vil ha svært liten innvirkning på flomforholdene i nedre del av Norddalselva.

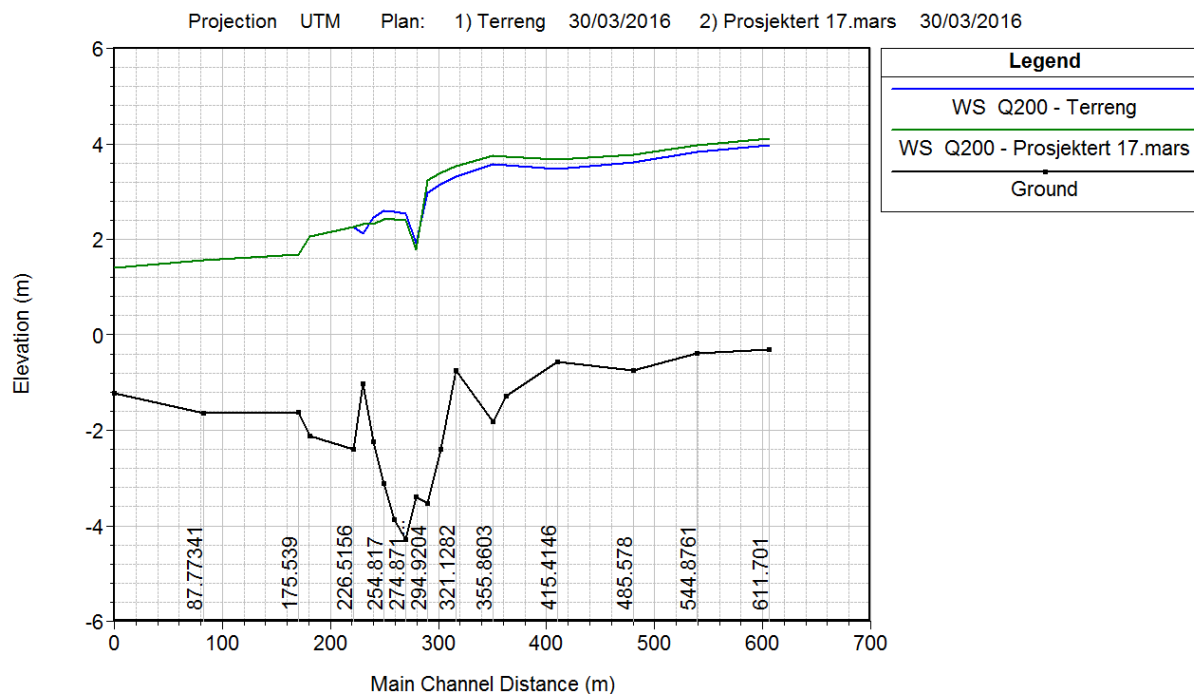
## Kalibrering

Modellen er ikke kalibrert.

## Hydrauliske konstruksjoner

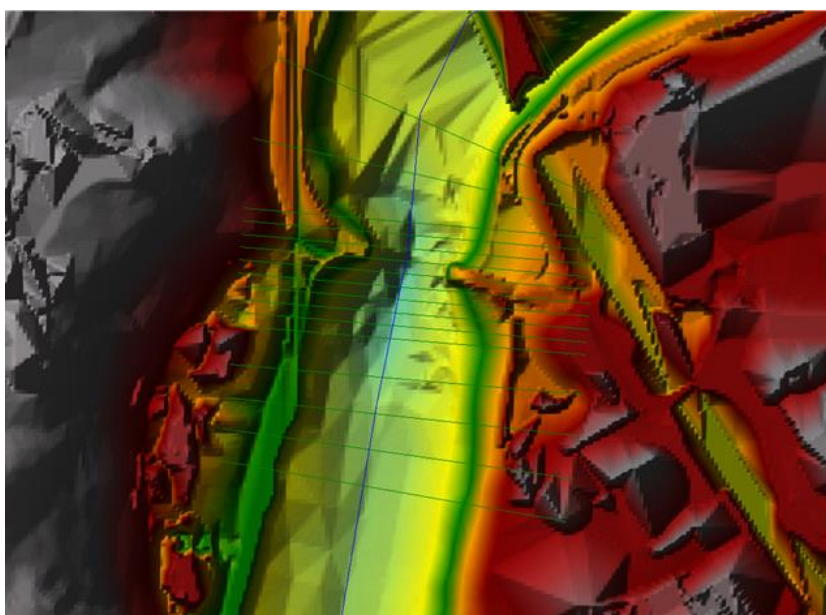
Det er 2 bruer på den modellerte strekningen. Disse er ikke modellert.

## Vannlinje



Figur 5: Lengdeprofil av Norddalselva før og etter prosjektert tiltak. En ser at en får en vannstandsøkning oppstrøms profil ca. 294. Vannstandene er henholdsvis 15cm og 30cm høyere oppstrøms profil 294 for 200årsflommen og 1000årsflommen med klimapåslag.

Oppstuvingen skyldes innsnevringen ved brufundamentene nederst i Norddalselva, se Figur 6.



Figur 6: Brufundamenter nederst i Norddalselva som medfører oppstuvning oppstrøms ved flom.

Tabell 4: Beregnede vannstander for ulike flommer med dagens situasjon. Høyden er oppgitt i NN2000.

Opprinnelig terreng						
Profil	QM	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
5.36	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
87.77	1.42	1.49	1.52	1.56	1.64	1.72
175.54	1.44	1.56	1.61	1.68	1.78	1.96
186.50	1.47	1.75	1.89	2.07	2.34	2.58
226.52	1.52	1.90	2.06	2.26	2.53	2.78
235.86	1.53	1.96	2.13	2.33	2.60	2.84
245.23	1.53	1.96	2.12	2.32	2.58	2.81
254.82	1.56	2.03	2.21	2.41	2.69	2.93
264.84	1.57	2.05	2.22	2.43	2.70	2.94
274.87	1.56	2.03	2.19	2.39	2.65	2.88
284.90	1.41	1.22	1.47	1.78	2.18	2.50
294.92	1.55	2.34	2.78	3.24	3.81	4.33
307.14	1.55	2.43	2.91	3.40	4.00	4.53
321.13	1.58	2.58	3.05	3.54	4.13	4.65
355.86	1.77	2.85	3.29	3.76	4.33	4.84
368.25	1.76	2.84	3.28	3.74	4.32	4.83
415.41	1.72	2.75	3.20	3.66	4.24	4.76
485.58	1.89	2.93	3.34	3.78	4.37	4.86
544.88	2.03	3.15	3.54	3.97	4.53	5.00
611.70	2.11	3.28	3.68	4.11	4.67	5.14

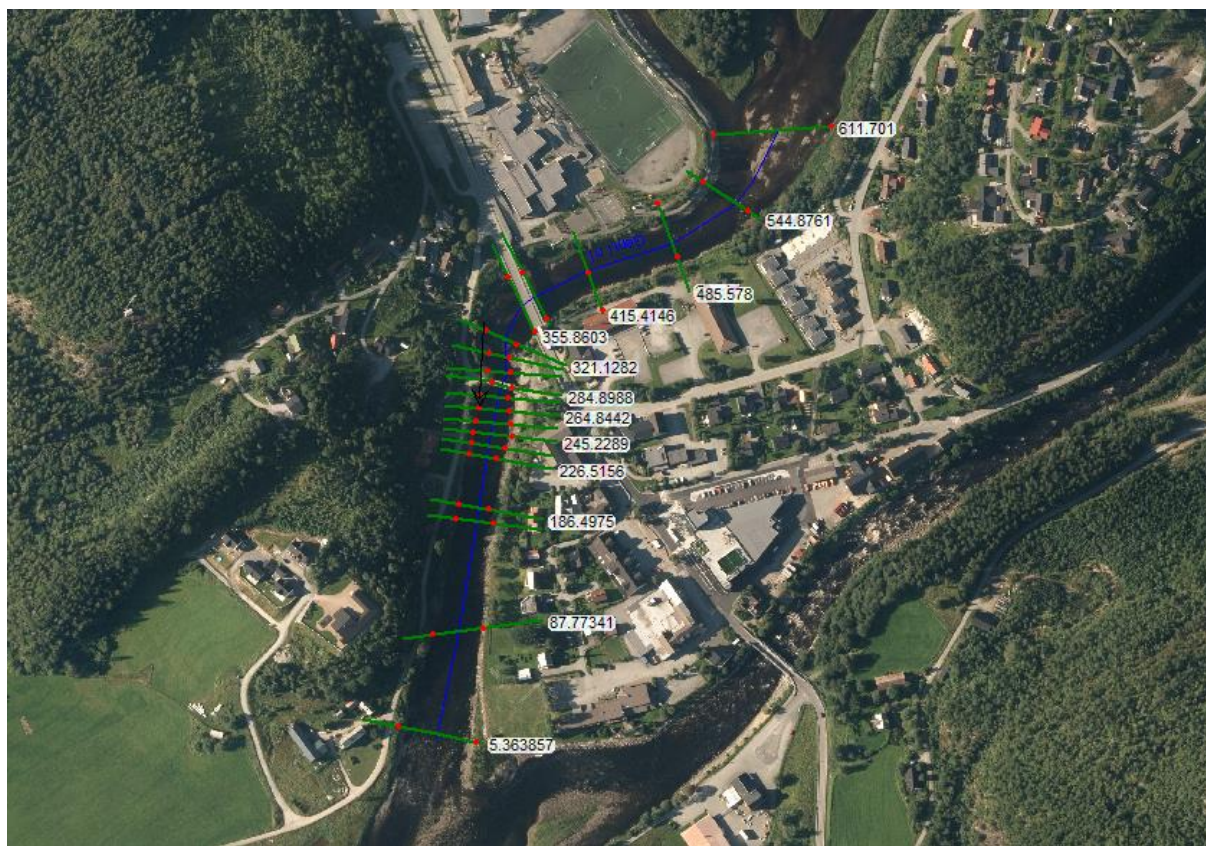


Tabell 5: Beregnede vannstander for ulike flommer med prosjektert tiltak. Høydene er oppgitt i NN2000.

Prosjektert 17.mars						
Profil	QM	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
5.4	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
87.8	1.42	1.49	1.52	1.56	1.64	1.72
175.5	1.44	1.56	1.61	1.68	1.78	1.96
186.5	1.47	1.75	1.89	2.07	2.34	2.58
226.5	1.52	1.90	2.06	2.26	2.53	2.78
235.9	1.53	1.96	2.13	2.33	2.60	2.84
245.2	1.53	1.96	2.12	2.32	2.58	2.81
254.8	1.56	2.03	2.21	2.41	2.69	2.93
264.8	1.57	2.05	2.22	2.43	2.70	2.94
274.9	1.56	2.03	2.19	2.39	2.65	2.88
284.9	1.41	1.22	1.47	1.78	2.18	2.50
294.9	1.55	2.34	2.78	3.24	3.81	4.33
307.1	1.55	2.43	2.91	3.40	4.00	4.53
321.1	1.58	2.58	3.05	3.54	4.13	4.65
355.9	1.77	2.85	3.29	3.76	4.33	4.84
368.3	1.76	2.84	3.28	3.74	4.32	4.83
415.4	1.72	2.75	3.20	3.66	4.24	4.76
485.6	1.89	2.93	3.34	3.78	4.37	4.86
544.9	2.03	3.15	3.54	3.97	4.53	5.00
611.7	2.11	3.28	3.68	4.11	4.67	5.14

### Kontroll av sikringstiltak

Strekningen fra fjorden og opp til Årnesbrua er prosjektert i Gemini. Det prosjekterte tiltaket er eksportert fra Gemini til ArcGis 10.2 som en dxf-fil. Denne filen er brukt for å lage en terrengmodell i ArcGis, som er grunnlaget for høydene som Hec-GeoRas henter inn i modellens tverrprofil. Totalt er 14 tverrprofiler hentet ut på strekningen.



Figur 7: Oversikt over modellen med tverrprofiler. Alle grønne linjer er tverrprofiler, mens de grønne punktene er oppmålte punkter.

Modellen er laget med en geometri som er basert på det prosjekterte tiltaket i Gemini som ble eksportert 17.mars 2016 og en geometri basert på terrenget slik det er i dag.

Kontroll av Froude-tallet viser at antagelsen om at det er underkritisk strømning og at nedstrøms forhold bestemmer er beholdt, selv om vannstanden ved innsnevringen er kritisk.

## Usikkerhet

### Hydrologiske data

Det er en hel del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier.

Vannføringskurven er basert på observasjoner av vannstander og tilhørende målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ofte ikke utført på store flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert forhold mellom vannstander og vannføringer, dvs. også observerte flomvannføringer inneholder en stor grad av usikkerhet. Det er også usikkerheter knyttet til omregning fra døgn- til kulminasjonsvannføringer og ved valg av flomfrekvensfordeling.

Det er alltid betydelig usikkerhet knyttet til hydrologiske analyser, selv der en har lange tidsserier. På tross av dette må datagrunnlaget for flomberegningen kan klassifiseres som godt, med en inndeling fra godt, middels og til dårlig.

## Vannlinjen

Falltapene som er representert med ruhetsverdier er basert på erfaringstall fra faglitteraturen. n-verdiene i modellen er brukt for å representere falltap, som inkluderer andre forhold enn ruhet, og at en ikke alltid har strømning som lar seg beskrive med en 1D-vannlinjemodell. Dette gjelder spesielt rundt konstruksjoner i vassdraget som bruer.

*Avvik fra beregnet vannstand og registrert vannstand kan skyldes mange forhold:*

- stor avstand mellom profilene gjør det vanskelig å fange opp alle lokale forandringer i vertikal- og horisontalplanet -> i dette prosjektet er det lav profilavstand med største profilavstand på 300m.
- lokale hastighetsvariasjoner og variasjoner i energitap -> usikkerheten ved bruene er større enn for resten av beregningen
- sammenhengen mellom registrert vannstand og plassering i vannlinjemodellens lengdeprofil -> har god kontroll på kulminasjonsforløpet
- feil ved avmerking av høyde og/eller oppmåling av høydemerkene -> har god kontroll på innmålte flomhøyder
- feil effektiv avstand mellom profilene, i hovedløpet og på flomslettende -> feilkilde med liten betydning i dette prosjektet

Nøyaktighet i tverrprofiler, avstand mellom tverrprofiler, usikkerhet i estimat av ruhet (Manningtall) og helning på elva er blant de viktigste usikkerhetsfaktorene. Også beregning av vannstander nær kompliserte geometrier, gir økende usikkerhet. På bakgrunn av dette anslås usikkerheten i vannlinjeberegningene å ligge innenfor +/- 0.3 m.

## Referanser

---

<sup>1</sup> NVE notat *Flomberegning for Norddalselva, Åfjord*, Per Ludvig Bjerke (P101307603).

<sup>2</sup> NVE Rapport A 8/2006 Flomfrekvensanalyse for 137.7 Z Lauvsneselva

<sup>3</sup> Multiconsult 2011: Flomberegning Fosen

<sup>4</sup> NVE Rapport A 3/2006 Flommen i Arnevikselva vinteren 2006

<sup>5</sup> NVE 5/2011 Hydrological projections for flood in Norway under a future climate.

<sup>6</sup> <http://www.afjord.kommune.no/sitepageview.aspx?articleID=16334>, 09.06.2015.

<sup>7</sup> [http://kartverket.no/Documents/arkiv/kartkontor/trondheim/Fagomraader/Detaljerte\\_kartdata/2015-03\\_NN2000\\_endringskart-ST-lag.pdf](http://kartverket.no/Documents/arkiv/kartkontor/trondheim/Fagomraader/Detaljerte_kartdata/2015-03_NN2000_endringskart-ST-lag.pdf), 09.06.2015.