




**Flaumfarevurdering
ved Bjorli Låve, Lesja
kommune**



Sunnfjord Geo Center



Prosjektinformasjon og status		
Dokumentnr.:	Dokumenttittel:	
2016-05-050B	Flaumfarevurdering ved Bjorli Låve, Lesja kommune	
Revisjon:	Skildring:	Leveransedato:
1	Godkjent rapport	26.04.2021
Kontraktør:		
 Sunnfjord Geo Center		
Kontaktinformasjon:		
Sunnfjord Geo Center AS Småbakkane 19 6984 Stongfjorden Tlf: 577 31 900 E-post: post@sunnfjordgeocenter.no Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA		
Kundeinformasjon:		
EBIT Eiendom AS v/Terje Heggem		
Fagområde:	Dokumenttype:	Lokalitet:
Flaumfare	Rapport	Bjorli, Lesja kommune
Feltarbeid utført av:	Dato for feltarbeid:	
Einar Alsaker	10.08.2016	
Rapport utarbeidd av:	Dato for ferdigstilling:	Signatur:
Rev 0: Einar Alsaker	14.09.2016	Einar Alsaker (sign.)
Rev 1: Anders Haaland	23.04.2021	Anders Haaland (sign.)
Rapport kvalitetssikra av:	Godkjend, dato:	Signatur:
Rev 0: Einar Alsaker	26.04.2021	Einar Alsaker (sign.)



Samandrag

Sunnfjord Geo Center har vurdert flaumfaren i samband med reguleringsplanarbeid ved Nyheim om lag 1,5 km aust for Bjorli sentrum. Det undersøkte området er eit planlagd hyttefelt i ei sør-vestvendt li. Området har for det meste ei helling på under 20° og består av småskog, einer og lyng. Det er kartlagd fleire bekkar som renn gjennom planområdet og denne rapporten tar for seg flaumfarevurdering langs bekkane. Det er tre nedbørsfelt som forsyner dei aktuelle bekkane med vatn. Nedbørsfeltene er små og omfattar ingen innsjøar eller myrar og bekkane vert forsyna med overflatevatn frå nedbør og vassføring i lausmassane. Bekkane veks difor gjerne opp under kraftige nedbørshendingar, og enkelte er ofte turre under periodar med lite nedbør.

Under synfaringa vart bekkesystema og gjennomføringane kartlagd. Det vart observert spor der bekkane hadde flauma over og det vart òg observert fleire kritiske punkt der blant anna gjennomføringane var dimensjonert for små og der bekkane gjorde krappe svingar. Enkelte av bekkane er allereie flytta på, på grunn av problem med vatn ned mot eksisterande hytter.

Sunnfjord Geo Center har berekna dimensjonerande avrenning frå nedbørsfeltene som er vidare nytta til å modellere flaumutbreiing med HEC-RAS og berekne naudsynte dimensjonar på kulvertar og gjennomføringar.

På bakgrunn av feltobservasjonane, modellering av 200-årsflaum og kartdata er det laga faresonekart for flaum langs ulike bekkane, og samtidig er det foreslått sikringstiltak for å unngå flaum i området framover. Faresonekartet viser at det kan byggast nærmare enn dei opphavlege aktsemdsonene på 20 m på kvar side av bekkane.



Innhald

Samandrag	3
1. Innleiing.....	5
1.1 Bakgrunn og føremål.....	5
1.2 Tryggleikskrav	5
2. Det undersøkte området	7
2.1 Områdeskildring.....	7
2.2 Skildring av vassdrag	8
2.3 Klima.....	10
2.4 Aktsemdskart for flaum.....	11
2.5 Eksisterande flaumfarevurderingar	11
3. Feltarbeid	12
3.1 Gorrobrennbekken og Bekk-0	14
3.2 Bekk 1	16
3.3 Bekk 2	21
3.4 Bekk-3 (a og b).....	23
3.5 Gjennomføringar og kulvertar.....	26
4. Fastsetjing av flaumstorleikar.....	28
4.1 Den rasjonelle metode.....	28
5. Hydraulisk modellering	30
5.1 HEC-RAS.....	30
5.2 Dimensjonering av kulvertar.....	31
6. Sikringstiltak.....	32
7. Konklusjon.....	33
8. Referansar.....	34
Vedlegg - Faresonekart for flaum	

1. Innleiing

1.1 Bakgrunn og føremål

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på vegne av Ebit Eiendom AS utført ei flaumfarevurdering langs fleire bekkar ved Nyheim i Lesja kommune. Vurderingane er gjort i samband reguleringsplanarbeid og er gjort i samsvar med §7-2 i TEK17 og NVE sine retningsliner for flaum og skredfare i arealplanar (retningsliner 2/2011).

SGC utførte i 2016 ei flaumfarevurdering i samband med reguleringsplan for Bjorli Låve (rapportnr. 2016-05-50). Ein skal no regulere ein del av området som vart vurdert i 2016, og føremålet med denne rapporten er å oppdatere rapporten og inkludere klimapåslag.

1.2 Tryggleikskrav

Akseptkriterium for flaumfare er gjeve i §7-2 i Byggteknisk forskrift (TEK17). Tryggleikskrava i TEK17 gjeld for nye byggverk. Krava vil òg gjelde ved utvidingar og nybygg knytte til eksisterande byggverk, jf. temarettleiaren «Utbygging i fareområder» frå Direktoratet for byggkvalitet (DiBK).

Byggverk der konsekvensane av skred er særleg store skal plasserast utanfor flaumutsett område. Dette gjeld til dømes byggverk som er viktig for regional og nasjonal beredskap og krisehandtering, samt byggverk som er omfatta av storulykkeforskrifta.

For byggverk i flaumutsett område skal kommunen alltid fastsette tryggleiksklasse. Kommunen må sjå til at byggverk vert plassert trygt nok i høve til dei tre tryggleiksklassane F1 - F3.

Tabell 1: I byggteknisk forskrift vert byggverk kategorisert i tre tryggleiksklassar, som definerer akseptnivå for flaum.

Tryggleiksklasse for flaum	Konsekvens	Største nominelle årlege sannsyn	Døme
F1	Liten	1/20	Lager med lite personopphald, garasje
F2	Middels	1/200	Bustad, skule, barnehage, industribygg
F3	Stor	1/1000	Sjukeheim, brannstasjon, sjukehus, avfallsdeponi med forureiningsfare

I tryggleiksklasse F1 inngår byggverk med lite personopphald og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvensar.

Tryggleiksklasse F2 omfattar dei fleste byggverk som er berekna for personopphald. Dei økonomiske konsekvensane ved skadar på byggverk kan vere store, men kritiske samfunnsfunksjonar vert ikkje sett ut av spel. I delar av flaumutsette område kan det vere større flaumfare enn elles. I område der det under flaum vil vere stor djupne eller sterk straum, bør det vere same tryggleiksnivå som tryggleiksklasse F3. Dette gjeld område der djupna er større enn 2 meter og der produktet av djupne og vasshastigheit (m/s) er større enn $2 \text{ m}^3/\text{s}$.



Tryggleiksklasse F3 omfattar byggverk for sårbare samfunnsfunksjonar og byggverk der overfløyming kan gje stor forureining på omgjevnadane. Byggverk som inngår i F3 er byggverk for særleg sårbare grupper av befolkninga (t.d. sjukeheim), byggverk som skal fungere i lokale beredskapssituasjonar og avfallsdeponi der overfløyming kan gje forureiningsfare.

Føresegna om flaum omfattar også stormflo. Det betyr at dei same tryggleiksnivåa gjeld.

TEK17 opnar for at byggverk i F1 - F3 kan oppnå naudsynt tryggleik ved at det vert gjennomført sikringstiltak.

Planen legg opp til fritidsbustadar som ligg under tryggleiksklasse F2.

2. Det undersøkte området

2.1 Områdeskildring

Det kartlagde området ligg ved Nyheim/Bjorlisletti om lag 1,5 km nord-aust for Bjorli sentrum i Lesja kommune. Det renn i dag tre bekkesystem som hovudsakleg er flaumbekkar. Figur 1 viser plassering og avgrensing av det kartlagde området som flaumfarevurderinga gjeld for. Figur 2 viser område som skal regulerast i denne omgang.



Figur 1: Det vurderte området ligg på Nyheim og lag 1,2 km aust for Bjorli sentrum i Lesja kommune.



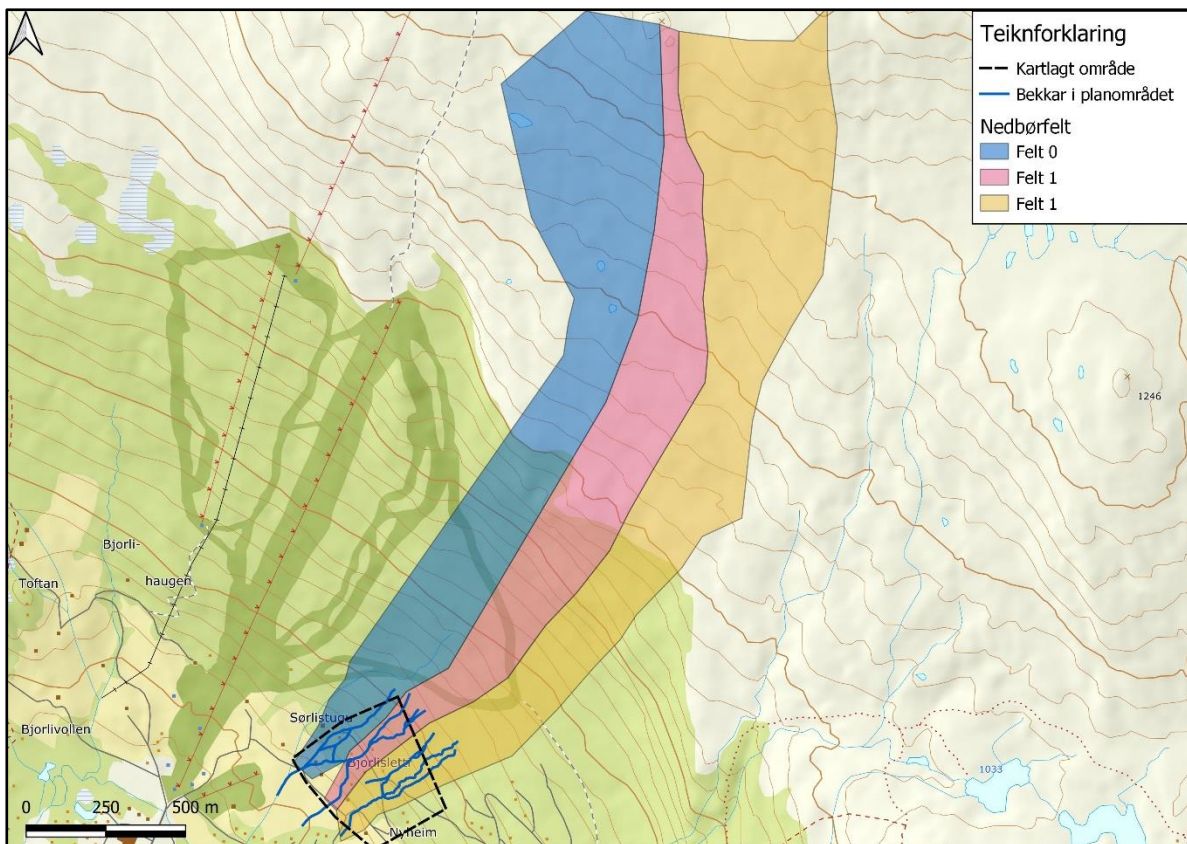
Figur 2: Område som skal regulerast.

2.2 Skildring av vassdrag

Det renn i dag fleire bekkar gjennom det vurderte området. SGC har delt bekkane inn i 3 delfelt. Alle bekkane har sitt kjeldeområde i dalsida som går opp mot Kollhøe (1401 moh.). Nedslagsfelta er generelt dominert av fast fjell og skog. For ein meir detaljert skildring av bekkane visast det til tidlegare rapport (Ref-7). Figur 3 og Figur 4 viser kartlagde bekkar og tilhøyrande nedbørfelt, medan Tabell 2 viser viktige felteigenskapar for nedbørfelta.



Figur 3: Kartlagde bekkar som renn gjennom det kartlagde området.



Figur 4: Bekkane er delt inn i tre nedbørfelt.

Tabell 2: Feltkarakteristikkar for delfelta i det kartlagde området. Kjelde: nevina.nve.no.

Bekk	Felt-storleik (ha)	Effektiv sjø (%)	Feltlengd (km)	H _{min} - H _{max} (moh.)	Snauffjell (km ²)	Skog (km ²)	Dyrka mark (km ²)	Anna (km ²)
Felt 0	71	0	2,1	615-1255	0,45	0,24	0,10	0,01
Felt 1	46	0	2,2	615-1260	0,26	0,18	0	0,02
Felt 2	80	0	2,3	610-1300	0,55	0,23	0	0,02

2.3 Klima

For å berekne flaumstorleikar i små nedbørfelt som dette, nyttar ein intensitet-varigheit-frekvensverdiar (IVF-verdiar). Det er henta inn IVF-kurver frå stasjon 15730 Bråtå som har statistikk frå 1968-1987 og stasjon 63420 Sunndalsøra som har statistikk frå 1978-1987. Dette er dei to stasjonane som ligg nærast med denne typen data, og Bjorli ligg om lag midt mellom stasjonane. Seriane har noko korte måleseriar, og det er knytt ein del usikkerheit i å berekne 200-årsflaum med 19 og 9 års statistikk. Det kan også vere store lokale variasjonar når det gjeld intens nedbør som desse kurvene byggjer på. Konsentrasjonstida til felta i kartleggingsområdet ligg kring 50 min. Bråtå har lengst serie og viser noko høgare avrenning på varigheiter på kring 1 time. Sidan Sunndalsøra har kort måleserie og sidan Bråtå viser noko høgare verdiar, nyttar vi IVF-verdiane frå Bråtå vidare i denne rapporten.

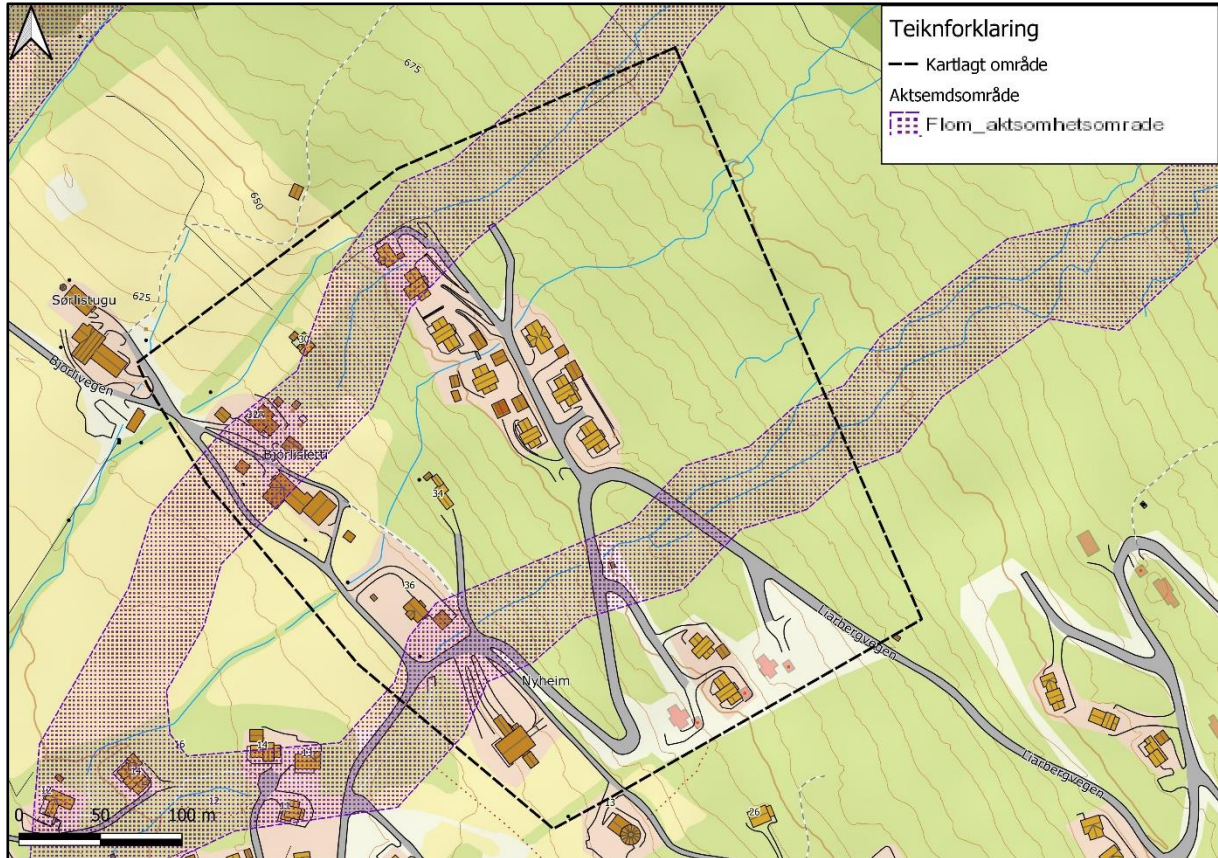
Tabell 3: IVF-verdiar frå stasjon 15730 Bråtå.

Gjentaksintervall (år)	IVF-verdiar (l/(s*ha))															
	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	81,9	73,9	65,0	57,4	42,8	35,0	29,2	23,8	18,8	16,6	13,0	11,3	9,0	6,2	4,0	2,4
5	111,8	97,9	89,3	76,3	58,2	48,4	42,2	35,8	28,0	23,4	17,9	14,8	10,6	7,7	5,0	3,0
10	131,6	113,8	105,4	88,9	68,4	57,2	50,9	43,7	34,0	28,0	21,1	17,0	11,7	8,8	5,7	3,3
20	150,7	129,0	120,8	100,9	78,1	65,7	59,2	51,3	39,8	32,3	24,2	19,3	-	9,8	6,4	3,7
25	156,7	133,9	125,7	104,7	81,2	68,3	61,8	53,8	41,6	33,7	25,2	19,9	-	10,1	6,6	3,8
50	175,3	148,8	140,7	116,4	90,8	76,6	70,0	61,2	47,3	38,0	28,2	22,1	-	11,1	7,2	4,1
100	193,8	163,5	155,7	128,1	100,2	84,8	78,0	68,6	53,0	42,2	31,3	24,2	-	12,1	7,9	4,4
200	212,2	178,3	170,6	139,7	109,7	93,0	86,1	75,9	58,6	46,4	34,3	26,4	-	13,0	8,5	4,8

Norsk klimaservicesenter utarbeida ein klimaprofil for oppland i 2016. Klimaprofilen er eit kortfatta samandrag av klimaet, forventta klimaendringar og klimautfordringar i Oppland. Klimaprofilen gjev også tilrådingar om korleis ein skal handsame klimautfordringane. I Oppland vil klimaendringane føre til at det vil vere særleg behov for å gjere tilpassingar til kraftig nedbør og auka problem med overvatn. Det er forventta at episodar med kraftig nedbør vil auke vesentleg i styrke og hyppigheit. Det er derfor tilrådd å legge til eit klimapåslag på minst 40 % på regnskol med varigheit på mindre enn 3 timar.

2.4 Aktsemdskart for flaum

NVE har utarbeidd og presentert aktsemdskart for flaum på atlas.nve.no som syner kva område som kan vere utsett for flaum. Aktsemdsområda er generert basert erfaringstal for norske vassdrag som vert kombinert med ein terrengmodell. Figur 5 viser at det er aktsemdsområde for flaum langs to av bekkane i området.



Figur 5: Aktsemdskartet viser at det er aktsemdsområde for flaum langs to av bekkane i det kartlagde området. Kjelde: atlas.nve.no og Statens kartverk.

2.5 Eksisterande flaumfarevurderingar

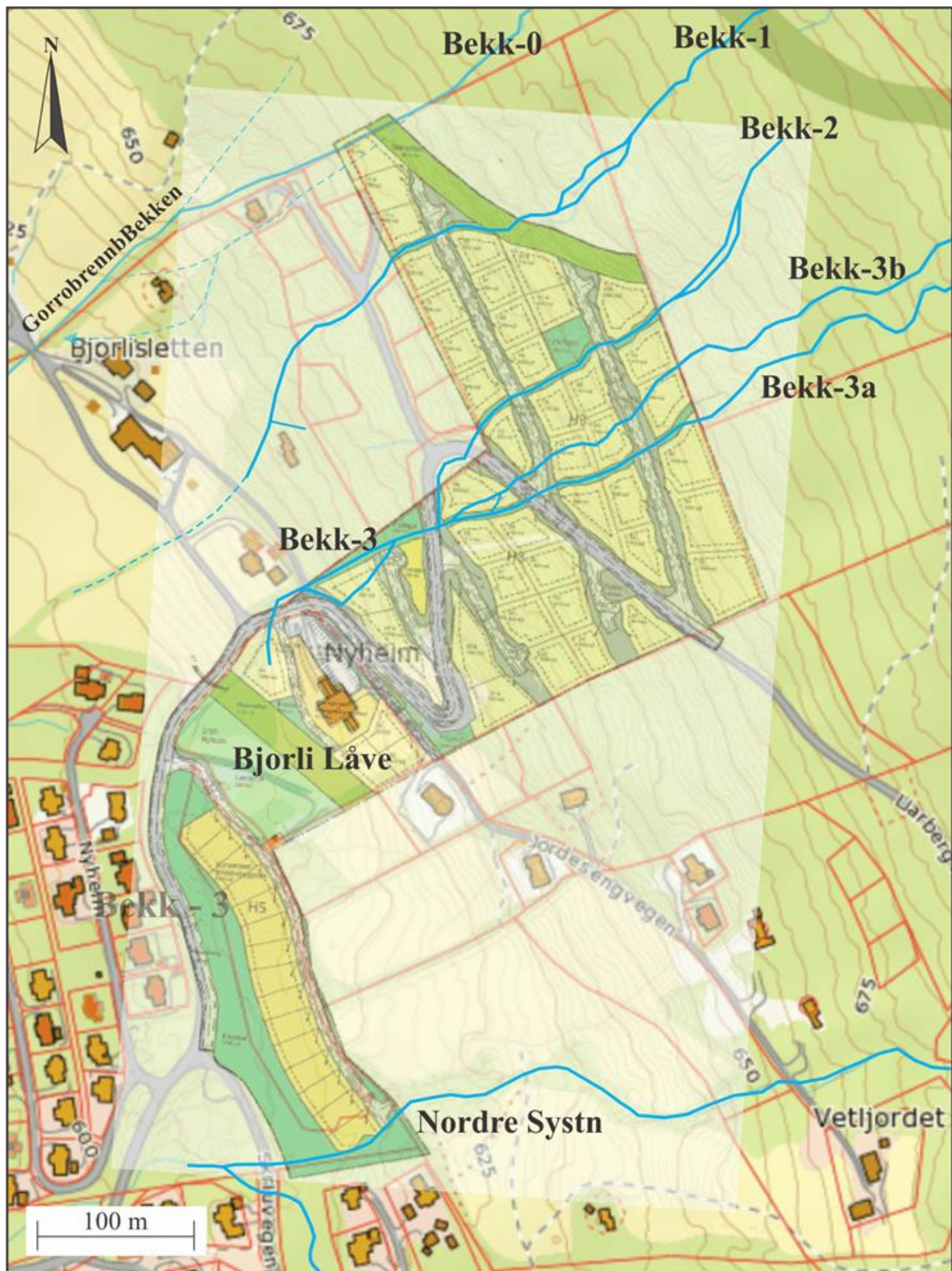
Sunnfjord Geo Center utførte i 2016 ei flaumfarevurdering i samband med reguleringsplan for Bjorli Låve (Ref-7). Denne rapporten er ein revisjon av opphavelag rapport.

Sweco utførte i 2014 ein overvassplan for Bjorli i 2014 (Ref-8).

3. Feltarbeid

Feltarbeidet vart utført den 10. august 2016 av Einar Alsaker frå SGC Geofare AS. Dette kapitlet er henta frå den opphavslege rapporten (Ref-7). Dagen før feltarbeidet var det mykje nedbør i området noko som medførte at det var relativt god vassføring i alle bekkefara. Under feltarbeidet kartla vi nettverket av bekkar i området (Figur 6), vi såg på endringar av bekkeløp, og gjennomføringar under eksisterande vegar i området. Generelt for området observerte vi at det i lia rundt det aktuelle området, var eit nettverk av små og større bekkar. Kjelda for alle desse er i nedslagsfeltet lokalt i området, noko som betyr at desse vil kunne vokse opp som ein direkte respons på nedbør, og bekkar med overflatevatn vil kunne samle seg og drenere langs små søkk i terrenget, Søkkar er definert av dei gamle flaumskredviftene som er utbreidd i heile lia nedanfor fjellpartia mot nord.

Generelt er bekkefara ganske undulerande (svingete) og er mellom 50 og 100 cm djupe. Enkelte stader kunne vi påvise spor etter gamle erosjonsflater. Dette er spor som indikerer at bekkane kan vokse kraftig opp under større flaumhendingar. Bekkane ser ut til å vokse opp når nedbørsmengda er større enn at lausmassane i lia klarer å drenere vekk vatnet. Det er òg tydeleg at vatnet som vert drenerte i lausmassane, renn mot dei opne bekkefara som vi finn spor etter i terrenget.

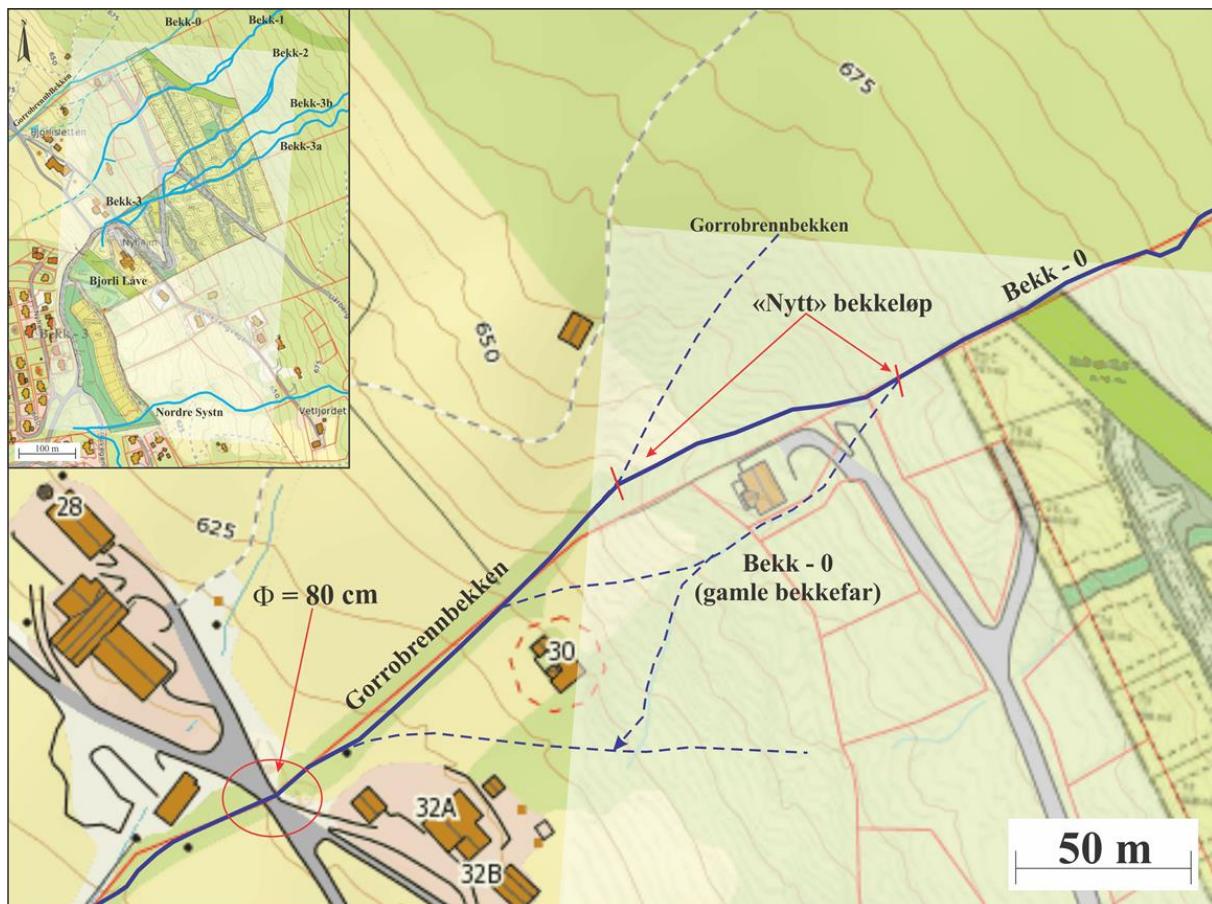


Figur 6: Kartet viser alle bekkefara påviste innanfor og i tilknytning til det nordlege planområdet, nord for Bjorli låve. Heiltrekte linje (blå) er bekkefara med påvist vassføring, medan dei stipla (blå) linjene viser spor etter bekkefara som ikkje hadde vassføring då synfaringa vart utford. Basert på kart frå Statens Kartverk

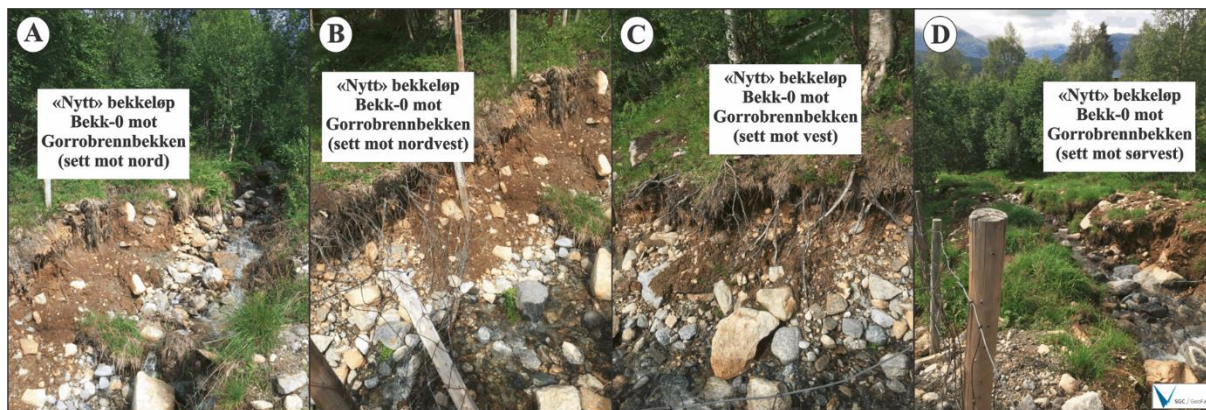
3.1 Gorrobrennbekken og Bekk-0

Gorrobrennbekken er hovudbekken lokalt og nordvest i dette området, og definerer grensa for planområdet mot nordvest (Figur 6). Frå nordaust renn det ein bekk (Bekk-0) som renn saman med Gorrobrennbekken (stipla blå linje mot NNA), frå eit punkt der desse to vert samla (Figur 7). Fram til 2014 var desse to bekkane avskilte bekkar heilt ned til gjennomføringa under vegen på grensa mellom dei to hovudbruka. Dei stipla linjene på Figur 7, mellom Gorrobrennbekken og Bekk-1, viser korleis vatnet drenerte mot hovudbekken. Dette medførte store problem med overfløyning for grunneigaren (Peder Bjorli) og andre hytteigarar i området. Bekk-0 vart difor drenert inn i hovudbekken, for å eliminere dette problemet (Figur 8, sjå òg Figur 7).

Langs dei gamle bekkefara mellom Gorrobrennbekken og Bekk-1 såg vi korleis det var gjort enkle tiltak for å hindre overflatevatn ned mot hus og hytter i området (Figur 9 og Figur 10). Likevel såg grunneigar seg nøydd til å gjennomføre større tiltak for å hindre overflatevatn frå å gjere skade på bygningar i området. Tiltaket er godt utført, men kan ved vidare utbygging i området sikrast betre langs bekkeløpet, med steinsatte kantar for å hindre erosjon i periodar med høg vassføring.



Figur 7: Kartet viser Gorrobrennbekken og Bekk-0 (heiltrekte blå linjer) i området. Gorrobrennbekken (delvis stipla og heiltrekt blå linjer) og Bekk-0 renn saman til ein bekk om lag midt på kartet. Dei stipla linjene søraust for hovudbekken, viser gamle bekkefar. Her er det gjort tiltak for å tørrelgge desse. Raud ring på figuren viser gjennomføringa av Gorrobrennbekken under vegen mellom dei to eigedommane i området. Basert på kart frå Statens Kartverk.



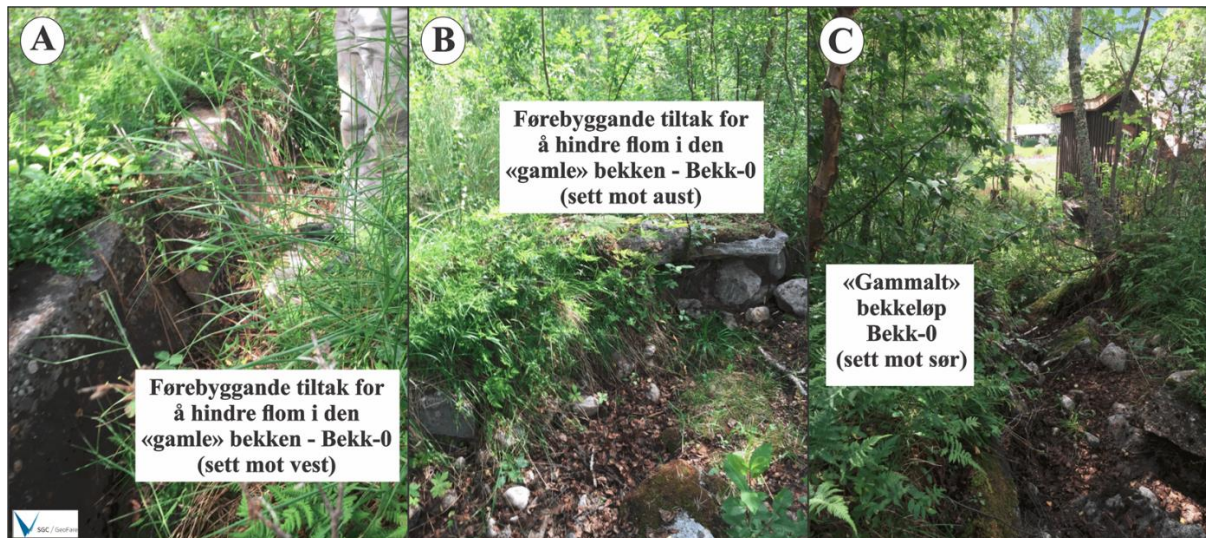
Figur 8: Bilda viser korleis Bekk-0 er lagt om, og drenerer no inn i Gorrobrennbekken lenger mot sør (Sjå òg Figur 7)

Det gamle bekkefaret for Bekk-0 rann opphavleg mot to eksisterande hytter i området, bl.a. bruksnr. 30 (Figur 7). Her er det gjort tiltak for å hindre at vatn fløymer inn mot husa i periodar med flaum i bekkane (Figur 10). Likevel har dei eit problem under snøsmeltinga, då vatn kan renne på snøen og ned mot husa, på bruksnr. 32A og 32 B (Figur 7). Dette er òg eit problem innanfor området der vidare hyttebygging er i gang og vil starte opp.

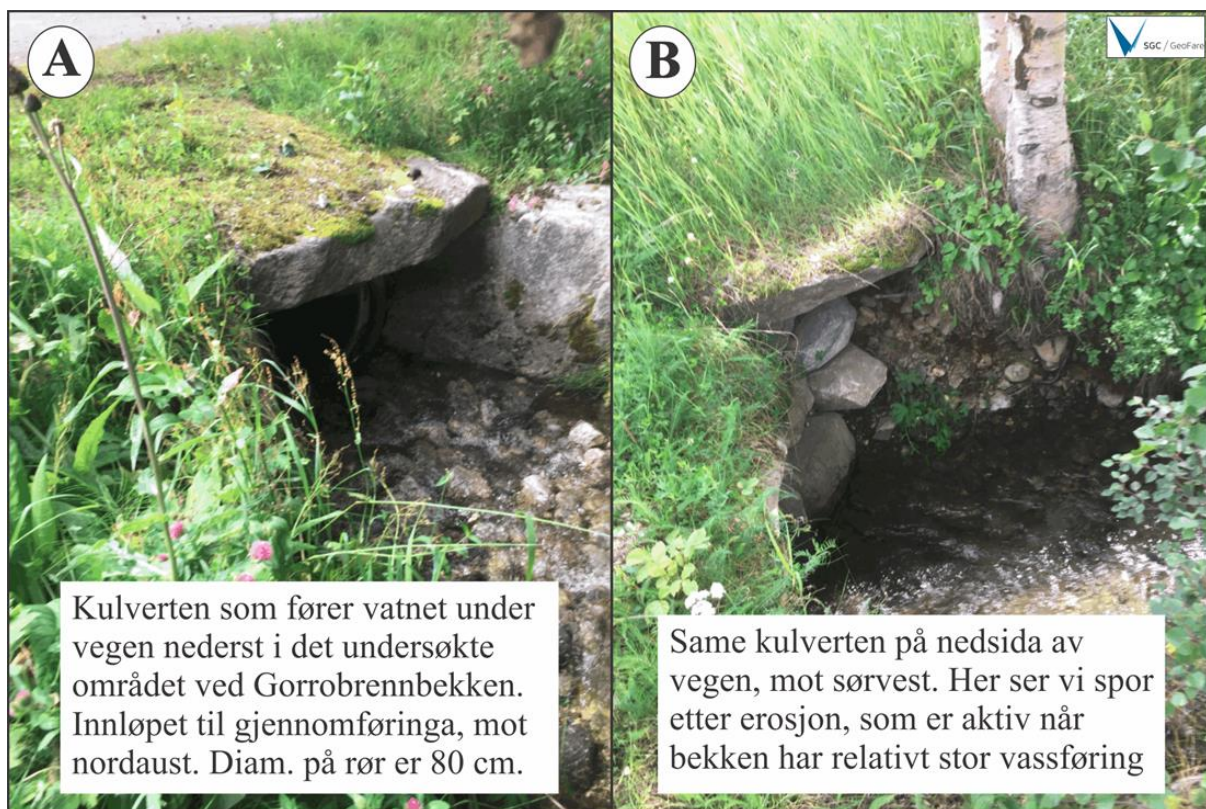
Gorrobrennbekken renn under vegen i ei gjennomføring, eit rør med ein diameter på 80 cm (Figur 7 og Figur 11). I periodar med stor vassføring førekjem det at kulverten ikkje klarar å ta unna vatnet, og bekken renn over vegen (Info: Peder Bjorli). På nedsida av vegen mot sør, er det tydelege spor av at bekken eroderer i periodar med høg vassføring (Figur 11). På sikt vil dette kunne skape problem. Her bør sidene i bekken steinsettast for å hindre vidare erosjon.



Figur 9: Bilda viser korleis det «gamle» bekkeløpet gjekk, forbi ei hytte nær vestlege delen av planområdet. Bekkefare drenerer ikkje vatn no lenger (Ref.: Per Bjorli, Sjå òg Figur 7).



Figur 10: Bilda viser korleis Bekk-0 drenerer ned mot eksisterande hytte og hovudbygget på eigdommen. Bekkefare drenerer ikkje vatn no lenger (Ref.: Per Bjorli, Sjø og Figur 7).

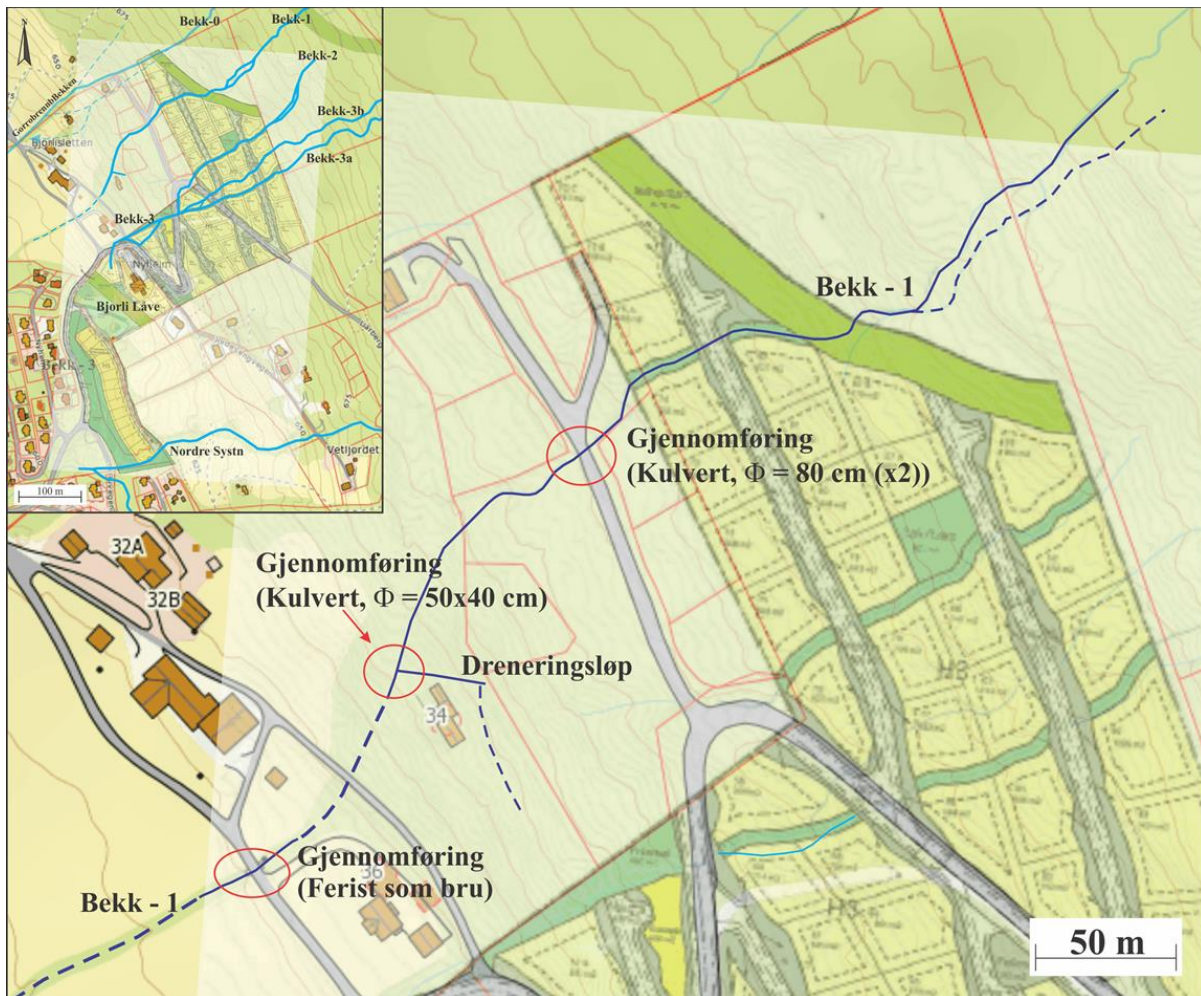


Figur 11: Bilda viser gjennomføringa under vegen lengst nede i det undersøkte området langs Gorrobrennbekken. Røyrret har ein diameter (\varnothing) på 80 cm. På bilde B kan vi observere tydeleg erosjon, som er aktiv under relativt stor vassføring i bekken. I periodar med stor vassføring førekjem det at bekken går over vegen. (Sjø og Figur 11).

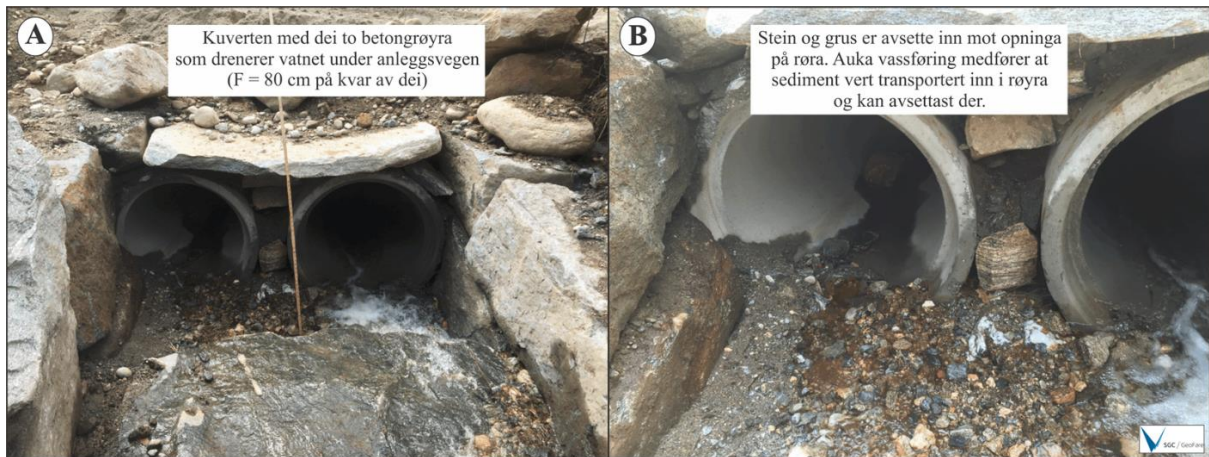
3.2 Bekk 1

Bekk-1 har si kjelde i lia nordaust for planområdet, og renn langs overflata på avsetjingane der. Truleg drenerer det òg mykje vatn i lausmassane, som drenerer inn i bekken (Figur 12). Bekken

renn gjennom nordvestlege delar av planområdet, og er drenert under ein av anleggsvegane gjennom to betongrøyr, med ein diameter på 80 cm kvar (Figur 13). Vi kartla bekken frå ein posisjon ca. 300 m nord for anleggsvegen, og ned til hytta med bruksnr. 34. Der rann den inn i ein kulvert og vidare mot husa på eigedommane mot sør. Det er uvisst om bekken òg drenerer ut i Gorrobrennbekken mot sørvest, eller om den berre går i røyr mellom husa på eigedommane med bruksnr. 32A og 36 (Figur 12).



Figur 12: Kartet viser Bekk-1 (heiltrekt blå linje) i området. Gjennomføringar er markert med raude ringar. Basert på kart frå Statens Kartverk



Figur 13: Bilda viser gjennomføringa under anleggsvegen i planområdet langs Bekk-1. Bilde A) viser diameteren (Φ) på kvart av røra som er på 80 cm. Bilde B) viser oppsamling av sediment i opninga på røra. Her er det stort sannsyn at sediment vil avsette seg inne i røra over tid.

Ovanfor (nordaust) og i planområdet kan vi ikkje påvise spor etter erosjon frå bekken. Den er svært undulerande, og gjer enkelte stader opptil 90° dreining i terrenget. Dette er kritiske punkt der bekken kan fløyme over og lage nye bekkedar i periodar med høg vassføring. Det er viktig at det under utbygginga vert laga gode og helst opne løp for bekken. Desse må vere steinsette, og ha dimensjon stor nok til å drenere unna vatnet for å hindre overfløyming (sjå Kapittel 5 for dimensjonering relatert til nedslagsfelt). Langs eit gjerde rett ovanfor anleggsvegen var det oppsamling av greiner og lauv som demma opp bekken (Figur 14). Slike hindringar er viktig å fjerne.



Figur 14: Bilda viser delar av bekken i området nordaust i planområdet. På bilde A) ser vi korleis lauv og kvist demmer opp bekken, og dannar ein liten dam før den renn vidare nedover mot gjennomføringa (Figur 13). Bilde b) viser bekken lengst nordaust i planområdet. Her ser vi typisk vegetasjon i området, samt størrelsen på Bekk-1. På begge bildene ser vi mot sør.

Kulverten under anleggsvegen hadde ei gjennomføring med to betongrøyr, som kvar har ein dimensjon på 80 cm (Figur 12). Innløpet mot gjennomføringa er ca. 2 m breitt og 1 m djupt, og bekkeløpet er grave ut i ei lengd på ca. 5 m mot nordaust (Figur 15). Her bør sidene i bekken

steinsettast for å hindre erosjon. I innløpet til betongrøyra var det avsett ein del grus og små steinar, noko som kan legge seg i røra og redusere vassføringa gjennom røra.



Figur 15: Bilda viser korleis bekken er forma inn mot gjennomføringa. Bilde A) er tatt mot nord, medan bilde B) er tatt mot sør. Bekken bør steinsettast langs sidene.

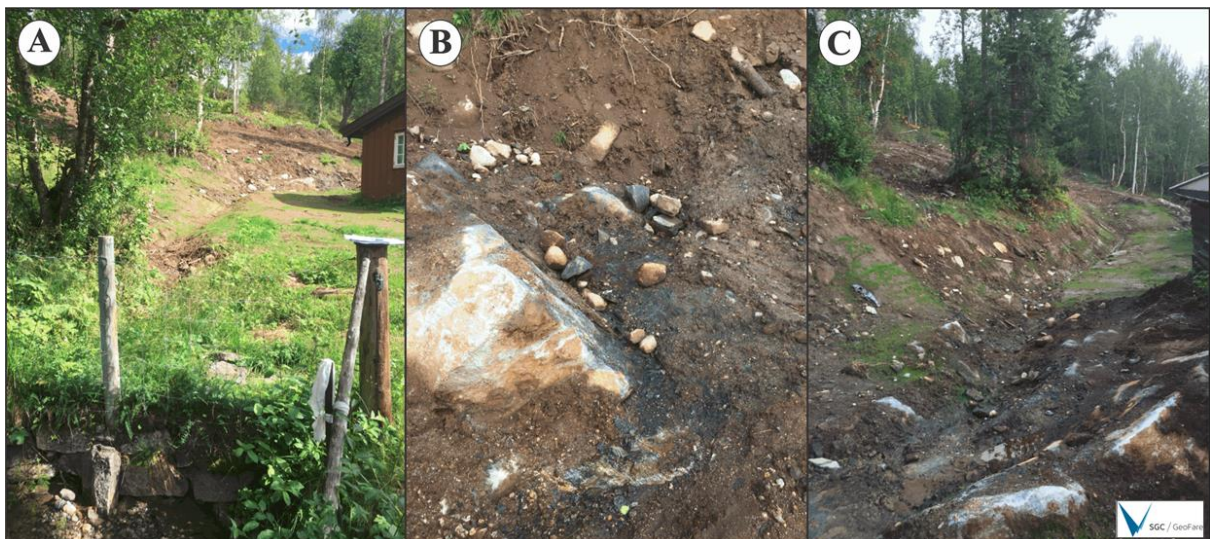
Bekken renn vidare gjennom eit område som vi antar tilhøyrer delar av området som skal byggast ut, og dreier mot sør, forbi ei hytte nedanfor (bruksnr. 34). Her renn den inn i ein gammal kulvert, under ein skogsveg, med dimensjon 50x40 cm (Figur 16). Framfor innløpet til gjennomføringa har det danna seg ein dam som vert fylt opp i periodar med høg vassføring (Figur 16 B). Vi fekk opplyst at kulverten drenerer vatn utan at det renn over sjølv i periodar med mykje nedbør (Info: Peder Bjorli). Likevel kunne det førekomma at den fløymer over om vinteren, noko som skyldast at det dannar seg isplugg i sjølve gjennomføringa, og på den måten kan kulverten vere tett gjennom delar av vinteren.

På oppsida av hytta (bruksnr. 34) var det laga til ei dreneringsgrøft for å lede vekk vatn som drenerte i lausmassane (Figur 17). Den er laga til slik at i periodar med mykje nedbør vil dreneringsløpet fort bli erodert, og vil drenere ut over eigedommen. Denne bør steinsettast for å hindre erosjon.

Lengst sør i det undersøkte området, renn det som truleg er nedre deler av Bekk-1, tilkomstvegen mellom eigedommane med bruksnr. 32B og 36. Her kryssar den vegen i ein støyppt kanal under ei ferist (Figur 18). Denne gjennomføringa har det ikkje vore problem med, sjølv når det er høg vassføring i bekken (j.fr. Peder Bjorli).



Figur 16: Bilda viser gjennomføringa under skogsvegen (bilde A), og dammen som har danna seg over tid i tilknytning til kulverten (bilde B). Under vegen er det eit problem med danning av ispluggar om vinteren. Lokasjonen ligg om lag rett vest for hytta med bruksnr. 34.



Figur 17: Bilda viser dreneringsgrøfta rundt hytta som ligg på bruksnr. 34. Bilde A er på vestsida av hytta, medan bilde C er på austsida. Bilde B viser at vatnet drenerer ut av lausmassane ovanfor hytta. Denne grøfta bør steinsettast for å forhindre erosjon i periodar med mykje nedbør og auka vassføring.



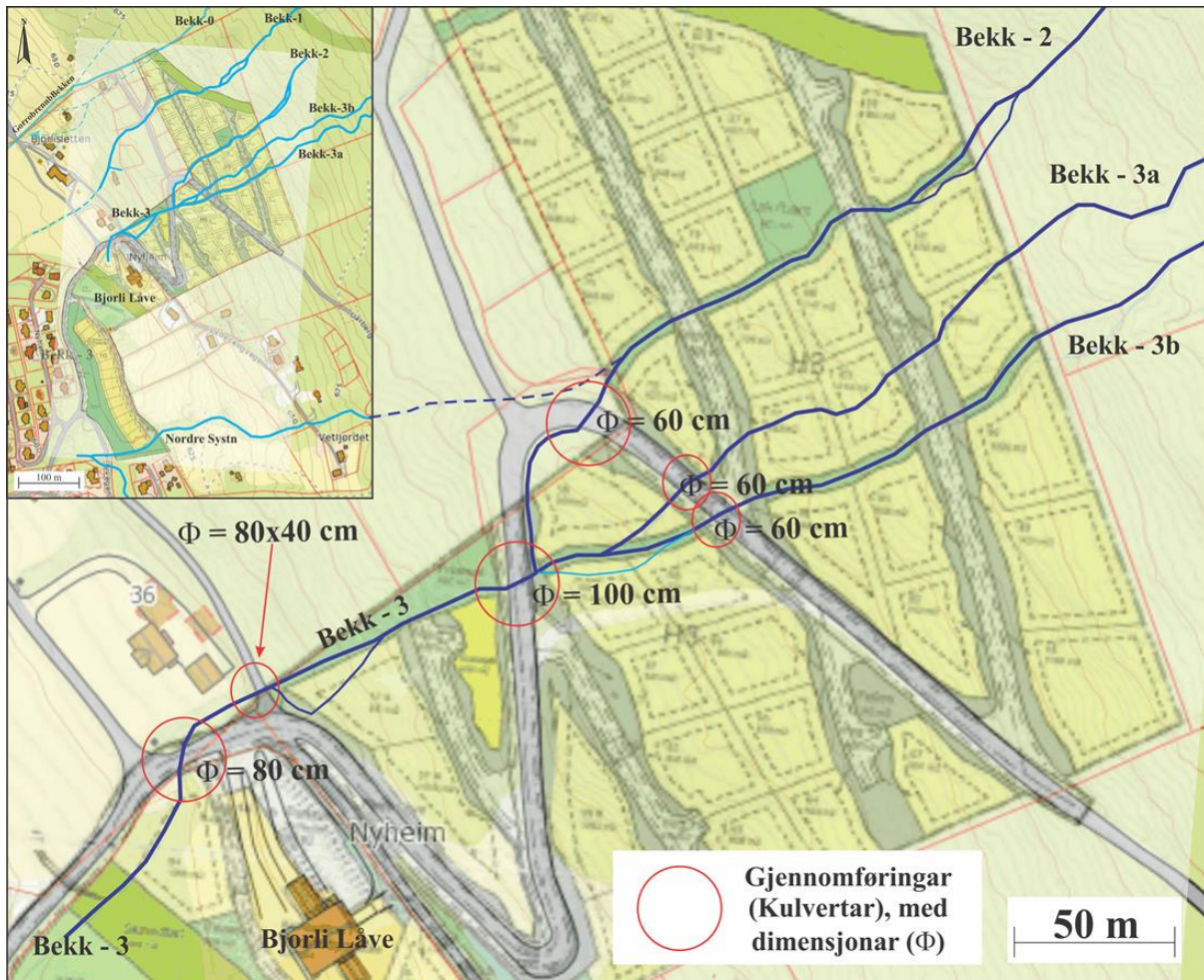
Figur 18: Bildet viser nedre del av Bekk-1 der den kryssar vegen under ei ferist som ligg som ei bru over vegen. Her er gjennomføringa både sider og botn, støypt i betong. Dette hindrar erosjon i periodar med stor vassføring.

3.3 Bekk 2

Bekk-2 har sitt nedslagsfelt i lia nordaust for planområdet, og er den minste av bekkane vi har undersøkt. Vi observerte denne bekken til å ha eit utløp frå ei lita myr om lag 150-200 m frå nordaustlege delen av planområdet (Figur 19). Som dei andre bekkane, renn denne gjennom tett vegetasjon, og har ikkje tydelege bekkelar, men observerer at den følger lokalt låge punkt i terrenget.

I nærleiken av grensa til planområdet deler bekken seg, men renn tilbake i hovudløpet etter ca. 50 m. Vi kan ikkje påvise at det har vore flaum langs bekkelaret. Det er likevel å anbefale at denne bekken vert lagt open i terrenget etter at området er utbygd, og at den vert dimensjonert til å ta vassføringar større enn ein 20-årsflaum. Gjennomføringane under dei to tilkomstvegane som skal byggast bør vere store nok til å drenere i flaumperiodar tilpassa ein 200-årsflaum (sjå Kapittel 5 for dimensjonering).

Lengst mot sørvest renn Bekk-2 under vegen, i eit røyr med ein diameter på 60 cm (Figur 20). Den renn vidare i grøfta på oppsida (aust) av vegen før den vert knytt saman med Bekk 3 i ein større kulvert (Figur 19, Figur 20, Figur 21, Figur 22). Bekk-2 er lagt om som nemnd mot Bekk-3. Den rann opphavleg i eit løp i retning mot Bekk-1 og hytta med bruksnr. 34 (stipla blå linje på Figur 19).



Figur 19: Kartet viser Bekk-2 og Bekk-3 (heiltrekte blå linjer) i området. Bekk-2 renn saman med Bekk-3 i kulverten under tilkomst vegen inn i området. Raude ringar viser eksisterande gjennomføringar.



Figur 20: Bilde viser Bekk-2, der den kjem ned mot tilkomstvegen ved hårnålsvingen. Den renn vidare under vegen i eit betongrøyv (Φ=60 cm), og følger grøfta på oppsida av vegen og ned mot Bekk-3, der bekkane renn saman.



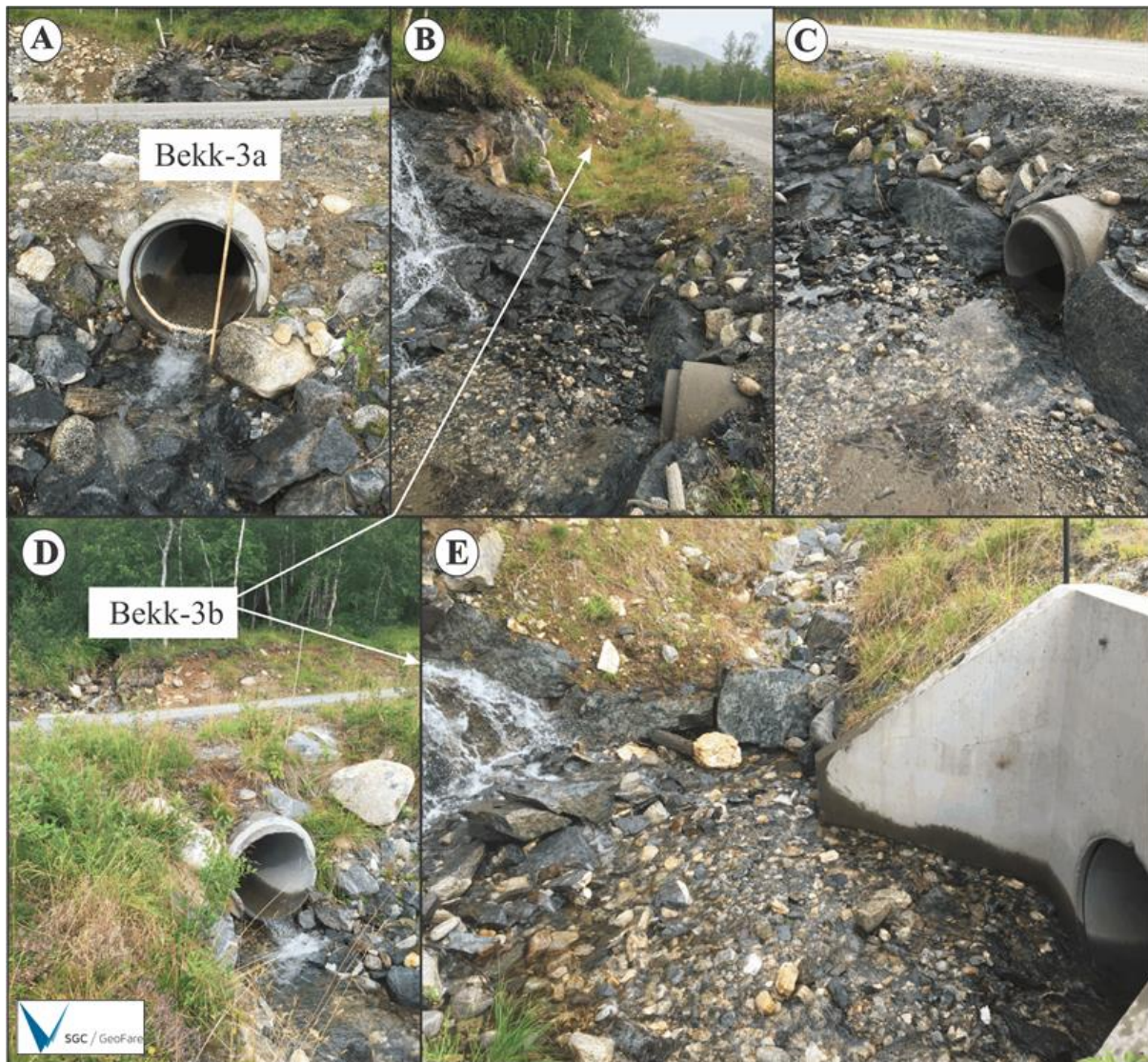
Figur 21: Bilda er av kulverten der dei tre bekkfara møtes og renn vidare på nedsida (vest) av vegen. Bilde A) viser kulverten på oppsida av vegen, med ei gjennomføring, eit betongrøyr med diameter på 1,0 m. Bilde B) viser betongrøret/gjennomføringa på nedsida av vegen. Bilde C) viser grøfta der Bekk-2 renn sørover mot Bekk-3. (J.fr. Figur 19).



Figur 22: Bildet viser punktet på oppsida (aust) av vegen der dei tre bekkane møtas; Bekk-2, Bekk-3a og Bekk-3b.

3.4 Bekk-3 (a og b)

Bekk-3 har som dei andre bekkane i området sitt utspring i dreneringsfeltet nordaust for planområdet. Utanfor planområdet mot nordaust er Bekk-3 definert som to bekkar (Bekk-3a og Bekk-3b), som renn saman til ein bekk mellom tilkomstvegen, rett søraust for hårnålssvingen på denne (Figur 19 og Figur 22). Rett ovanfor vegen er dei to bekkane ført under vegen på to plassar, gjennom betongrøyr med diameter på 60 cm kvar (Figur 23).



Figur 23: : Bildet viser dei to bekkane Bekk-3a og Bekk-3b, der dei renn ut frå skogen og ned mot tilkomstvegen. Bilda er tatt om lag midt i planområdet (j.fr. Figur 19). Bilda A), B) og C) viser kulverten og gjennomføringa ($\Phi=60$ cm) til Bekk-3a. På bilde B ser vi avstanden mellom dei to bekkane, som er om lag 15 m. Bilda D) og E) Viser kulverten og gjennomføringa ($\Phi=60$ cm) under tilkomstvegen. Bekken som renn inn i kulverten (vist på Bilde E) er grøfta vidare oppover langs tilkomstvegen.

Øvst i det undersøkte området (mot nordaust) er dei to bekkane delt av ein liten rygg, som er definert av ei gammal massestrømsvifte. Vifta dør ut mot sørvest i området der dei to bekkane renn saman. Avstanden mellom dei to bekkane er om lag 20 m, før dei lenger mot nordaust vert meir separerte og drenerer frå kvart sitt lokalområde. I eit område har Bekk-3a eit sideløp inn i Bekk-2, og som er aktivt i periodar med mykje nedbør.

Nordaust for vegen er det ikkje teikn til at bekkane har flauma. Dette vert tolka som at bekkane ikkje fløymer over i periodar med mykje nedbør, der flaumar er definert mindre enn ein 20-årsflaum. Vi kan likevel ikkje utelukke at ein flaum større enn 20-årsflaumen i Bekk-3a og Bekk 3b vil medføre flaum langs bekkefara.

Bekk-3a og Bekk-3b renn saman og definerer ein bekk frå området søraust for hårnålsvingen på tilkomstvegen (Figur 19 og Figur 22). Hovudbekken er ført under vegen i eit betonggrøyr med diameter på 1,0 m (Figur 21). Bekk-3 fortset nedanfor tilkomstvegen mot sørvest, i retning mot eigedomen nedanfor (bruksnr. 36). Her varierer djupet i bekkeløpet mellom 0,5m og 1,5

m. På eit punkt deler bekken seg og renn sørvestover i to bekkefar. Bekkefaret lengst mot søraust renn ned i grøfta langs tilkomstvegen, og er ført tilbake til Bekk-3 i kulverten knytt til gjennomføringa av vegen inn til eigdommen (Figur 24). Her er gjennomføringa 80x40 cm. Bekken renn vidare mot SV og vert så ført under vegen i eit betongrøyr med ein diameter på 80 cm (Figur 25).

I området der Bekk-3 delar seg såg vi tydelege teikn på at bekkane hadde vokse opp som ein fylgje av nedbøren dagen før synfaringa. Vatnet hadde runne utanfor dei definert bekkeløpa innan eit område, men hadde drenert tilbake i elveløpa før dei nådde vegen. Vi tolkar dette slik at bekkane ikkje vil kunne drenere vatn i bekkefara om nedbøren vert noko større enn den var dagen før vi var der. Det betyr igjen at under ein 20-årsflaum eller større, vil bekkane og truleg gjennomføringane nedanfor vere for små til å kunne drenere vekk vatnet. Erosjonsfaren vil auke, og skadar på vegane er å forvente. Det vil òg kunne vere kritisk om vatnet under ein flaum tar dreneringsretningar mot eksisterande hus. For å unngå dette bør alle gjennomføringar og bekkeløp konstruerast til å kunne drenere eit vassvolum som tilsvarar ein 200-årsflaum.



Figur 24: Bilde viser nedre delar av Bekk-3 heilt sørvest i planområdet, nær Bjorli låve. Her renn bekkene inn i kulverten under tilkomstvegen til hytta på bruksnr. 34 (sjå Figur 19). Her renn òg sidebekken som delar seg omlag 25 m lenger opp i lia (Sjå Figur 25), inn i kulverten og følger bekkene vidare mot sørvest. Gjennomføringa er steinsatt, med ein dimensjon på 80x40 cm.



Figur 25: Bilda viser bekkefara til Bekk-3 nedover mot nedste delar av planområdet i sørvest, ved Bjorli låve. Bilde A) viser at det er relativt høg vassføring i bekken, og at det ligg mykje greiner i og langs bekkeløpet. Bilde B) viser sidebekken som renn tilbake i Bekk-3, i kulverten før den går under tilkomstvegen. Bilde C) viser området der bekken delar seg, om lag 25 m ovanfor vegen, og renn ned i grøfta langs vegen (Bilde D) før den renn tilbake i hovudbekken. På nedsida av vegen ligg Bjorli låve.



Figur 26: Bilda viser nederste delen av Bekk-3 i området der denne er undersøkt. Bekken renn under tilkomstvegen inn i området gjennom eit betongrøyr ($\Phi=80$ cm). Vi observerer at elveløpet inneheld relativt mykje greiner og små trer som ligg sjølve bekkefaret. Desse kan vere ein risiko med omsyn til å demme opp bekken i periodar med høg vassføring. Det er viktig at alle bekkefara vert reinska opp.

3.5 Gjennomføringar og kulvertar

Generelt er det her ei blanding av gamle og nye gjennomføringar under tilkomstvegar, anleggsvegar, og ein eldre skogsveg. Dei to eldre gjennomføringane (2 stk.) vi observerte, er steinsatte kulvertar og har størrelsane 40x50 cm og 40x80 cm (Figur 7 og Figur 19). Dei andre gjennomføringane varierer i dimensjonar på 60 cm, 80 cm, 100 cm og 160 cm (2x80 cm) (Sjå Figur 7, Figur 19 og Figur 12).

Ei av gjennomføringane for Bekk-2 under anleggsvegen, er dimensjonert med to betongrør der kvart av røra har ein diameter på 80cm (Figur 12). Røra ligg ved sidan av kvarandre og har ein dreneringskapasitet på 2x80 cm.

Dei fleste eksisterande gjennomføringar bør gjennomgå ein revisjon og bør tilpassast ein dreneringskapasitet som tilsvarar vassføring under ein 200-årsflaum. Det er òg viktig at dei eldre gjennomføringane, nedst (sørvest) for planområdet vert reviderte. Generelt sett bør dreneringskapasiteten aukast, slik at det i den sørvestlegaste delen av området ligg gjennomføringar med større dimensjonar enn høgare oppe i lia, i dei øvste delane av planområdet.

Det er vidare å anbefale at dei eksisterande bekkefara vert bygde med steinsette sider (betong eller naturstein), og at eventuelle steinblokker er dimensjonert med ein størrelse som tilseier at dei kan motstå erosjon i periodar med ekstremt mykje nedbør. Bekkefara bør følgje sine naturlege løp slik dei ligg i dag. Likevel kan ein tilpasse bekkeløpa slik at dei vil følgje nokolunde langs tomtegrenser i planområdet. Det er òg å anbefale at alle bekkeløpa vert retta ut slik at ein på den måten vil redusere faren for erosjon i svingar.

Alle bekkefara og gjennomføringar bør reviderast i samsvar med dette. På den måten vil risikoen for flaum (under ein 200 årsflaum) med påfølgande skadeomfang verte kraftig redusert. Det må òg lagast ei prosedyre for årleg reinsking av bekkefara og alle gjennomføringane (Figur 27). På den måten vil dreneringskapasiteten i bekkane og gjennomføringane ikkje verte redusert over tid. Etter ein flaum bør òg bekkane undersøkast og eventuelt reinskast. Det må heller ikkje kastast lauv, gras og andre restprodukt i bekkefara.



Figur 27: Bilda viser eksempel på korleis lausmassar vert avsett i eksisterande rør. Det er viktig at gjennomføringar vert renska med jamne mellomrom. Denne gjennomføringa har ein diameter på 60 cm. ($\Phi=60$ cm).

4. Fastsetjing av flaumstorleikar

4.1 Den rasjonelle metode

For å berekne dimensjonerande avrenning for dei tre nedbørfelta er *den rasjonelle metode* nytta. Denne er eigna for berekningar av avrenning frå nedbørsfelt som er mindre enn 5 km² (SVV, *håndbok N200*). Avrenninga er berekna ut ifrå ein returperiode på 200 år; altså 200-årsflaumen. I fylgje *den rasjonelle metode* er avrenninga (Q) gitt ved:

$$Q = C \times i \times A \times K_f$$

Der C er avrenningsfaktoren, som er sett til 0,35 for skogsområder og 0,7 for områder med bart fjell (Tabell 4). Avrenningsfaktoren er midlare vekta. i er dimensjonerande nedbørsintensitet, A er feltarealet og K_f er klimafaktor (1,4 jf. Norsk klimaservicesenter sine tilrådingar). Den dimensjonerande nedbørsintensiteten vert rekna ut i frå feltet si konsentrasjonstid (t_c) og varierer med gjentakingsintervallet. I fylgje Statens vegvesen, *handbok N200*, er konsentrasjonstida t_c gitt ved:

$$t_c = 0,6 \times L \times H^{-0,5} + 3000 \times A_{se}$$

der L er lengda av feltet (m), H er høgdeskilnaden i feltet (m) og A_{se} er andel innsjø i feltet. Tabell 6 summerer opp utrekninga av konsentrasjonstida og avrenninga frå nedbørsfelt til dei fire nedslagsfelt. Konsentrasjonstida (tidsfaktoren) er berekna frå formelen ovanfor. Deretter er nedbørsintensiteten henta frå i Kap. 2.3.

Avrenningsfaktoren vert midlare vekta ut i frå arealfordelinga i feltet. Tilrådde avrenningsfaktorar er gjeve i Tabell 4 og vert berekna ut i frå følgjande formel:

$$C = (C_1 \cdot A_1 + \dots + C_n \cdot A_n) / A$$

Der C₁...C_n er avrenningsfaktorane og A₁...A_n er areala til dei ulike delfelta. Avrenningsfaktoren for 200-årsflaum er i tillegg lagt til ein faktor på 1,3.

Tabell 5 og Tabell 6 viser resultata frå berekningane for høvesvis 20-og 200-årsflaum.

Tabell 4: Avrenningsfaktorar.

Arealtype	Avrenningsfaktor (C)
Skog	0.35
Bart fjell	0.70
Dyrka mark	0.30

Tabell 5: Tabellen viser feltparameter og utrekning av avrenninga frå dei tre nedbørsfelta for nedbørssum med ein returperiode på 20 år. Det er lagt til eit klimapåslag på 40 % på storleiken på avrenninga.

	Avrenningsfaktor (C)	Feltareal (ha)	Nedbørsintensitet (l/s)	Klimafaktor (Kf)	Avrenning (l/s)	Avrenning (m3/s)
Felt 0	0.57	71	37.5	1.4	2113	2.1
Felt 1	0.55	46	37.5	1.4	1339	1.3
Felt 2	0.59	80	37.5	1.4	2496	1.3

Tabell 6: Tabellen viser feltparameter og utrekning av avrenninga frå dei tre nedbørsfelta for nedbørssum med ein returperiode på 200 år. Det er lagt til eit klimapåslag på 40 % på storleiken på avrenninga.

	Avrenningsfaktor (C)	Feltareal (ha)	Nedbørsintensitet (l/s)	Klimafaktor (Kf)	Avrenning (l/s)	Avrenning (m3/s)
Felt 0	0.74	71	55	1.4	4029	4.0
Felt 1	0.72	46	55	1.4	2553	2.6
Felt 2	0.77	80	55	1.4	4760	4.8

5. Hydraulisk modellering

5.1 HEC-RAS

For å rekne ut vasstanden og areal som kan verte flauma over i planområde, er det hydrauliske modelleringsverktøyet Hec-Ras 5.0.7 nytta. Programmet er utvikla av det amerikanske forsvarsdepartementet og fyrste versjon vart gitt ut i 1996.

Programmet kan modellere både 1-dimensjonalt (1D) og 2-dimensjonalt (1D). Ein 1D-modell bereknar vasstandar og vasshastigheitar basert på forenkla elvegeometri ved tverrprofil over elva, medan ein 2D-modell bereknar vassdjup og vasshastigheiter i horisontale retningar.

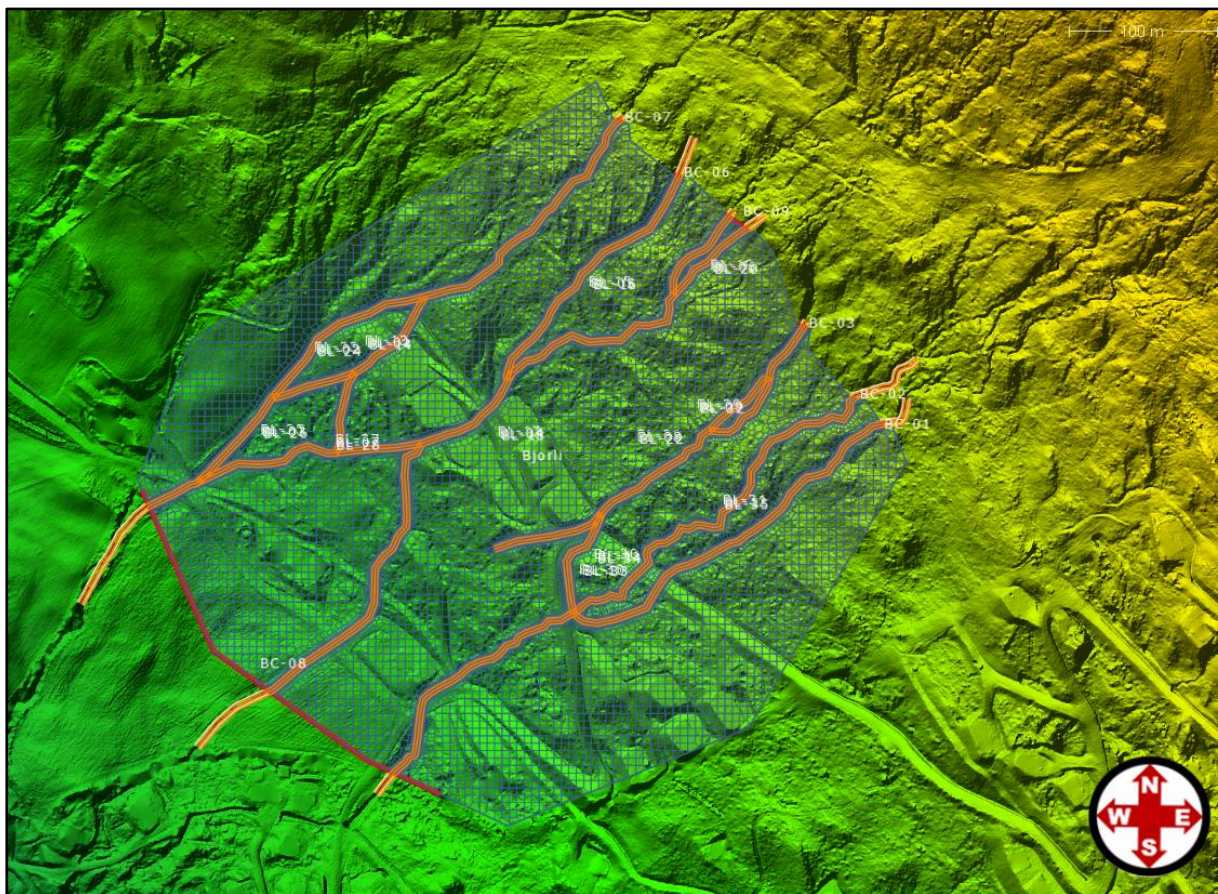
Det er utarbeida terrengmodell basert på tilgjengeleg laserdata. I dette prosjektet, er det nytta laserdata frå prosjekt Nord-Gudbrandsdal 2020 som har ein punktettleik på 5 pkt./m². I tillegg er det gjort oppmåling oppmålingar av kulvertdimensjonar i kartleggingsområdet.

I dette prosjektet er det utarbeidd ein hydraulisk 2D-modell. Modellen er utarbeidd med ein cellestorleik på 1 m. I områder med store terrengendringar, som t.d. elvekantane, elva osv., er det lagt inn «*breaklines*» med fast cellestorleik på 0,5 m. Som oppstraums grensevilkår er det utarbeidd flaumkurver for 20- og 200-årsflaum, og som nedstraums grensevilkår er terrenggradienten nytta,

Ein viktig parameter i modellane, er elva og kringliggande terreng si ruheit. Ruheita vert gjeve som Mannings-tal. Verdiane som er nytta er henta frå litteraturen (Ref-8), og overflatetypane er henta frå observasjonar gjort under synfaringa, flybilete og FKB-data. Tabell 7 viser manningstala som er nytta.

Tabell 7: Manningstal nytta i den hydrauliske modellen.

Overflate	Manningstal
Elveløp	0,045
Dyrka mark	0,03
Skog	0,06
Bebygd område	0,03



Figur 28: 2D-modell over analyseområdet. 2D-modellen består av eit *mesh* der cellestorleiken er 1 m. Langs bekkar og er cellestorleike 0.5 m.

5.2 Dimensjonering av kulvertar

For å berekne naudsynte dimensjonar på kulvertar, er *mannings formel* nytta. Føresetnad for berekningane er at kulvertane er innløpskontrollert og at dei har ei helling på meir enn 1 %. Det er teke utgangspunkt i betongrøyr og eit 80 % fullt røyr.

Tabell 8: Berekna dimensjonar for kulvertar berekna med mannings formel.

Bekk	Avrenning (l/s)	Kalkulert dimensjon (mm)	Tilrådd dimensjon (mm)
Bekk 0/Gorrobrennbekken	4029	1300	1500
Bekk 1	2553	1100	1400
Bekk 2	1428	900	1200
Bekk 3a	1904	1000	1300
Bekk 3b	1428	900	1200
Bekk 3 samla	4760	1400	1700

6. Sikringstiltak

Feltobservasjonane og modelleringa av 200-årsflaum viser at det er fare for flaum i og i nærleiken til planområdet, og dette er vist i faresonekarta. Feltobservasjonskapittelet (Kapittel 3) viste at det er naudsynt med utbetring av bekkefara og gjennomføringane, og i Kapittel 5.2 er det rekna ut dimensjonering for dei ulike gjennomføringane, slik at dei toler ein tohundreårsflaum. Under fylgjer ei oppsummering av kva sikringstiltak som må gjennomførast i lag med og helst før hytteutbygginga tek til.

Alle gjennomføringar (nye og gamle) må dimensjonerast slik at dei kan ta unna vassmengda til ein 200-årsflaum. Tabell 8 viser kalkulert dimensjon og tilrådd dimensjon for dei ulike bekkefara, basert på røyr/diameter. Det er viktig at sidene og fronten i gjennomføringa vert steinsett eller støypt for å unngå erosjon, og samtidig redusere sjansen for at lausmassar tettast igjen gjennomføringa.

Der det er mogleg bør gjennomføringane gjerast som ei bru eller ferist for å få best mogleg gjennomstrøyming. Røyr/kulvertar i området har vist seg å danna ispluggar om vinteren noko som har gjort at det har flauma over. Bruk av bru og ferist minskar faren for ispluggar og er difor å føretrekka som gjennomføringsløyning.

Bekkefara bør mest mogleg fylgja sine tidlegare laup, men dei kan rettast ut og flyttast noko med tanke på tomtgrenser. Erosjonsutsette parti, som t.d. i krappe svingar bør steinsetjast for å unngå erosjon. Der kanalen er for grunn må den i tillegg gravast ut slik at ein 200-årsflaum ikkje går over.

I dei tidlegare bekkefara må det passast på at snøsmelting ikkje skapar problem med vassføring ned mot hyttene, så det er viktig at desse òg vert leia vekk frå hyttene og eventuelt inn i hovudbekkeløpa.

Det bør lagast ein plan for årleg reinsking av bekkefara for å hindra oppsamling av lausmassar/greiner som reduserer vasstrøyminga. Etter flaumhendingar/store nedbørhendingar er det òg viktig å ettersjå bekkefara, med tanke på dette.

7. Konklusjon

Sunnfjord Geo Center AS si flaumfarevurdering ved planområdet på Bjorli viser at det er fare for flaum langs bekkane i området. Det er berekna 20- og 200-årsflaum der eit klimapåslag på 40 %. HEC-RAS er nytta til å modellere utbreiinga av flaum. Flaumberekningane og modelleringane gjev grunnlag for dimensjonering av gjennomføringar som må til får å handsame vassmengdene. SGC tilrår mellom anna å dimensjonere eldre og nye gjennomføringar for 200-årsflaum, rette ut bekkefara og steinsetje bekkefar og inntak ved gjennomføringar for å unngå erosjon og oppsamling av lausmassar. Det er laga eit faresonekart som viser utbreiinga til tohundreårsflaumen og samtidig kvar det er trygt å bygge. Faresonekartet viser at det kan byggast nærmare enn aktsemdområda på 20 m som tar utgangspunkt i NVE sin rettleiar *Flaum- og skredfare i arealplanar* (2014).

8. Referansar

- Ref-1: NVE, 2020: *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*. NVE-rapport 10/2020
- Ref-2: Norsk Klimaservicesenter, 2016: *Klimaprofil Oppland*
- Ref-3: NVE, 1997: *Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag*. Rapportnr. 14/97
- Ref-4: NVE, 2015: *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. NVE-veileder 7/15
- Ref-5: NVE, 2009: *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer i stein*. NVE-veileder 4/2009
- Ref-6: Chow, V.T., 2009: *Open Channel Hydraulics*.
- Ref-7: SGC, 2016: *Flaumfarevurdering ved Bjorli Låve i Lesja kommune*. Dok. nr. 2016-05-050
- Ref-8: Sweco, 2014: *Overvannsplan Bjorli – Flomberegning og vannlinjeberegning*. Rapport nr.: 11797001-01

Internettider:

Kart, satellittbilete og topografiske profil:

<http://www.norgeskart.no>

<http://www.norgebilder.no>

<http://www.hoydedata.no>

Hydrologiske data:

<http://nevina.nve.no>

Klima:

<http://www.eklima.no>

<http://www.yr.no>

<http://www.senorge.no>

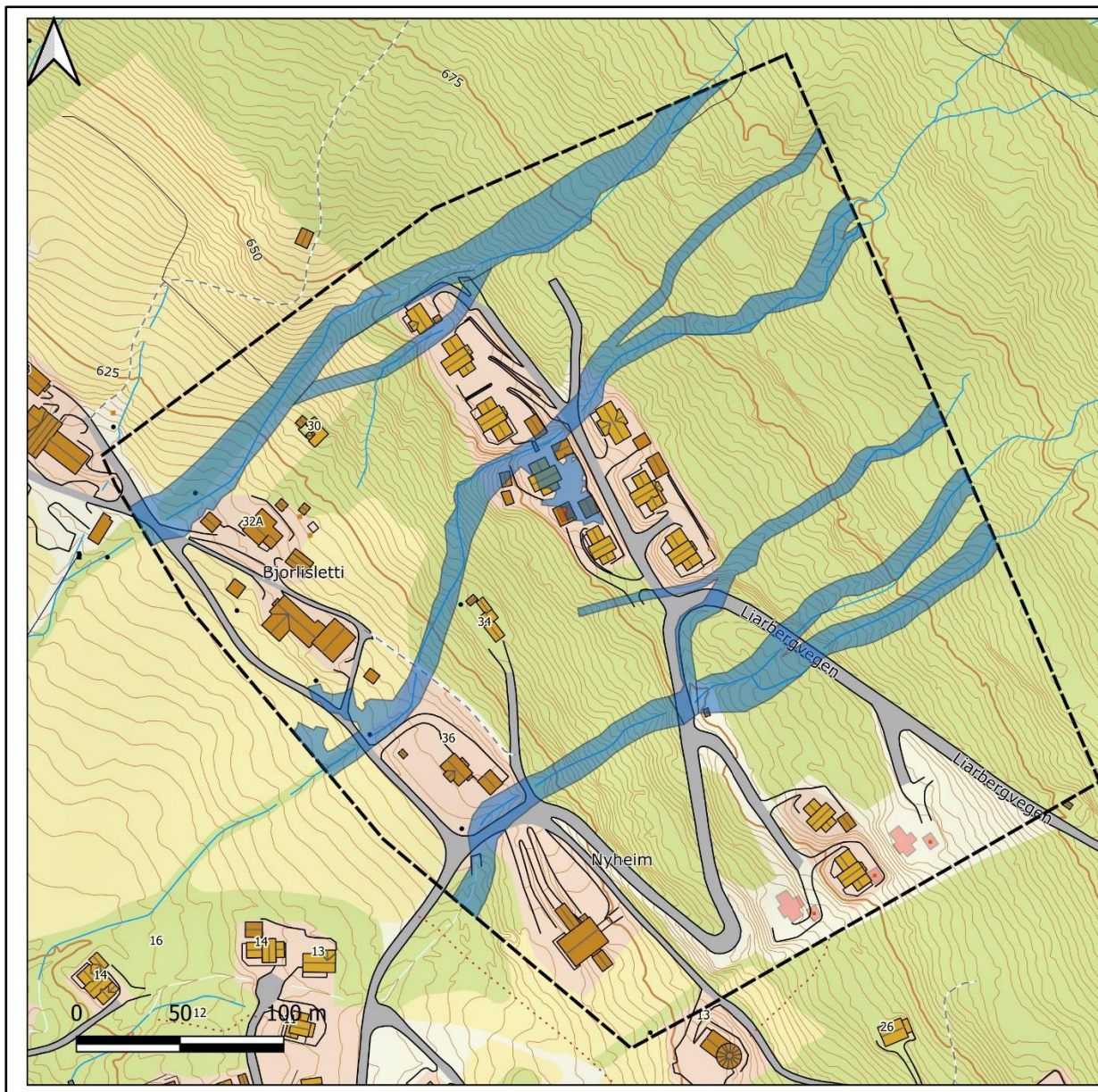
<http://klimaservicesenter.no>

Føreskrifter:

<http://www.lovdata.no>



Vedlegg 1 – Faresonekart for flaum



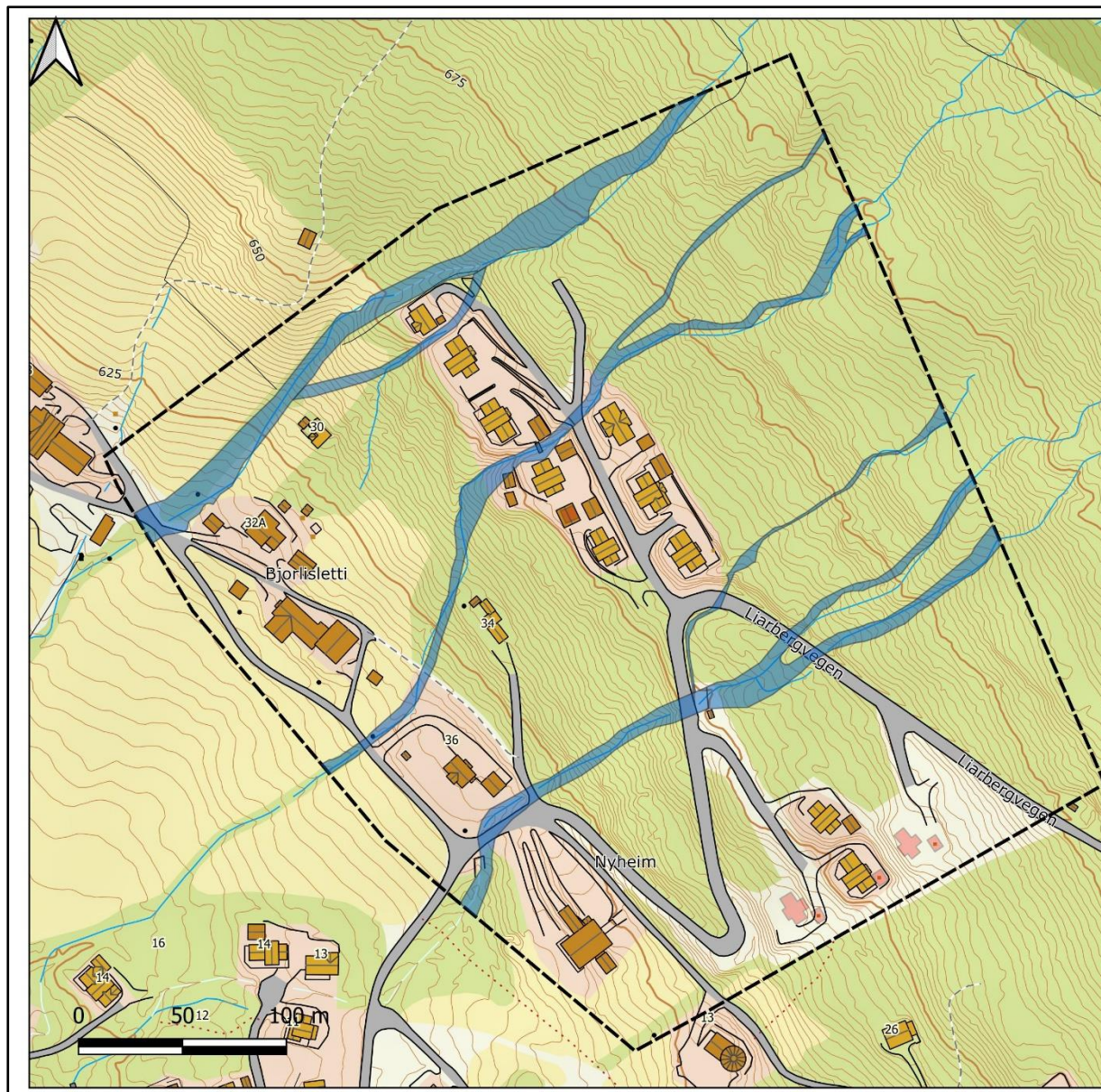
Teiknforklaring

Gjentakingsintervall for flaum
1/200

Vedlegg 1	
Flaumsonekart 200-årsflaum	
Oppdrag: 2016-05-050B Flaumfarevurdering for Bjørli Låve, Lesja kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato:	Utarbeida av: Kontrollert av:
23-04-2021	AH EA



Vedlegg 1 – Faresonekart for flaum



Teiknforklaring

Gjentakingsintervall for flaum

1/20

Vedlegg 1		
Flaumsoneskart 20-årsflaum		
Oppdrag: 2016-05-050B Flaumfarevurdering for Bjørli Låve, Lesja kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N		
Dato:	Utarbeida av:	Kontrollert av:
23-04-2021	AH	EA
