

# FLOM- OG OVERVANNSVURDERING

## Bjønnlia U7B

Til: **Alpinco AS v/ Rune Smidesang og Odd Stensrud**  
 Kopi: -  
 Prosjektnr.: **14084**  
 Dok.nr.: **01/01**  
 Dok.type: **Flom- og overvannsnotat**



| Revisjon | Dato       | Revisjonen gjelder |
|----------|------------|--------------------|
| 00       | 30.08.2022 | Original           |

| For Structor      |                 |
|-------------------|-----------------|
| Oppdragsleder     | Tor Christensen |
| Utarbeidet av     | Sindre Skjevdal |
| Internkontroll av | Morten Røros    |

## Innhold

|       |                                                                                           |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Sammendrag .....                                                                          | 4  |
| 2     | Bakgrunn .....                                                                            | 5  |
| 2.1   | Befaring .....                                                                            | 5  |
| 3     | Lover og retningslinjer .....                                                             | 5  |
| 3.1   | Flom i vassdrag .....                                                                     | 5  |
| 3.1.1 | Byggteknisk forskrift (TEK 17) .....                                                      | 5  |
| 3.1.2 | Vannressursloven .....                                                                    | 6  |
| 3.2   | Overvannshåndtering .....                                                                 | 6  |
| 3.2.1 | Plan- og bygningsloven .....                                                              | 6  |
| 3.2.2 | Byggteknisk forskrift (TEK 17) .....                                                      | 6  |
| 3.2.3 | Vannressursloven .....                                                                    | 7  |
| 3.2.4 | Grannelova .....                                                                          | 7  |
| 3.2.5 | Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning (2018) ... | 7  |
| 3.2.6 | Kommuneplan Ringeby .....                                                                 | 7  |
| 3.2.7 | Kommunedelplan for Kvitfjell .....                                                        | 7  |
| 3.2.8 | Veiledende dimensjonerende returperiode .....                                             | 8  |
| 3.2.9 | Overordnet strategi for overvannshåndtering .....                                         | 8  |
| 4     | Planlagt utbygging .....                                                                  | 9  |
| 4.1   | Reguleringsplan .....                                                                     | 9  |
| 4.2   | Innspill mottatt ved varsel om oppstart .....                                             | 9  |
| 4.2.1 | NVE .....                                                                                 | 9  |
| 4.2.2 | Innlandet fylkeskommune .....                                                             | 10 |
| 5     | Eksisterende situasjon .....                                                              | 10 |
| 5.1   | Beskrivelse etter befaring .....                                                          | 12 |
| 5.2   | Oppstrøms planområdet (nedbørsfelt) .....                                                 | 16 |
| 5.3   | Nedstrøms planområdet (resipient) .....                                                   | 16 |
| 6     | Flomberegning .....                                                                       | 16 |
| 6.1   | Metode flomberegning .....                                                                | 16 |
| 6.1.1 | Flomformel for små nedbørsfelt (regional flomfrekvensanalyse, NIFS) .....                 | 16 |
| 6.1.2 | Rasjonelle formel (nedbør/avløpsmodell) .....                                             | 17 |
| 6.1.3 | Klimapåslag .....                                                                         | 18 |
| 6.2   | Bekk øst for planområdet .....                                                            | 18 |
| 6.2.1 | Dimensjonerende vannføring .....                                                          | 19 |

|       |                                                   |    |
|-------|---------------------------------------------------|----|
| 6.2.2 | Kapasitet .....                                   | 19 |
| 6.2.3 | Sikringsalternativer .....                        | 20 |
| 6.2.4 | Omlegging av bekk .....                           | 21 |
| 7     | Overvannshåndtering .....                         | 28 |
| 7.1   | Trinn 1 – Infiltrer mindre regn .....             | 28 |
| 7.2   | Trinn 2 – Fordrøy større regn .....               | 29 |
| 7.3   | Trinn 3 – Sikre flomveger for ekstreme regn ..... | 29 |
| 7.3.1 | Flomveg inn fra nordvest .....                    | 29 |
| 7.3.2 | Flomveg ut fra planområdet .....                  | 31 |
| 7.4   | Drift og vedlikehold .....                        | 33 |
| 8     | Anbefalinger .....                                | 34 |
| 8.1   | Reguleringsbestemmelser .....                     | 34 |
| 9     | Referanser .....                                  | 35 |
| 10    | Vedlegg .....                                     | 35 |

## 1 Sammendrag

Bekk øst for planområdet representerer en flomfare for U7B KBA2. Ulike sikringsalternativer er vurdert og det er konkludert med at en omlegging av bekken til skogholtet øst for alpintrasèen er det beste i dette tilfellet. Eksisterende bekk beholdes urørt som en flomveg med god kapasitet for et mindre nedbørsfelt. En forutsetning er at omleggingen gjøres slik det er beskrevet i notatet med flomvoller og sedimentasjonsbasseng. Med disse tiltakene vil ikke planområdet være utsatt for flomfare.

Økt andel tette flater som følge av utbyggingen kompenseres ved hjelp av 3-trinnsstrategien. Trinn 1 ivaretas med forsenkninger i forbindelse med taknedløp, trinn 2 består i en åpen dam nederst i planområdet med strupet utløp, og trinn 3 leder flomvann fra planområdet i åpen flomveg via overløp i fordrøyningsdammen og til bekken øst for planområdet som er nærmeste vassdrag. En avskjærende flomveg øverst i planområdet leder vann fra oppstrøms områder til bekken øst for planområdet.

Vann fra planområdet ledes til bekk øst for planområdet som ender i en bekkelukking. Denne bekkelukkingen har ikke tilstrekkelig kapasitet, men dersom stikkrennen går tett vil vann drenere ut på parkeringsplassen nedenfor. Ved framtidig utbygging i området rundt bekkelukkingen anbefales det å åpne bekken for å få kontroll på flomfaren.

Flomsikringstiltak og overvannshåndteringen med 3-trinnsstrategien er nedfelt i reguleringsbestemmelsene.

## 2 Bakgrunn

Bjønnlia U7B er et utbyggingsområde på ca 35 daa i sentrumsområdet på vestsiden av Kvittfjell som skal detaljreguleres for å legge til rette for utbygging av fritidsbebyggelse i tunform.

Denne rapporten utreder flomfaren fra bekken i og rett øst for planområdet og gir anbefalinger for hvordan overvann bør håndteres i planområdet.

### 2.1 Befaring

Feltundersøkelse ble gjennomført av Structor Lillehammer AS ved Sindre Skjevdal den 10.08.2022. På befaringsdagen var det relativt tørt og fint vær. Bekk langs planområdet ble befart og ulike løsninger for flomsikring ble drøftet med oppdragsgiver med tanke på gjennomførbarhet og framtidige planer. Nedslagsfeltet ble kartlagt og stikkrenner innmålt.

## 3 Lover og retningslinjer

### 3.1 Flom i vassdrag

#### 3.1.1 Byggteknisk forskrift (TEK 17)

TEK17, §7-2 (2) setter krav til gjentakintervall for dimensjonerende flom som byggverk skal sikres mot.

| Sikkerhetsklasse for flom | Konsekvens | Største nominelle årlige sannsynlighet |
|---------------------------|------------|----------------------------------------|
| F1                        | Liten      | 1/20                                   |
| F2                        | Middels    | 1/200                                  |
| F3                        | Stor       | 1/1000                                 |

**TABELL 1 SIKKERHETSKLASSE FOR FLOM**

Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk tilhører er avhengig av konsekvensene ved oversvømmelse. Konsekvensene er igjen avhengig av både hvilke funksjoner byggverket har og kostnadene ved skader.

#### **Sikkerhetsklasse F1**

Byggverk med lite personopphold (garasje, lager, osv.)

#### **Sikkerhetsklasse F2**

De fleste byggverk for personopphold (bolig, fritidsbolig, kontor, industri, skole, osv.)

#### **Sikkerhetsklasse F3**

Byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner (sykehjem, sykehus, brannstasjon, avfallsdeponi, osv.)

TEK17, § 7-2 (4)

*Byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon.*

## 3.1.2 Vannressursloven

### § 5 Forvalteransvar og aktsomhetsplikt

*Enhver skal opptre aktsomt for å unngå skade eller ulempe i vassdraget for allmenne<sup>1</sup> eller private interesser.*

*Vassdragstiltak skal planlegges og gjennomføres slik at de er til minst mulig skade og ulempe for allmenne og private interesser.*

### § 11 Kantvegetasjon

*Langs bredden av vassdrag med årssikker vannføring<sup>2</sup> skal det opprettholdes et begrenset naturlig vegetasjonsbelte som motvirker avrenning og gir levested for planter og dyr.*

## 3.2 Overvannshåndtering

Det finnes i dag ikke et samlet lovverk som omhandler overvann. En gjennomgang av gjeldende regelverk er gjort i *NOU 2015:16 Overvann i byer og tettsteder* (Klima- og miljødepartementet, 2015) og *Veileder nr. 4/2022 Rettleiar for håndtering av overvatn i arealplaner* (NVE, 2022b). De mest sentrale bestemmelsene knyttet til håndtering av overvann er gjengitt under:

### 3.2.1 Plan- og bygningsloven

#### § 28-1 Byggegrunn, miljøforhold mv.

*Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.*

#### § 27-2. Avløp

*Før oppføring av bygning blir godkjent, skal avledning av grunn- og overvann være sikret.*

### 3.2.2 Byggteknisk forskrift (TEK 17)

#### § 13-11 Overvann

*Terreng rundt byggverk skal ha tilstrekkelig fall fra byggverket dersom ikke andre tiltak er utført for å lede bort overvann, inkludert takvann.*

#### § 15-8 Utvendig avløpsanlegg med ledningsnett. Overvann og drensvann

*(1) Overvann og drensvann skal i størst mulig grad infiltreres eller på annen måte håndteres lokalt for å sikre vannbalansen i området og unngå overbelastning på avløpsanleggene.*

*(2) Bortledning av overvann og drensvann skal skje slik at det ikke oppstår oversvømmelse eller andre ulemper ved dimensjonerende regnintensitet.*

<sup>1</sup> Allmenne interesser – NVEs veileder nr 1/2021 til vannressursloven: I hovedsak ikke-økonomiske interesser f.eks. biologisk mangfold, friluftsliv, hensyn til flom og skred, landskapsverdier osv.

<sup>2</sup> Årssikker vannføring – Vannressursloven § 3c: Vannføring som ved middeltemperatur over frysepunktet ikke tørker ut av naturlige årsaker oftere enn hvert tiende år i gjennomsnitt.

### 3.2.3 Vannressursloven

#### § 5 Forvalteransvar og aktsomhetsplikt

*Enhver skal opptre aktsomt for å unngå skade eller ulempe i vassdraget for allmenne eller private interesser.*

#### § 7 Vannets løp i vassdrag og infiltrasjon i grunnen

*Ingen må hindre vannets løp i vassdrag uten hjemmel i denne lov.*

*Utbygging og annen grunnutnytting bør fortrinnsvis skje slik at nedbøren fortsatt kan få avløp gjennom infiltrasjon i grunnen. Vassdragsmyndigheten kan gi pålegg om tiltak som vil gi bedre infiltrasjon i grunnen, dersom dette kan gjennomføres uten urimelige kostnader.*

### 3.2.4 Grannelova

#### § 2

*Ingen må ha, gjera eller setja i verk noko som urimeleg eller uturvande er til skade eller ulempe på granneeigedom. Inn under ulempe går òg at noko må reknast for farleg.*

### 3.2.5 Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning (2018)

#### 4.3 Krav til planprosess og beslutningsgrunnlag

*Ved planlegging av nye områder for utbygging, fortetting eller transformasjon, skal det vurderes hvordan hensynet til et endret klima kan ivaretas. Det bør legges vekt på gode helhetlige løsninger og ivaretagelse av økosystemer og arealbruk med betydning for klimatilpasning, som også kan bidra til økt kvalitet i uteområder. Planer skal ta hensyn til behovet for åpne vannveier, overordnede blågrønne strukturer, og forsvarlig overvannshåndtering.*

*Bevaring, restaurering eller etablering av naturbaserte løsninger (slik som eksisterende våtmarker og naturlige bekker eller nye grønne tak og vegger, kunstige bekker og basseng mv.) bør vurderes. Dersom andre løsninger velges, skal det begrunnes hvorfor naturbaserte løsninger er valgt bort.*

### 3.2.6 Kommuneplan Ringeby

Kommuneplan vedtatt av Ringeby kommunestyre 19.06.2018 omfatter ikke Kvitfjell hvor kommunedelplan for Kvitfjell gjelder.

### 3.2.7 Kommunedelplan for Kvitfjell

#### § 1.8 Forhold som skal avklares og belyses i videre reguleringsarbeid

*Flom:*

*For mindre vassdrag/bekker skal det som hovedregel settes av minimum 20 meter på hver side av bekken som hensynssone – flomfare. I de tilfeller der det er formålstjenlig, kan kommunen ved skjønn godta en mindre avstand.*

## Overvann:

*Før sluttbehandling av reguleringsplaner, skal det foreligge en vurdering/overordnet plan mht. håndtering av overvann.*

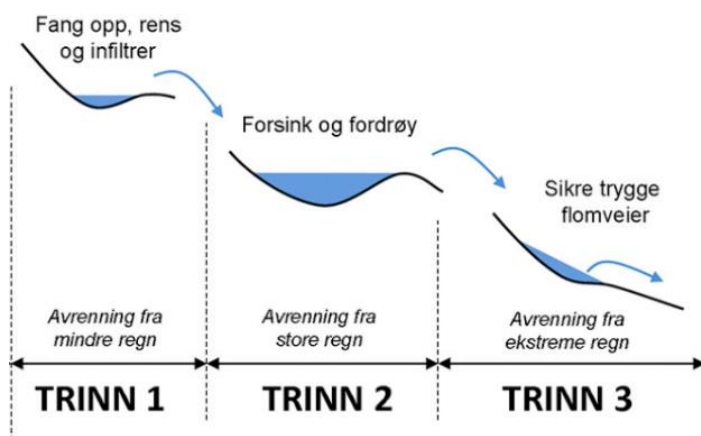
### 3.2.8 Veiledende dimensjonerende returperiode

NVEs veileder «Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar» (NVE, 2022b) anbefaler å legge til grunn et klimajustert 100-årsregn for dimensjonering av overvannstiltak.

### 3.2.9 Overordnet strategi for overvannshåndtering

Miljødirektoratet legger tretrinnsstrategien til grunn i sin veileder for håndtering av overvann.

- Trinn 1: Mindre regn fanges opp og infiltreres lokalt i grøntområder, regnbed, permeable flater o.l.
- Trinn 2: Større regn fordrøyes og forsinkes før videreføring til ledningsnett eller resipient. Dette gjøres i åpne dammer eller lukkede fordrøyningsmagasin under bakken.
- Trinn 3: Intense og ekstreme regn ledes bort i planlagte flomveger til resipient.



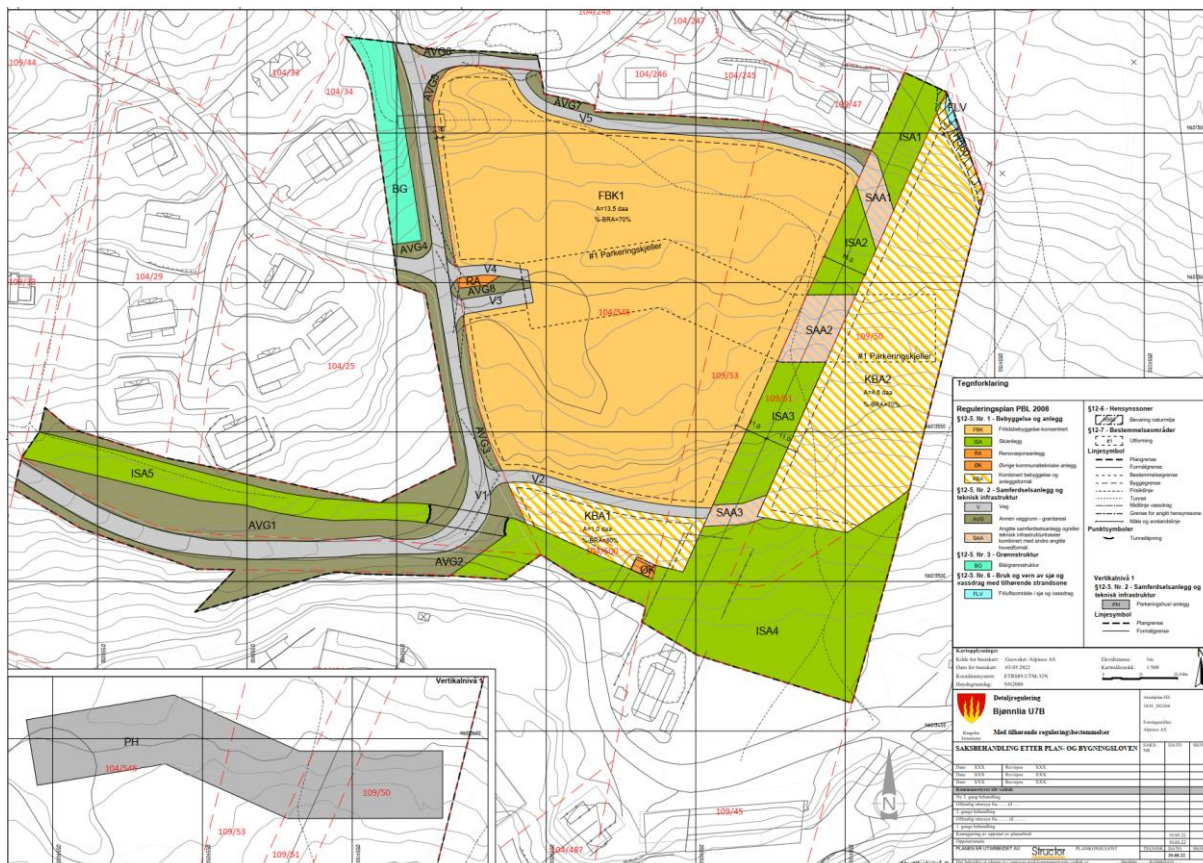
FIGUR 1 TRETRINNSSTRATEGIEN



## 4 Planlagt utbygging

Planområdet utgjør 35 daa og består i hovedsak av tunbebyggelse, en parkeringskjeller og alpinbakke.

### 4.1 Reguleringsplan



FIGUR 2 UTKAST TIL REGULERINGSPLAN BJØNNLIA U7B PER 30.08.2022

### 4.2 Innspill mottatt ved varsel om oppstart

#### 4.2.1 NVE

17.06.2022 ble det mottatt innspill fra NVE. De viktigste momentene i innspillet er oppsummert under.

«Det aktuelle planområdet berøres og grenser til naturlige vannveier og dreneringslinjer, med innslag av flere stikkrenner og bekkelukkinger (såkalt kritiske punkt). I tillegg er store deler oppstrøms og nedstrøms planområdet håndtert ved rørgjennomføringer eller tilsvarende. Dette gjør området sårbart for ytterligere avrenning som følge av tiltak, som igjen øker risikoen for at vannet tar nye veier under større regnhendelser eller smelteperioder. Dette må unngås.

Det er viktig å opprettholde tilstrekkelig avstand fra eksisterende bekker i området. I NVEs retningslinje 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplaner» (revidert 22. mai 2014) er det på s. 26 gitt råd om å sette av minimum 20 meter på hver side av en bekk. Hensikten er å gi bekken nok plass under mer ekstreme nedbør-/smeltevannsperioder. Et godt hjelpemiddel for å kartlegge og



dokumentere fare knytta til bekkeløp finnes i NVEs veileder 3/2015 «Flaumfare langs bekker». Et grunnleggende prinsipp er at tiltaket må tilpasses omgivelsene, ikke motsatt.

Det er viktig at planen på en tydelig måte beskriver og dokumenterer at overvann og andre tilpasninger til omgivelsene (vassdragene mv.) blir tilfredsstillende håndtert, slik at dagens situasjonsbilde ikke forverres. Planinitiativet legger opp til en relativt høy utnyttelsesgrad, med derav økte innslag av tette flater. Endring av naturlig (eksisterende) terreng må begrenses og kompenseres gjennom bruk av treleddsstrategien. Det er viktig å sette av nok areal til dette formål.»

#### 4.2.2 Innlandet fylkeskommune

21.06.2022 ble det mottatt innspill fra Innlandet fylkeskommune, de viktigste momentene er gjengitt under.

«Fylkeskommunen minner om at det ligger enkelte dreneringslinjer inne i planområdet. Fortetting vil kunne påvirke overvannet i området og eksisterende vannveger, vi anbefaler derfor at det gjøres en vurdering av overvannshåndtering innenfor planområdet. Overvannshåndtering blir stadig viktigere med økt nedbør og økt nedbørsintensitet, også i kombinasjon med fortetting.»

## 5 Eksisterende situasjon



**FIGUR 3 NVEs AKTSOMHETSOMRÅDE FOR FLOM FRA I LILLA OG ORTOFOTO FRA NORGE I BILDER. PLANOMRÅDET ER OMRINGET MED RØDT.**

Figur 3 viser at planområdet er berørt av aktsomhetssoner for flom i øst. Detaljeringsgraden på NVEs aktsomhetskart er tilpasset kommuneplannivået og er egnet som et første vurderingsgrunnlag på dette plannivået for å sjekke hvilke områder som er egnet til utbygging uten ytterligere flomtiltak.



**FIGUR 4 KART OVER INFILTRASJONSPOTENSIALE FRA NGU**

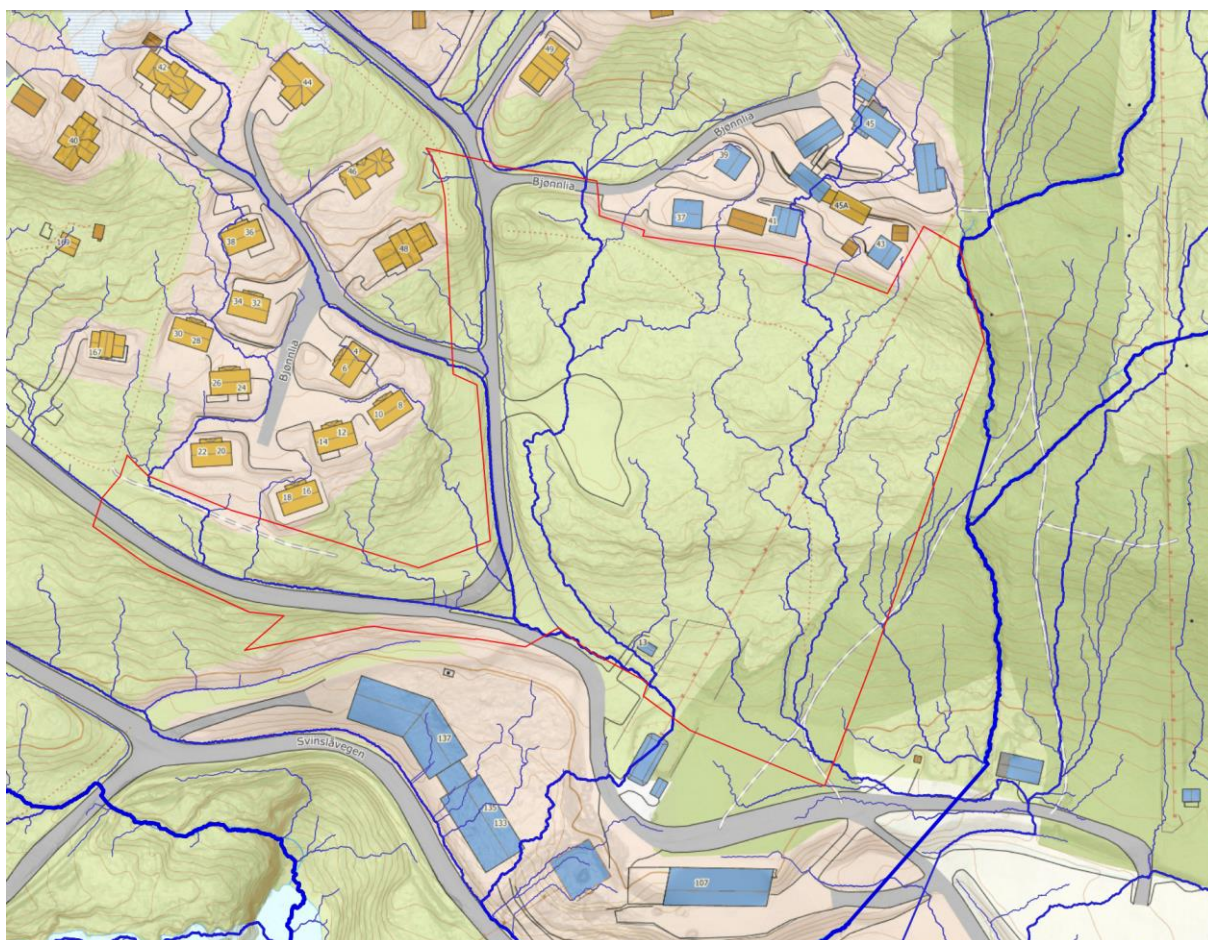
Ifølge kart over infiltrasjonspotensiale fra NGU (figur 4) har planområdet antatt lite god infiltrasjonsevne. Infiltrasjonsevnen til grunnen påvirker avrenningen av overvann ved at en større andel av vannet vil trekke ned i grunnen dersom grunnen har god infiltrasjonskapasitet samt at overvannsløsninger som baserer seg på infiltrasjon vil ha bedre funksjon.



## 5.1 Beskrivelse etter befaring

Planområdet har en gjennomsnittlig helling på ca 10 % mot sør og består i hovedsak av skog, en parkeringsplass, skiheis og veg med sideareal. Deler av planområdet har våte søkk, andre deler er tørre og preget av lyngvegetasjon. Fjell i dagen ble observert noen steder, og i bekken øst for planområdet er det grunt til fjell. Ovenfor planområdet er det bebyggelse, og mesteparten av vannet som tilføres området kommer inn via en stikkrenne nordvest i feltet. Ovenfor nyetablert bebyggelse nedenfor planområdet (Yttersvingen leilighetsbygg) er det etablert en overvannsgrøft som leder avrenningen fra planområdet i en lengre stikkrenne rundt leilighetsbyggene.

For å beregne avrenningsveger for overvann og nedbørsfelt for flomberegning er Scalgo Live benyttet. Tjenesten beregner hvor vannet renner basert på analyse av en terrengmodell fra laserscanning. Det er benyttet laserdata fra 2017 med oppløsning 5 pkt/m<sup>2</sup>. Siden 2017 har det bl.a. blitt etablert ny bebyggelse sør for planområdet (Yttersvingen leilighetsbygg) og en skitunnel sør i planområdet. Nedbørsfeltene er justert basert på observasjoner av stikkrenner på befaring og i laserdata, samt synlige spor etter hvor vannet har rent.



**FIGUR 5 DRENERINGSLINJER I PLANOMRÅDET FØR UTBYGGING**

Figur 5 viser dreneringslinjer gjennom planområdet før utbygging. Terskelverdien for de blå dreneringslinjene er her satt til 250 m<sup>2</sup>, det vil si at alle linjer i kartet starter i et tilrenningsområde lik terskelverdien. Tykke linjer har større tilrenningsområde og dermed større vannføring enn tynne.





**FIGUR 6 STIKKRENNE (300 MM) LEDER VANN INN I PLANOMRÅDET. INNLØP TIL VENSTRE, UTLØP TIL HØYRE.**

Figur 6 viser en 300 mm stikkrenne som leder vann inn i planområdet. Stikkrennen har i utgangspunktet begrenset kapasitet, men om den i en flomsituasjon ikke tettes kan den lede betydelige mengder vann siden vannet vil stige opp langs vegfyllingen og gi en trykkehøyde som øker vannmengden gjennom stikkrennen. Vegen er relativt flat, men har et lavbrekk i området rundt stikkrenna.



**FIGUR 7 NYETABLERT GRØFT SØRVEST I PLANOMRÅDET LEDER BORT OVERVANN FRA PLANOMRÅDET**





**FIGUR 8 NYETABLERT GRØFT ENDER I 300 MM OV-LEDNING SOM LEDER VANNET RUNDT BYGG SOM ER UNDER OPPFØRING**

Ved kraftige regnvær vil det sørvest i planområdet konsentreres vann slik dreneringslinjene på figur 5 viser. Ved utbygging nedenfor planområdet er dette løst ved å etablere en overvannsgrøft som ledes inn i en lengre stikkrenne som leder vannet rundt bygget som er under oppføring. Inntaket til stikkrennen er i dag 300 mm, men ifølge oppdragsgiver er denne midlertidig og skal erstattes av en 600 mm stikkrenne. Figur 7 viser hvor den nye grøften starter og figur 8 viser hvordan vannet ledes videre inn i overvannsledning og rundt byggegropa.



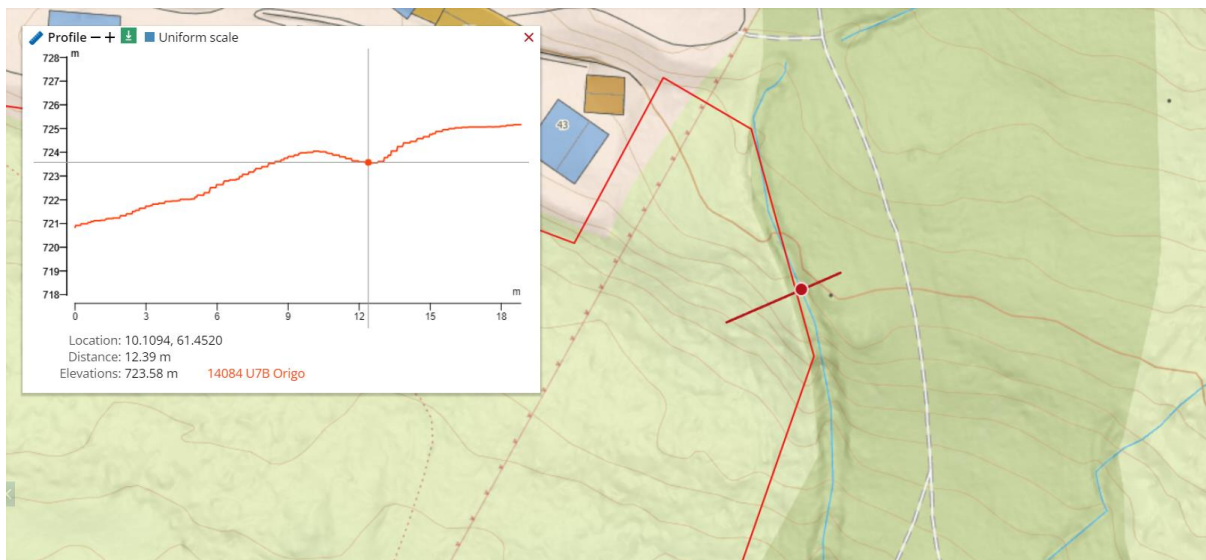
**FIGUR 9 BEKK ØST FOR PLANOMRÅDET HVOR VANNET HAR ERODERT NED TIL FJELL**



Ved plangrensen i øst er det en bekk som på figur 9 tilsynelatende kan se ut som en naturlig og ikke kunstig opparbeidet bekk. Bekken følger derimot ikke et søkk, men ligger på toppen av en skråning slik figur 10 og snittet på figur 11 viser. Bekken har erodert ned til fjell og høydeforskjellen fra bekkebunn til bekken renner over og ned skråningen er ca 40-50 cm.



**FIGUR 10 BEKK ØST FOR PLANOMRÅDET LIGGER LANGS ALPINTRASÈEN PÅ TOPPEN AV EN SKRÅNING. BILDET ER TATT MOT SØRØST.**



**FIGUR 11 TVERRPROFIL AV BEKK**

## 5.2 Oppstrøms planområdet (nedbørsfelt)

Nedbørsfeltene består av hytteområder, alpintraseer, samt noe skog. I forbindelse med utbygging av alpinanlegget er det etablert en del grøfter for å drenere alpintraseene som er med på å konsentrere avrenningen fra området. Nedbørsfeltenes utstrekning er vist i avsnitt 6 Flomberegning.

## 5.3 Nedstrøms planområdet (resipient)

Bekken øst for planområdet går inn i en ca 80 m lang bekkelukking i et 800 mm betongrør før den renner åpent i 40-50 m. Videre krysser bekken en grusplass og Svinslåvegen i en 45 m lang stikkrenne, før den renner ut i Svinåa. Svinåa renner ca 6 km før den renner ut i innsjøen Losna som er en del av Gudbrandsdalslågen.

# 6 Flomberegning

## 6.1 Metode flomberegning

Det er knyttet store usikkerheter til flomberegninger og det bør benyttes flere metoder som sammenlignes for å redusere usikkerheten. *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022a) er lagt til grunn for beregningene.

Nedbørsfeltene er mindre enn 1 km<sup>2</sup>, og defineres dermed som mikrofelt (NVE, 2015). Datagrunnlaget for så små felt i Norge er begrenset, og det finnes ingen representative målestasjoner for så små felt i nærheten av planområdet. Erfaring fra fagpersoner tilsier at en spesifikk 200-årsflom bør ligge mellom 2000-5000 l/s/km<sup>2</sup> (NVE, 2015).

Iht. TEK17 er dimensjonerende gjentakintervall for flom 200 år der det er fare for byggverk, dette gjentakintervallet benyttes også der det ikke er direkte fare for byggverk siden det er sannsynlig med videre utbygging i området rundt planområdet.

Generelt deles metoder for flomberegninger inn i to hovedgrupper: flomfrekvensanalyser og nedbør-avløpsmodeller. Flomfrekvensanalyser er statistiske analyser som relaterer målte flomvannsføringer til gjentakintervall. Resultatet benyttes til å estimeres flomstørrelser for ulike gjentakintervall for et konkret felt. Nedbør-avløpsmodeller benytter nedbørsverdier som inngangsdata under antagelse av at største nedbørshendelse også skaper største flom. Statistiske analyser av nedbørsdata relaterer nedbør til gjentakintervall og ut fra dette genereres nedbørsdata i form av IVF-kurver (intensitet, varighet og frekvens) som benyttes i beregningene av flomvannsføring.

### 6.1.1 Flomformel for små nedbørsfelt (regional flomfrekvensanalyse, NIFS)

Formelverk for små nedbørsfelt RFFA-NIFS er samme formelverk som NVEs tjeneste NEVINA bygger på, og er nærmere beskrevet i (Glad, 2015). Formelverket anbefales brukt for felt fra 0,2-53 km<sup>2</sup>. Feltparametere som inngår i formelen er areal, effektiv sjøprosent og normalavrenning.

For å anslå normalavrenning til nedbørsfeltene er NVEs normalavrenningskart benyttet, se figur 12. Inngangsverdi for normalavrenning settes til 12 l/s/km<sup>2</sup>.





**FIGUR 12 NORMAL ÅRSAVRENNING I L/S/KM<sup>2</sup> 1961-1990 (NVE ATLAS)**

## 6.1.2 Rasjonelle formel (nedbør/avløpsmodell)

Den rasjonelle metode anbefales brukt i nedbørsfelt mindre enn 2 km<sup>2</sup> (NVE, 2022a). Metoden går ut på at det beregnes en avrenningsfaktor for feltet som vektet ut fra hvor store arealer det er av ulike type flater i feltet, og hvor mye av vannet som bidrar til flomtoppen fra de ulike flatene. Valg av nedbørshendelse gjøres ut fra valgt returperiode og konsentrasjonstiden til feltet som beregnes ut fra feltegenskaper. Nærmere beskrivelse av metoden med bl.a. anbefalte avrenningskoeffisienter finnes i *Håndbok V240 Vannhåndtering* (Statens vegvesen, 2020).

Ved beregning med den rasjonelle formel er avrenningsfaktoren for alpintraséene økt fra 0,35 til 0,45 før korreksjonsfaktor. Dette er gjort for å ta hensyn til kanalisering av vann i tverrgrøfter og bratt helling på ca 20%.

Avrenningskoeffisient for myr er ikke gitt i *Håndbok V240*, og er hentet fra *SVV rapport 681: Lærebok i drenering og håndtering av overvann* (Statens vegvesen, 2018) og er satt til 0,5 før korreksjonsfaktor.

### 6.1.2.1 Nedbørsdata (IVF-kurve)

Nærmeste målestasjon med IVF-data er Lillehammer målestasjon. Denne målestasjonen har begrenset måleserie, og har for lave verdier for korttidsnedbør til å være representativ. På bakgrunn av dette har Norconsult på oppdrag fra Lillehammer kommune utarbeidet en ny IVF-kurve som kombinerer data fra målestasjonene på Lillehammer, Gjøvik og Hamar i perioden 1968-2019.

| Returverdi for nedbør (l/(s*ha)) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| VARIGHET (MINUTTER)              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| RETURPERIODE (År)                | 1     | 2     | 3     | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 45    | 60   | 90   | 120  | 180  | 360  | 1440 |
| 2                                | 250,0 | 225,0 | 194,4 | 163,3 | 115,0 | 88,9  | 72,5  | 53,9  | 40,7  | 33,9 | 25,9 | 21,5 | 16,9 | 10,9 | 6,9  |
| 5                                | 333,3 | 291,7 | 255,6 | 213,3 | 153,3 | 117,8 | 95,8  | 72,2  | 54,8  | 45,8 | 34,3 | 27,8 | 21,6 | 13,7 | 8,8  |
| 10                               | 383,3 | 333,3 | 300,0 | 246,7 | 178,3 | 137,8 | 112,5 | 83,9  | 63,7  | 53,6 | 39,6 | 31,9 | 24,5 | 15,5 | 10,0 |
| 20                               | 416,7 | 375,0 | 338,9 | 276,7 | 201,7 | 157,8 | 128,3 | 95,6  | 73,0  | 61,1 | 44,6 | 36,1 | 27,3 | 17,3 | 11,2 |
| 25                               | 433,3 | 391,7 | 350,0 | 286,7 | 210,0 | 163,3 | 133,3 | 99,4  | 75,6  | 63,6 | 46,5 | 37,5 | 28,2 | 17,9 | 11,6 |
| 50                               | 483,3 | 425,0 | 388,9 | 320,0 | 233,3 | 183,3 | 149,2 | 111,1 | 84,1  | 70,8 | 51,7 | 41,7 | 31,2 | 19,6 | 12,7 |
| 100                              | 516,7 | 466,7 | 427,8 | 350,0 | 255,0 | 202,2 | 164,2 | 122,2 | 93,0  | 78,3 | 56,7 | 45,8 | 34,3 | 21,3 | 13,7 |
| 200                              | 566,7 | 508,3 | 461,1 | 380,0 | 278,3 | 221,1 | 180,0 | 133,3 | 100,7 | 84,7 | 61,5 | 50,0 | 37,5 | 22,9 | 14,8 |

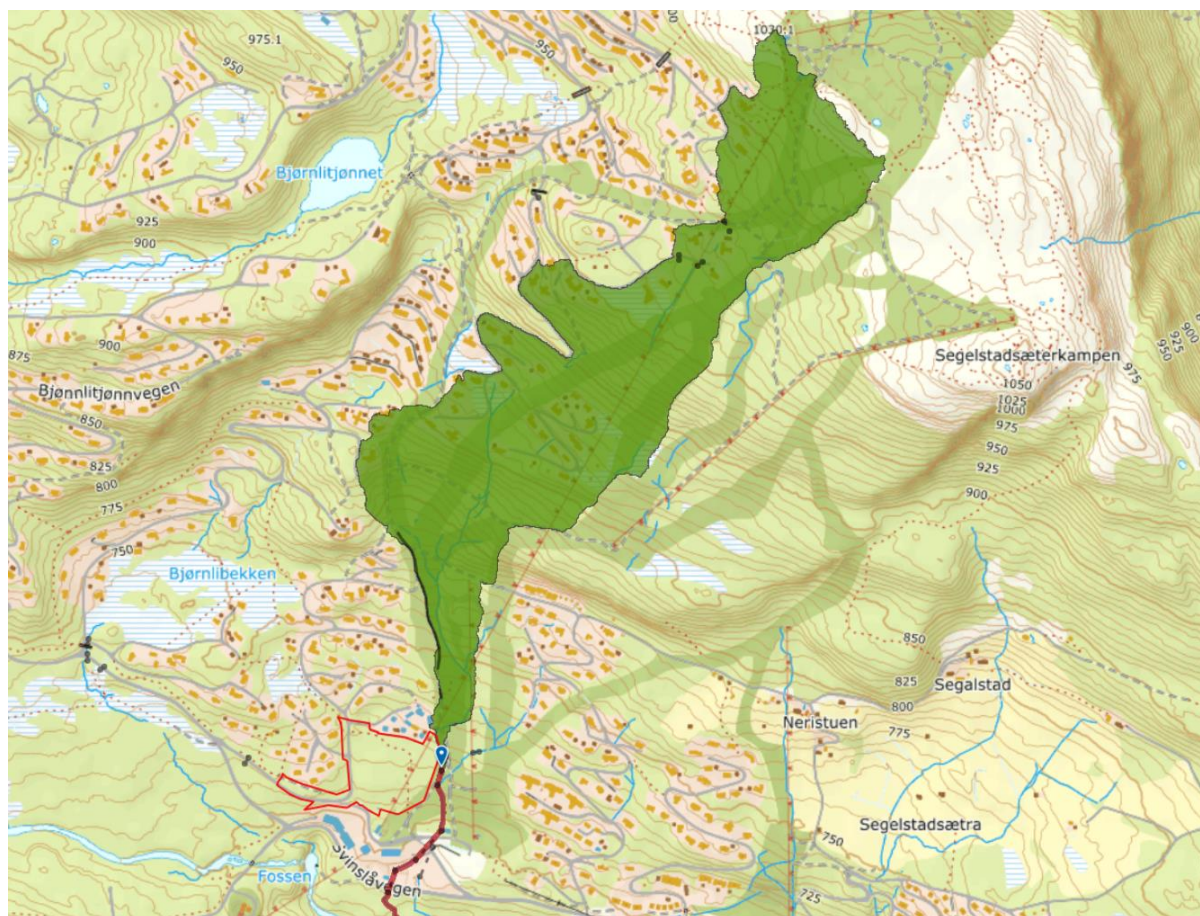
FIGUR 13 IVF-KURVE FOR LILLEHAMMER

## 6.1.3 Klimapåslag

Klimapåslag på 40% er benyttet iht. NVEs anbefaling for dimensjonerende nedbør for små nedbørsfelt mindre enn 10 km<sup>2</sup> (NVE, 2022a). Klimapåslaget reflekterer forventede effekter av klimaendringer fram til slutten av århundret ved høye utslipp av klimagasser.

## 6.2 Bekk øst for planområdet

Bekk øst for planområdet ligger på toppen av en skråning og kan medføre flomfare i planområdet.



FIGUR 14 NEDBØRSFELT BEKK ØST FOR PLANOMRÅDET (OMRINGET RØDT)

## 6.2.1 Dimensjonerende vannføring

**TABELL 2 FELTPARAMETERE OG NOMINELLE FLOMVERDIER FRA FLOMFORMEL FOR SMÅ NEDBØRSFELT (NIFS)**

|                                                         | Bekk øst for planområdet |
|---------------------------------------------------------|--------------------------|
| Areal (km <sup>2</sup> )                                | 0,40                     |
| Effektiv sjøprosent                                     | 0                        |
| Middelflom, $Q_M$ (m <sup>3</sup> /s)                   | 0,19                     |
| Middelflom, $q_M$ (l/s/km <sup>2</sup> )                | 470                      |
| Vekstkurve, $Q_M/Q_M$                                   | 2,95                     |
| 200-årsflom lavt estimat, 5% (m <sup>3</sup> /s)        | 0,3                      |
| 200-årsflom, $Q_{200}$ (m <sup>3</sup> /s)              | 0,6                      |
| 200-årsflom høyt estimat, 95% (m <sup>3</sup> /s)       | 1,1                      |
| Spesifikk 200-årsflom, $q_{200}$ (l/s/km <sup>2</sup> ) | 1385                     |
| 200-årsflom, $Q_{200+40\%}$ klima (m <sup>3</sup> /s)   | 0,8                      |

**TABELL 3 FELTPARAMETERE OG NOMINELLE FLOMVERDIER FRA DEN RASJONELLE FORMEL**

|                                                              | Bekk øst for planområdet |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Areal (km <sup>2</sup> )                                     | 0,40                     |
| Gjennomsnittlig helling (%)                                  | 18,9                     |
| Konsentrasjonstid (min)                                      | 56                       |
| Innsjø (%)                                                   | 0                        |
| Skog (%)                                                     | 42,4                     |
| Åpent naturområde, alpintraséer (%)                          | 47,7                     |
| Myr (%)                                                      | 6,3                      |
| Bebygd areal (%)                                             | 1,6                      |
| Veger, grus (%)                                              | 2,1                      |
| Gjennomsnittlig avrenningsfaktor inkl. korreksjonsfaktor (C) | 0,47                     |
| 200-årsflom, $Q_{200}$ (m <sup>3</sup> /s)                   | 1,6                      |
| 200-årsflom, $q_{200}$ (l/s/km <sup>2</sup> )                | 3939                     |
| 200-årsflom, $Q_{200+40\%}$ klima (m <sup>3</sup> /s)        | 2,2                      |

Tabell 2 og tabell 3 viser inngangsparametere og beregnede verdier for 200-årsflom basert på henholdsvis flomformel for små nedbørsfelt (NIFS) og den rasjonelle formel.

Resultatet fra beregningene varierer fra 0,8 m<sup>3</sup>/s med NIFS formel til 2,2 m<sup>3</sup>/s med den rasjonelle formel. Feltarealet på 0,4 km<sup>2</sup> er helt i nedre sjikt av gyldighetsintervallet på 0,2-53 km<sup>2</sup> til NIFS formel. Dette, sammen med at NIFS formel er utviklet for naturlige felt med liten grad av inngrep, og at feltets bratthet ikke er en inngangsverdi, er sannsynlige årsaker til det lave estimatet og spriket opp til estimatet fra den rasjonelle formel.

Den rasjonelle formel tar hensyn til både ulik arealbruk og feltets bratthet og anses som best egnet i dette feltet. Spesifikk avrenning uten klimapåslag på knapt 4000 l/s/km<sup>2</sup> ligger innenfor intervallet anbefalt av NVE forklart i avsnitt 6.1.

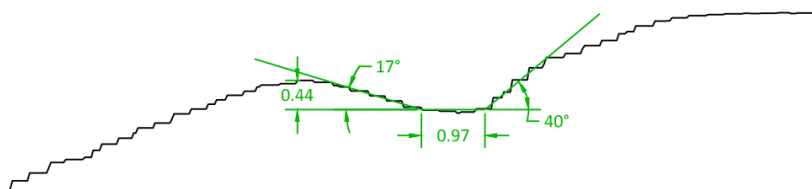
Med 40% klimapåslag iht. avsnitt 6.1.3 blir dimensjonerende vannføring for bekken øst for planområdet 2,2 m<sup>3</sup>/s.

## 6.2.2 Kapasitet

Kapasiteten i bekken øst for planområdet er beregnet med Mannings formel i snittet markert på figur 11. Gjennomsnittlig helling for bekken i dette området er 8,7% og det er benyttet Manningstall 20.



Manningstallet er konservativt valgt, og det er sannsynlig med et høyere Manningstall siden bekkebunn stedvis består av fjell. Høyere Manningstall vil gi lavere vannstand, men høyere vannhastighet og større fare for erosjon. Bekkegeometri er lest ut fra snittet, slik figur 15 viser.



**FIGUR 15 GEOMETRI BEKK ØST FOR PLANOMRÅDET**

Resultatet av beregningen viser en vannstand i snittet på 45 cm og en høyde på energilinjen på 80 cm. I tillegg bør det være en sikkerhetsmargin over hastighetshøyden på 20 cm. Høydeforskjell fra bunn bekk til topp skråning er 44 cm, dvs litt under halvparten av nødvendig høyde. Siden det er grunt til fjell og bekken allerede flere steder er på fjell vil bekken kun grave sideveis og sannsynligvis gradvis erodere bort kanten ned mot skråningen.

## 6.2.3 Sikringsalternativer

Tre ulike sikringsalternativer er vurdert for å sikre planområdet mot flomfare.

### 6.2.3.1 Alt 1: Flomvoll mot bebyggelse

Dersom det bygges en flomvoll med tilstrekkelig høyde, vil denne kunne beskytte planlagt bebyggelse. Denne må erosjonssikres med sprengt stein og erosjonssikringen må føres ned til fjell eller minst under nivå bekk. En slik flomvoll som en fortsettelse av dagens voll vil være krevende å få til siden hele skråningen da må fylles opp. Skråningen nedenfor bekken er i dag bratt med stedvis helling brattere enn 1:1,5. Høydeforskjellen er også stor og flomvollen vil antakelig bli 4-5 m høy på luftsiden. Tettesjikt bør også vurderes for å unngå vann på avveie gjennom flomvollen.

### 6.2.3.2 Alt 2: Pigge/sprengte bekk dypere

Dersom eksisterende bekk pigges eller sprenges dypere, vil den kunne oppnå tilstrekkelig kapasitet. Dette vil medføre at bekken blir dyp og smal, noe som vil øke vannhastigheten og kan skape problemer med økt erosjon nedstrøms. Senkes bekken ned i fjellet vil den også bli mindre tilgjengelig for dyr og planter som trives i vannkanten. I tillegg er det risiko for at det vil dannes sprekker i fjellet under arbeidet som leder vann mot planlagt byggeområde.

### 6.2.3.3 Alt 3: Omlegging av bekk

Dersom bekken legges om vil ikke planområdet lenger være utsatt for flomfare. Eksisterende bekk beholdes som en overvannsgrøft/flomveg med god kapasitet, siden den kun vil lede vann fra et mindre område. Nytt bekkeløp foreslås lagt på motsatt side av alpintraséen i et skogholt, hvor det kan samløpe med en eksisterende bekk. Det anbefales tilbaketrukket sikring der det er nødvendig for å holde bekken unna alpinbakken og at bekken selv kan finne en naturlig trase i skogen. Det er viktig for erosjonssikkerheten at vegetasjonen i skogholtet beholdes urørt.



**FIGUR 16 EKS. BEKK I SKOGHOLT**

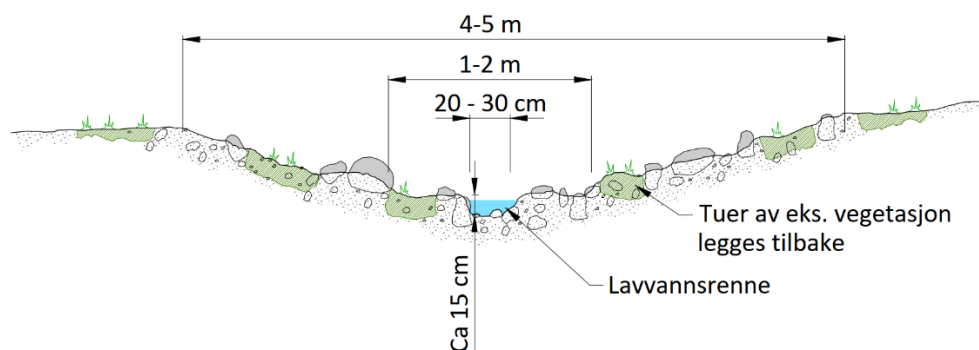
## 6.2.3.4 Begrunnelse for valg av sikring

Alternativ 3, omlegging av bekk framstår som det klart beste alternativet både med tanke på flomsikkerhet og naturverdier. Bekken vil over tid grave seg en trase omtrent som på figur 16, bare bredere, og danne et variert naturlig bekkeløp som er lett tilgjengelig for dyr og planter. I en flomsituasjon vil vannet fordeles ut på et bredere område med vegetasjon, noe som bremser avrenningshastigheten og reduserer faren for erosjon.

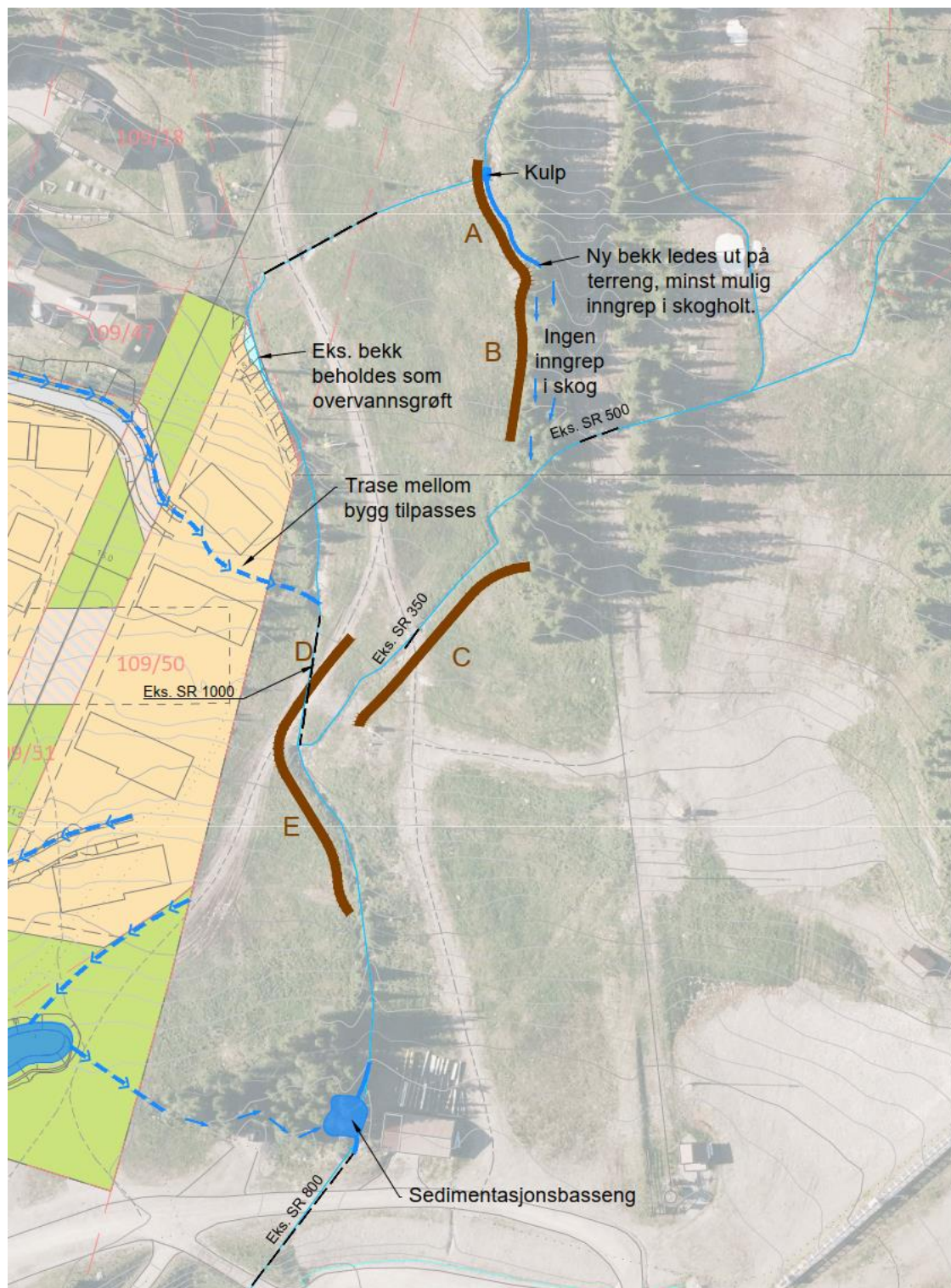
## 6.2.4 Omlegging av bekk

### 6.2.4.1 Trase ny bekk

Bekk anbefales ledet ut på terreng i skogholt ved hjelp av en ny trase i ytterkant av alpinbakken fra eksisterende bekk slik figur 18 viser. Eksisterende bekk har erosjonsskader på sidene og et bratt parti før planlagt omlegging, derfor anbefales det å etablere en kulp før ny trase for å drepe energi og for å ha kapasitet til å ta imot noe erosjonsmateriale. For å sikre at bekken ikke tar et nytt løp ned alpinbakken anbefales det en flomvoll med rauset stein som erosjonssikring. Erosjonssikringen dekkes med stedlige vegetasjonsmatter og morenemasser for raskere revegetering. Bekken fram til skogholtet bør utføres etter bekk-i-bekk prinsippet hvor det settes av en indre sone på 1-2 m med en liten renne på 20-30 cm for normalvannføring hvor bekken får utfolde seg fritt og grave et naturlig bekkeløp, og et større tverrsnitt innenfor erosjonssikringen som dimensjoneres for å håndtere 200-års flom. Det bør unngås å lage bekken rett og ryddig, men mest mulig variert med steiner og steingrupper som lager små kulper og terskler. For å redusere vannhastigheten og erosjonsfaren anbefales det at nytt bekkeløp etableres med slake sideskråninger, f.eks. 1:3.

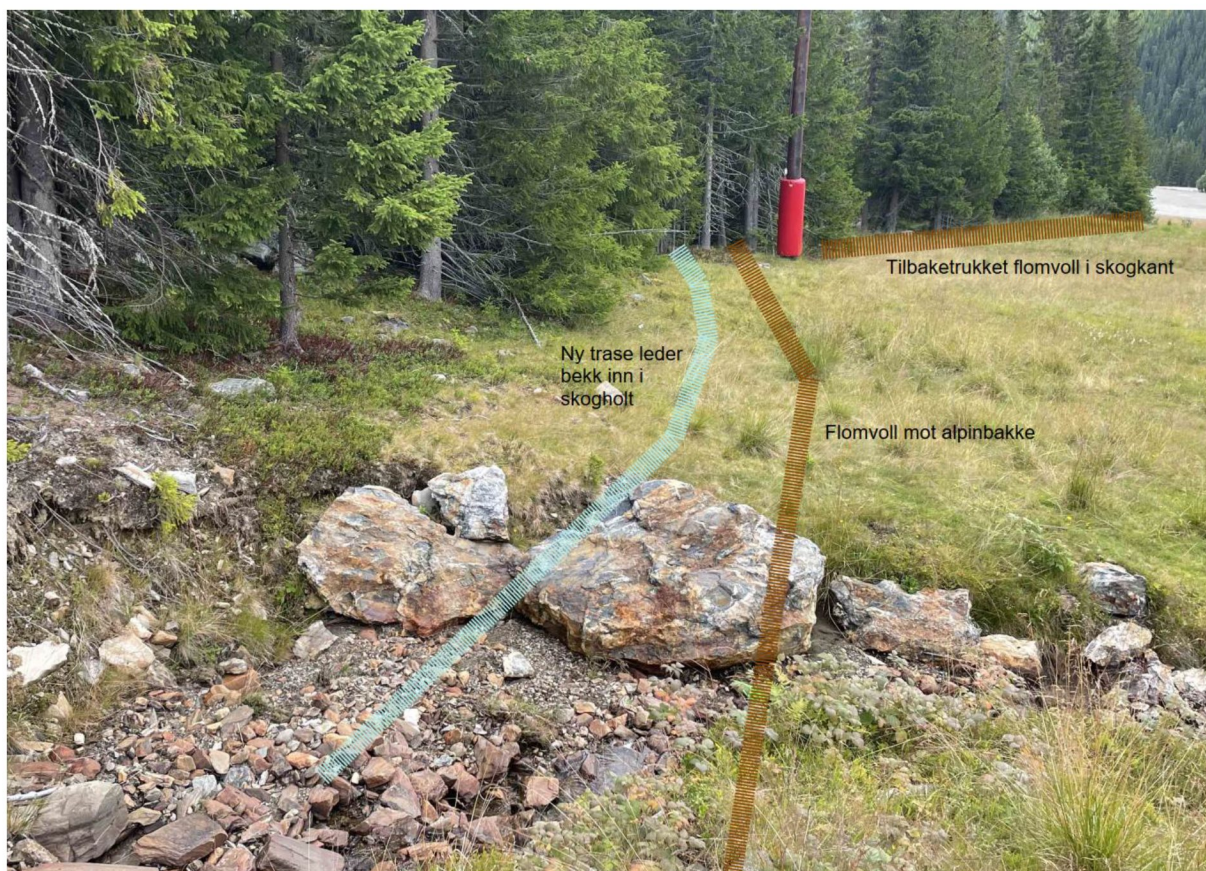


FIGUR 17 PRINSIPP BEKK-I-BEKK



**FIGUR 18 PLANLAGT BEKKEOMLEGGING**





**FIGUR 19 BILDE FRA EKSISTERENDE BEKK VED OMLEGGING TATT I RETNING SKOGHOLT**

Skogholtet har samme helling som alpinbakken, men er relativt flatt sideveis fram til heistraseen i øst. For å sikre at bekken renner i skogholtet og ikke langs alpinbakken er det nødvendig å etablere en 20-30 cm bred renne for lavvannsføring et stykke inn i skogholtet som bekken videre kan grave ut selv, samt at det etableres en tilbaketrunket sikring i form av en flomvoll på vestsiden av skogholtet langs alpinbakken.

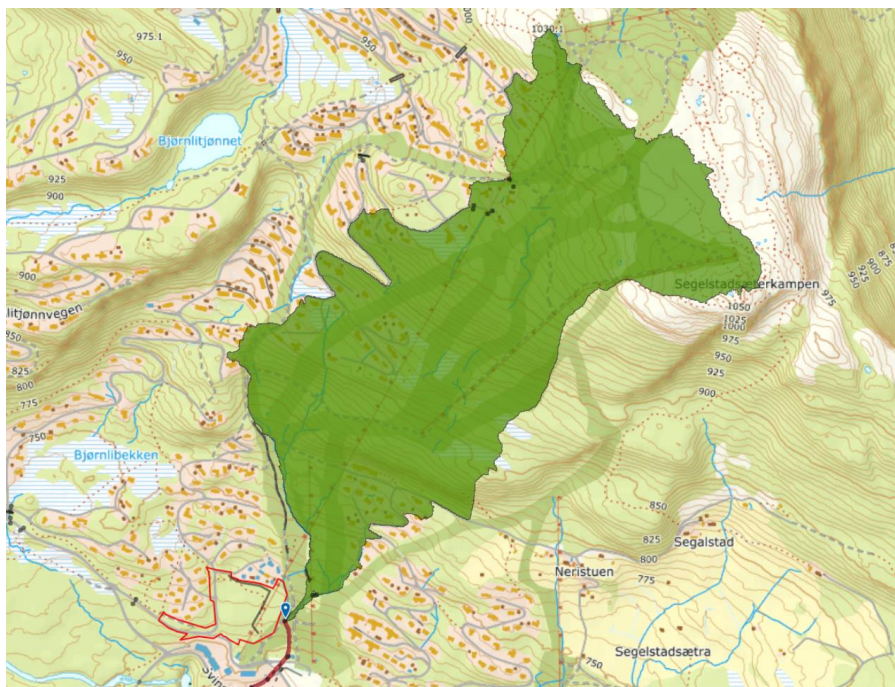
Bekken vil samløpe med en eksisterende mindre bekk i skogholtet og videre følge denne bekkens trase over alpinbakken. Den eksisterende bekken har en renne for normalvannføring og etablert kantvegetasjon, så det anbefales at denne beholdes urørt over alpinbakken, men at det etableres tilbaketrunkne flomvoller for å unngå vann på avveie ned alpinbakken. En flomvoll i en alpinbakke kan utføres i god avstand til bekken og med slakke skråninger, slik at den framstår mer som en naturlig kul i bakken enn en flomvoll.



**FIGUR 20 EKS. BEKK UT FRA SKOGHOLT OG OVER ALPINBAKKEN**



## 6.2.4.2 Dimensjonerende vannføring



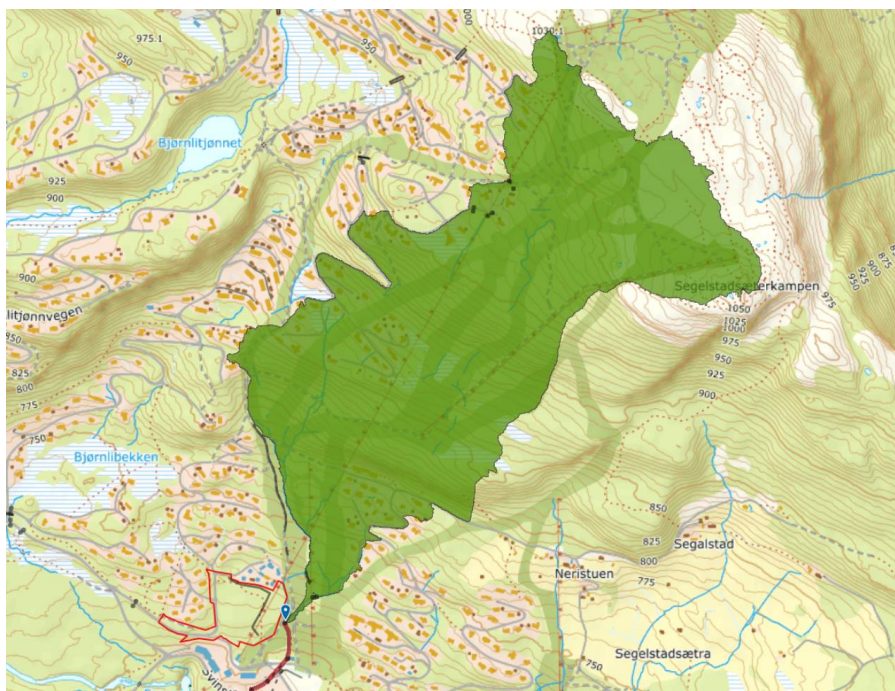
FIGUR 21 NEDBØRSFELT OMLAGT BEKK

TABELL 4 FELTPARAMETERE OG NOMINELLE FLOMVERDIER FRA FLOMFORMEL FOR SMÅ NEDBØRSFELT (NIFS)

|                                                         | Omlagt bekk |
|---------------------------------------------------------|-------------|
| Areal (km <sup>2</sup> )                                | 0,78        |
| Effektiv sjøprosent                                     | 0           |
| Middelflom, $Q_M$ (m <sup>3</sup> /s)                   | 0,33        |
| Middelflom, $q_M$ (l/s/km <sup>2</sup> )                | 430         |
| Vekstkurve, $Q_M/Q_M$                                   | 2,95        |
| 200-årsflom lavt estimat, 5% (m <sup>3</sup> /s)        | 0,5         |
| 200-årsflom, $Q_{200}$ (m <sup>3</sup> /s)              | 1,0         |
| 200-årsflom høyt estimat, 95% (m <sup>3</sup> /s)       | 2,0         |
| Spesifikk 200-årsflom, $q_{200}$ (l/s/km <sup>2</sup> ) | 1772        |
| 200-årsflom, $Q_{200+40\%}$ klima (m <sup>3</sup> /s)   | 1,4         |

TABELL 5 FELTPARAMETERE OG NOMINELLE FLOMVERDIER FRA DEN RASJONELLE FORMEL

|                                                              | Omlagt bekk |
|--------------------------------------------------------------|-------------|
| Areal (km <sup>2</sup> )                                     | 0,78        |
| Gjennomsnittlig helling (%)                                  | 21,9        |
| Konsentrasjonstid (min)                                      | 51          |
| Innsjø (%)                                                   | 0           |
| Skog (%)                                                     | 38,3        |
| Åpent naturområde, alpintraséer (%)                          | 54,1        |
| Myr (%)                                                      | 4,4         |
| Bebyggelse areal (%)                                         | 1,8         |
| Veger, grus (%)                                              | 1,4         |
| Gjennomsnittlig avrenningsfaktor inkl. korreksjonsfaktor (C) | 0,47        |
| 200-årsflom, $Q_{200}$ (m <sup>3</sup> /s)                   | 3,1         |
| 200-årsflom, $q_{200}$ (l/s/km <sup>2</sup> )                | 4033        |
| 200-årsflom, $Q_{200+40\%}$ klima (m <sup>3</sup> /s)        | 4,4         |



Figur 21 Nedbørsfelt omlagt bekk

Tabell 4 og tabell 5 viser inngangsparametere og beregnede verdier for 200-årsflom basert på henholdsvis flomformel for små nedbørsfelt (NIFS) og den rasjonelle formel.

Resultatet fra beregningene varierer fra 1,4 m<sup>3</sup>/s med NIFS formel til 4,4 m<sup>3</sup>/s med den rasjonelle formel. Feltarealet på 0,78 km<sup>2</sup> er i nedre sjikt av gyldighetsintervallet på 0,2-53 km<sup>2</sup> til NIFS formel. Dette, sammen med at NIFS formel er utviklet for naturlige felt med liten grad av inngrep, og at feltets bratthet ikke er en inngangsverdi, er sannsynlige årsaker til det lave estimatet og spriket opp til estimatet fra den rasjonelle formel.

Den rasjonelle formel tar hensyn til både ulik arealbruk og feltets bratthet og anses som best egnet i dette feltet. Spesifikk avrenning på drøyt 4000 l/s/km<sup>2</sup> ligger innenfor intervallet anbefalt av NVE forklart i avsnitt 6.1.

Med 40% klimapåslag iht. avsnitt 6.1.3 blir dimensjonerende vannføring for bekken øst for planområdet 4,4 m<sup>3</sup>/s.

#### 6.2.4.3 Dimensjonering av sikring

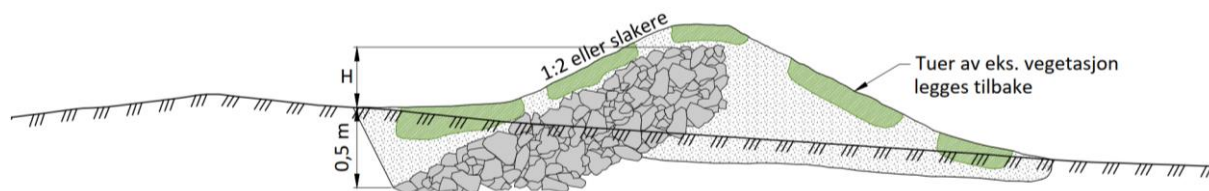
Flomvoller bygges opp av stedlige morenemasser som erosjonssikres med sprengt stein. Det må etableres en fotgrøft ned til ca 0,5 m under bunn bekk. Høyder på flomvoll er gitt fra terreng til topp erosjonssikringslag for strekning B, og for øvrige strekninger er avstanden gitt fra bunn bekk. Siden bekken allerede har en dybde vil høyden på flomvollen over terreng bli lavere enn flomvollhøydene gitt i

plassering av strekning a-e er vist på figur 18.

tabell 6. Morenemasser legges over erosjonssikringen sammen med tuer med eksisterende vegetasjonsdekke som tas av før graving for raskere revegetering med stedlig vegetasjon.



Flomvoller bør detaljprosjekteres og under dette arbeidet er det mulig at vollenes plassering og utforming gjør at man kan gå ned på flomvollhøyden, f.eks. dersom flomvollen trekkes lengre unna bekken eller vollen lages slakere.



**FIGUR 22 PRINSIPP FLOMVOLL**

Høyde på flomvoller er beregnet med Mannings formel. Manningstall 20 er benyttet i beregningene, øvrige dimensjoneringskriterier er gitt i

plassering av strekning a-e er vist på figur 18.

tabell 6.

Erosjonssikring med rauset stein er beregnet med Robinsons formel med 20% sikkerhetsmargin på steinstørrelsen. Erosjonssikringslaget må være minst  $2 \times D_{50}$  tykk.

Plassering av strekning A-E er vist på figur 18.

**TABELL 6 DIMENSJONERING AV EROSIJONSSIKRING**

| Strekning | Dimensjonskriterier                 |                             |                                                  | Resultat fra beregninger |                                    |                                                                                                                                         |
|-----------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | Dim. vannmengde (m <sup>3</sup> /s) | Gjennomsnittlig helling (%) | Geometri bekk i beregning                        | Høyde flomvoll (m)       | Steinstørrelse d <sub>50</sub> (m) | Utforming                                                                                                                               |
| A         | 4,4                                 | 6                           | Sidehelling: 1:3<br>Bunnbredde: 1 m              | 1,1 m*                   | 0,26                               | Nytt bekkeløp gravd i løsmasser med gradvis overgang til bekk på eks. terreng. Langsgående flomvoll på nedsiden langs hele strekningen. |
| B         | 4,4                                 | 11                          | Sidehelling: 1:2<br>Bunnbredde: 8 m              | 0,7 m                    | 0,25                               | Flomvoll etableres i skogkant, utformes slik at vann renner inn i skogen i stedet for langs flomvoll.                                   |
| C         | 4,4                                 | 12                          | Sidehelling: 1:1,7 og 1:7,5<br>Bunnbredde: 0,5 m | 1,1 m*                   | 0,47                               | Eks. bekkeløp med vegetasjon beholdes, flomvoll legges tilbaketrukket ca 3-4 m fra bekkstreng.                                          |
| D         | 4,4                                 | 12                          | Sidehelling: 1:5,9 og 1:16<br>Bunnbredde: 1 m    | 0,9 m*                   | 0,15                               | Eks. bekkeløp med vegetasjon beholdes, flomvoll legges tilbaketrukket                                                                   |
| E         | 4,4                                 | 13                          | Sidehelling: 1:1,7<br>Bunnbredde 0,5 m           | 1,6 m*                   | 0,66                               | Eks. bekkeløp med vegetasjon beholdes, flomvoll legges tilbaketrukket                                                                   |

\*Høyde gitt fra bunn bekk

## 6.2.4.4 Sedimentasjonsbasseng

Ved etablering av nye bekkeløp og øking av vannføring i eksisterende bekker forventes det transport av sedimenter. Bekken går inn i et 800 mm betongrør som lukker bekken i ca 80 m. Ved dimensjonering for innløpskontroll (Stiftelsen VA/Miljø-blad, 2004) har stikkrennen en kapasitet på 0,75 m<sup>3</sup>/s. Det er da forutsatt frispeilstrømning ved innløpet og kapasiteten vil være større når innløpet dykkes, men da øker også faren for oppsamling av flytende materialer som kan tette innløpet og det vil bli et økt vanntrykk mot løsmassene rundt innløpet.

For å unngå gjentetting av stikkrennen med erosjonsmateriale bør det etableres et sedimentasjonsbasseng slik figur 18 viser. Ved innløpet til stikkrennen på figur 23 er det allerede avsatt en del sedimenter som er på veg inn i stikkrennen. Det må være enkel adkomst med gravemaskin for rensk, også i en flomsituasjon. Terskelen for sedimentasjonsbassenget bør ligge noen meter fra stikkrennen, det må utføres nødvendig erosjonssikring, og bassenget må være stort nok slik at vannhastigheten reduseres tilstrekkelig til at sedimenter avsettes f.eks. med en lengde på rundt 8-10 meter og en dybde på ca 1-1,5 m. Sedimentasjonsbassenget kan godt utføres som en dam med et permanent vannspeil, slake sideskråninger og vegetasjon slik at det blir et positivt element for turgåere og hyttefolk i området.



**FIGUR 23 FORESLÅTT PLASSERING AV SEDIMENTASJONSBASSENG MED RØD RING. INNLØP MED SEDIMENTER INNFELT.**

Flomsikkerhet for bygning øst for bekken ved innløpet til stikkrennen må ivaretas, spesielt mtp. erosjon og flomveg ved overtopping av stikkrennen. Ved framtidig utbygging anbefales det å åpne bekken som i dag er lukket i rør nedenfor planlagt sedimentasjonsbasseng og anlegge eventuelle vegkryssinger i lavbrekk over bekken.



## 7 Overvannshåndtering

Overvann er vann som renner av på overflaten som følge av regn eller smeltevann. Iht. gjeldende regelverk skal overvann håndteres på en slik måte at det ikke medfører fare for bebyggelse, nedbør skal infiltreres lokalt og naturbaserte løsninger skal prioriteres. Nedstrøms områder skal ikke få økt ulempe som følge av utbyggingen av planområdet.

For å kompensere for økt andel tette flater ved utbygging av naturlige områder legges tretrinsstrategien til grunn for overvannshåndtering i planområdet.

Iht. gjeldende retningslinjer legges det til grunn en klimajustert 100-årshendelse (NVE, 2022b) for den samlede overvannsløsningen. Som for flomberegningene benyttes det et klimapåslag på 40%.

### 7.1 Trinn 1 – Infiltrer mindre regn

Små nedbørshendelser skal fanges opp og gis mulighet til infiltrasjon. Avrenning fra tak og andre tette flater hvor vannet konsentreres bør samles opp og gis mulighet til infiltrasjon. Dette kan gjøres ved å anlegge forsenkninger eller flate grøfter uten utløp i tilknytting til taknedløp. Dersom bebyggelse har kjeller/sokkeletasje kan det være fornuftig å anlegge forsenkningen i en avstand til grunnmur slik at vanntrykk mot grunnmur fra infiltrert vann unngås. For å opprettholde vannbalansen i området og fordele infiltrert vann på et større område er det gunstig å etablere mange små infiltrasjonsløsninger framfor få og store. Infiltrasjonsløsning bør plasseres nært kilden (f.eks. taknedløp), men dersom det er hensiktsmessig med tanke på terrengutforming kan det etableres en felles løsning for et eller noen få bygg med flere nedløpsrør.

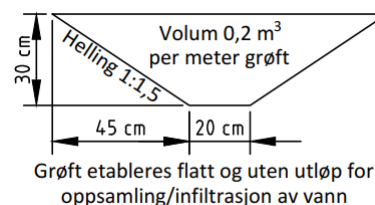
Der det er nødvendig for å unngå vann på avveie mot bygg bør det etableres grøfter som leder takvann som overskrider kapasiteten i trinn 1 og annet overflatevann videre til fordrøyning i trinn 2.

Trinn 1 dimensjoneres for å infiltrere takvann fra alle nedbørshendelser opp til minst 30 minutters varighet med returperiode 2 år. Utregningen er basert på en avrenningskoeffisient på 0,5 for torvtak, 0,9 for andre taktyper og klimapåslag 40%. Siden området ifølge NGUs kart over infiltrasjonspotensiale (figur 4) sannsynligvis er lite godt egnet til infiltrasjon og vannmengdene i beregningseksemplet kommer over relativt kort tidsrom (30 min) er det ikke gjort fratrekk for infiltrasjon i beregningen. I virkeligheten kan derfor kapasiteten være større enn beregnet.

På bakgrunn av forutsetningene anbefales det å infiltrere 7 mm nedbør, dvs.  $0,007 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$  takflate bestående av torvtak/sedum, og 12 mm nedbør, dvs.  $0,012 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$  takflate bestående av andre materialer.

F.eks. vil en grøft som samler vann fra en takflate på  $50 \text{ m}^2$  tretak, kreve  $50 \times 0,012 = 0,6 \text{ m}^3$  grøftevolum.

Det anbefales at impermeable dekker som asfalt, betong ol. ikke tillates, men at det kan benyttes for nedkjøring til P-kjeller dersom det er nødvendig.



**FIGUR 24 EKSEMPEL PÅ GRØFTESNITT FOR INFILTRASJONGRØFT**

## 7.2 Trinn 2 – Fordrøy større regn

Nedbørshendelser med større vannmengder enn det som håndteres i trinn 1 skal fordrøyes og forsinkes før videreføring til resipient. Dette gjøres for å forsinke flomtoppen slik at spissavrenningen reduseres og avrenningen fordeles utover et større tidsrom.

Det anbefales at det etableres et åpent fordrøyningsbasseng nederst i planområdet som håndterer mest mulig av avrenningen i planområdet. Fordrøyningsmagasinet strupes til dagens avrenningsmengde før utbygging, og dimensjoneres for 20-årsflom med 40% klimapåslag.

En foreløpig beregning hvor det er tatt utgangspunkt i en foreløpig situasjonsplan viser behov for et volum på 115 m<sup>3</sup>. Det er gjort fratrekk for volumene som er etablert ved taknedløp i trinn 1. Se vedlegg 2 for detaljer. Volumet kan bl.a. reduseres dersom det benyttes torv/sedum i stedet for taktekkinger som ikke magasinerer vann. Fordrøyningsmagasinet må dimensjoneres og detaljprosjekteres endelig når bebyggelsen og taktekking er endelig bestemt.

Rett nedenfor planområdet er det ny bebyggelse (Yttersvingen) hvor det ifølge oppdragsgiver er lagt ned et 600 mm overvannsrør rundt bebyggelsen og under Svinslåvegen som etter hvert skal håndtere overvann fra områdene oppstrøms. Denne håndterer også vann fra hytteområder som drenerer til skikulverten og har ikke beregningsmessig kapasitet selv uten vann fra planområdet. Vann som overstiger kapasiteten, kan drenere mot bebyggelsen som nå er under oppføring. På bakgrunn av dette anbefales det å lede vann mot bekken øst for planområdet. Bekken ledes inn i en lengre stikkrenne med dimensjon 800 mm som heller ikke har tilstrekkelig kapasitet. Ved overskridelse av denne stikkrennens kapasitet vil vannet drenere ned på parkeringsplassene. Dette anses som en bedre løsning enn vann mot bebyggelse, derfor bør utløp fra fordrøyningsmagasinet ledes til bekken øst for planområdet.

Ved utbygging av arealer hvor bekken i dag er lukket i stikkrenner anbefales det å åpne bekken for å få kontroll på flomfaren.

## 7.3 Trinn 3 – Sikre flomveger for ekstreme regn

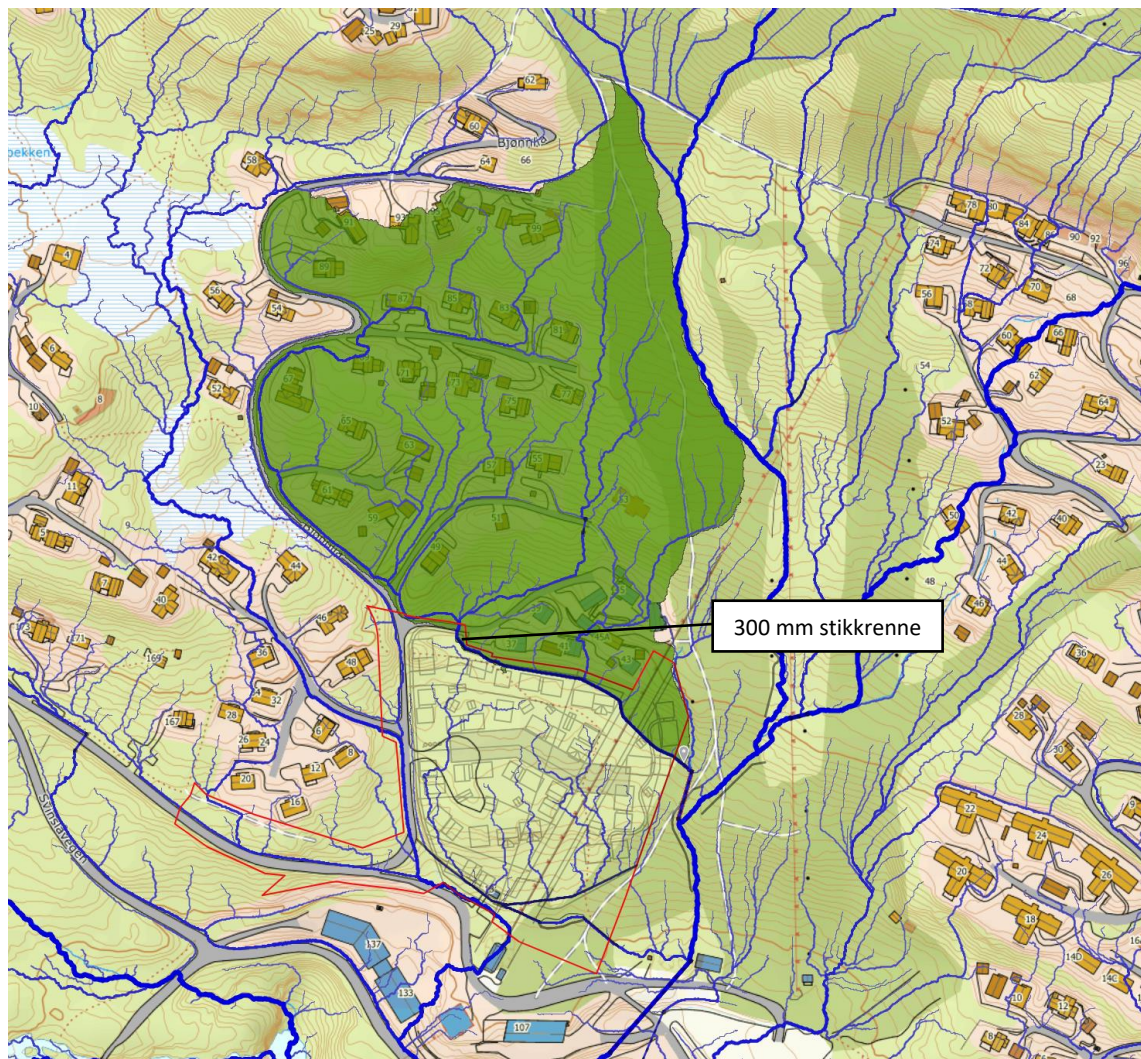
Intense og ekstreme regn som ikke håndteres i de øvrige trinnene skal ledes bort i planlagte flomveger til resipient. En 100-årshendelse med 40% klimapåslag legges til grunn for dimensjonering av flomveger for overvann fram til utslipp i bekk.

### 7.3.1 Flomveg inn fra nordvest

Inn fra nordvest i planområdet er det en stikkrenne som leder vann fra områder oppstrøms inn i planområdet. Vann fra denne planlegges ledet langs veggrøft østover før utslipp i bekk. Terreng er endret i avrenningsmodellen og figur 25 viser beregnet nedbørsfelt for flomvegen.



## 7.3.1.1 Dimensjonerende vannføring



FIGUR 25 NEDBØRSFELT FOR AVSKJÆRT FLOMVEG FRA NORDVEST. PLANOMRÅDET ER OMRINGET MED RØDT.

TABELL 7 FELTPARAMETERE OG NOMINELLE FLOMVERDIER FRA DEN RASJONELLE FORMEL

|                                                              | Omlagt bekk                     |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Areal                                                        | 7,9 ha (0,079 km <sup>2</sup> ) |
| Gjennomsnittlig helling (%)                                  | 15,4                            |
| Konsentrasjonstid (min)                                      | 32 min                          |
| Innsjø (%)                                                   | 0                               |
| Skog (%)                                                     | 24,8                            |
| Åpent naturområde, alpintraséer (%)                          | 44,5                            |
| Bebygd areal (%)                                             | 26,2                            |
| Veger, grus (%)                                              | 4,5                             |
| Gjennomsnittlig avrenningsfaktor inkl. korreksjonsfaktor (C) | 0,56                            |
| 100-årsflom, $Q_{100}$ (m <sup>3</sup> /s)                   | 0,53                            |
| 100-årsflom, $Q_{100+kl}$ (m <sup>3</sup> /s)                | 0,75                            |

For nedbørsfelt under 0,2 km<sup>2</sup> benyttes kun den rasjonelle metoden, ettersom denne er best egnet til små felt. Resultatet fra beregningene viser at klimajustert 100-årsflom er estimert til 0,75 m<sup>3</sup>/s.

## 7.3.1.2 Dimensjonering av grøft

For dimensjonering av grøft som flomveg er Mannings formel benyttet. Det er i beregningene gått ut fra et manningstall på 20, og et grøfteprofil med sidehellinger 1:1,5 og 0,5 m grøftebunn. Det er lagt inn 10 cm sikkerhetsmargin over energilinen for å ta hensyn til gjentetting og usikkerheter i beregningene. Grøftens lengdefall er hentet fra den foreløpige vegmodellen og er 1%.

Beregningen gir en nødvendig grøftedybde på 0,7 m. Der det er mulig, f.eks. der grøften ikke går langs veg, er det gunstig å gjøre overvannsgrøften bredere og grunnere. Tverrsnittsareal på min. 1,4 m<sup>2</sup> må opprettholdes

Grøft erosjonssikres i bunn og på sider med grov pukk eller sprengstein i de bratteste partiene. Pukk kan dekkes med et tynt lag jordmasser som vegeteres for et bedre visuelt inntrykk.

## 7.3.1.3 Dimensjonering av stikkrenne

Eksisterende stikkrenne har et utløp som er i konflikt med planlagt utbygging, så denne må uansett flyttes. Det anbefales å samtidig oppdimensjonere stikkrennen slik at den har tilstrekkelig kapasitet slik at det unngås oppstuvning av vann mot vegfyllingen og evt. skader hvis stikkrennen går tett.

Dimensjonering for en vannføring på 0,75 m<sup>3</sup>/s med innløpskontroll etter VA-blad 64 (Stiftelsen VA/Miljø-blad, 2004) gir en nødvendig indre diameter på 800 mm. Stikkrenne erosjonssikres rundt innløp, og det legges grov stein ved utløpet for å drepe energi og hindre erosjon.

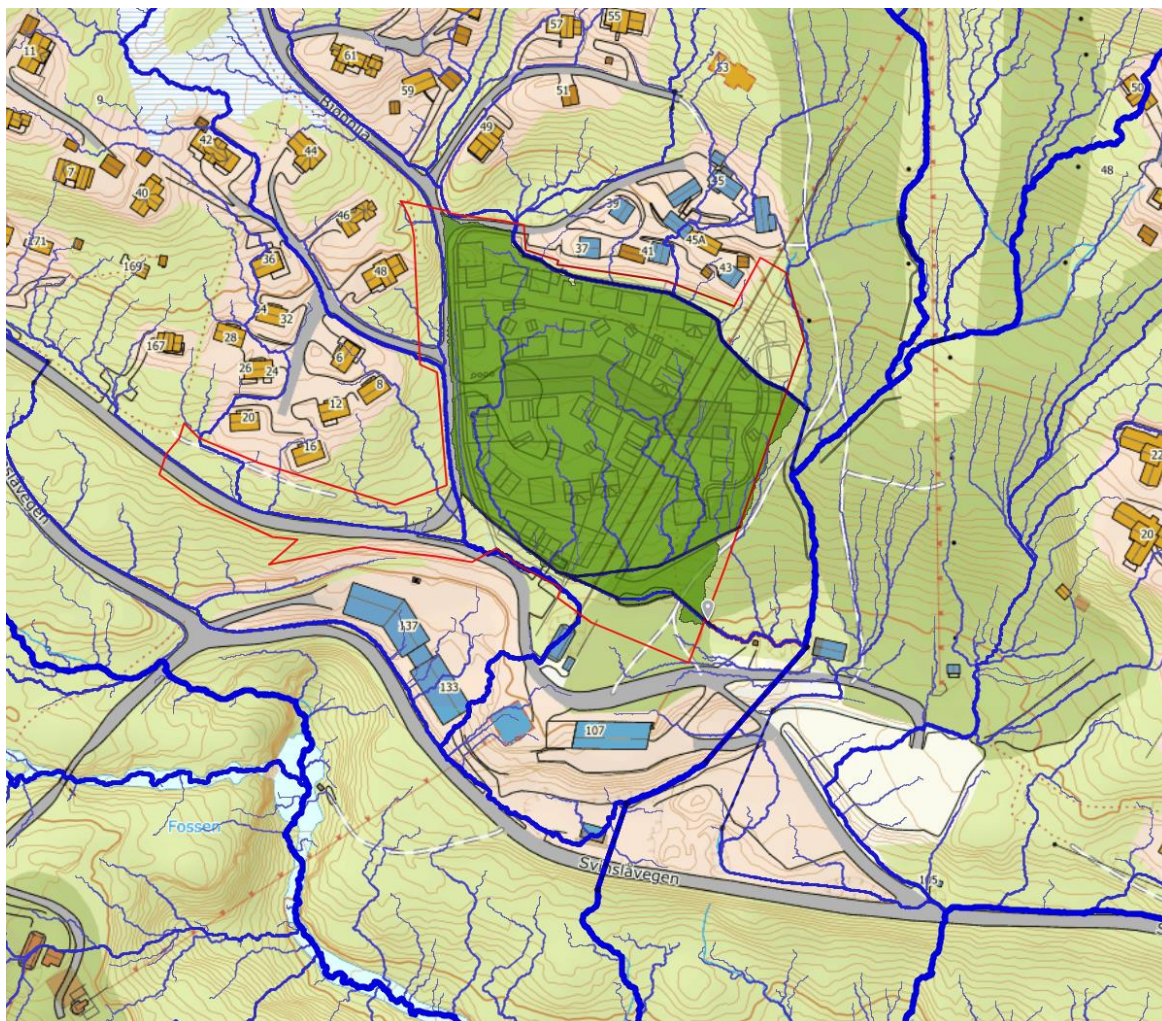
## 7.3.2 Flomveg ut fra planområdet

Avrenning fra planområdet ledes ut i sør, og fra kryssingen av den søndre vegen i planområdet er det dimensjonert en flomveg via fordrøyningsbassenget og videre til bekken øst for planområdet. Det er ikke gjort fratrekk for f.eks. forsenkninger i trinn 1 eller fordrøyningsmagasinet i trinn 2. Dette er for å ta høyde for regn over islagt dam, gjentetting av struping osv. Vann som akkumuleres langs flomvegen er også medtatt i beregningen.

Flomvegen bør ledes til skogholt sørøst for planområdet hvor vannet selv kan finne vegen til bekken eller det planlagte sedimentasjonsbassenget. Det er et lite bygg, muligens en pumpestasjon, i kanten av skogholtet som må tas hensyn til. Ut fra terrengdata ser det ut til at denne ligger omtrent 0,5 m høyere enn terrenget rundt.



## 7.3.2.1 Dimensjonerende vannføring



FIGUR 26 NEDBØRSFELT FOR FLOMVEG UT FRA PLANOMRÅDET (OMRINGET I RØDT)

TABELL 8 FELTPARAMETERE OG FLOMVERDIER FRA DEN RASJONELLE FORMEL

|                                                                            | Omlagt bekk                     |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Areal                                                                      | 2,4 ha (0,024 km <sup>2</sup> ) |
| Gjennomsnittlig helling (%)                                                | 9,0                             |
| Konsentrasjonstid (min)                                                    | 32 min                          |
| Innsjø (%)                                                                 | 0                               |
| Takflater, tette (%)                                                       | 24,1                            |
| Veger, grus (%)                                                            | 7,3                             |
| Øvrig areal: grøntområder mellom hus, gangstier, heistrase, alpinbakke (%) | 68,6                            |
| Gjennomsnittlig avrenningsfaktor inkl. korreksjonsfaktor (C)               | 0,61                            |
| 100-årsflom, $Q_{100}$ (m <sup>3</sup> /s)                                 | 0,18                            |
| 100-årsflom, $Q_{100+kl}$ (m <sup>3</sup> /s)                              | 0,25                            |

For nedbørsfelt under 0,2 km<sup>2</sup> benyttes kun den rasjonelle metoden, ettersom denne er best egnet til små felt. Resultatet fra beregningene viser at klimajustert 100-årsflom er estimert til 0,25 m<sup>3</sup>/s.



## 7.3.2.2 Dimensjonering av grøft

For dimensjonering av grøft som flomveg er Mannings formel benyttet. Det er i beregningene gått ut fra et manningstall på 20, og et grøfteprofil med sidehellinger 1:2 og 0,5 m grøftebunn. Det er lagt inn 10 cm sikkerhetsmargin over energilinen for å ta hensyn til gjentetting og usikkerheter i beregningene. Grøftens lengdefall varierer litt ut fra trase og er mellom 6 og 13 %.

Beregningen gir en nødvendig grøftedybde på 0,4 m. Grøft erosjonssikres i bunn og på sider med grov pukk eller sprengstein i de bratteste partiene. Pukk kan dekkes med et tynt lag jordmasser som vegeteres for et bedre visuelt inntrykk.

## 7.3.2.3 Dimensjonering av stikkrenne

Dimensjonering for en vannføring på 0,25 m<sup>3</sup>/s med innløpskontroll etter *VA-blad 64* (Stiftelsen VA/Miljø-blad, 2004) gir en nødvendig indre diameter på 500 mm. Stikkrenne erosjonssikres rundt innløp, og det legges grov stein ved utløpet for å drepe energi og hindre erosjon.

## 7.4 Drift og vedlikehold

For å sikre at de planlagte overvannstiltakene fungerer i en flomsituasjon er det viktig med gode rutiner for drift og vedlikehold, spesielt av stikkrenner. Regelmessig tilsyn er nødvendig for å avdekke vedlikeholdsbehov som rensk, tining og fjerning av snø før vårflo. Eventuelle erosjonsskader på grøfter, flomvoller og i forbindelse med stikkrenner skal utbedres på tilfredsstillende måte.

## 8 Anbefalinger

### 8.1 Reguleringsbestemmelser

For å sikre at tiltakene rapporten foreslår blir gjennomført slik at sikkerheten mot flom og overvann blir ivarettatt, anbefales det at følgende tas inn i planbestemmelsene:

- Impermeable dekker som asfalt, betong ol. tillates ikke, annet enn for nedkjøring til P-kjeller.
- Tretrinnsstrategien for håndtering av overvann skal legges til grunn. Takvann skal håndteres på en slik måte at små regnhendelser ledes ut på terreng og infiltreres i forsenkninger slik det er beskrevet i flom- og overvannsnotat. Terrengforsenkninger skal magasinere 0,007 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> takflate bestående av torv/sedum, og 0,012 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> takflate bestående av andre materialer. Forsenkninger for infiltrasjon av overvann skal vedlikeholdes, bl.a. ved fortløpende utbedring av evt. erosjonsskader og gjengroing samt oppsyn med at løsning fungerer over tid.
- Fordrøyningsanlegg utføres som en åpen dam fortrinnsvis innenfor ISA2 med utløp strupet til avrenning før utbygging ved 20-års flom, og dimensjoneres for vannmengder tilsvarende 20-årsflom med 40% klimapåslag etter utbygging.
- Flomveg nord i planområdet langs V5 skal etableres over KBA2 til bekk i øst som vist på tegning G-01 og dimensjoneres for 100-årsflom med 40% klimapåslag. Erosjonssikring gjøres i flomvegens bratteste partier og ved inn- og utløp av stikkrenner som beskrevet i flom- og overvannsnotat. Det skal benyttes stikkrenner med minimumsdimensjon 800 mm ved kryssing av flomveg.
- Flomveg sør i planområdet kryssende V2 skal etableres til fordrøyningsbasseng og derfra videre til bekk i øst som vist på tegning G-01 og dimensjoneres for 100-årsflom med 40% klimapåslag. Det skal benyttes stikkrenner med minimumsdimensjon 500 mm som erosjonssikres ved inn- og utløp.
- Vegeier er ansvarlig for drift og vedlikehold av stikkrenner, flomveger, fordrøyningsbasseng og andre anlegg for overvannshåndtering.

Rekkefølgebestemmelser:

- Flomveger og fordrøyningsbasseng i planområdet skal være utført før det gis brukstillatelse.
- Bekk øst for planområdet skal legges om og dimensjoneres for 200 års-flom med 40% klimapåslag, med bl.a. flomvoller og sedimentasjonsbasseng slik som beskrevet i flom- og overvannsnotatet før brukstillatelse gis på KBA2. Alternativ flomsikring kan aksepteres dersom planlagt løsning ikke lar seg gjennomføre.



## 9 Referanser

Glad, P. R. (2015). *Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt nedbørfelt*. NVE Rapport 8-2015.

Klima- og miljødepartementet. (2015). *NOU 2015:16 Overvann i byer og tettsteder*.

NVE. (2015). *Nr. 7/2015 Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*.

NVE. (2022a). *Nr. 1/2022 Veileder for flomberegninger*.

NVE. (2022b). *Nr 4/2022 Rettleiar for handtering av overvatn*.

Rice, C., & Robinson, K. (1993). *Stability of rock chutes. First Int. Conference on Water*.

Statens vegvesen. (2018). *SVV rapport 681: Lærebok i drenering og håndtering av overvann*.

Statens vegvesen. (2020). *Håndbok V240 Vannhåndtering*.

Stiftelsen VA/Miljø-blad. (2004). *Nr 64 - Bekkeinntak med innløpskontroll. Dimensjonering og utforming*.

## 10 Vedlegg

1. G01 Plantegning for flom- og overvannstiltak
2. Beregning av fordrøyningsbasseng