



KAPASITETSØKENDE TILTAK TRØNDERBANEN MELHUS OG SØBERG

Fagrapport Hydrologi og drenering/VA

- Akseptert
 Akseptert m/kommentarer
 Ikke akseptert / kommentert
 Revider og send inn på nytt
 Kun for informasjon

Sign:

Maria Hetland Olsen, 09.05.2022
17:11:02

01B	Andre utgave, endret iht. Bane NORs kommentarer	05.05.2022	BNOR/J MTTRH	TUPH	STNI
00B	Første utgave	01.04.2022	BNOR/J MTTRH	TUPH	STNI
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Dovrebanen Støren - Trondheim Melhus og Søberg Fagrapport Hydrologi og drenering/VA		Ant. sider			
		56			
		Produsent	Rambøll Norge AS		
		Prod. dok. nr.			
		Erstatning for			
Erstattet av					
Prosjekt: 60034611 Parsell: 20 Melhus og Søberg		Dokument nr. KTT-20-A-10205		Rev. 01B	
		FDV dokument nr. N/A		FDV-rev. N/A	

1. INNLEDNING OG MÅL	3
1.1 OVERORDNET BESKRIVELSE AV PROSJEKTET	3
1.2 PLANNIVÅ OG UNDERSØKELSESOMFANG	3
1.3 MÅL	3
2. MYNDIGHETSKRAV OG METODER	4
2.1 MYNDIGHETSKRAV HYDROLOGI OG VA	4
2.2 DIMENSJONERENDE FLOM OG METODER	4
3. PLANOMRÅDENE	6
3.1 MELHUS	6
3.2 SØBERG	8
4. HYDROLOGI OG FLOMFAREVURDERINGER	10
4.1 FLOMSONER OG AKTSOMHETSKART FORPLANOMRÅDET/TRASE	10
4.1.1 <i>Melhus</i>	10
4.1.2 <i>Søberg</i>	12
4.2 VERNEPLAN VASSDRAG	14
4.3 AVRENNINGSANALYSE AKTSOMHETSOMRÅDER FOR OVERVANNSFLOM	15
4.3.1 <i>Melhus</i>	15
4.3.2 <i>Søberg</i>	18
4.4 LODDBEKKEN (Melhus)	19
4.4.1 <i>Eksisterende situasjon</i>	19
4.4.2 <i>Planlagt situasjon</i>	27
4.5 STYGÅRDSBEKKEN (SØBERG)	38
4.6 PRESTMOVEIEN OG HOFSTAD/KLÆVOLLEN (SØBERG)	40
4.6.1 <i>Prestmoveien</i>	40
4.6.2 <i>Hofstad/Klævollen km 527.793 og dels km 527.896</i>	41
5. DRENERING OG EKSISTERENDE VA-ANLEGG	44
5.1 KM 532.029	44
5.2 KM 532.432	44
5.3 KM 532.532	45
5.4 KM 532.583	46
5.5 KM 532.610	46
5.6 KM 532.635	47
5.7 KM 532.730	47
5.8 KM 532.786	48
5.9 KM 532.578	48
5.10 KM. 531.41	49
5.11 KM 528.16	49
5.12 KM 528.41	50
5.13 KM 529.054	50
5.14 KM 529.161	51
5.15 KM 529.293	52
5.16 KM 529.435	52
5.17 KM 529.442	53
5.18 KM 527.860	53
6. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	54
6.1 HYDROLOGI OG FLOMFAREVURDERINGER	54
6.2 DRENERING OG EKSISTERENDE VA	55
7. REFERANSER	56

1. INNLEDNING OG MÅL

1.1 Overordnet beskrivelse av prosjektet

«Melhus og Søberg»-prosjektet er en del av prosjektporteføljen «Kapasitetsøkende tiltak Trønderbanen». Porteføljen har som ambisjon å realisere to regiontog i timen på strekningen Melhus – Trondheim – Steinkjer innen 2027 (R2028). Denne frekvensøkningen av personreiser mellom Melhus og Steinkjer krever i tillegg tiltak for å sikre framføring og tilstrekkelig restkapasitet til å videreutvikle andre togprodukter, som godstog og fjerntog.

Alle prosjektene i porteføljen må ses i sammenheng og skal til sammen oppnå kapasitetsmålene. «Melhus og Søberg»-prosjektet skal bidra til målene; etablering av et kryssingsspor og et vendespor på Melhus, i tillegg til et kryssingsspor på Søberg.

Rambøll er engasjert av Bane Nor for å gjennomføre forenklet hovedplan og teknisk detaljplan for nytt kryssingsspor ved Melhus Skysstasjon, og forlengelse av eksisterende kryssingsspor ved Søberg stasjon.

1.2 Plannivå og undersøkelsesomfang

Denne utredningen er utført for å dekke krav knyttet til utarbeidelse av reguleringsplan for Melhus (og fremtidig for Søberg), samt som grunnlag for teknisk detaljplan både for Melhus og Søberg.

For reguleringsplanfasen, for hydrologi, betyr det blant annet at sikkerhet mot flom (og stormflo) skal være utredet for bekker og elver. For drenering og VA skal hovedplan og overordnede hovedløsninger være valgt. Videre skal det være satt av tilstrekkelige arealer for nødvendig vannhåndtering (bekke-kryssinger, drenering og eventuell VA).

1.3 Mål

Hovedmålet med denne fagutredningen har vært å sikre at fremtidig utbygging av ny bane er flom- og erosjonssikker og i henhold til gjeldende myndighetskrav. Videre skal ny og utvidet drenering være i henhold til Bane NORs tekniske regelverk, samt at utbyggingen hensyntar eventuelle eksisterende VA-systemer.

I reguleringsplanen er det også vesentlig å sikre at tilstrekkelige arealer i planen er satt av for nødvendig flomsikring, drenering og VA.

2. MYNDIGHETSKRAV OG METODER

2.1 Myndighetskrav hydrologi og VA

De viktigste myndighetskrav knyttet til hydrologi og VA er som følger:

- Bane NOR, teknisk regelverk, alle kapitler, men spesielt fagområde Underbygning og Bruer og konstruksjoner.
 - Underbygning: 520 Prosjektering og bygging, kap 11 Drenering.
 - Bruer og konstruksjoner: 525 Prosjektering og bygging.
 - Utdrag fra teknisk regelverk:
 - Bruer er definert som konstruksjon med fri åpning større eller lik 2,0 m, (TRV:04843). Loddebekkens jernbanekulvert har en lysåpning på 2*3 meter og faller dermed inn under definisjonen bru.
 - Fri høyde over vassdrag skal være minst 0,5 meter over beregnet vannstand for dimensjonerende flom (TRV:04870).
 - Dimensjonerende flom er 200-årsflom (TRV:04872) og skal inkludere klimapåslag ((TRV:04871).
- Bane NOR, prosjekteringsveileder.
- Kommunens VA-norm (for eventuell tilknytning eller kryssing/anlegging ved siden av kommunalt VA-anlegg).
- Plan og bygningsloven med byggteknisk forskrift (TEK 17), herunder TEK 17 § 7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo.
- Vannressursloven med vannforskrift.
- NVEs retningslinjer og veileder.

2.2 Dimensjonerende flom og metoder

Dimensjonerende returperiode for flom er 200 år. For mikrofelt benyttes den rasjonelle formel. For felt større enn 1 km² skal flere flomberegningsmetoder benyttes (formler for små nedbørfelt, PQRUT og sammenligning mot regionale felt med vannføringsmålinger).

Klimapåslag skal følge anbefalingene fra Norsk klimaservicesenter. For stikkrenner brukes klimapåslag for nedbør, for bruer brukes klimapåslag for flom.

	Dimensjonerende gjentaksintervall < 50 år	Dimensjonerende gjentaksintervall ≥ 50 år
≤ 1 time	40 %	50 %
>1 – 3 timer	40 %	40 %
>3 – 24 timer	30 %	30 %

Anbefalt klimapåslag for ulike varigheter og gjentaksintervaller.

Figur 2-1 Anbefalt klimapåslag for nedbør (kilde: <https://klimaservicesenter.no/kss/laer-mer/klimapaslag>).

I Klimaprofil for Sør-Trøndelag anbefales det, for mindre og bratte vassdrag som reagerer raskt på nedbør, et klimapåslag på minst 20 %. For Loddebekken, som er et lite vassdrag med konsentrasjonstid på under 3 timer, velges et klimapåslag på 40 % (tilsvarende som for nedbør). For Stygårdsbekken, som er et mikrofelt, benyttes det et klimapåslag på 50% som er i henhold til teknisk regelverk (klimapåslag nedbør).

Dersom det viser seg at bane eller jernbanebru vil kunne påvirke flomforholdene til byggverk i område rundt, må også kravene i TEK 17 § 7-2. *Sikkerhet mot flom og stormflo* tilfredsstilles. For byggverk med personopphold (sikkerhetsklasse F2) skal disse sikres mot en 200-årsflom.

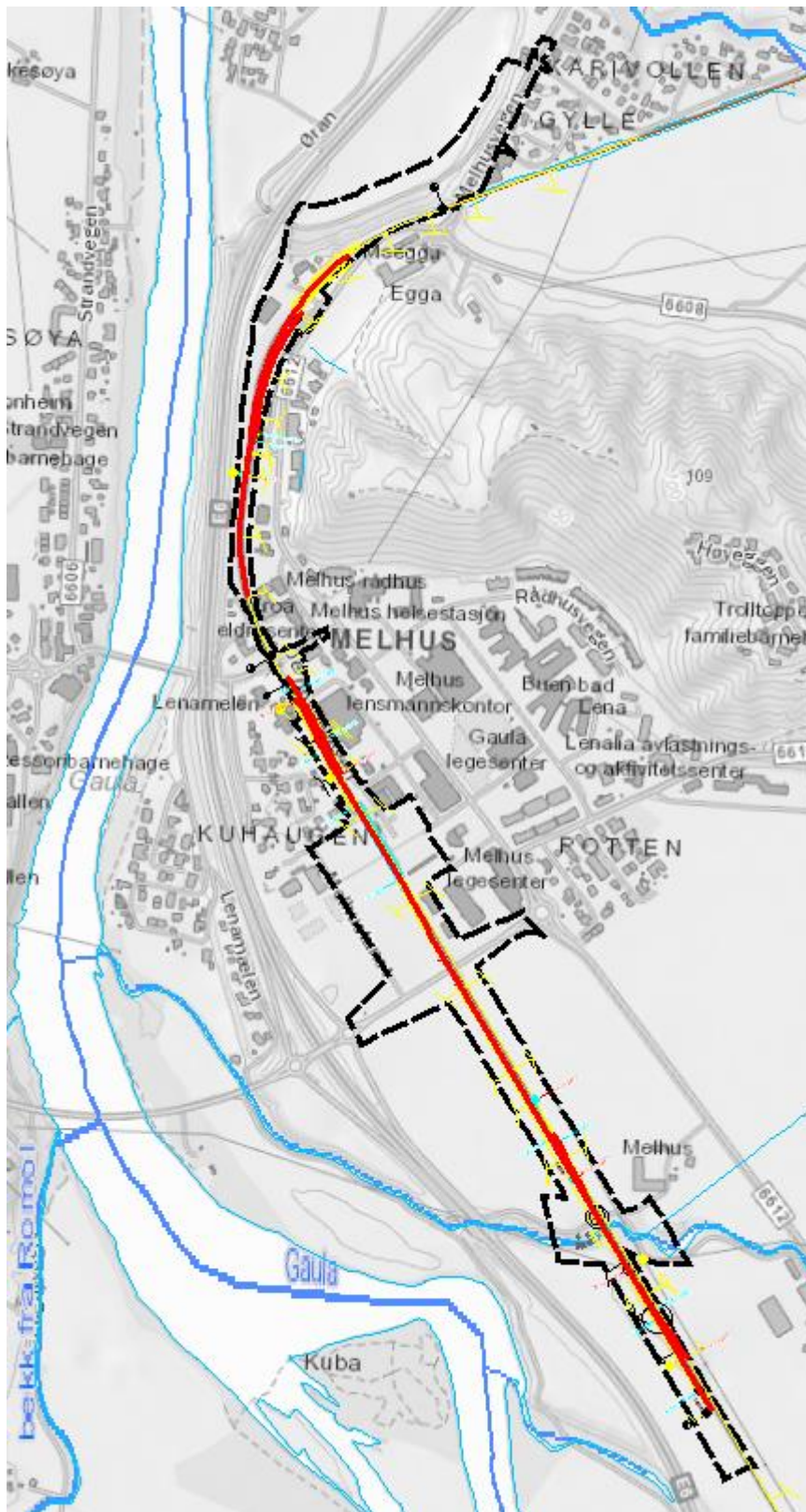
3. PLANOMRÅDENE

Figur 3-1 og Figur 3-2 viser planområdene inkludert planlagt utbygging av kapasitetsøkende tiltak langs eksisterende bane og stasjoner.

3.1 Melhus

Figur 3-1 viser reguleringsplanområdet for Melhus, samt planlagt utbygging av kapasitetsøkende tiltak langs eksisterende bane og stasjon. Rød linje viser hvor det planlegges tiltak i grunnen (nytt eller omlagt/utbedret spor), det vil si traseer som vil kunne påvirke vannhåndtering. Videre vises eksisterende vannveier i blått (FKB, vanntema samt Elvenett fra NVE).

For Melhus vil trase som vil kunne påvirke undergrunnen være fra profil km 530,5 til km 532,4.

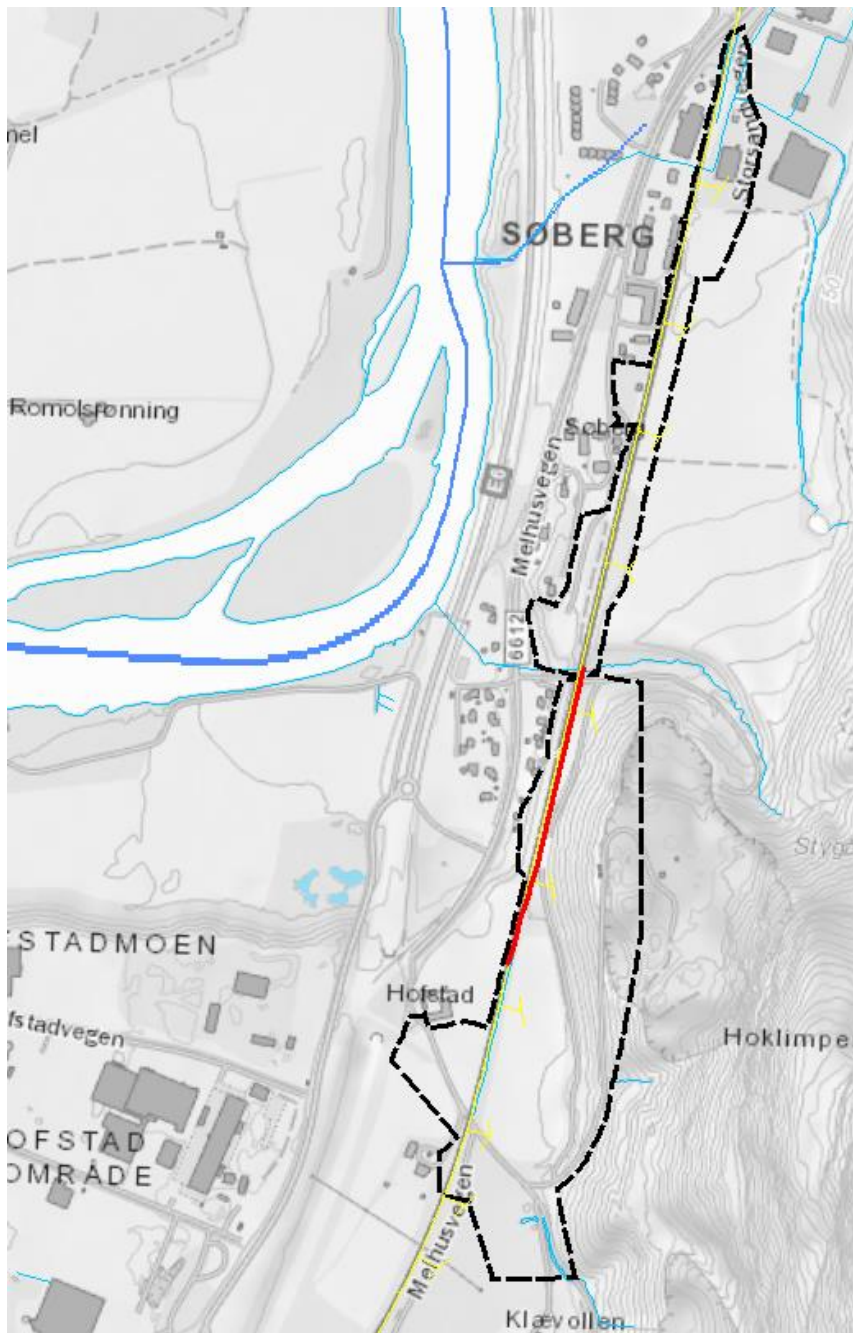


Figur 3-1. Melhus planområde, planlagt utbygging (gule linjer innfor planområde) herunder planer for nytt eller omlagt spor som påvirker undergrunn (rød linje).

3.2 Søberg

Figur 3-2 viser reguleringsplanområdet for Søberg, samt planlagt utbygging av kapasitetsøkende tiltak lang eksisterende bane og stasjon. Rød linje viser hvor det planlegges tiltak i grunnen (nytt eller omlagt/utbedret spor, det vil si traseer som vil kunne påvirke vannhåndtering. Videre vises eksisterende vannveier i blått (FKB, vanntema samt Elvenett fra NVE).

For Søberg vil trase som vil kunne påvirke undergrunnen være fra profil km 528,1 til km 528,4 (inklusive kryssing av Stygårdsbekken).



Figur 3-2. Søberg planområde, planlagt utbygging (gule linjer innfor planområde) herunder planer for nytt eller omlagt spor som påvirker undergrunn (rød linje).

4. HYDROLOGI OG FLOMFAREVURDERINGER

4.1 Flomsoneer og aktsomhetskart for planområdet/trase

Planområdene Melhus og Sjøberg ligger på østsiden av Gaulavassdraget. Her har NVE tidligere utarbeidet flomsonekart (NVE, 2001). Flomsonekartene er utarbeidet blant annet for 200- og 500-årsflom, uten klimapåslag. I henhold til Klimaprofil for Sør-Trøndelag anbefales det nå et klimapåslag på 20 % for Gaula.

I NVEs rapport (2001) fremkommer det at økningen fra 200-årsflom til 500-årsflom utgjør nær 15 %. Rambøll har vurdert at tidligere utarbeidet flomsone for 500-årsflom, gitt god avstand og høydeforskjell til planlagte nye/omlagte spor, bør være tilfredsstillende grunnlag for å vurdere flomfare fra Gaula i dette prosjektet. Dette gjelder spesielt for fremtidens 200-årsflom.

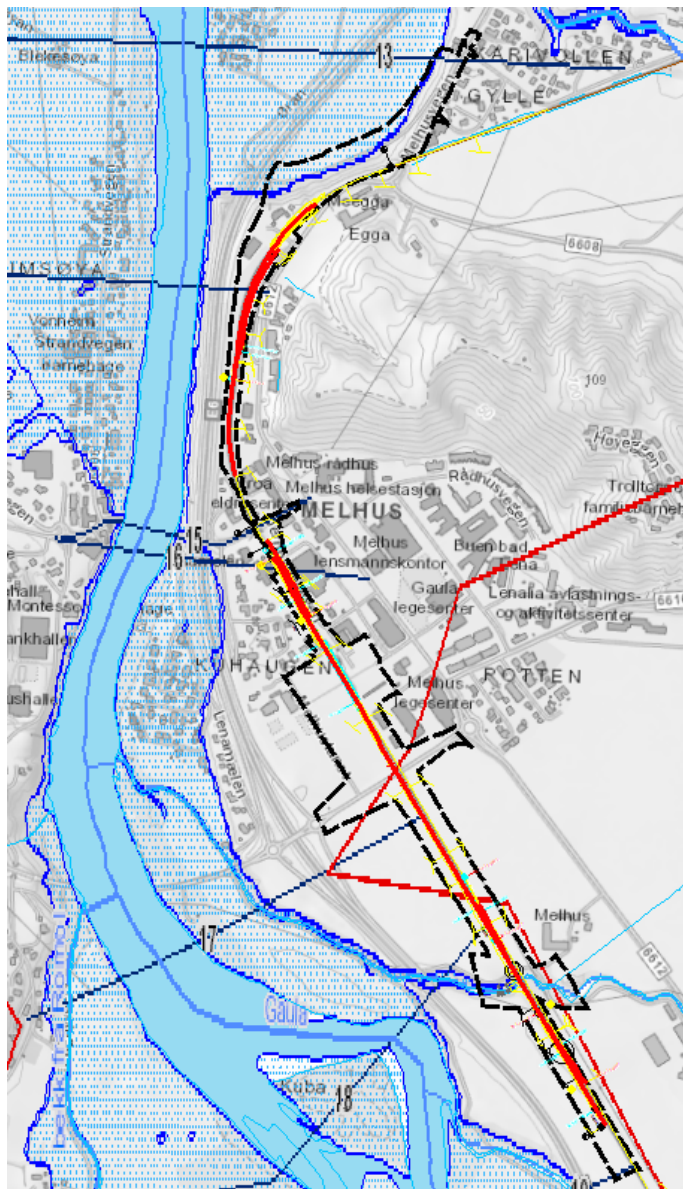
Etter flomsonekartleggingen i 2001 har det blitt bygget ny infrastruktur i området, blant annet ny E6. Dette vil kunne påvirke flomsoneer noe. Planlagte tiltak for spor for våre planområder forventes ikke å bli berørt. Imidlertid kan det tenkes at flomsoneen som dekker liten del av Melhus planområde, helt i nord ved Øran, kan komme litt høyere og nærmere eksisterende spor. Det er dog stor høydeforskjell mellom dagens flomsone/flomnivå og opp til eksisterende spor (500 årsflom på kote 8,22 m og spor ca. på kote 20-23 m).

4.1.1 Melhus

Flomsonekart for Melhus planområde er vist i figur 4.1 og gjelder for elva Gaula. Mindre bekker i området er ikke flomsonekartlagt (ikke publisert på NVE Atlas). Figur 4.2. viser derfor NVEs aktsomhetskart for flom.

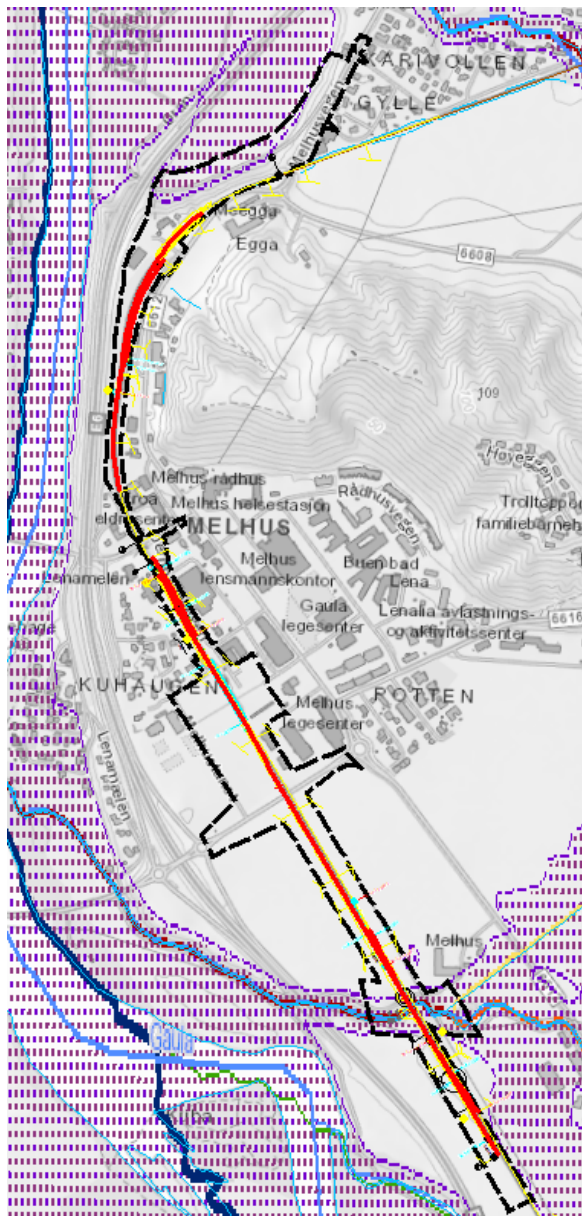
Flomsonekartet for Gaula viser at planområdet helt i nord ved Øran vil kunne bli påvirket, men ikke planlagt nytt/omlagt spor. Dersom det likevel skulle bli aktuelt med tiltak innenfor flomsoneen som vil kunne påvirke flomforholdene, så må konsekvens og eventuelle avbøtende tiltak utredes.

Videre viser flomsonekartet at Loddebekken blir påvirket av flom i Gaula helt opp mot jernbanekryssingen.



Figur 4-1. 200-års og 500-års (ytre sone) flomsonekart Gaula ved Melhus.

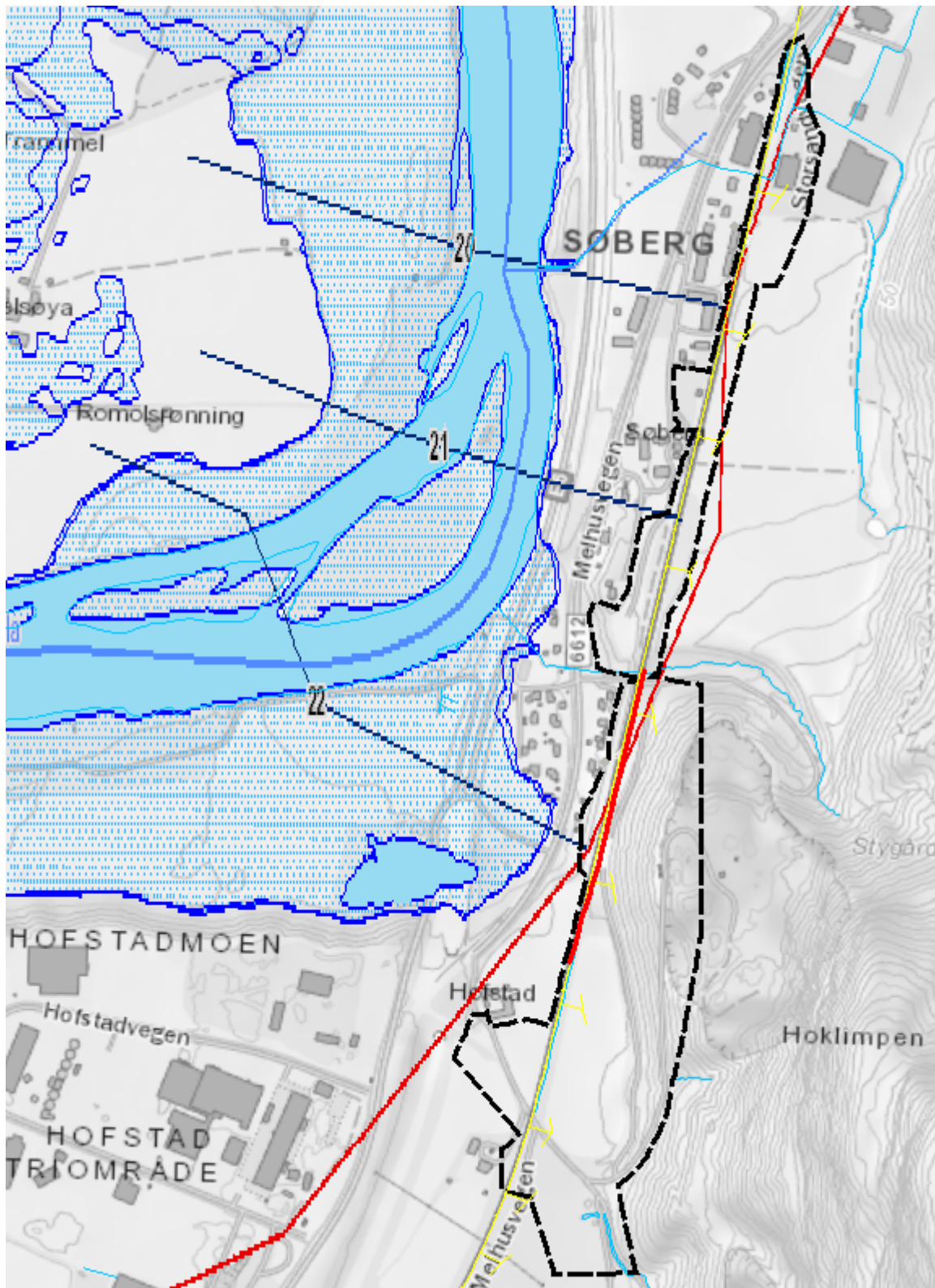
Aktsonhetskartet for flom viser et belte/buffer rundt Loddbekken, jf. Figur 4-2. Flomfare og konsekvenser knyttet til tiltak nær og for kryssing av Loddbekken, må derfor utredes. Dette er utført og vist i kapittel 4.4.



Figur 4-2. Flom aktsomhetskart for sidevassdrag, Loddbekken. (Øvrige soner gjelder for hovedvassdraget Gaula som har dokumenterte flomsone, se figur 4-1).

4.1.2 Søberg

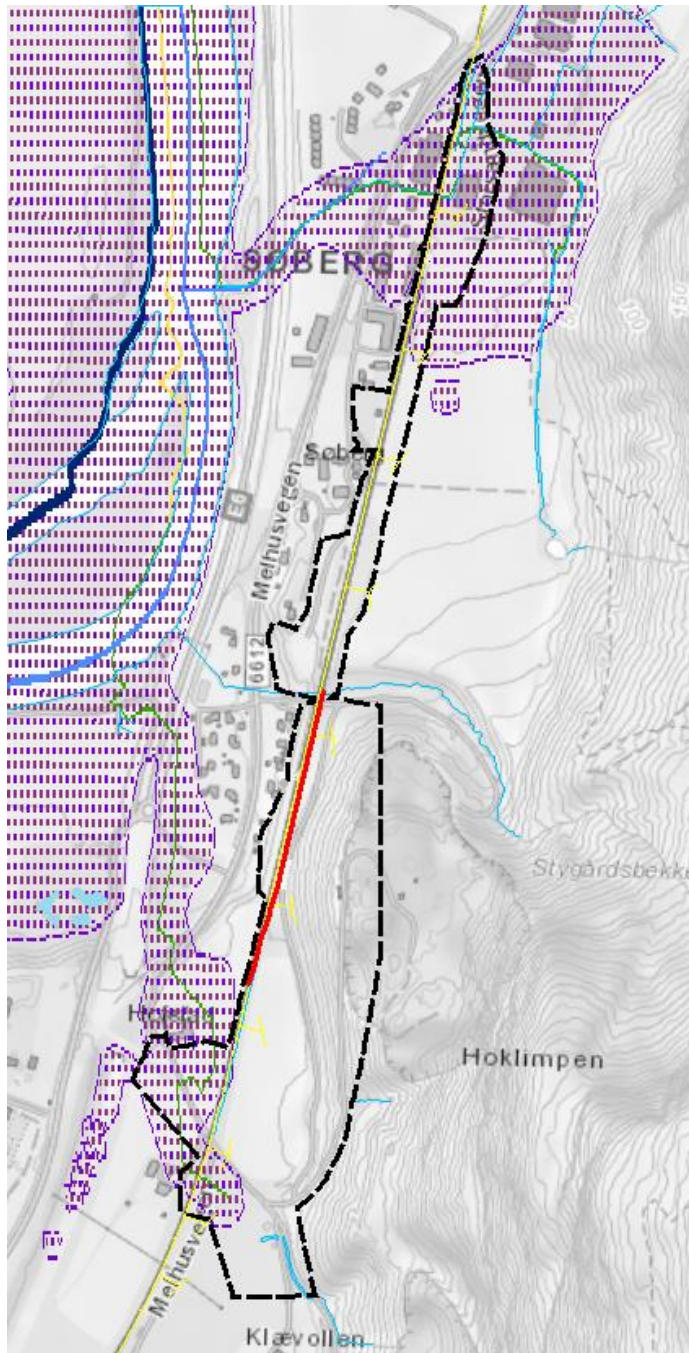
Flomsonekart for Gaula viser at planområdet ikke blir berørt, jf. Figur 4-3.



Figur 4-3. 200-års og 500-års (ytre sone) flomsonekart Gaula ved Søberg.

Aktsomhetskartet, se figur 4-4, viser at 2 bekker er berørt og bør utredes nærmere i forhold til flomfare. Dette gjelder både i nord hvor lokal bekk kommer ned fra Helvetesdalen og krysser Melhusveien ved Prestmoveien, og i sør (nord for Klævollen) ved Hofstad. I tillegg krysser banen Stygårdsbekken også ved Søberg.

Denne er derfor også vurdert. Det betyr at flomfare må utredes særskilt for disse områdene (Prestmøvegen, Stygårdsbekken og Hofstad/Klævollan).



Figur 4-4. Flom aktsomhetskart for sidevassdrag. (Øvrige soner gjelder for hovedvassdraget Gaula og den har dokumenterte flomsone, se figur 4-1).

4.2 Verneplan vassdrag

Gaulavassdraget, inklusive dets sidevassdrag, er vernet i henhold til Verneplan III av 1986. Vernegrnlaget er blant annet knyttet til naturmangfold, kulturminneverdier og viktig for friluftsliv.

Gaula er et mellomlaksvassdrag. Hovedtyngden av sjørreten vadrer opp i elva fra midten av juli og ut i august. Loddebekken nevnes som en av de viktigste sidevassdragene til Gaula i Melhus kommune, og er en viktig og god gytebekk for sjørret. I både Gaula, Lundesokna og Loddbekken er det bever. Kilde: <http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/201600028/1663851>

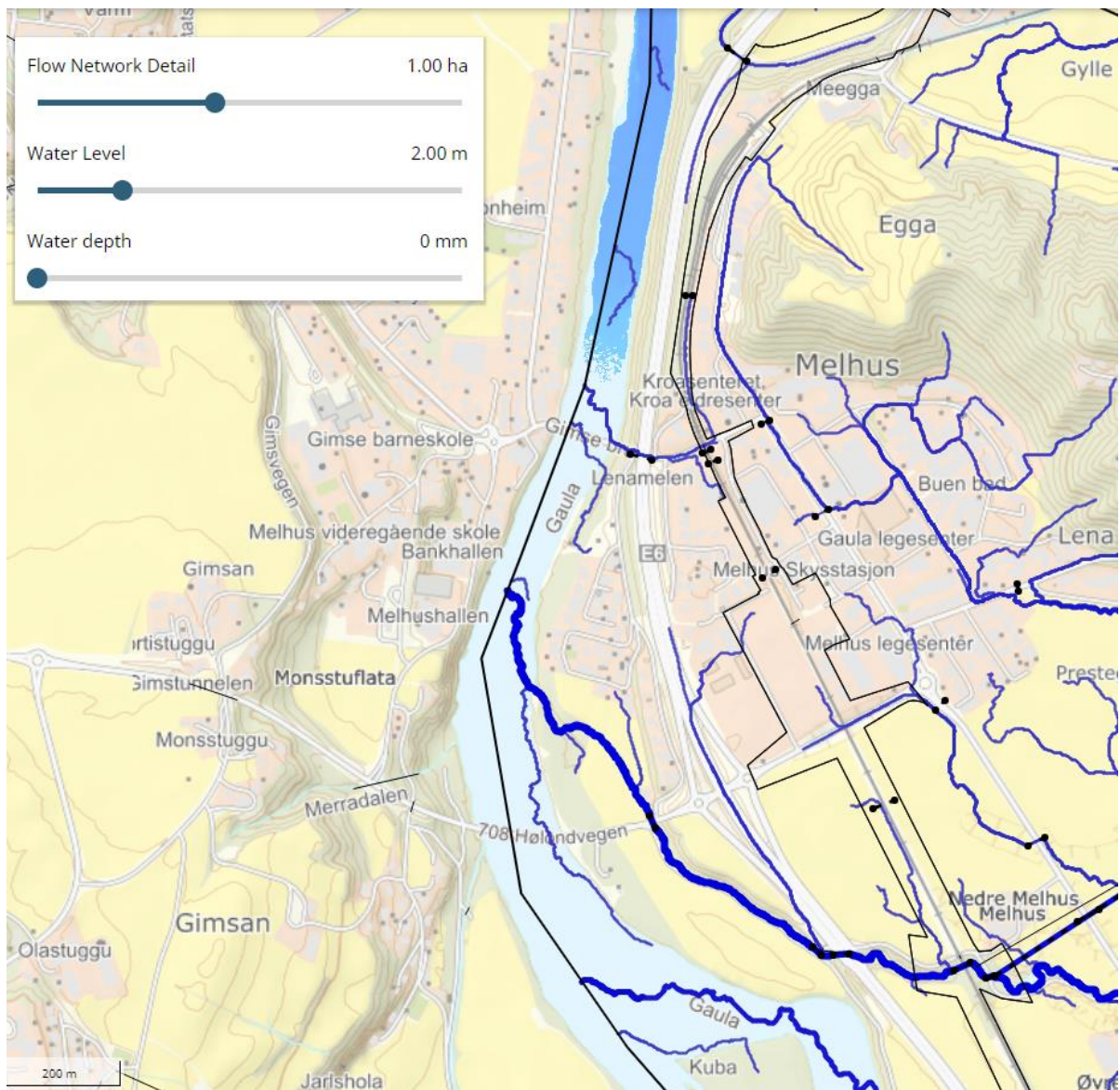
4.3 Avrenningsanalyse aktsomhetsområder for overvannsflo

Det er utført detaljerte avrenningsanalyser for begge planområdene. I tillegg er det utarbeidet såkalte aktsomhetskart for overvannsflo, hvor en ser på forsenkninger som potensielt kan bli overflommet ved ekstremnedbør. For analysene er alle kjente stikkrenner, Bane NOR og kommunale, lagt inn i modellen.

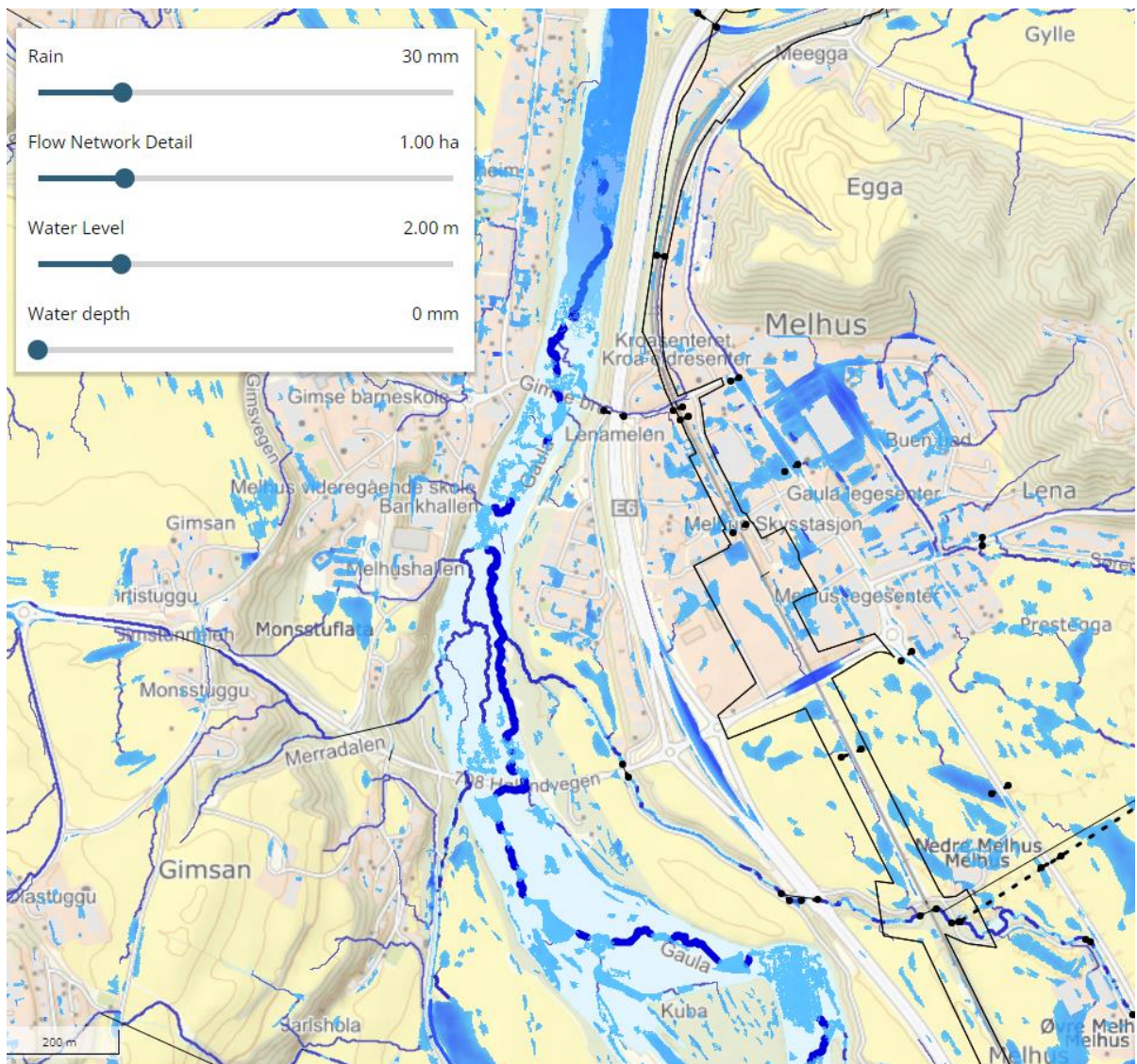
Analysene brukes blant annet som dimensjoneringsgrunnlag for strikkrenner og dreneringstiltak.

4.3.1 Melhus

Figur 4.5 viser avrenningskart for Melhus, mens figur 4.6 viser aktsomhetskart for overvannsflo.



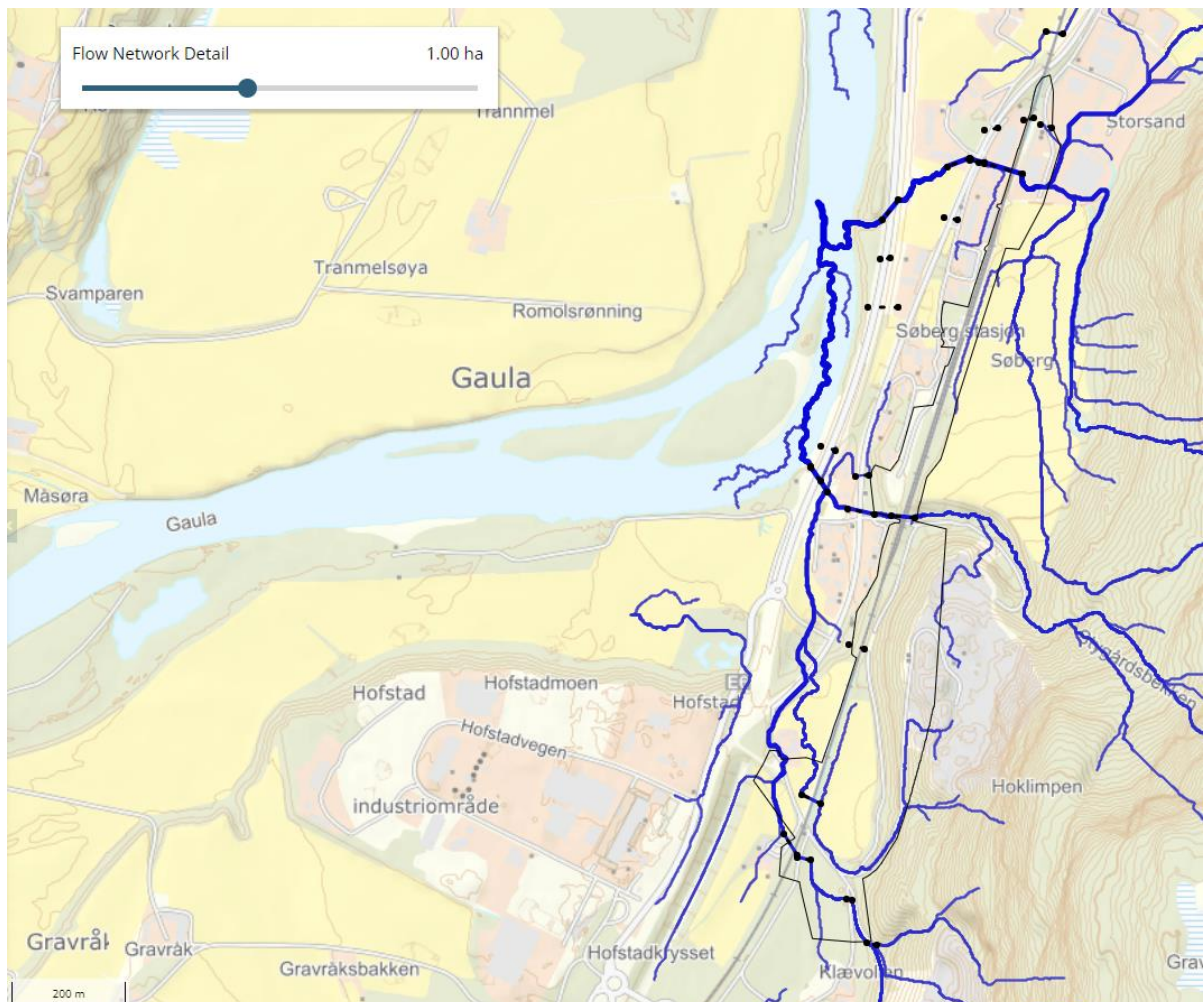
Figur 4-5. Avrenningsanalyse, Melhus. Kjente sikkrenner/vannveier er lagt inn som korte sorte streker/punkter.



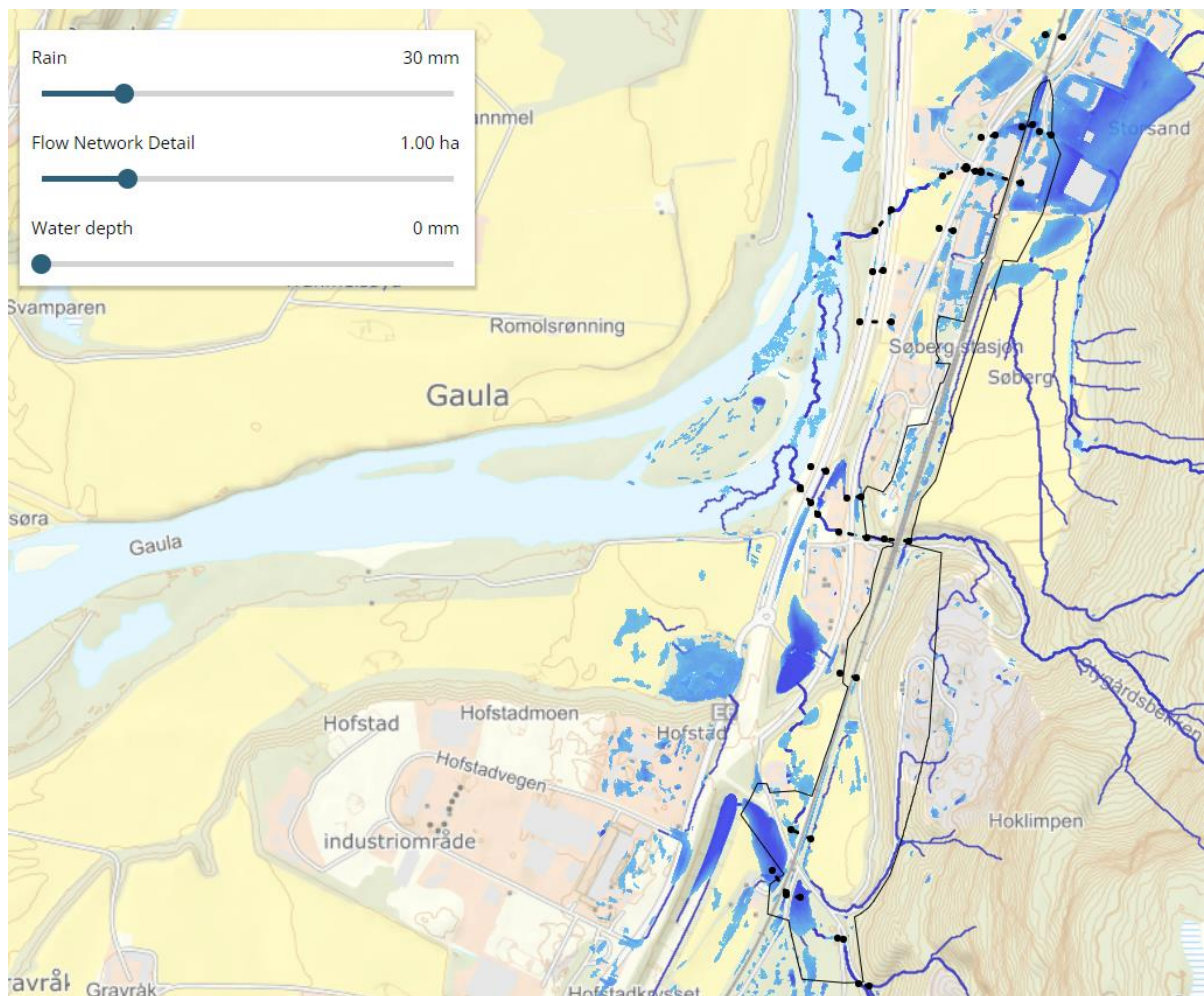
Figur 4-6. Aktsomhetskart, overvannsflom, forsenkninger.

4.3.2 Søberg

Figur 4.7 viser avrenningskart for Søberg, mens figur 4.8 viser aktsomhetskart for overvannsflo.



Figur 4-7. Avrenningsanalyse, Søberg.



Figur 4-8. Aktsomhetskart, overvannsflom, forsenkninger

4.4 Loddbekken (Melhus)

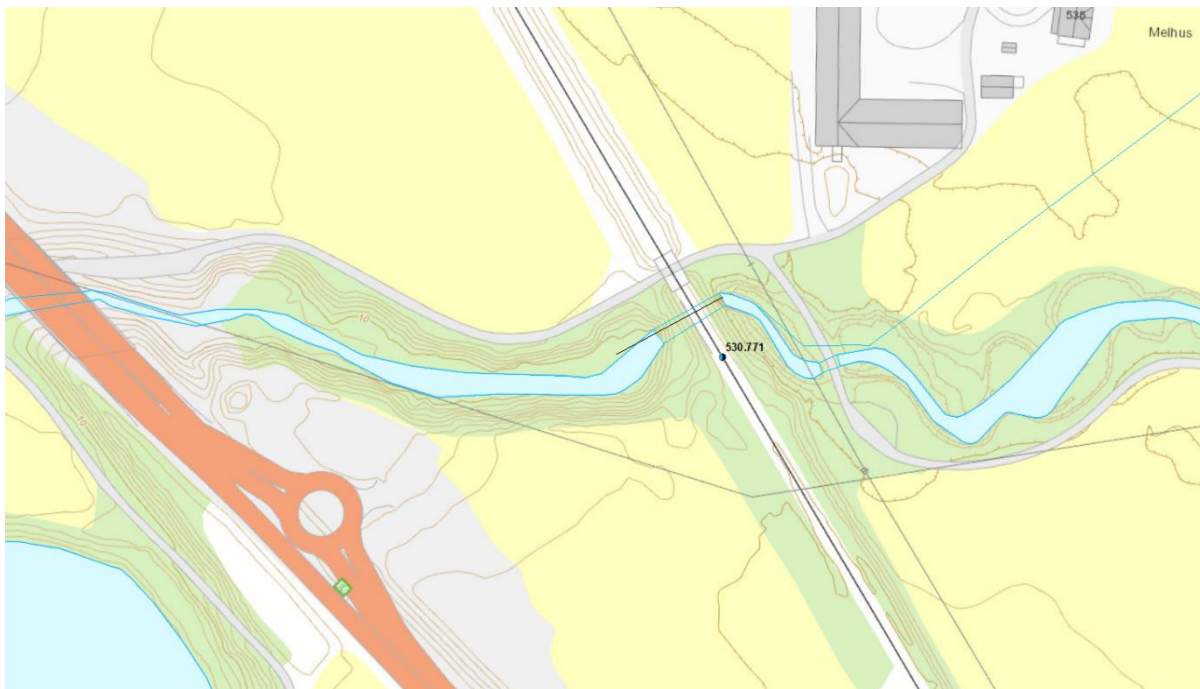
Loddbekken er en god gytebekk for sjørret og har også andre viktige naturverdier. Tiltak i og nær bekkeløpet må derfor sikre fiskens vandringsmulighet, samt følge god praksis for miljøforbedrende tiltak i elver og bekker. Rambøll har blant annet benyttet DN Håndbok 22-2002 *Slipp fisken frem*, samt LFI-rapport nr. 296 *Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø*, for vurdering av tiltak.

Loddbekken krysser jernbanen hvor det planlegges nytt dobbeltspor rett sør for eksisterende spor. Jernbanefyllingen og mur må derfor utvides og flyttes ca. 15 meter mot sør, og dermed tilsvarende forlengelse av kulvert. For å redusere tiltakets omfang i vassdraget planlegges det for smalest mulig fylling for ekstra spor og landbruksvei, samt bruk av mur som avslutning mot bekk.

4.4.1 Eksisterende situasjon

Generelt

Loddbekken krysser jernbanen ved km 530.771/Melhusveien 535, gjennom en steinkulvert fra 1864. Kulverten har en bredde på 2,0 meter og buet topp med største høyde ca. 3,0 meter. Steinkulverten, bestående av steinblokker både i bunn/sider/topp, er av godt håndverk. Tilstanden er visuelt vurdert som god og med få skader. Det er imidlertid en skade i tørrmur oppstrøms i ytersving rett før kulvertinnløp. Denne bør utbedres.



Figur 4-9 Loddbekken krysser jernbanen ved km 530.771.



Figur 4-10 Bilder av jernbanekulvert. Venstre side: Oppstrøms. Høyre side: Nedstrøms.

Omentrent 30-40 meter nedstrøms kulverten er det en naturlig terskel som skaper et fritt vannspeil opp mot kulverten, men litt nedstrøms kulvertutløp. Deretter er det en steinterskel med en samlet høydeforskjell på ca. 50-60 cm fra bunn bekk og skrått opp til bunn terskel/ jernbanekulvert. På grunn av noe terrassert utløp samt høyereliggende vannspeil, er spranget mindre for fisk, ca. 20-30 cm.

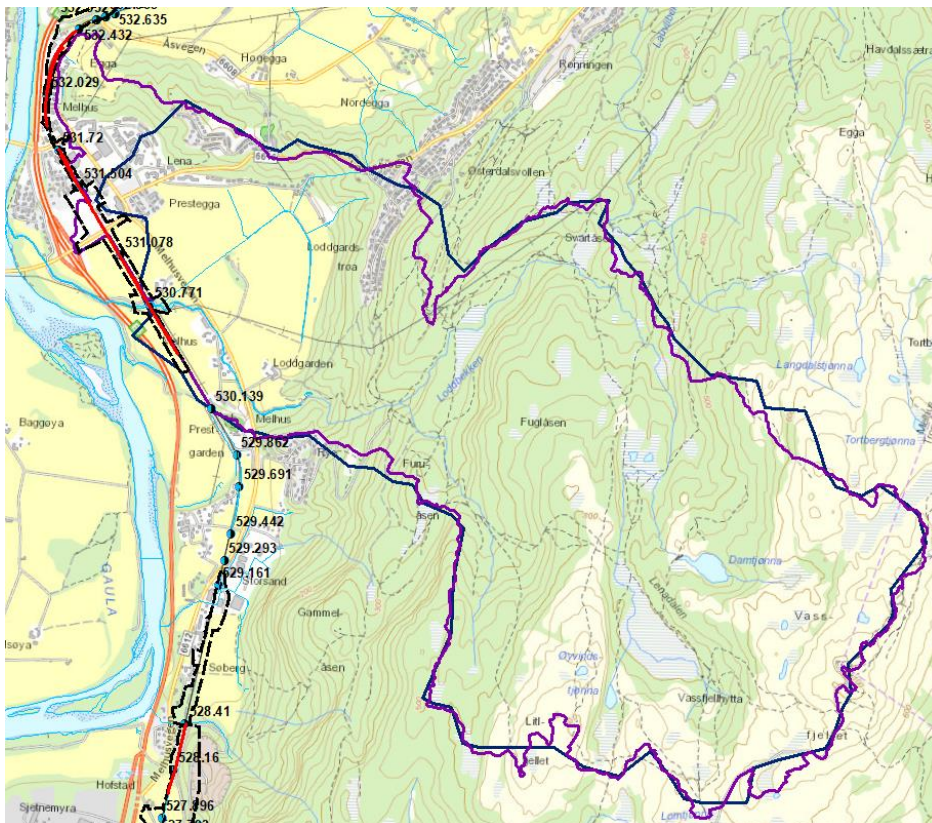


Figur 4-11 Naturlig terskel ca. 30-40 meter nedstrøms jernbanekulvert. Venstre bilde: Bilde tatt fra terskel og opp mot kulvert. Høyre bilde: Bilde tatt fra oppå kulvert/jordbruksvei og nedstrøms.

Flomanalyse og vannføringer i Loddbekken:

Dimensjonerende flom er bestemt ved bruk av flere metoder: Formler for små nedbørfelt, PQRUT og sammenligning mot regionale felt med vannføringsmålinger.

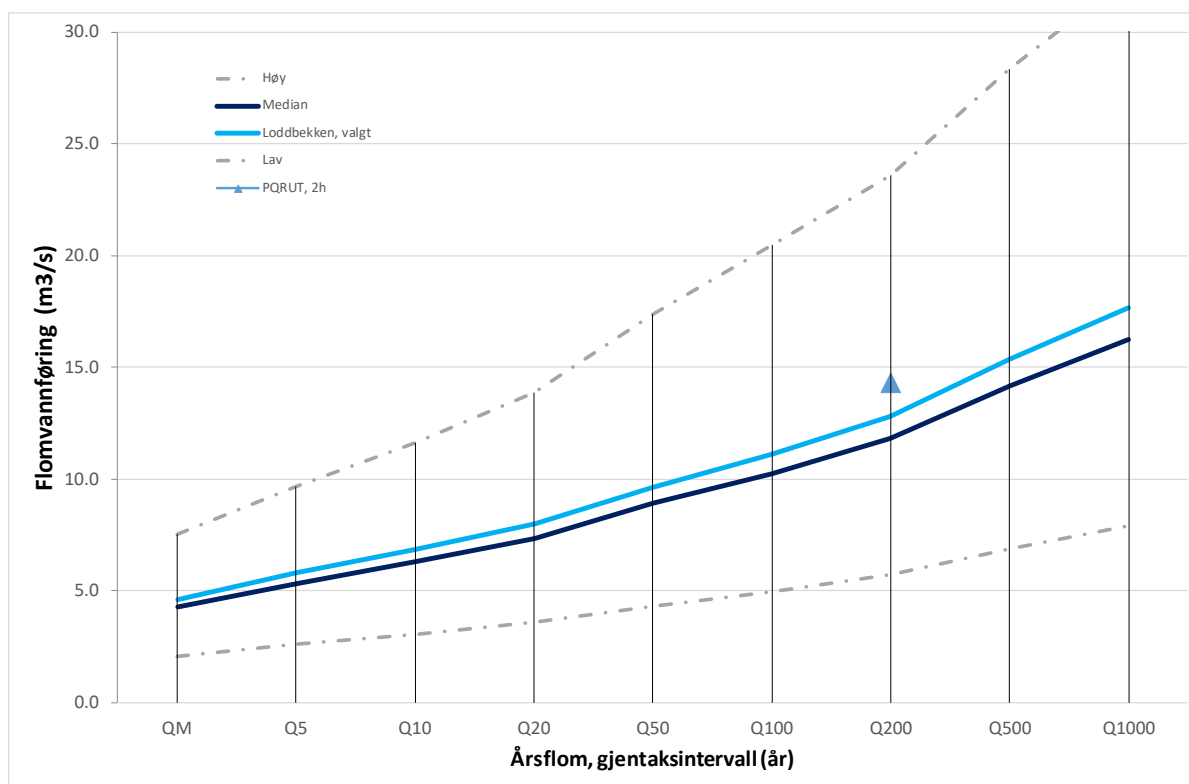
Loddbekkens nedbørfelt er på ca. 7,7 km² og består av skog (57%), snaufjell (18%), dyrket mark (12%), leire (11%), myr (6%), urban (2%), sjø (0,4%) og annet/klassifisert. Andel effektiv sjø som bidrar til flomdemping er meget lavt (0,02%).



Figur 4-12 Loddbekken nedbørfelt. Lilla linje er basert på Scalgo-analyse. Nevina (blå linje) viser litt mindre felt.

Basert på en samlet vurdering av Loddbekken er årsflom vurdert til $600 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ og 200-årsflom til nær $1700 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, hvilket tilsvarer $12,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Anslaget ligger mellom median-verdi fra formler for små nedbørfelt og beregnet 200-årsflom i PQRUT.

Inklusive klimafaktor på 1,4 blir da dimensjonerende 200-årsflom for Loddbekken $17,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

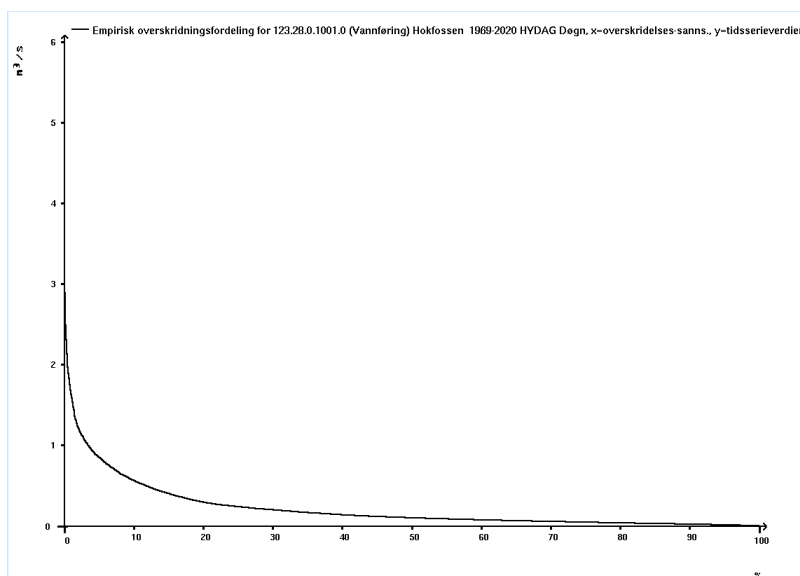


Figur 4-13 Beregnede og valgte årsflommer for Loddbekken. Lav/Median/Høy er beregnet ved bruk av formler for små nedbørfelt.

Antatte varighetsverdier for Loddbekken:

Midlere årsavrenning for Loddbekken er $24 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, hvilket tilsvarer $0,19 \text{ m}^3/\text{s}$. Basert på en sammenligning av varighetskurve for målestasjon 123.28 Hoksfossen (Areal= $8,1 \text{ km}^2$ og $Q_n=25,6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$), er Q90 % og Q10 % varighetene beregnet for Loddbekken. Med en korreksjonsfaktor på 0,9 i forhold til Hoksfossen, ble Q10 beregnet til $0,4\text{-}0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ($0,4$ for sesong 1/7-1/11 og alle år) og Q90 beregnet til $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$.

For fiskepassasjer stilles det funksjonskrav til normalsituasjonen definert ut fra Q10 og Q90. (Q10 vil si at 10 % av målingene er større enn Q10.)



Figur 4-14 Varighetsdiagram for sammenlignbar målestasjon/felt 123.28 Hokfossen. Verdier for Loddbekken fås ved å multiplisere med korreksjonsfaktor 0,9.

Hydrauliske beregninger, høydegrunnlag og kulvertkapasitet:

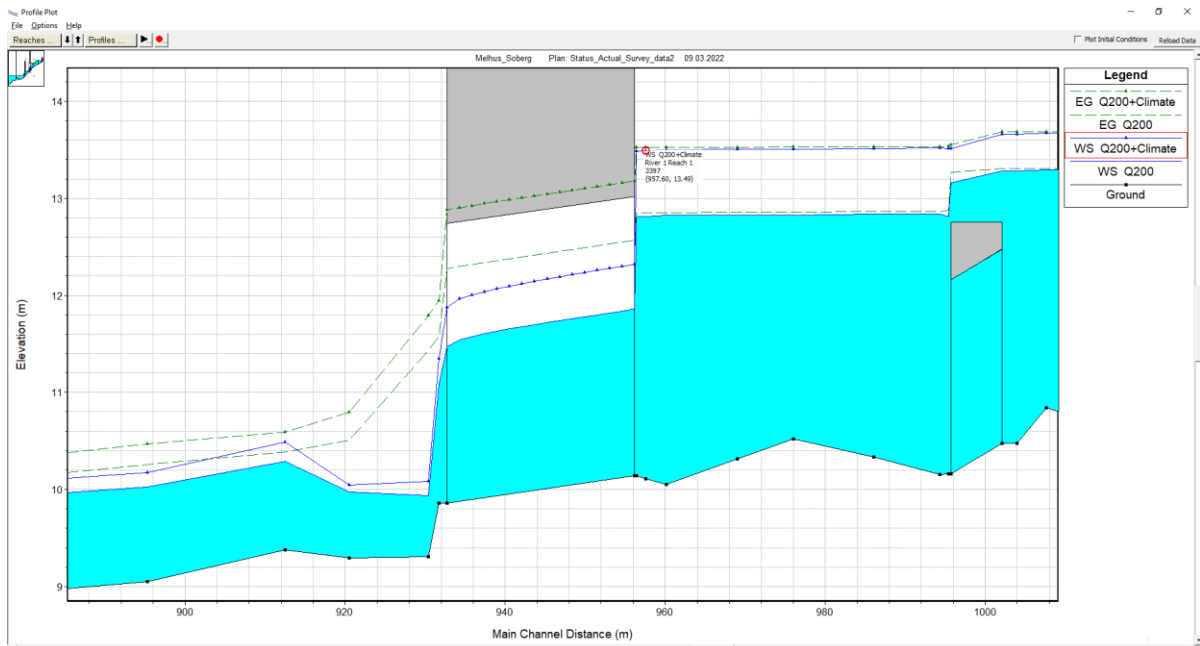
Hydrauliske beregninger er både basert på nomogrammer og kulvertprogrammet HY-8. I tillegg er det etablert bekke-modeller i HEC-RAS, både i 1D og 2D.

Tilgjengelige høydedata har bestått av terrengmodell basert på laserscan data (NDH Gauldal 2015), og supplerende innmålinger av eksisterende bekkeløp og fyllinger. Grunnlaget anses som brukbart og tilfredsstillende for reguleringsplan-nivå/valg av hovedløsninger, men må suppleres med detaljerte innmålinger i detaljfasen. Dette gjelder særlig innmålinger av bekkedunn, både opp- og nedstrøms jernbanekulvert.

Beregningene viser at eksisterende jernbanekulvert ikke har hydraulisk kapasitet tilsvarende dagens myndighetskrav. Kapasiteten er beregnet til ca. 13-14 m³/s før den går full. Dette er litt i overkant av beregnet 200-årsflom (12,8 m³/s), men lavere enn dimensjonerende 200-årsflom på nær 18 m³/s. I forhold til myndighetskrav om 0,5 meter klaring mellom beregnet flomvannlinje og topp kulvert, har kulverten en kapasitet som tilsvarer 100-årsflom uten klimapåslag.

Ved dimensjonerende 200-årsflom inklusive klimapåslag beregnes det en oppstuvning foran jernbanekulverten opp til kt. 13,5 m. Det betyr at flomvannet står ca. 40 cm over topp kulvert, og med en vanddybde på ca. 3,4 meter. Jf. Figur 4-15. (Da er det forutsatt at hele tverrsnittet er åpent, uten eventuell delvis gjentetting under flom på grunn av massetransport, trær, søppel, osv).

Ved 1/3 tilstopping av kulverten vil flomvannet stå helt opp til vei-kulvert nivå i nord, dvs. opp mot kt. 15,7 m som tilsvarer en dybde foran kulvert på ca. 5,6 meter. Ved full tilstopping vil området oppstrøms oversvømmes inklusive byggverk og fjøs nord for bekken.



Figur 4-15 Vannlinjeberegninger ved eksisterende jernbanekulvert ved 200-årsflom (skravert blå) og for dimensjonerende 200-årsflom inklusive klimapåslag (blå linje øverst).

Hastigheter i eksisterende kulvert

Eksisterende kulvert har et fall på nær 12 o/oo, hvilket er litt i overkant med tanke på å tilrettelegge for fiskevandring. Normalt ønsker en fall mindre enn 10 o/oo, spesielt for glatte rør.

Ved en antatt ruhet i jernbanekulverten på 0,03 i bunn (tilsvarer naturlig bekk, noe grus/stein i bunn) og 0,016 lang sidene (steinblokker) beregnes det en hastighet i kulverten på ca. 0,8-1,0 m/s ved middelvannføring, og ca. 1,3-1,4 m/s ved antatt Q10 % på 0,6 m³/s (dvs. i mindre enn 10 % av tiden er vannføringen i bekken høyere). Dette er akkurat tilfredsstillende i forhold til krav til fiskevandring for sjøørret i kulverter på 20-30 meters lengde.

Flomsone:

Basert på beregnede vannlinjer er det utarbeidet flomsonekart for 200-årsflom inklusive klimapåslag, jf. Figur 4-16. Figuren viser at landbruksveien oppstrøms blir overflommet.



Figur 4-16 Flomsonekart for eksisterende situasjon og Q200+klime vist i mørkt blått. Lys blått viser flomsone for årsflom (QM).

4.4.2 Planlagt situasjon

Hovedtiltak i vassdrag:

Siden eksisterende bekkekryssing og jernbanekulvert har for liten hydraulisk kapasitet i forhold til dagens myndighetskrav, må fremtidens kapasitet økes. Videre må også kryssingen forlenges.

Hovedalternativer som er vurdert er 1) å bygge ny bru, 2) erstatte eksisterende kulvert med ny og større, eller 3) forlenge eksisterende og supplere med en ekstra flomkulvert.

Basert på en helhetlig og tverrfaglig vurdering ble det konkludert med at alternativ 1) ny bru eller alternativ 2) ny og større kulvert vil gi relativ lav nytte-kost verdi, herunder relativt lang nedetid på grunn av store/omfattende fyllinger, sammenlignet med alternativ 3) å etablere en ekstra flomkulvert og forlenge eksisterende. Foreslått hovedløsning er illustrert i Figur 4-18.

I tillegg til å øke den hydrauliske kapasitet, er det viktig at tiltaket sikrer fiskens vandringsmulighet samt følge god praksis for miljøforbedrende tiltak i elver og bekker. Basert på en helhetlig vurdering anbefales følgende tiltak:

1. Eksisterende jernbanekulvert forlenges tilsvarende nødvendig minimum bredde-utvidelse av fyllingen. **Fallet på forlenget kulvert** beholdes eller reduseres noe i forhold til eksisterende. **Fallet må ikke økes**, da hastigheten inne i kulverten vil overstige terskelverdier for fiskevandring i lang kulvert. Tverrsnittet/lysåpningen må tilsvare dagens, det vil si med bredde på 2,0 meter og høyde opp mot 3,0 meter. Ruheten i bunn av kulvert må tilsvare naturlig bekkebunn. Hvis betongkulvert velges betyr det at det må støpes inn

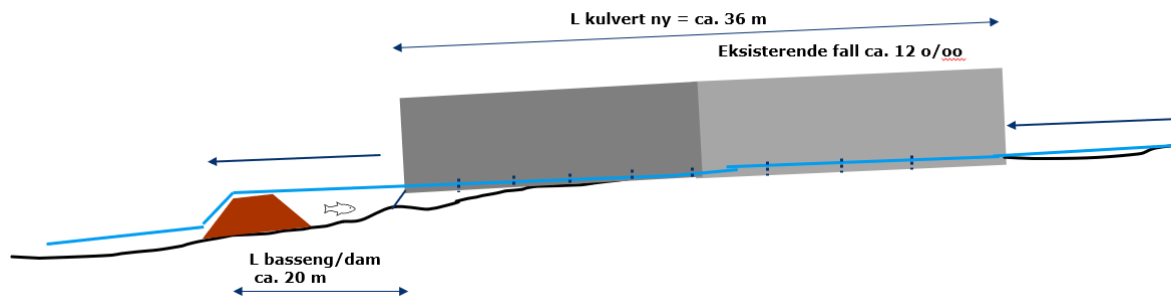
terskler i bunn ved jevne mellomrom slik at det kan etableres grus/steiner i bunn. Tersklene skal ha trapesformede overløp tilpasset Q90 vannføring (lav vannføring), samt sikre en minste vanddybde på 0,15 m gjennom kulverten.

2. Det etableres en parallell 2000 mm flomkulvert gjennom jernbanefyllingen. Flomkulverten skal sikre tilfredsstillende hydraulisk kapasitet for 200-årsflom samt 0,5 meter klaring opp til topp jernbanekulvert. Det betyr at flomkulverten må ligge relativt dypt, men litt over forventet vann-nivå ved Q10 i bekken. Innløpet foreslås ca. 15 meter oppstrøms og sør for eksisterende jernbanekulvert og utløpet litt nærmere for felles erosjonssikring av utløp, se Figur 4-17. For å unngå graving i høy fylling/nedetid for bane, foreslås tunnelering.



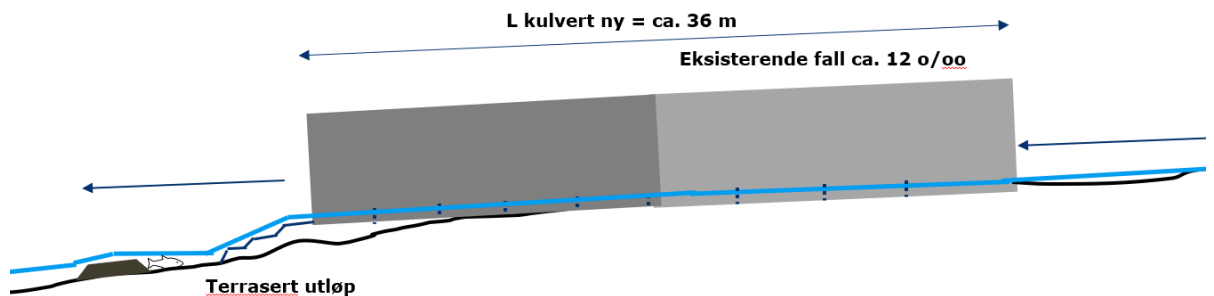
Figur 4-17 Plassering av flomkulvert ca. 15 meter oppstrøms jernbanekulvert, der tørrmuren reduseres i høyde fra ca. 5 meter og ned til 2-3 lag med stein.

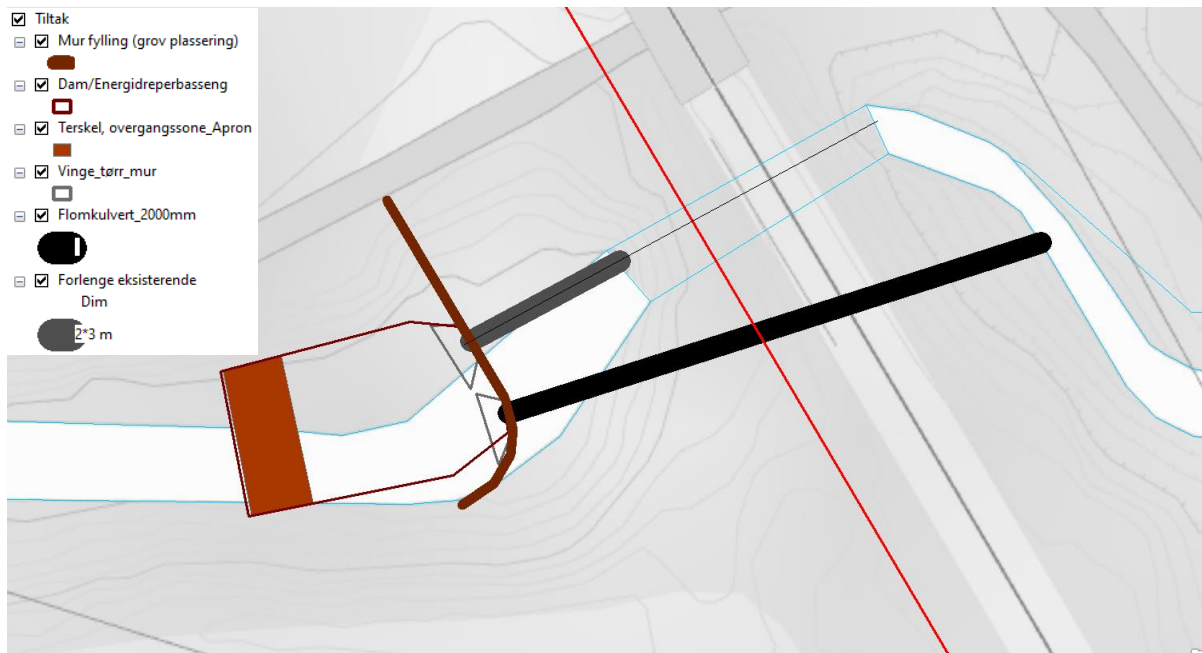
3. Nytt utløpsarrangement må erosjonssikres særskilt, da flomkreftene vil øke. Dette gjelder både bekke-bunn og sidekanter opp til sikringsnivå som tilsvarer vannlinje for 200-årsflom + sikkerhetsmargin.
4. Eksisterende naturlig terskel og dam nedstrøms kulvert beholdes og foreslås forsterket/løftet noe. Hovedhensikten er to-delt:
 - a. Sikre fritt og litt hevet vannspeil og bedre forhold for fiskevandring gjennom forlenget jernbanekulvert.



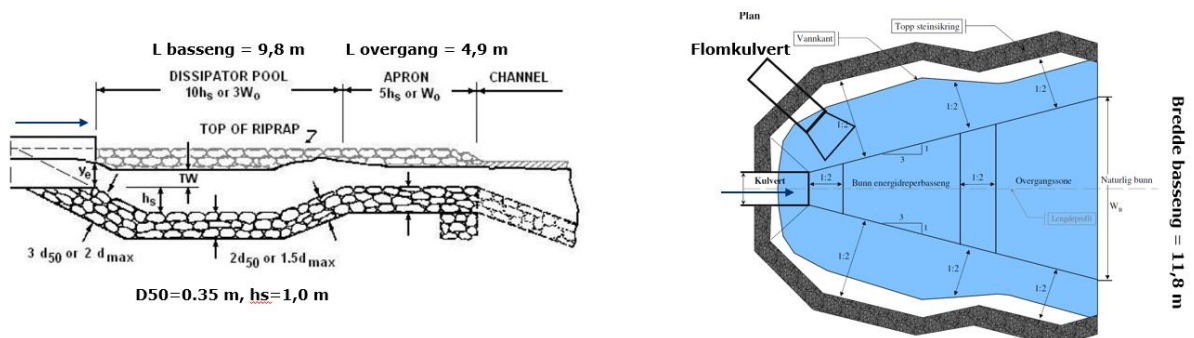
- b. Redusere hastighetsenergien ved store flommer og dermed redusere behovet for kraftig erosjonssikringer av stein ved nytt utløp. Dammen dimensjoneres og designes som et miljøvennlig energidreperbasseng, tilrettelagt for fiskevandring og eventuell gyting.

Dersom det velges å ikke etablere en forsterket/hevet terskel, er alternativet å etablere et terrasert utløp ned til nivå for eksisterende terskel. Dette medfører større strøm-/erosjons-krefter ved flommer, og dermed behov for noe større steiner i utløpssonen både til forlenget jernbanekulvert og ny flomkulvert.





Figur 4-18 Prinsipp-skisse av planlagte hovedtiltak ved ny utløpsone.

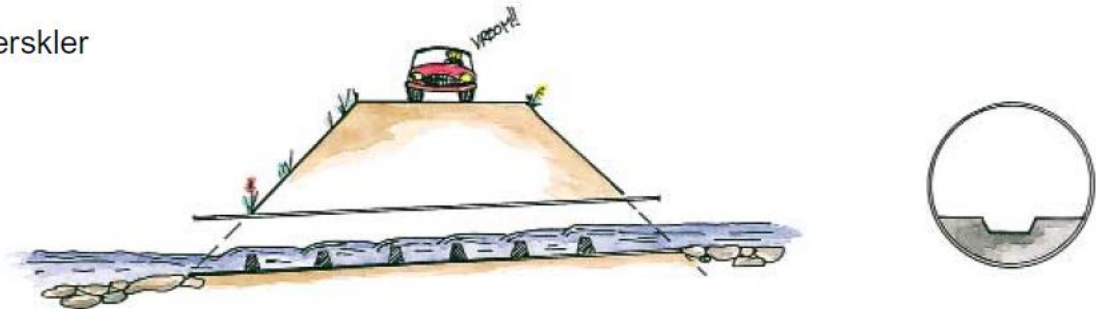


Figur 4-19 Prinsipp-skisse og foreløpig dimensjonering av et miljøvennlig energidreperbasseng/kulp. Bassenget er dimensjonert i henhold til NVE 4/2009 og bruk av HY-8/HEC-14.

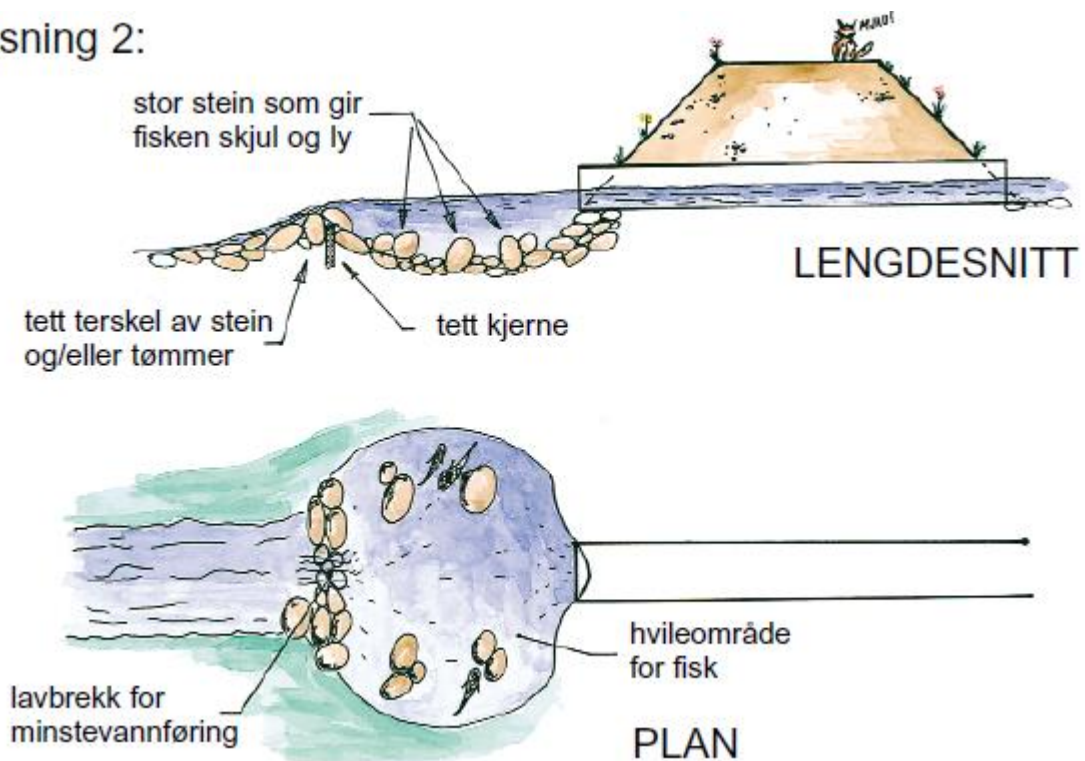
Uavhengig av valg av nedstrøms løsning er det satt av tilstrekkelig plass i reguleringsplangrense (ca. 70 meter nedstrøms kulvertutløp).

Prinsippene som er foreslått tilsvarer da kulvert-prinsipp nummer 5) Terskler, og for utløp Løsning 2, i DN Håndbok 22-2002, Slipp fisken frem, jf. Figur 4-20.

5) Terskler



Løsning 2:



Figur 4-20 Anbefalte prinsipper for ny kulvertløsning. Kilde: DN 22-2002, Slipp fisken frem.

Nye kulvertutløp vil kreve særskilt erosjonssikring i et vernet vassdrag. Det anbefales derfor å benytte miljøvennlig erosjonssikring, ref. NORCE tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø. Det betyr blant annet at der det absolutt er nødvendig med erosjonssikring (for eksempel ved utløp nye kulverter), bør det brukes rauset/ordnet steinsikring i stedet for plastring, og tilbaketrukket sidesikring. Videre bør det foran og over sikringslaget tilføres naturtypisk substrat og stein som skaper variasjon, skjul og hydraulisk ruhet. Stedlig substrat mellomlagres og legges oppå nytt sikringslag.

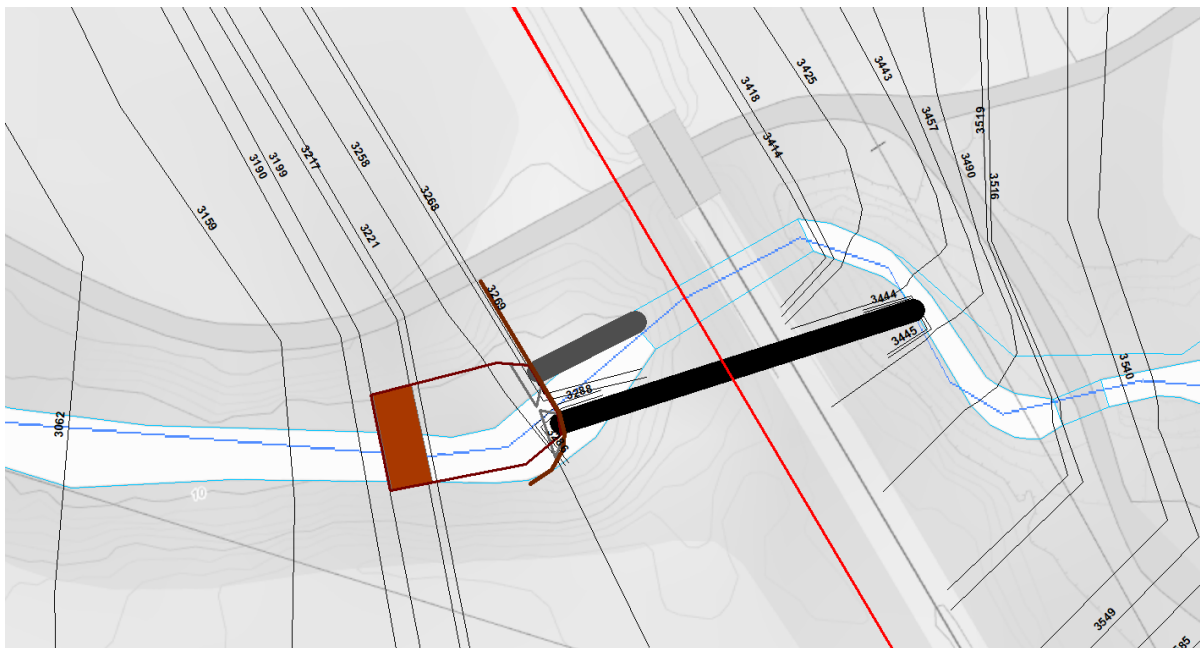
Behov og nødvendig omfang av erosjonssikring nedstrøms må utredes nærmere i detaljfasen. Det må tas sikteprøver av eksisterende bekke-bunn og sidekanter opp mot 200-årsflom nivå, og vurdere om dette tilfredsstillende krav til erosjonssikre masser. I utgangspunktet ønskes det i størst mulig grad å beholde eksisterende naturlige vassdragsbunn. Samtidig vil forlenget kulvert og ny flomkulvert medføre

større strømningskrefter enn dagens, spesielt ved utløp, men også et godt stykke nedstrøms. Bruk av energidreperbasseng indikerer en total lengde på 15 meter. Det samme vil gjelde for tradisjonell plastring av kulvertutløp. Dagens store bredde på bekkeløpet må beholdes, hvilket vil bidra til å redusere hastighetene og erosjonskrefter tidligere. Dette vil kunne bekreftes i detaljfasen når bekkbunn er innmålt i detalj.

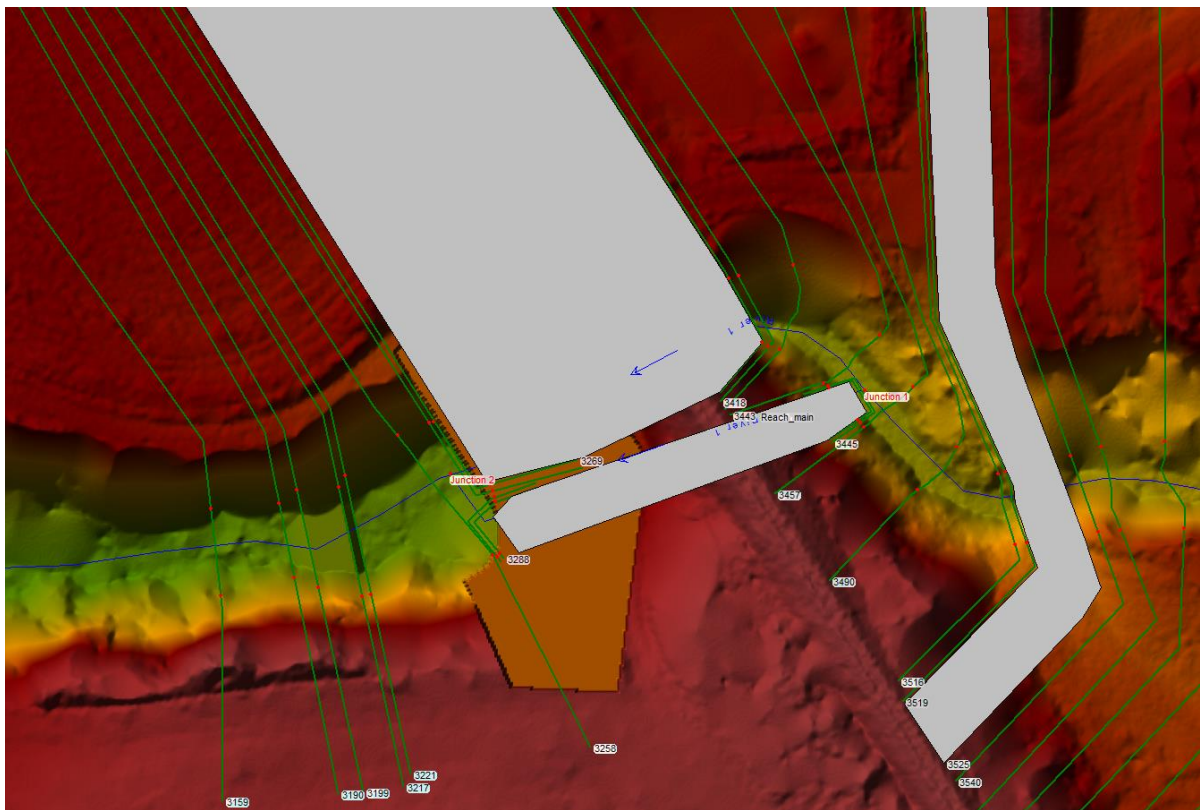
Hydrauliske beregninger:

Foreslåtte tiltak over er lagt inn i en 1D HECRAS bekkemodell. I modellen er det lagt inn følgende forutsetninger:

- Jernbanekulvert forlenges med ca. 15 meter med samme fall og dimensjoner som dagens. Ruhet i bunn som naturlig bekk (0,03) og sidekanter som ru betong.
- Flomkulvert DN=2000 mm. Bunn flomkulvert innløp legges ca. 0,4 meter høyere enn bunn jernbanekulvert (ca. kt. 10,5 m), men må ikke legges høyere. Hvis nødvendig må det etableres en forhøyet og buet terskel foran innløpet til flomkulvert, slik at dette bare trer i drift ved vannføringer høyere enn Q10 (ca. 0,4-0,6 m³/s). Utløpet legges også noe høyere enn jernbanekulvertens utløp/beregnet vann-nivå ved Q10 (høyere en ca. kt. 10,0 m), for å unngå at fisken forsøker å vandre gjennom flomkulverten.
- Etablert basseng/kulp og terskel i henhold til skisse i Figur 4-20.



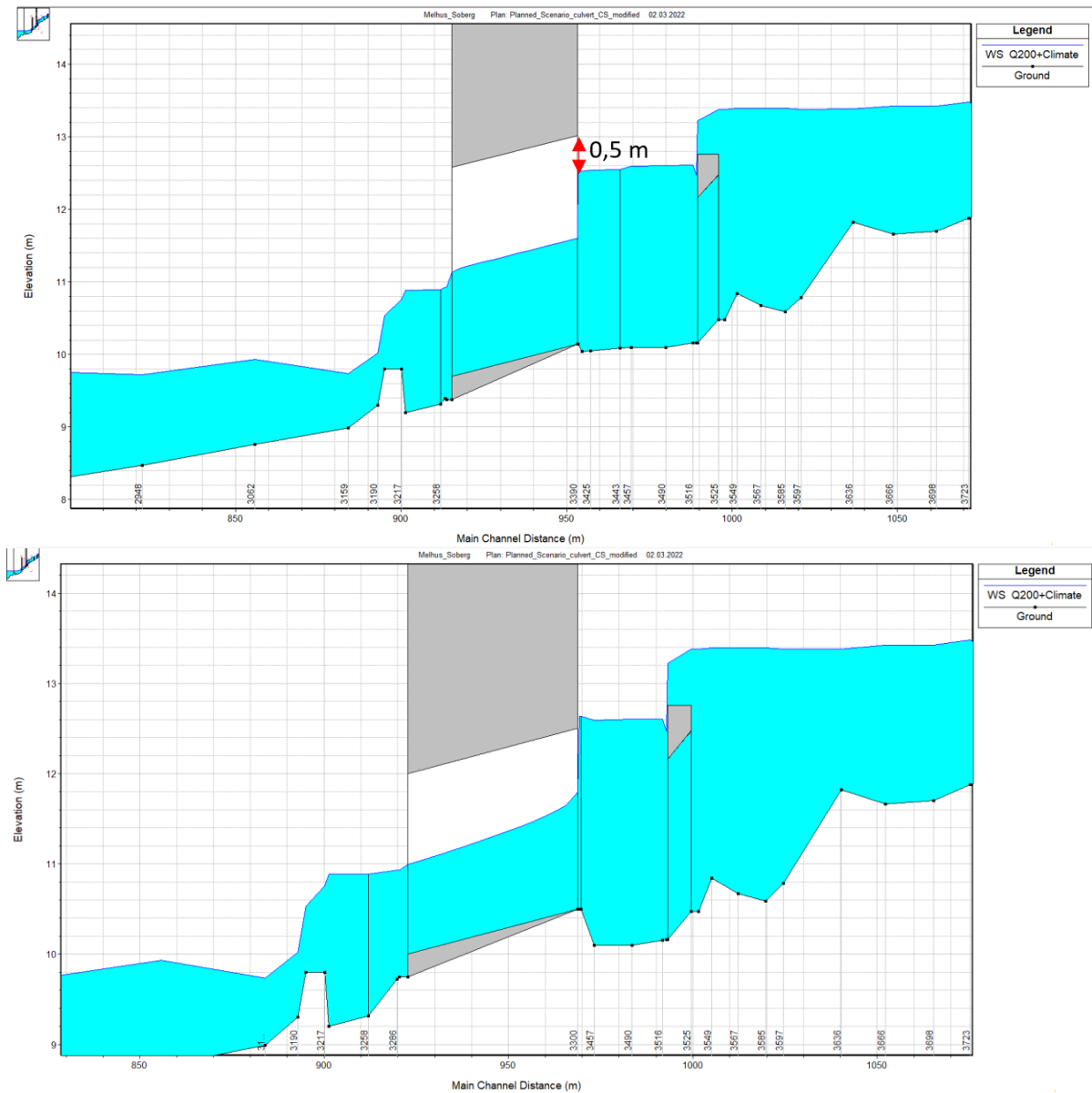
Figur 4-21. Oversikt over tiltak og bekkemodellens tverrprofiler (ID nr).



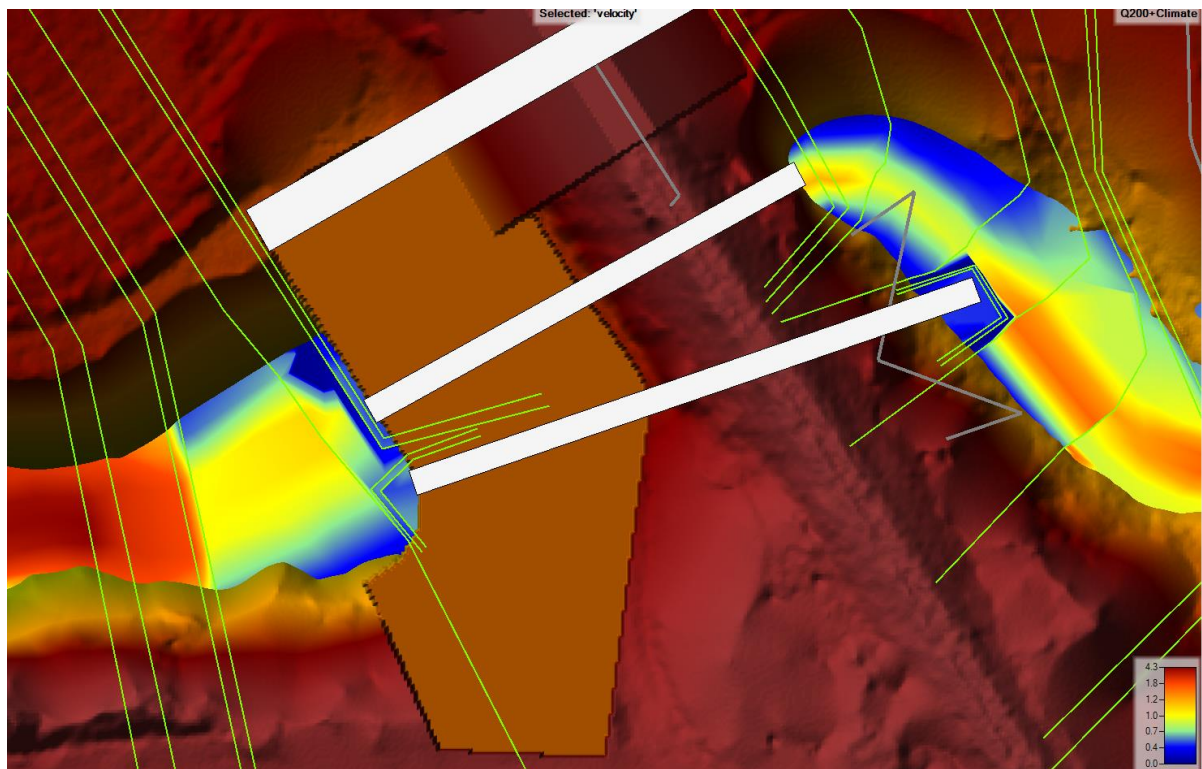
Figur 4-22 1D HECRAS modell av foreslåtte hovedtiltak.

Hydraulisk kapasitet, nytt kulvertsystem:

Figur 4-23 viser beregnet vannlinje gjennom forlenget jernbanekulvert ved dimensjonerende 200-årsflom. Beregningene viser at med parallell 2000 mm flomkulvert overholdes kravet om 0,5 meter klaring mellom beregnet vannlinje og topp kulvert.



Figur 4-23. Beregnet vannlinje ved 200-årsflom inklusive klimapåslag og bruk av flomkulvert. Øverst: Forlengt jernbanekulvert. Nederst: Parallell flomkulvert.

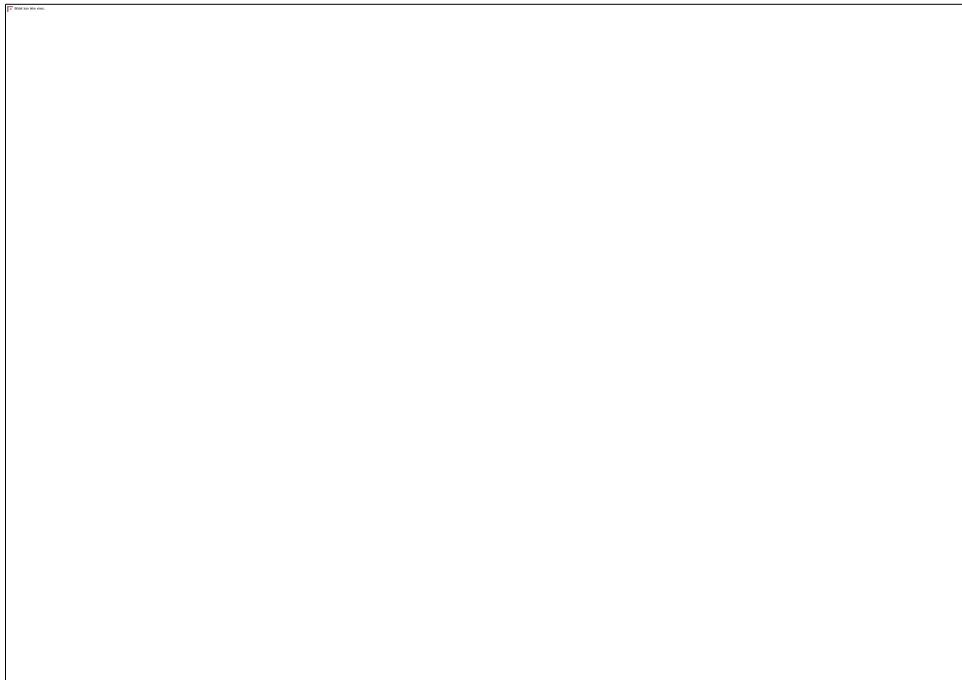


Figur 4-24 Beregnede vannhastigheter ved 200-årsflom inklusive klimapåslag. Samlet effekt av jernbanekulvert og flomkulvert, samt nedstrøms kulp med terskel.

Fiskevandring, kontroll:

Det er utført hydraulisk kontroll av foreslåtte hovedtiltak i forhold til øvre grensebetingelser for kulverter som ikke hindrer fiskeoppgang. Øvre grensebetingelser for kulvertlengde over 30 meter for sjørørret er henholdsvis for hastighet 1,25 m/s og for minste vanddybde 0,15 m, jf. Tabell 4-1. Maksimalt vannfall ved utløp er 0,3 meter (gjelder ved eventuelt terrassert utløp).

Tabell 4-1 Øvre grensebetingelser for ulike egenskaper i kulverter. Ny forlenget kulvert er ca. 38 meter lang. Kilde: DN, 22-2002, Slipp fisken frem.

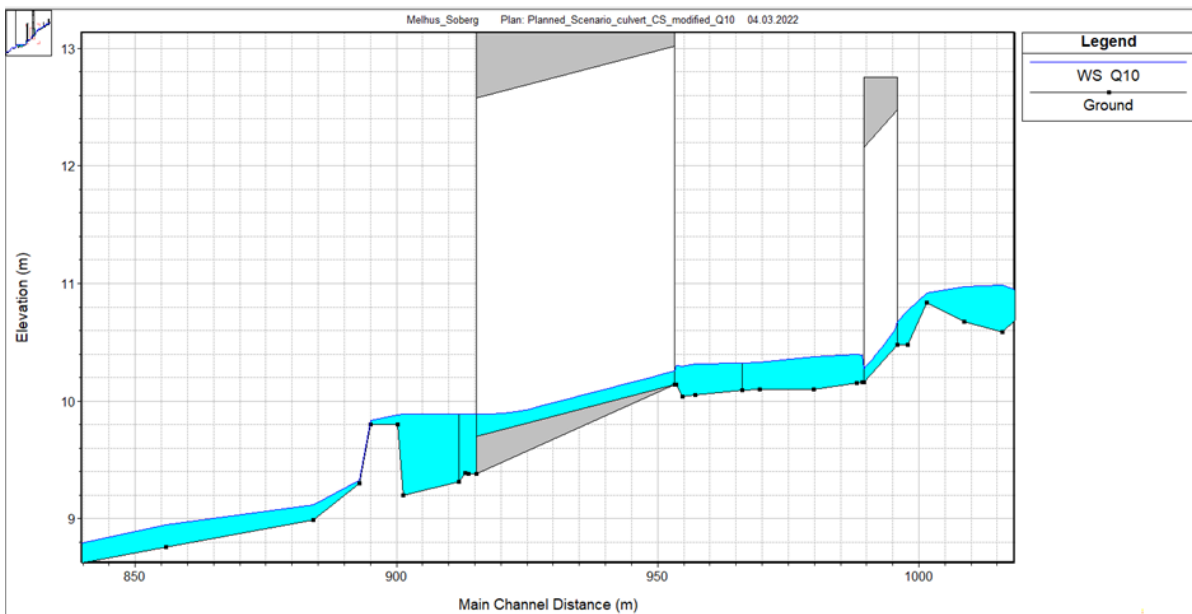
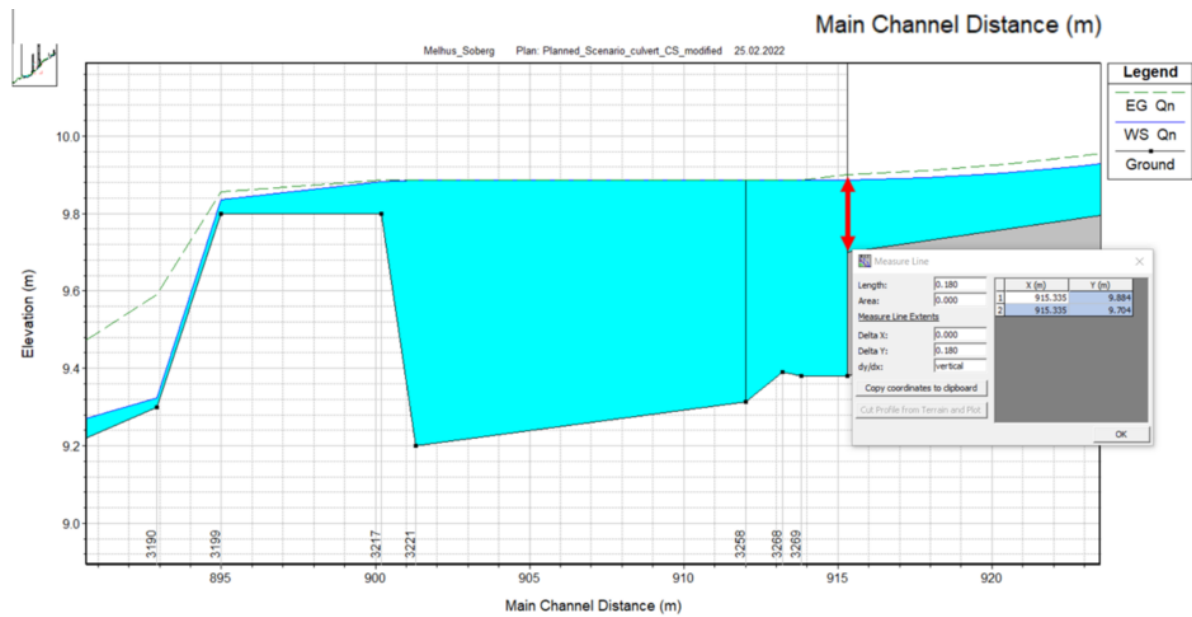


Det er utført kontroll av vannhastigheter i forlenget kulvert ved antatt Q10 (0,6 m³/s, høyeste anslåtte verdi for Q10, lavere i hovedsesong for fiskevandring) og for normalvannføring, Qn (0,19 m³/s). Ved Q10 beregnes det hastigheter på 1,3 m/s ved innløp kulvert og 1,16 m/s ved utløp, jf. Tabell 4-2. Dette anses å være akkurat ved øvre grensebetingelse for sjørret. Hastigheten i bekkeløpet er henholdsvis ca. 0,4-0,8 m/s oppstrøms og meget lave ved utløp dam (0,1 m/s i dam og opp mot 0,9 m/s over terskelen).

Tabell 4-2 Beregnede hastigheter m.m. i forlenget jernbanekulvert for Q10 lik 0,6 m³/s.

Plan: Planned_culvert_CS_moified River 1 Reach main RS: 3390 Culv Group: Rail_culvert Profile: Qn			
Q Culv Group (m3/s)	0.60	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	1.30
Q Barrel (m3/s)	0.60	Culv Vel DS (m/s)	1.16
E.G. US. (m)	10.49	Culv Inv El Up (m)	10.14
W.S. US. (m)	10.48	Culv Inv El Dn (m)	9.70
E.G. DS (m)	9.96	Culv Frctn Ls (m)	0.43
W.S. DS (m)	9.96	Culv Exit Loss (m)	0.07
Delta EG (m)	0.53	Culv Entr Loss (m)	0.03
Delta WS (m)	0.52	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)	10.49	Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)	10.49	Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	10.37	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	9.96	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)	0.23	Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	0.21	Min El Weir Flow (m)	19.76

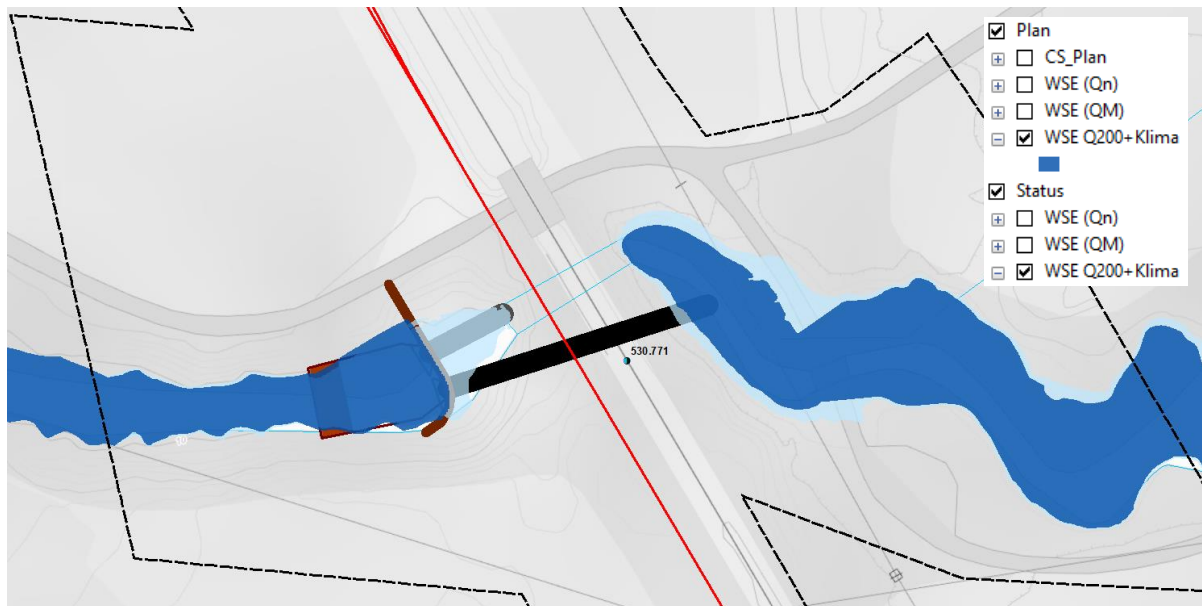
Ved normalvannføring, Qn, er beregnede hastigheter på 0,8 m/s ved innløp kulvert og 0,5 m/s ved dykket utløp, jf. Figur 4-25.



Figur 4-25 Beregnede vanddyp ved Q10 og foreslåtte hovedtiltak.

Flomsone etter foreslåtte tiltak:

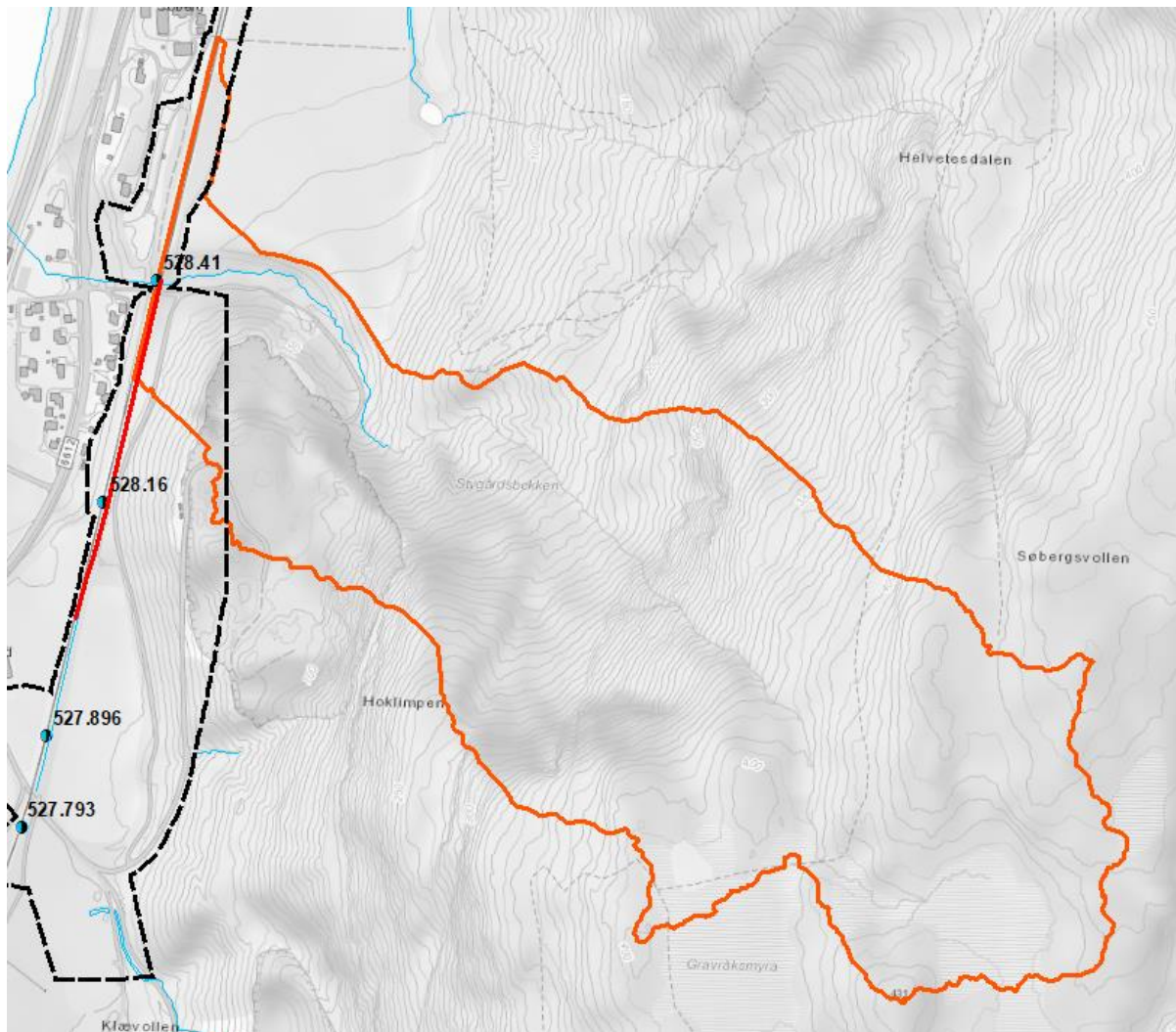
Figur 4-26 viser 200-års flomsone etter anbefalte tiltak. På grunn av økt hydraulisk kapasitet til kulvertsystem vil oppstuvningen foran jernbanekulverten reduseres, som igjen vil redusere flomsonen. Nedstrøms er den tilnærmet lik, og tilpasset grovdesign av kulp/nær antatt dagens utforming (høydegrunnlag er av variabel kvalitet, men vurdert på befaring), men med litt høyere vannspeil.



Figur 4-26 Flomsonekart for planlagt situasjon og Q200+klime vist i mørk blå. Lys blå under viser flomsone Q200+klime for eksisterende situasjon.

4.5 Stygårdsbekken (Søberg)

Stygårdsbekken nedbørfelt er beregnet til ca. 0,4 km² og er dominert av skog (82%) og åpen fastmark (10 %). Ved bruk av rasjonelle metode er 200-årsflom beregnet til 1,3 m³/s og inklusive 50 % klimapåslag 1,9 m³/s. Konsentrasjonstiden er beregnet til ca. 45 minutter, og det er anvendt en justert avrenningskoeffisient på 0,5.



Figur 4-27 Stygårdsbekken nedbørfelt.

Eksisterende kulvert under jernbanen er en bokskulvert med $b \cdot h = 1 \cdot 1,3$ meter. Forutsatt $H_w/D=1,0$ (dvs en restkapasitet på ca. 20% før den går full), har denne kulverten en kapasitet på ca. $2,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Eksisterende kulvert har med andre ord tilfredsstillende kapasitet og kan dermed ved behov forlenges (forutsatt at tilstanden på eksisterende vurderes som OK).



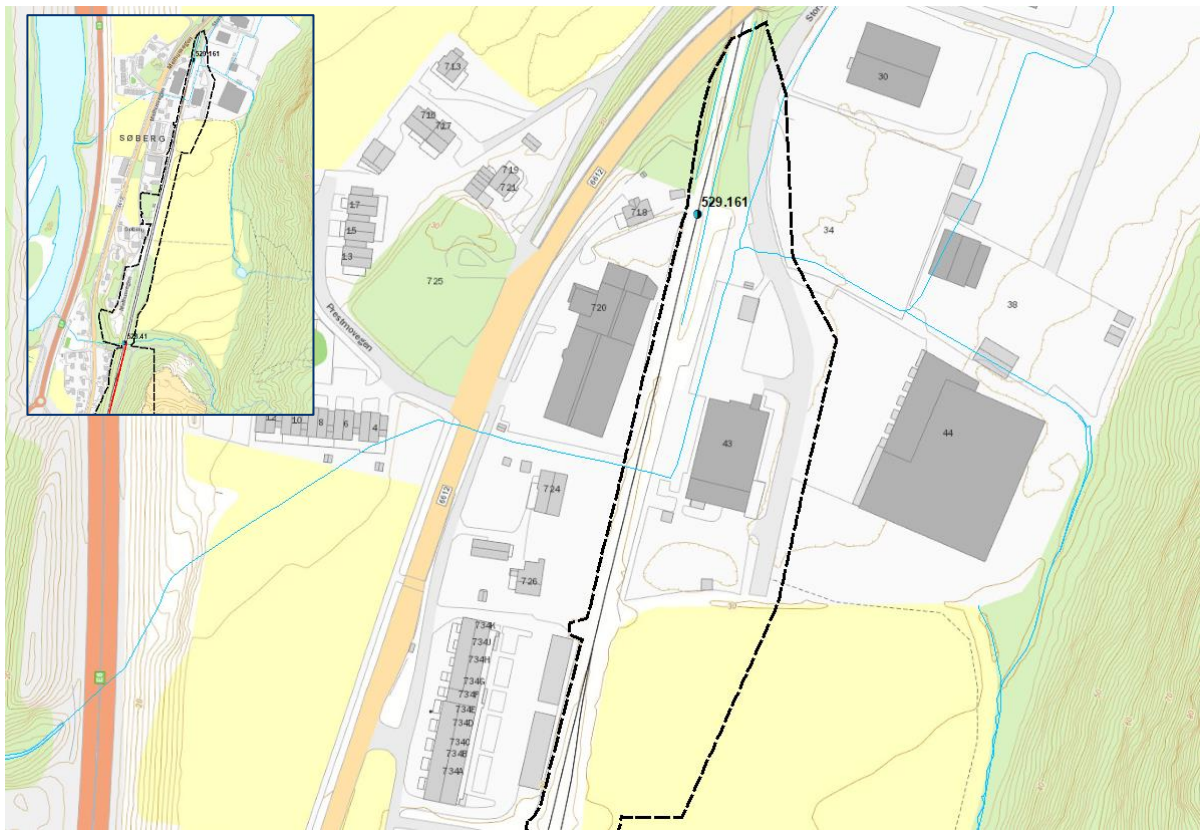
Figur 4-28 Eksisterende steinkulvert for Stygårdsbekken.

4.6 Prestmoveien og Hofstad/Klævollan (Sjøberg)

4.6.1 Prestmoveien

Vurdering av Prestmoveien-området viser at det ikke planlegges undergrunnsarbeider (utbedret eller nytt spor) i dette området. Dette skjer fra ca. km. 528.41 ved Stygårdsbekken og sørover. Bekke- og overvanns-kryssing er følgelig ikke vurdert i detalj i dette området.

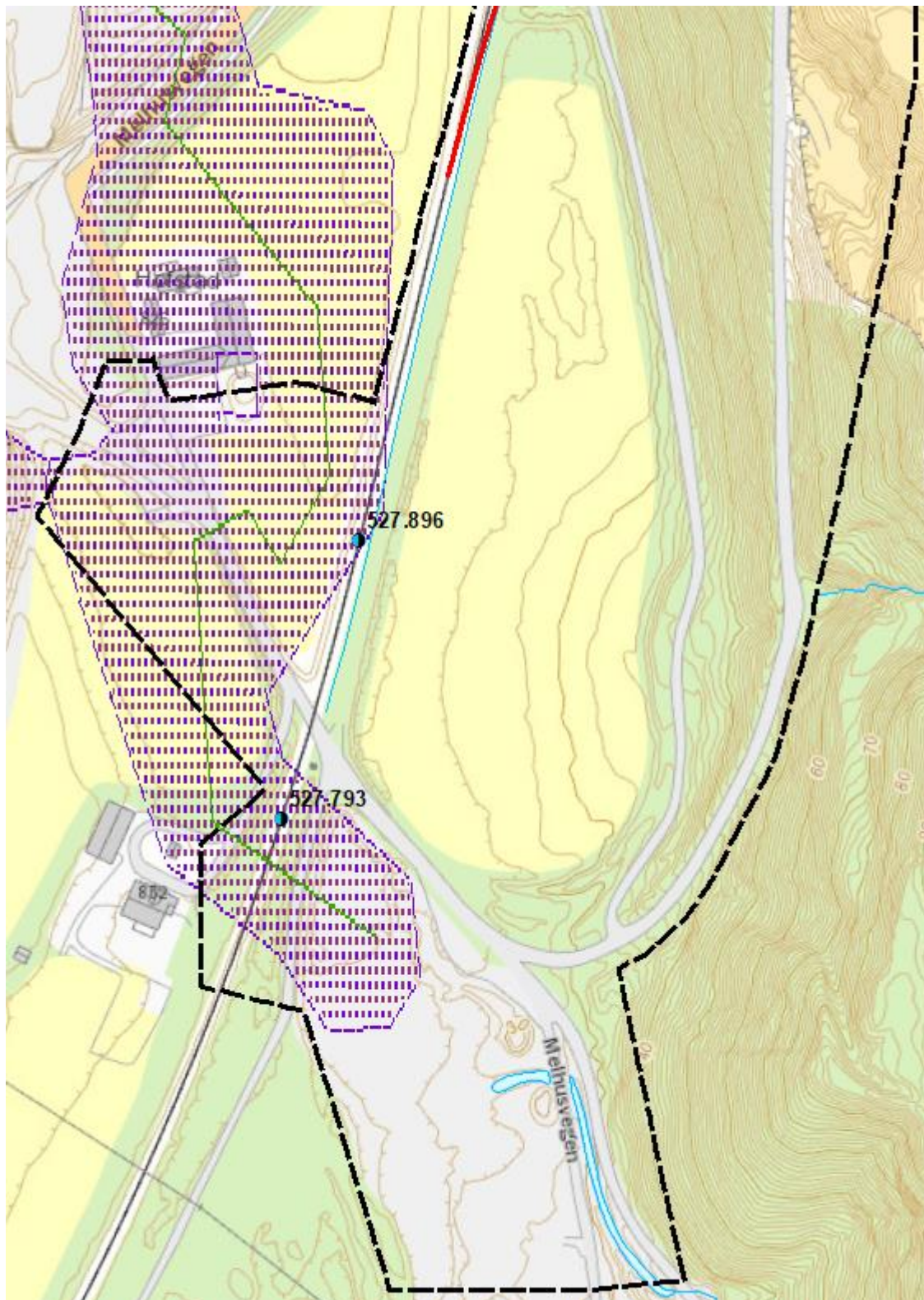
Sør for bane-stikkrenne km. 529.161, ca. ved km. 529.054, ligger det en kommunal overvannsledning, OV1200 mm. Denne er kommentert under VA. Potensielt nedbørfelt frem til kommunal kulvert er ca. 1,3 km² og Q200+klima ca. 4 m³/s. Dette indikerer at området er flomutsatt, men siden det er en kommunal stikkrenne/overvannrenne anses denne som et kommunalt ansvar.



Figur 4-29. Eksisterende jernbanekulvert i nord km 529.161 (sirkel, blå/sort) og aktuell bekkekrusning ligger nord for planlagte undergrunntiltak (start nytt/utbedret spor vist i rødt).

4.6.2 Hofstad/Klævollen km 527.793 og dels km 527.896

Analyse av Hofstad/Klævollen viser at aktsomhetsområdet ligger helt i sør av planområdet, men ikke i nærheten av planlagte undergrunnsarbeider (utbedret/nytt spor) som ikke starter før ca. km 528.1 og nordover. Bekkekrusningen er derfor ikke utredet i detalj.



Figur 4-30. Eksisterende jernbanekulvert og bekkekryssing ligger helt sør i planområdet. Her planlegges det ikke undergrunnsarbeider som påvirker eksisterende stikkrenne.

Avrenningsanalyse indikerer at nedbørfeltet til eksisterende stikkrenne km 527.896 er lite, ca. 0,16 km². Eksisterende stikkrenne er en 0,6*0,6m firkantkulvert. Beregnet 200-årsflom inklusive klimapåslag er ca. 0,7 m³/s og da vil vannet stuves opp til ca. 1 meter foran stikkrennen. Dette anses som akseptabelt. Videre er det en forsenkning (dyrket mark) øst for sporet, som vil bidra til flomdemping.

Avrenningsanalyse av avrenningsfelt for km 527.793 viser at dette feltet er noe større, ca. 0,4 km². Her ligger det også en 0,6*0,6m firkantkulvert. Her er det en stor lokal forsenkning rett øst for stikkrennen som bidrar til flomdemping, samt gode infiltrasjonsforhold. Videre vil flomvannet, i en ekstrem situasjon, kunne stuves opp videre i forsenkninger både sørover og nordover. Volumet av de totale forsenkninger utgjør hele 21000 m³. Dette betyr at jernbanen ikke vil være direkte flomutsatt, men lokale forsenkninger vil kunne fylles opp.

5. DRENERING OG EKSISTERENDE VA-ANLEGG

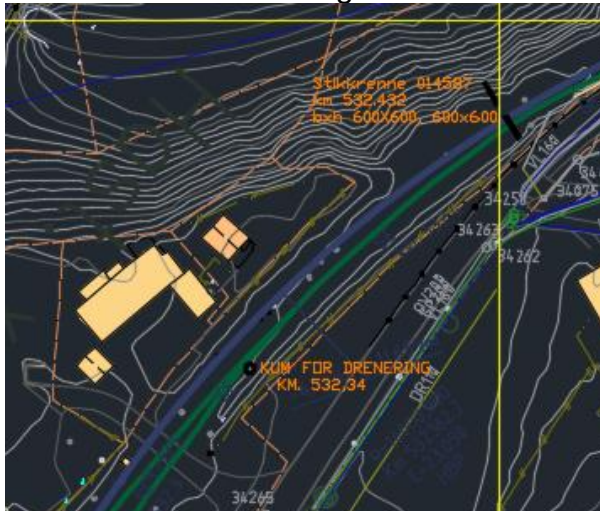
Dette hovedkapittel oppsummerer eksisterende VA anlegg, lokalisert og identifisert basert på Bane NORs profil km. Dette gjelder både Bane Nor sine stikkrenner og kommunale ledninger.

MELHUS

Det er ikke sannsynlig at nytt spor vil medføre tiltak for etterfølgende poster, unntatt ved undergang km 531.41, hvor det må det gjøres tiltak. pkt. nr. 5.10:

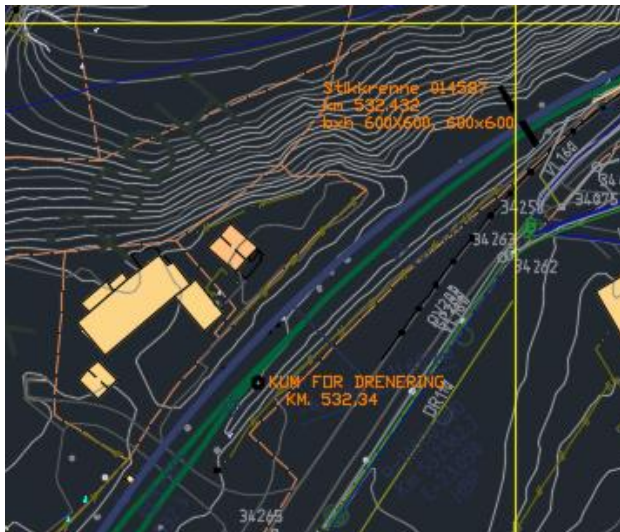
5.1 Km 532.029

Stikkrenne KU-REN 014582
Dimensjon innløp 600X600
Utløp 600x 600
Kum for lukket drenering KM 531.983



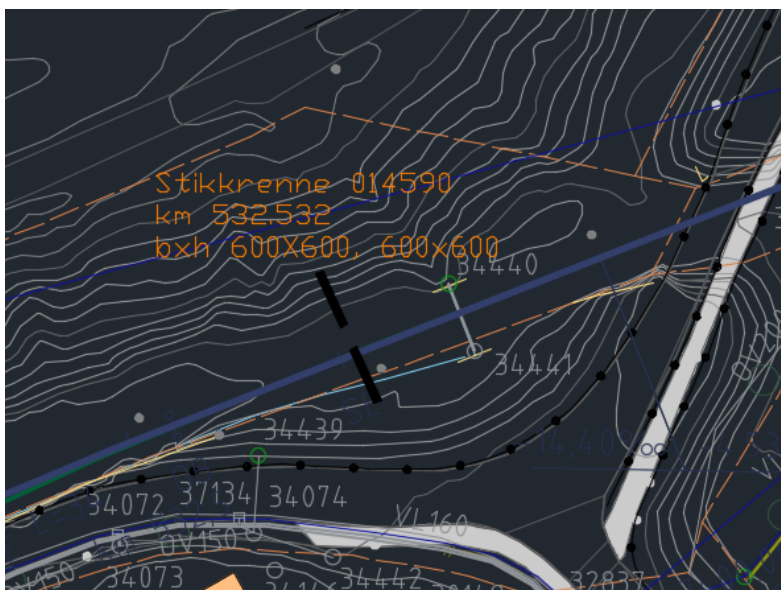
5.2 Km 532.432

Stikkrenne KU-REN 014587
Dimensjon innløp 600X600
Utløp 600x 600
Kum for lukket drenering KM 532.34



5.3 Km 532.532

Stikkrenne KU-REN 014590
Dimensjon innløp 600X600
Utløp 600x 600



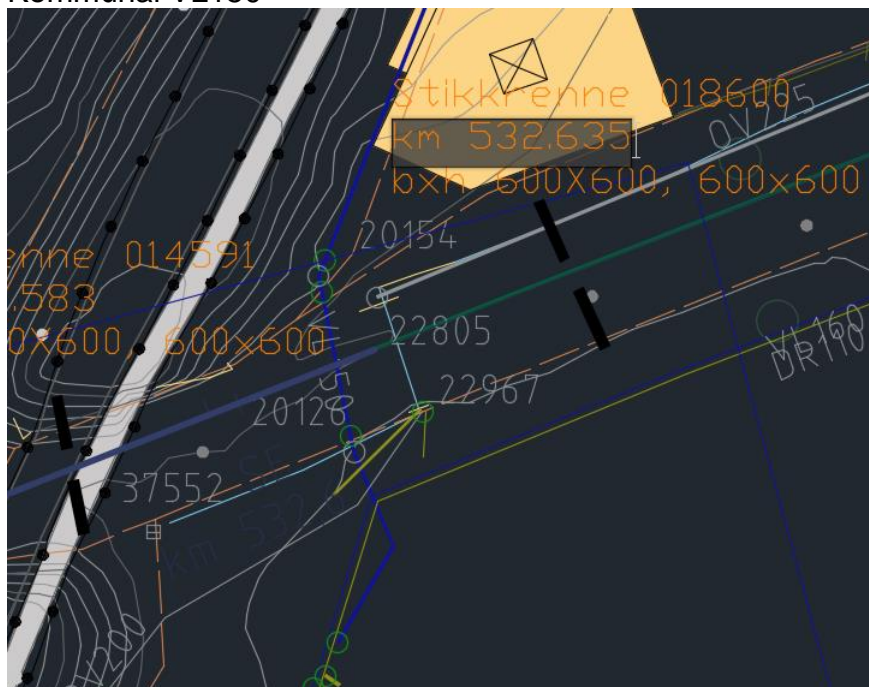
5.4 Km 532.583

Stikkrenne KU-REN 014591
Dimensjon innløp 600X600
Utløp 600x 600
Kum for drenering KM 532.603



5.5 Km 532.610

Kommunal VL150



5.8 Km 532.786

Stikkrenne KU-REN 014593
Dimensjon innløp 600X600
Utløp 600x 600
Km for lukket drenering Km 532.803



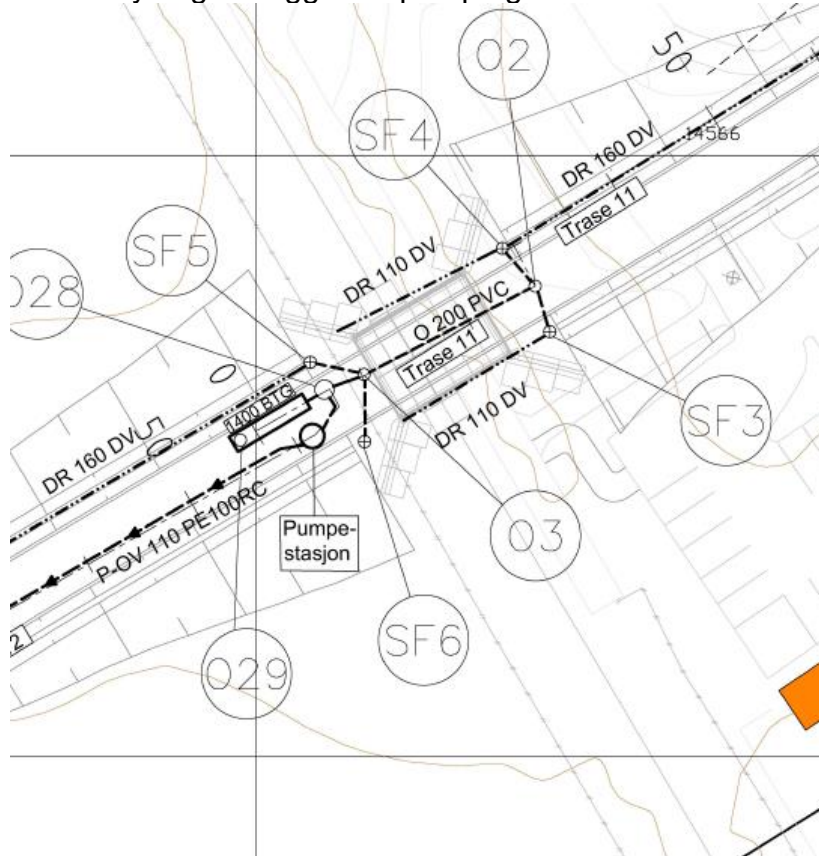
5.9 Km 532.578

Stikkrenne KU-REN 014594
Dimensjon innløp 600X600
Utløp 600x 600



5.10 Km. 531.41

Ny plattform på vestsiden av spor, utvidelse av spor ved undergang. Det er etablert et fordrøyningsanlegg med pumping av overvann ut fra undergang.



Sandfang SF4 og SF5 må flyttes pga trapp opp til plattform. Vist i 3d modell. Det legges ny overvannsledning fra plattform og inn til O28. Løsningen er avhengig av tillatelse fra Melhus kommune. Det etableres 2 stk infiltrasjonssandfang på vestsiden av sporet for å håndtere overvann fra ny plattform.

SØBERG

Det er ikke sannsynlig at nytt spor vil medføre tiltak for etterfølgende poster, unntatt ved undergang km 527.860, hvor det må det gjøres tiltak ref pkt. nr. 5.18:

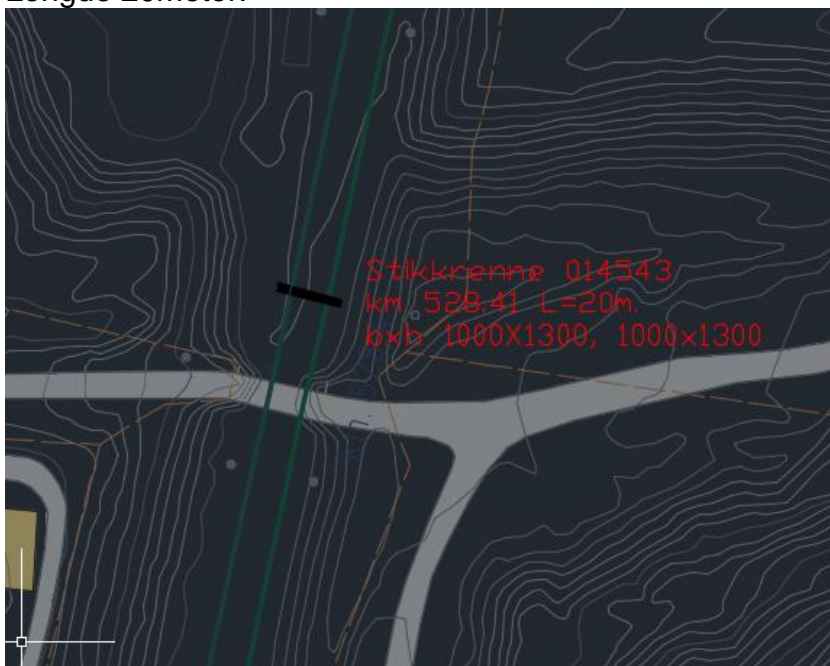
5.11 Km 528.16

Stikkrenne KU-REN 014539
Dimensjon innløp 600X600
Utløp 600x 600



5.12Km 528.41

Stikkrenne KU-REN 014543
Dimensjon innløp 1000X1300
Utløp 1000x 1300
Lengde 20meter.



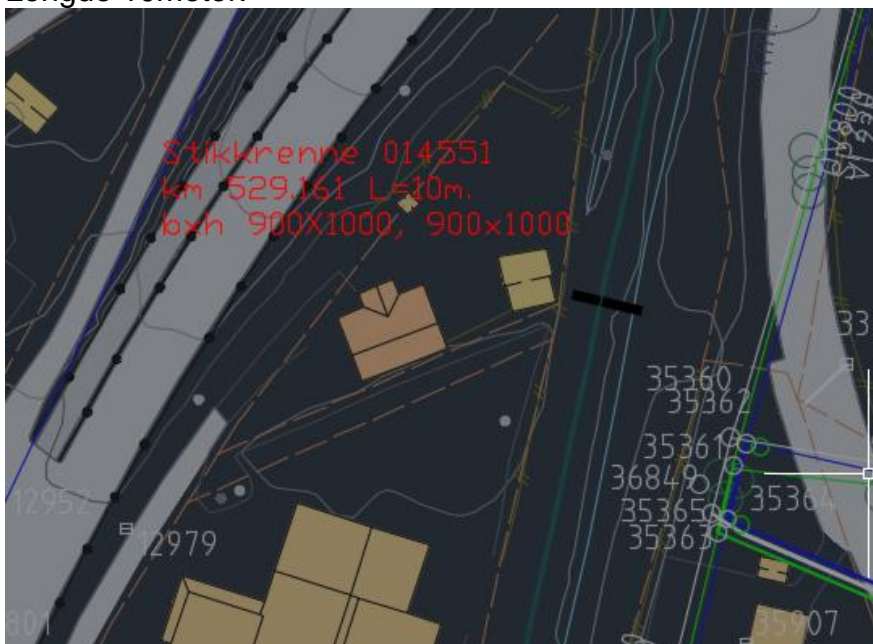
5.13Km 529.054

kommunale ledninger
VL 225
Sp315
OV1200
Krysser på tvers.



5.14Km 529.161

Stikkrenne KU-REN 014551
Dimensjon innløp 900X1000
Utløp 900x 1000
Lengde 10meter.



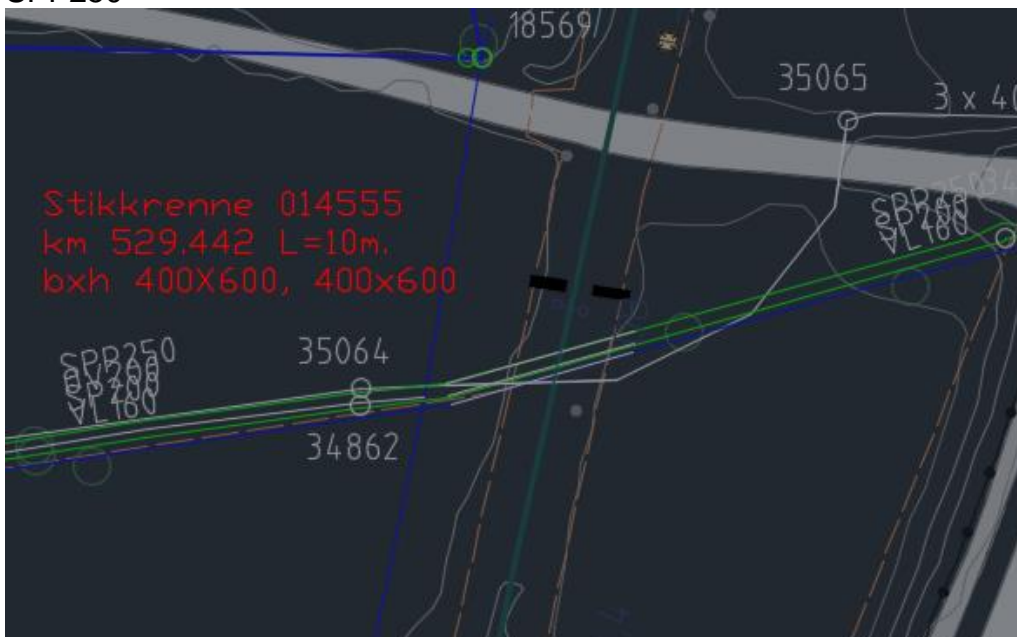
5.15Km 529.293

Stikkrenne KU-REN 014554
Dimensjon innløp 600X600
Utløp 600x 600
Lengde 10 meter



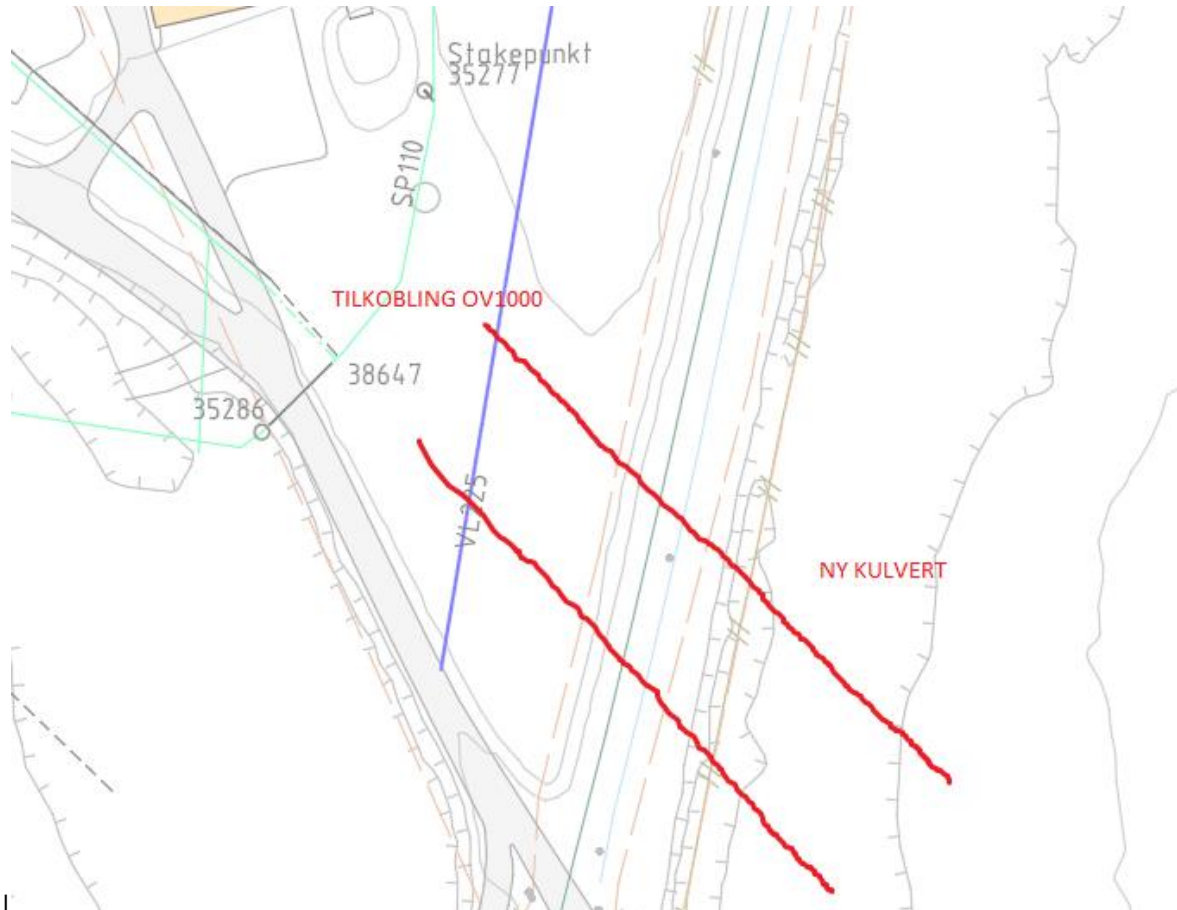
5.16Km 529.435

kommunale ledninger
VL 160
Sp200
SPP250



5.17Km 529.442

Stikkrenne KU-REN 014555
Dimensjon innløp 400X600
Utløp 400x 600
Lengde 10meter.



5.18Km 527.860

Ny kulvert under Dovrebanen

Tiltak vil medføre omlegging av kommunal VL 225.

Overvann fra kulvert, kan pumpes opp til infiltrasjonsgrøfter / Infiltrasjonsandfang ev. pumpes opp til ny OV1000 mm som er lagt fra Gaula og opp til 38647.

Det må antas at ved legging av kulvert under sporet vil det være ønskelig at OV1000mm skal føres i samme trase.

6. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

6.1 Hydrologi og flomfarevurderinger

Det er utført hydrologiske analyser og flomfarevurderinger på reguleringsplan-nivå for prosjekt kapasitetsøkende tiltak Trønderbanen, Melhus og Søberg.

Hovedmålet med denne fagutredningen har vært å sikre at fremtidig utbygging av ny bane er flom- og erosjonssikker og i henhold til gjeldende myndighetskrav. Videre skal ny og utvidet drenering være i henhold til Bane NORs tekniske regelverk, samt at utbyggingen hensyntar eventuelle eksisterende VA-systemer. I reguleringsplanen er det også vesentlig å sikre at tilstrekkelige arealer i planen er satt av for nødvendig flomsikring, drenering og VA.

Vurderingene viser at det primært er kryssingen av Loddebekken som særlig må hensyntas for Melhus planområde. For Søberg er det ikke indentifisert spesielle utfordringer utover å ivareta eksisterende vannveier og vannhåndtering der hvor det planlegges nytt eller utbedret spor.

Det er utført vurderinger av flomfare for Melhus og Søberg ved bruk av eksisterende flomsoneskart for Gaula samt aktsomhetskart for flom for bekker. Flomsoneskart for Gaula viser at planområdene ikke blir berørt, mens aktsomhetskartene (samt Rambølls vurderinger) viste potensiell flomfare ved Loddebekken i Melhus samt 3 bekker i Søberg. Disse bekkene er utredet nærmere med hensyn til vurdering av reell flomfare.

Gaulavassdraget, inklusive dets sidevassdrag, er vernet i henhold til Verneplan III av 1986. Vernegrnlaget er blant annet knyttet til naturmangfold, kulturminneverdier og viktig for friluftsliv. Loddebekken i Melhus nevnes som en av de viktigste sidevassdragene til Gaula i Melhus kommune, og er en viktig og god gytebekk for sjørret. I både Gaula, Lundesokna og Loddbekken er det bever.

Loddbekken krysser jernbanen hvor det planlegges nytt dobbeltspor rett sør for eksisterende spor. Jernbanefylling og mur må derfor utvides og flyttes ca. 15 meter mot sør, og dermed tilsvarende forlengelse av kulvert. For å redusere tiltakets omgang i vassdraget planlegges det for smalest mulig fylling for ekstra spor og landbruksvei, samt bruk av mur som avslutning mot bekk. Loddbekken er en god gytebekk for sjørret og har også andre viktige naturverdier. Tiltak i og nær bekkeløpet må derfor sikre fiskens vandringsmulighet, samt følge god praksis for miljøforbedrende tiltak i elver og bekker.

Anbefalt hovedløsning for kryssing av Loddbekken er å forlenge eksisterende jernbanekulvert samt etablere en ny flomkulvert for å øke den hydrauliske kapasitet. Hydrauliske beregninger dokumenterer at ved bruk av en parallell lavtliggende DN 2000mm flomkulvert (gravefri løsning, tunnelering), vil det samlede kulvertsystem ha tilfredsstillende hydraulisk kapasitet til dimensjonerende 200-årsflom, herunder myndighetskrav om klaring på 0,5 meter mellom flomvannlinje og topp kulvert. Videre er det kontrollert at øvre terskelverdier for å sikre fiskeoppgang av sjørret ikke overskrides for normalsituasjonen i bekken (Q10 og Q90).

For å ivareta fiskevandring og redusere strømningskreftene nedstrøms det nye kulvertssystem, anbefales det å forsterke og heve eksisterende naturlige terskeldam. Nye kulvertutløp vil kreve særskilt erosjonssikring i et vernet vassdrag. Det anbefales derfor å benytte miljøvennlig erosjonssikring, ref. NORCE tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø. Forslag til oppbygging og dimensjonering av et miljøvennlig energidreperbasseng/kulp er utført.

Behov og nødvendig omfang av erosjonssikring nedstrøms kulvert må utredes nærmere i detaljfasen, blant annet basert på supplerende innmålinger av bekkebunn samt sikteprøver. Oppstrøms er det en liten skade på tørrmur i yttersving som må utbedres.

For Stygårdsbekken i Sjøberg er det dokumentert at eksisterende rektangulære steinkulvert har tilfredsstillende hydraulisk kapasitet til å ta unna dimensjonerende 200-årsflom. Ved behov kan denne kulverten forlenges.

For øvrige bekker/vannveier som krysser jernbanen i Sjøberg planlegges det ikke tiltak i grunnen, det vil si ingen nye eller utbedring av eksisterende spor. De er følgelig ikke analysert i detalj, men overordnet flomfare er vurdert.

6.2 Drenering og eksisterende VA

Det ser ikke ut som om utbygging av dobbeltspor vil medføre store kostander/arbeid som gjelder kryssing av eks. kommunale ledninger. Når det gjelder drenering og linjegrøfter er det ved befaring ikke funnet mye av linjegrøfter og de fleste stikkrenner er forsvunnet/ikke funnet.

Grunnen er meget god for infiltrasjon av overvann, noe som medfører at overvann langs linja ikke har vært et problem.

Det er tiltak ved gang og sykkelkulvert og plattform i Melhus og kulvert ved Sjøberg som medfører VA arbeider av et visst omfang. Loddbekken og Stygårdsbekken er omtalt i kapittelet om Hydrologi.

7. REFERANSER

- **122-1 VVV-rapport 2001-21 Gaula.** Verdier i Gaulavassdraget, Melhus kommune i Sør-Trøndelag.
<http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/201600028/1663851>
- **Direktoratet for naturforvaltning, 2002.** Slipp fisken fram. dn-handbok-22-2002.jpg.pdf (miljodirektoratet.no)
- **Klimaservicesenter, 2021.** Klimaprofil Sør-Trøndelag, oppdatert januar 2021.
<https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/sor-trondelag>
- **Vannressursloven, 2001.** Lov om vassdrag og grunnvann. Ikrafttredelse: 01.01.2001.
https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82/KAPITTEL_2#KAPITTEL_2
- **NVE rapport 5/2001.** Flomsonekart, delprosjekt Melhus.
- **NVE rapport 4/2009.** Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein.
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2009/veileder2009_04.pdf
- **NVE rapport 7/2015.** Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt.
http://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015_07.pdf
- **NVE rapport 13/2015.** Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt.
http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_13.pdf
- **NVE rapport 10/2020.** Lokal og regional flomfrekvensanalyse.
https://publikasjoner.nve.no/rapport/2020/rapport2020_10.pdf
- **NVEs sikringshåndbok, 2021.** <https://sikringshandboka.nve.no/>