

Oppdragsgiver	Navn Etnedal kommune	Kontaktperson Rolf-Erik Poppe
Oppdrag	Nummer og navn 17194 Etnedal, Nord-Etnedal kirke – Skred- og flomfarevurdering for reguleringsplan	Oppdragsleder Andrea Taurisano
Dokument	Nummer 17194-01-1 Utført av Andrea Taurisano og Petter Reinemo	Dato 2017-11-10 Kontrollert av Hans Georg Grue

## Skred- og flomfarevurdering

### Sammendrag

Skred AS har utført en skred- og flomfarevurdering for ny reguleringsplan ved Nord-Etnedal kirke. Planen omfatter utvidelse av kirkegården og etablering av nye parkeringsplasser. Området er potensielt utsatt for snøskred og flom ifølge de aktuelle aktsomhetskartene.

Alle skredtyper i bratt terreng er vurdert. Vår totalvurdering er at planområdet under dagens terreng- og vegetasjonsforhold tilfredstiller sikkerhetskrav for tiltak i sikkerhetsklassene S1, S2 og S3. Eventuell hogst i fjellsiden ville føre til en økning av sannsynlighet for skred i det kartlagte området.

Flomvurderingen viser at den vestre delen av planområdet forventes oversvømt ved både en fremtidig 20- og 200-årsflom (sikkerhetsklasse F1 og F2). Vannet vil nå inn til kanten av kirkegården, men ikke renne over Steinsetbygdvegen. Det forventes at flomvann vil renne langs planområdets sørvestre del og ut i et eldre flomløp. Det anbefales å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 0,3 meter over beregnet vannlinje ved praktisk bruk av faresonene for flom.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>4</b>
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Befaring	4
1.3	Forbehold	5
<b>2</b>	<b>Krav til sikkerhet</b>	<b>6</b>
2.1	Lovverket	6
2.2	Skred	6
2.2.1	Aktuelle krav	7
2.2.2	Vurderte skredtyper	7
2.3	Flom	9
2.3.1	Aktuelle krav	9
<b>3</b>	<b>Skred</b>	<b>10</b>
3.1	Beskrivelse av området	10
3.1.1	Topografi	10
3.2	Geologi	11
3.3	Vegetasjon	11
3.4	Registrerte skredhendelser	12
3.5	Tidligere skredfareutredninger	12
3.6	Eksisterende skredsikringstiltak	12
3.7	Vurdering av skredfare	12
3.7.1	Snøskred	12
3.7.2	Sørpeskred	13
3.7.3	Løsmasseskred	13
3.7.4	Skred i fast fjell	13
3.7.5	Faresoner for skred	14
3.7.6	Forutsetninger for faresonene	14
<b>4</b>	<b>Flom</b>	<b>15</b>
4.1	Vurdert vassdrag	15
4.2	Beskrivelse av elveløpet til Dalselve	15
4.3	Flomberegning	17
4.3.1	Metode	17
4.3.2	Beskrivelse av nedbørfelt	17
4.3.3	Målestasjoner og flomfrekvensanalyse	18
4.3.4	Kulminasjonsvannføring	20
4.3.5	Flomformelverk	21
4.3.6	Klimaframskrivninger	21
4.3.7	Dimensjonerende flommer	22
4.4	Hydraulisk analyse	23
4.4.1	Modell og oppsett	23
4.4.2	Resultater og flomsoner	25

4.4.3	Sensitivitetsanalyse .....	27
4.4.4	Sikkerhetsmargin .....	27
4.5	Vurdering av fare for erosjon .....	27
<b>5</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Referanseliste .....</b>	<b>29</b>

## Figurer

Figur 1: Lokalisering av det vurderte planområdet ved Nord-Etnedal kirke, Etnedal kommune. ....	4
Figur 2: Kart med beregnet terrenghelning. ....	10
Figur 3: Skyggekart for fjellsiden ovenfor planområdet. ....	11
Figur 4: Bilde av fjellsiden ovenfor planområdet tatt fra eksisterende parkeringsplass ved kirka (bilde oversendt av Etnedal kommune). ....	12
Figur 5: Vurdert område med NVE sine aktsomhetssoner for flom. ....	15
Figur 6: Ortofoto over planområdet og vurdert elvestrekning. ....	16
Figur 7: Feltgrensene til Dalselve ved planområdet. ....	17
Figur 8: Hypsografisk kurve for Dalselve og utvalgte referansefelt. ....	18
Figur 9: Lokasjon og nedbørfelt til utvalgte målestasjoner .....	19
Figur 10: Benyttet terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser. ....	24
Figur 11: Estimert 20-års flomsone og flomnivåer for Dalselve ved Nord-Etnedal kirke. ....	25
Figur 12: Estimert 200-års flomsone og flomnivåer for Dalselve ved Nord-Etnedal kirke. ....	26
Figur 13: Sikkerhetssone mot erosjon (DiBK, 2016). ....	27

## Tabeller

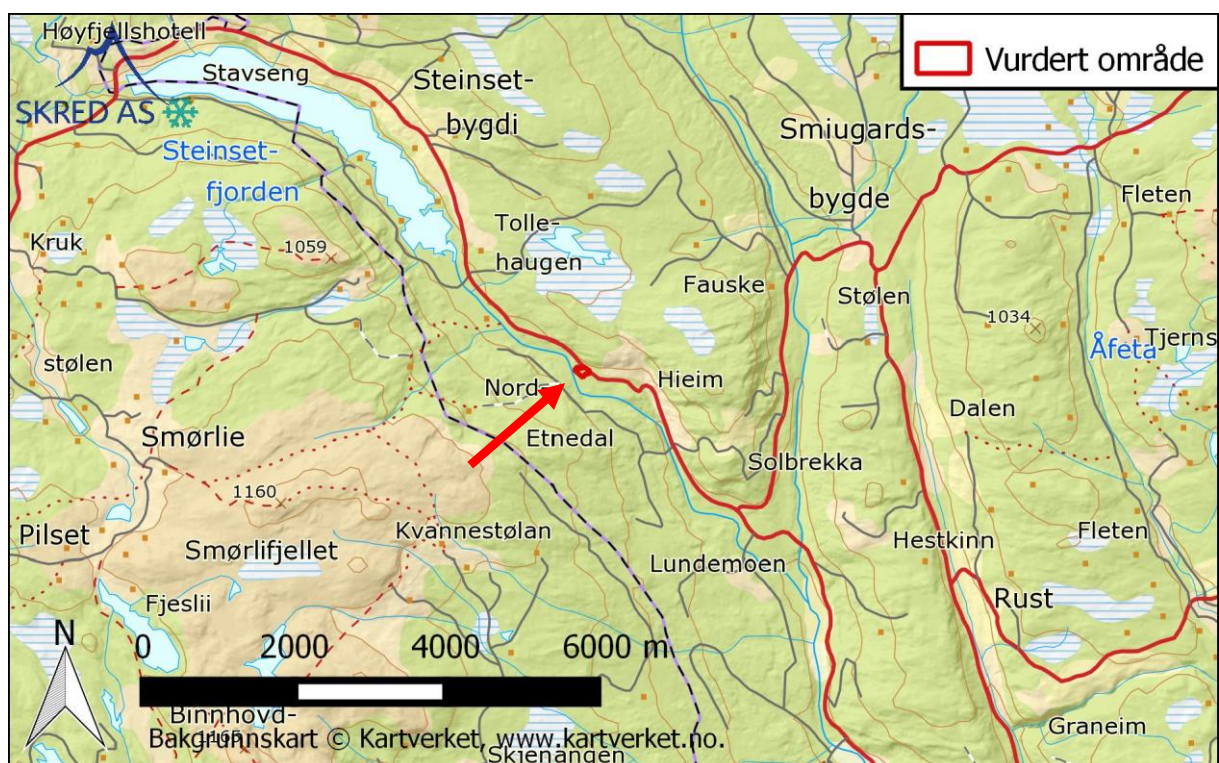
Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2016). ....	6
Tabell 2: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2016). ....	9
Tabell 3: Feltkarakteristika til Dalselve. ....	17
Tabell 4: Feltkarakteristika til utvalgte referansevassdrag. ....	18
Tabell 5: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer, frekvensfordeling (døgnmiddel). ....	20
Tabell 6: Beregnede forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring fra tidligere flommer for utvalgte referansevassdragene. ....	20
Tabell 7: Resultater fra flomformelverk for små nedbørfelt. ....	21
Tabell 8: Dimensjonerende flommer for Dalselve ved Nord-Etnedal kirke, inkludert klimapåslag (kulminasjon). ....	22
Tabell 9: Benyttede Manningsnummer. ....	23

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Reguleringsplan for Nord-Etnedal kirke ligger delvis innenfor aktsomhetssoner for flom samt snøskred ifølge NVEs aktsomhetskart. Det ønskes derfor en detaljert flom- og skredfarevurdering av planområdet. Dagens krav til sikkerhet mot flom og skred, definert i TEK17 med veileder, legges til grunn for vurderingene.

Reguleringsplanen legger til rette for utvidelse av kirkegården og etablering av nye parkeringsplasser. Lokalisering av det vurderte området er vist på figur 1.



Figur 1: Lokalisering av det vurderte planområdet ved Nord-Etnedal kirke, Etnedal kommune.

## 1.2 Befaring

Befaring i planområdet ble i dette tilfellet ikke vurdert som nødvendig ettersom Skred AS har tilstrekkelig datagrunnlag til vurdering av flom- og skredfare. Datagrunnlaget inkluderer laserskanningdata (LiDAR) fra 2013, i tillegg til flyfoto fra 2016 og bilder av den aktuelle fjellsiden oversendt av oppdragsgiveren.

### 1.3 Forbehold

Skred- og flomvurderinger er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik de fremkom fra tilgjengelige flyfoto og kotegrunnlag på vurderingstidspunktet. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for skred- og flomforholdene. Det kan innebefatte hogst, terrenginngrep i bratt terreng eller fysiske endringer i vassdraget som en konsekvens av erosjon, masseavlagring og menneskelige inngrep. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

Informasjon om tidligere flom- og skredhendelser er viktige for vurderingene. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere hendelser, bør det tas med i betraktningene.

## 2 Krav til sikkerhet

### 2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg:

*«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.»*

### 2.2 Skred

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (tabell 1). Sannsynligheten i tabellen angir den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, dvs. skred med intensitet som kan medføre fare for liv og helse og/eller større materielle skader. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2016).

*Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2016).*

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

I sikkerhetsklasse S1 inngår byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der et skred vil føre til middels konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Driftsbygninger i landbruket samt parkeringshus og havneanlegg er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S3 omfatter tiltak der et skred vil føre til store konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer og/eller der det er store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er:

- eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med mer enn 10 boenheter
- arbeids- og publikumsbygg/brakkerrigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer
- skole, barnehage, sykehjem og lokal beredskapsinstitusjon

Kravet til sikkerhet for uteareal tilhørende bygninger, skal i utgangspunktet være lik kravet til bygningen. Allikevel åpner lovverket for å redusere sikkerhetsnivået til uteareal med en

klasse, dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er blant annet eksponeringstiden for personer og antall personer som oppholder seg på utearealet.

### 2.2.1 Aktuelle krav

Kirkegårder og tilknyttede parkeringsplasser nevnes ikke spesifikt i noen av sikkerhetsklassene i byggeteknisk forskrift.

Vi overlater det derfor til kommunen å skjønnsmessig vurdere aktuelle krav til sikkerhet i det aktuelle tilfellet. Skred er i rapporten vurdert i forhold til samtlige sikkerhetsklasser i TEK17.

### 2.2.2 Vurderte skredtyper

I TEK17 er det spesifisert at samlet sannsynlighet for alle skredtyper skal legges til grunn for vurderingen av årlig sannsynlighet. Vi har derfor vurdert følgende skredtyper:

- Skred i fast fjell
- Skred i løsmasser
- Snøskred, inkludert sørpeskred

Den endelige vurderingen av skredfare er samlet nominell årlig sannsynlighet for skred, som kan sammenliknes direkte med kravene i tabell 1.

#### 2.2.2.1 Snøskred og sørpeskred

Snøskred kan inndeles i løssnøskred og flaskred. Løssnøskred utløses i snø med lav fasthet, som gjerne starter med en liten lokal utglidning. Etter hvert som nye snøkorn blir revet med utvider skredet seg og kan få en pæreform. Flaskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flaskred som har størst skadepotensiale. Store snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 30-50° grader bratt. Der det er brattere enn dette glir snøen stadig ut slik at det ikke dannes større skred. Snøskred kan skape skredvind med kraft til å utrette stor skade.

Sørpeskred er en strøm med vannmettede snømasser. Sørpeskred følger som oftest forsenkninger i terrenget, og oppstår når dreneringen i grunnen er dårlig, som for eksempel på grunn av tele og is. Sørpeskred kan utløses i slakt terreng, for eksempel når kraftig snøfall blir etterfulgt av regn og mildvær. Sørpeskred kan også utløses når varme gir intens snøsmelting. Skredmassene har høy tetthet og skred med lite volum kan gi stor skade. Det er ikke utarbeidet aktsomhetskart for sørpeskred.

#### 2.2.2.1 Skred i fast fjell

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller, eller sklir nedover en skråning benyttes begrepene steinsprang (volum <math><100\text{ m}^3</math>) og steinskred (volum 100-10.000  $\text{m}^3$ ). Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 40-45°.

### 2.2.2.2 Jordskred og flomskred

Jordskred starter med en plutselig utglidning i vannmettede løsmasser og blir som regel utløst i skråninger som er brattere enn 25-30°. Man kan skille mellom kanaliserte og ikke-kanaliserte jordskred.

Et kanalisert jordskred skaper en kanal i løsmassene som kan fungere som skredbane for nye skred. Skredmasser kan bli avsatt og danne langsgående rygger parallelt med kanalen. Når terrenget flater ut blir skredmassene avsatt i en tungeform. Over tid kan flere slike skred bygge en vifte av skredavsetninger. I et ikke-kanalisert jordskred flytter massene seg nedover langs en sone som gradvis kan bli bredere. Mindre jordskred kan oppstå i slakere terreng med finkorna, vannmettet jord og leire, gjerne på dyrka mark eller i naturlig terrasseformede skråninger i terrenget.

Flomskred er raske, vannrike, flomlignende skred som følger elve- og bekkeløp, eller raviner, gjel eller skar, ofte uten permanent vannføring. Helningen i utløsningsområdet kan være ned mot 10°. Skredmassene kan bli avsatt som langsgående rygger på siden av skredløpet, og oftest i en stor vifte nederst, der de groveste massene ligger ved roten av vifta og finere masser blir avsatt utover vifta. Massene i et flomskred kan komme fra store og små flomskred langsetter flomløpet, undergraving av sideskråninger og erosjon i løpet, eller i kombinasjon med sørpeskred.

### 2.2.2.3 Skredfare og klimaendringer

Spesielle værforhold er en dokumentert utløsende faktor for de fleste typer skred, og forekomsten av disse skredtypene vil naturlig bli påvirket dersom klimaet utvikler seg slik at ekstremt vær inntreffer oftere. Generelt vil et varmere og våtere klima kunne påvirke frekvensen av jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred, men i hvilken grad skredaktiviteten vil endres i hver landsdel er uvisst.

På [www.klimatilpasning.no](http://www.klimatilpasning.no) gis det følgende hovedfunn for forventet endring i skredfare for Oppland:

- Årstemperaturen i Oppland øker med ca. 4 °C (mest om vinteren)
- Årsnedbøren øker med ca. 20 % (mest om vinteren)
- Nedbør og flom: Episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet, og det vil også føre til mer overvann. Det forventes flere og større regnflommer.
- Skred: Faren for jord-, flom- og sørpeskred øker med økte nedbørmengder. I varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på snødekket underlag. Faren for våtsnøskred øker dermed, mens faren for tørrsnøskred reduseres. Det er ikke forventet økt fare for fjellskred eller steinskred.

Det er ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for skredstørrelse eller skredutløp og så bruke dette i skredfarekartlegging. Klimautviklingen inngår dermed i en rekke usikkerhetsmomenter som det ikke finnes verktøy for å kvantifisere, men som vurderes skjønnsmessig når en utreder eller kartlegger skredfare.



## 2.3 Flom

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-2 definerer krav til sikkerhet mot flom og stormflo for nybygg. Paragrafen gjelder for saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. Sannsynligheten i tabell 2 angir største årlige sannsynligheten for flom. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres i henhold til aktuell sikkerhetsklasse. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for flom (DiBK, 2016).

*Tabell 2: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2016).*

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

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk der oversvømmelse har liten konsekvens, både økonomisk og samfunnsmessig. Det innebærer byggverk med lite personopphold som garasjer og lagerbygninger.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter tiltak der flom vil føre til middels konsekvenser. Dette innebærer de fleste byggverk beregnet for personopphold som bolighus, hytter, kontorer, skoler og barnehager. Det kan tillates større økonomiske konsekvenser, men kritiske samfunnsfunksjoner skal ikke påvirkes.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter tiltak der flom vil føre til store konsekvenser. Sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan påføre omgivelsene stor forurensning ligger innenfor sikkerhetsklassen. Sykehjem, beredskapsfunksjoner, kritisk infrastruktur og avfallsdeponier er nevnt som eksempler.

I paragrafens fjerde ledd er det gitt at byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant bør være minst like stor som høyden på elvekanten og ikke under 20 meter. Dersom vassdraget sikres mot erosjon kan avstanden være mindre.

### 2.3.1 Aktuelle krav

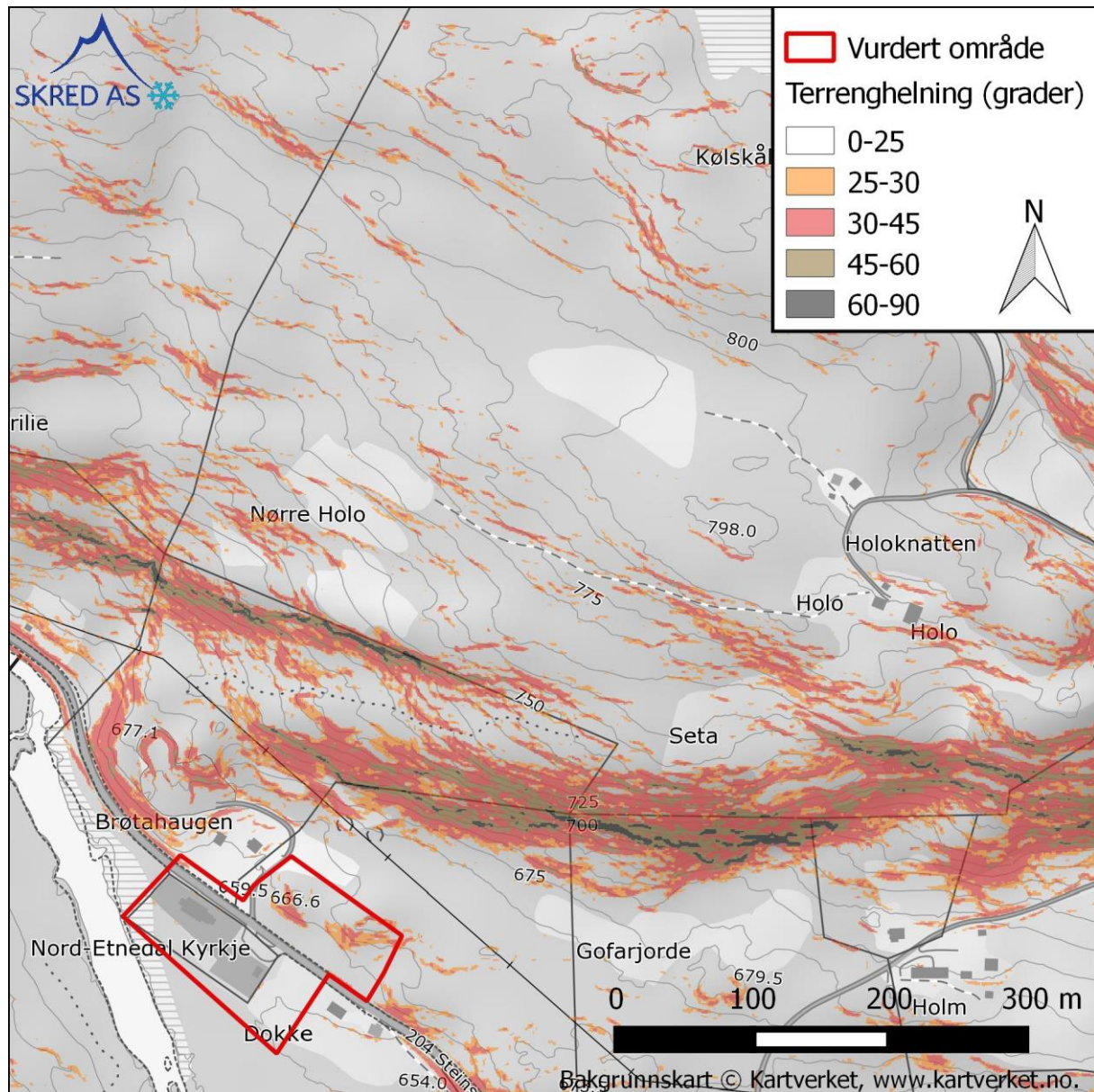
I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler, beskrevet ovenfor, på hva slags bebyggelse som ligger innenfor de ulike sikkerhetsklassene mot flom. Kirkegårder og tilknyttede parkeringsplasser nevnes ikke spesifikt i noen av sikkerhetsklassene i byggeteknisk forskrift, men både sikkerhetsklasse F1 og F2 anses aktuelle. Vi overlater det derfor til kommunen å skjønnsmessig vurdere aktuelle krav til sikkerhet i det aktuelle tilfellet.

## 3 Skred

### 3.1 Beskrivelse av området

#### 3.1.1 Topografi

Terrenganalysen er basert på LiDAR data fra 2013. Fra disse er det generert en terrengmodell med celler på 1 m x 1 m. Kart med terrenghelning er vist i figur 2.

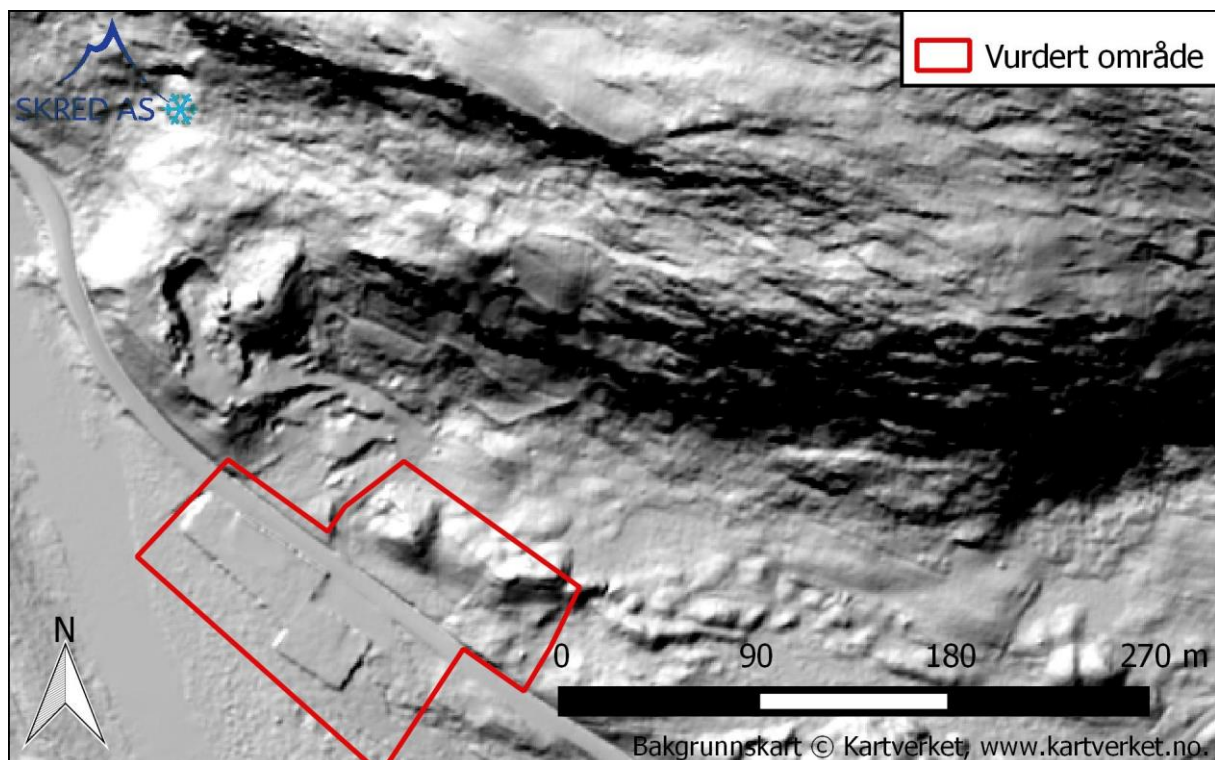


Figur 2: Kart med beregnet terrenghelning.

Planområdet ligger mellom kote 655 og 665. Mot nordøst stiger terrenget opp til ca. kote 800, der den flere kvadratkilometer store Leirholomyra ligger. Myra ligger rett utenfor kartet

i figur 2, i nord. I skråningen som går fra planområdet opptil myrområdet, er det sammenhengende terrengpartier med helning over 25 - 30°, hovedsakelig lokalisert mellom 670 og 750 moh. De bratte partiene inkluderer 7 – 15 m høye skrenter med helning mellom 45° og vertikalt. Skrentene ligger langs to terrengbelt som går på skrått gjennom fjellsiden, med en markert utflating mellom dem.

De brattere terrengpartiene som skrentene er en del av, kan også ses som svarte områder på skyggekartet i Figur 3. Skyggekartet viser for øvrig intet åpenbart tegn på tidlige skred, hverken som sår i bratt terreng eller som tydelige vifter i foten av skråningen. Såret skapt av massetaket ved Brøtahaugen, like ved planområdets NV-hjørne, er imidlertid godt synlig.



Figur 3: Skyggekart for fjellsiden ovenfor planområdet.

### 3.2 Geologi

Ifølge NGUs berggrunnkart i 1:50 000 (NGU, 2016) består fjellsiden av metasandstein, konglomerat og skifer. Mesteparten av fjellsiden er imidlertid dekket av morene, som NGUs løsmassekart indikerer er tykkere nede ved planområdet og blir tynnere oppover. Ved myrområdene på ca. 800 moh. er det kartlagt områder med torv og myr, samt tynn morene.

### 3.3 Vegetasjon

Store deler av fjellsiden ovenfor planområdet er dekket av blandingskog, der gran er dominerende (Figur 4). Sammenligning av flyfoto tatt mellom 2006 og 2016 viser en generell fortetting av vegetasjonen, samt at lysninger i skogen blir litt redusert.



*Figur 4: Bilde av fjellsiden ovenfor planområdet tatt fra eksisterende parkeringsplass ved kirka (bilde oversendt av Etnedal kommune).*

### 3.4 Registrerte skredhendelser

I nasjonal skredatabase (NVE, 2016) er det ikke registrert hendelser i et 10 – 20 km radius rundt planområdet. Hverken vi eller oppdragsgiveren har opplysninger om skredhendelser i den aktuelle fjellsiden.

### 3.5 Tidligere skredfareutredninger

Vi er ikke kjent med detaljerte skredfarevurderinger for planområdet.

Den øvre halvparten av planområdet er dekket av aktsomhetssone for snøskred (NVE, 2016).

### 3.6 Eksisterende skredsikringstiltak

Ingen sikringstiltak er registrert i nasjonal skredatabase (NVE, 2016).

### 3.7 Vurdering av skredfare

#### 3.7.1 Snøskred

Ovenfor planområdet er det et terrengbelte med total høydeforskjell på 70 – 80 m der helningen er over 30°, dvs. tilstrekkelig til at snøskred i teorien kan utløses. Dette terrengbeltet inneholder imidlertid fjellskrenter som er for bratte til å akkumulere store snømengder, og er ellers dekket av skog. Skogen vurderes å være tett nok til å effektivt forebygge naturlig snøskredutløsning. Selv i det usannsynlige tilfellet små snøskred skulle utløses i mindre lysninger, forventer vi ikke en bruddforplantning som kan resultere i snøskred i stand til å gjøre skader i planområdet.

Mellom planområdets øvre grense og den bratte delen av fjellsiden er det også en 50 m bred utflating, stedvis med konkav profil, der eventuelle, dog usannsynlige, små snøskred ville stoppe opp.

Vi vurderer derfor at årlig sannsynlighet for skader fra snøskred i det kartlagte området er mindre enn 1/5000.

### 3.7.2 Sørpeskred

Sørpeskred utløses typisk fra slake og konkave terrengpartier der store snømengder kan akkumuleres og bli vannmettet uten at vann finner en naturlig avrenning. Myrområder kan i noen tilfeller ligge til rette for utløsning av sørpeskred, som derfra har en tendens til å følge bekkeløp og annet forsenket terreng ned mot dalbunnen.

Det er imidlertid ingen bekker som fra Leirholomyre nord for det vurderte området, går i retning mot planområdet. Terrenget ovenfor planområdet, med bratte fjellskrenter og skog, uten søkk eller raviner, fremstår i svært liten grad som sørpeskredterreng. Dette, i tillegg til manglende historikk for sørpeskred, gjør at vi vurderer den årlige sannsynligheten for denne skredtypen i det kartlagte området som mindre enn 1/5000.

### 3.7.3 Løsmasseskred

Det er ikke historikk for eller tegn på løsmasseskred, hverken i fjellsiden ovenfor planområdet (Figur 3) eller i resten av fjellsiden øst eller vest for planområdet. Videre er det ingen konkave terrengpartier i fjellsiden, som kunne antas å samle mer vann. Fjellsiden er dekket av relativt tett skog. Alle disse elementene tilsier at sannsynligheten for utløsning av løsmasseskred er veldig liten.

Både NGUs løsmassekart og forekomsten av blottet fjell flere steder i fjellsiden indikerer i tillegg at morenedekket er tynt. Dette tilsier at eventuelle utglidninger ville være veldig små.

Eventuelle små utglidninger ville trolig stoppe opp i utflatingen mellom planområdet og den bratte delen av fjellsiden.

Vår totalvurdering er derfor at den årlige sannsynligheten for skader fra løsmasseskred inn i planområdet er lavere enn 1/5000.

### 3.7.4 Skred i fast fjell

De 7 - 15 m høye skrentene som ligger omtrent midt i fjellsiden ovenfor planområdet, kan i teorien gi noe utfall av blokker. Flyfoto viser imidlertid ingen velutviklet steinur eller tydelige steinblokker i terrenget nedenfor skrentene, og dette tilsier at steinsprangaktiviteten er veldig liten.

Størrelsen på skrentene i forhold til utflatingene som ligger mellom de to skrentene og mellom den nedre skrenten og planområdet, tilsier videre at eventuelle blokker i all sannsynlighet vil stoppe opp før de når området øvre grense.

Årlig sannsynlighet for skader fra steinsprang eller steinskred inn i planområdet vurderes som mindre enn 1/5000.

### 3.7.5 Faresoner for skred

Det vurderes ikke å være faresoner for skred i planområdet.

### 3.7.6 Forutsetninger for faresonene

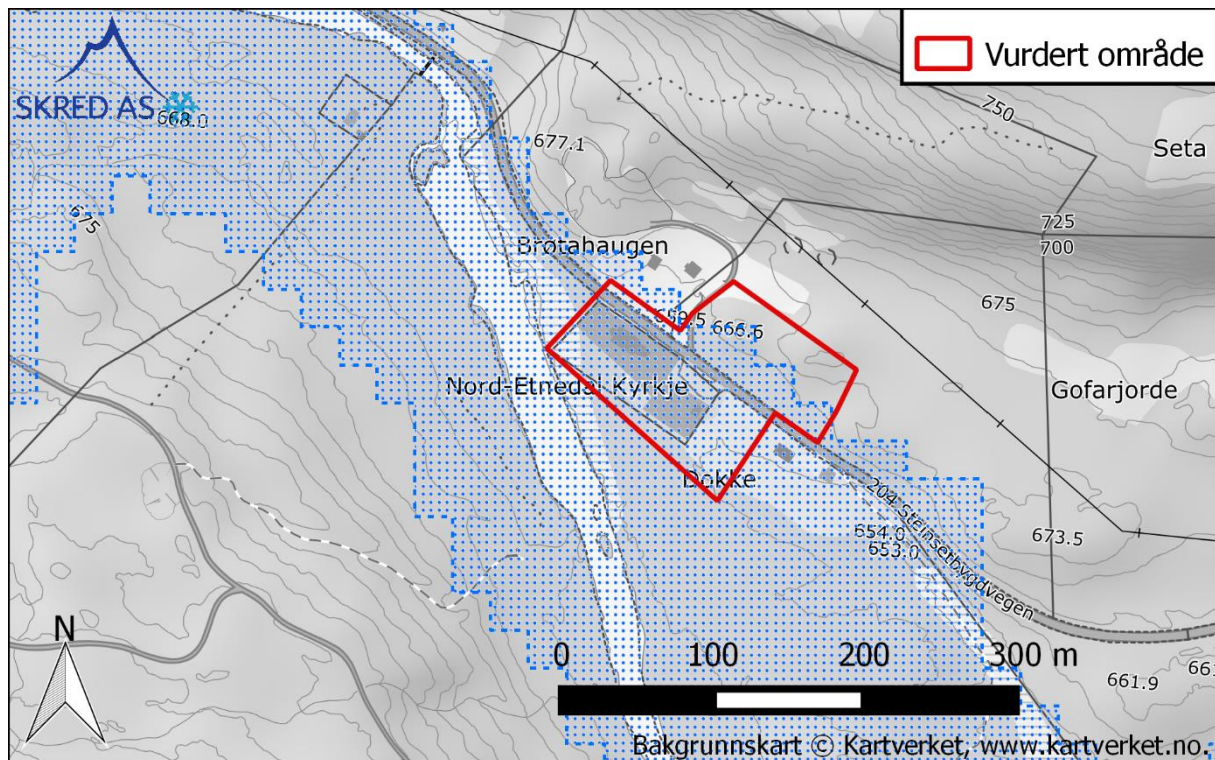
Skogen i fjellsiden reduserer sannsynligheten for utløsning av snøskred og løsmasseskred. Dersom skogen hogges ned, vil det føre til en økning av sannsynlighet for skred i det kartlagte området.

Hvor mye farebildet ville øke avhenger av omfanget av foretatt hogst, men den årlige sannsynligheten for skred i planområdet ville trolig blitt større enn 1/5000. Dette vil si at hogst i fjellsiden lett kan gjøre det nødvendig med en faresone som er relevant for tiltak i sikkerhetsklasse S3. Hogst kombinert med terrengingrep der terrenget er brattere enn 30° kan gi en enda større sannsynlighet for skred i planområdet.

## 4 Flom

### 4.1 Vurdert vassdrag

Dalselve renner vest for planområdet og utgjør en potensiell flomfare. Dette fremkommer også av NVE sine aktsomhetskart for flom. Figur 5 viser planområdet med NVE sine aktsomhetssoner for flom.

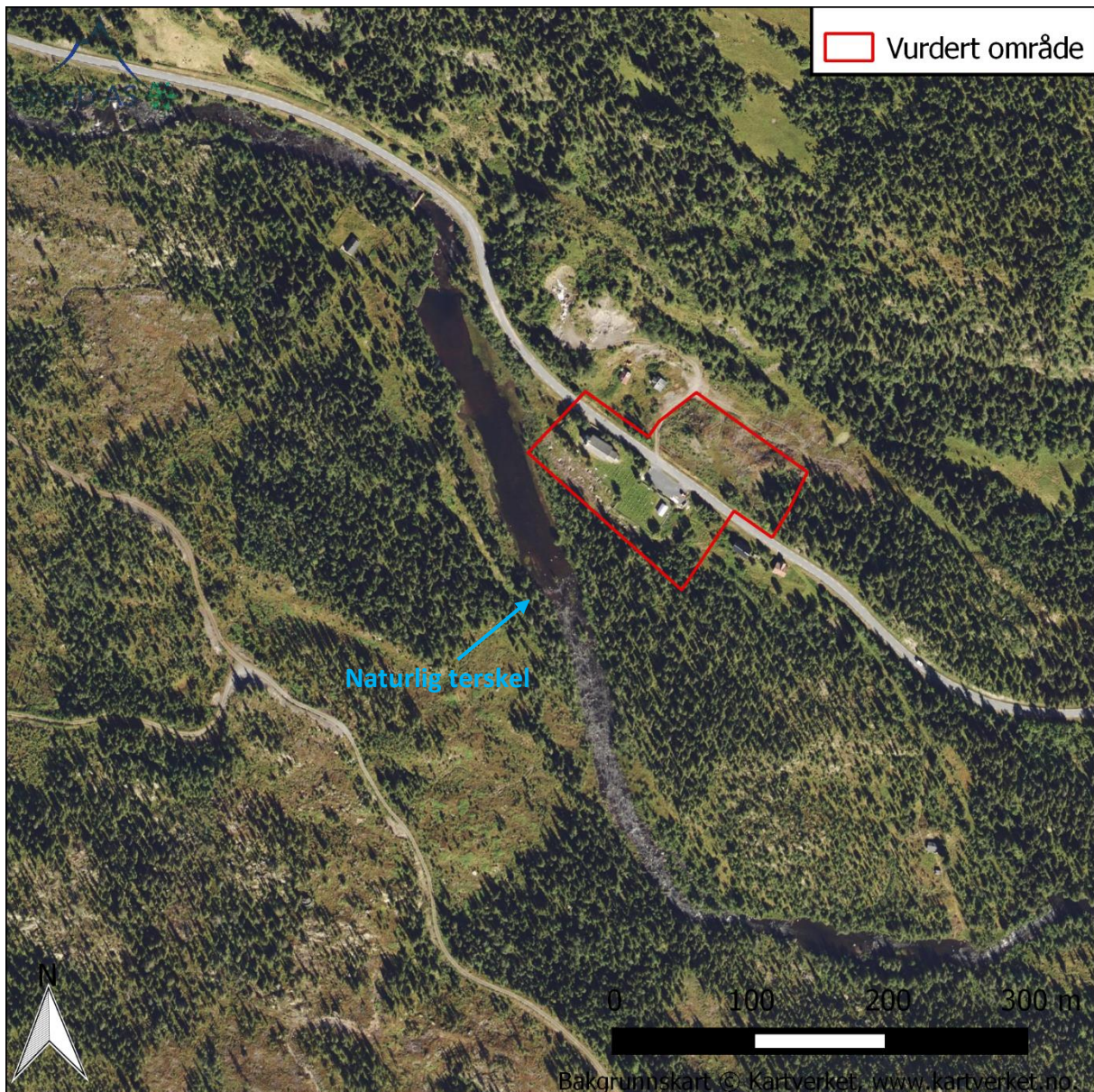


Figur 5: Vurdert område med NVE sine aktsomhetssoner for flom.

### 4.2 Beskrivelse av elveløpet til Dalselve

Dalselve har et fast vannspeil i tilknytning til planområdet med en naturlig terskel ved utløpet. Terskelen er lokalisert ca. på høyde med midten av planområdet og den forventes å være avgjørende for oppstrøms vannstand både i normal- og flomsituasjoner. Nedstrøms terskelen har elva et jevnt fall med en gradient på ca. 1/50. Vannspeilet brer seg til ca. 150 meter oppstrøms planområdet. Oppstrøms vannspeilet har elva også et jevnt fall med en gradient  $< 1/100$ . Elvebunn består av grus og stein i variabel størrelse som kan yte en betydelig friksjon mot vannmassene. I følge NGUs løsmassekart består det flomutsatte området i tilknytning til planområdet av tykk morene. Elvekantene består av skog og myrområder. Det er ingen konstruksjoner/bruer på strekningen som forventes å påvirke vannlinjen ved planområdet i forbindelse med flom.

Figur 6 viser et ortofoto over planområdet og den vurderte elvestrekningen.



Figur 6: Ortofoto over planområdet og vurdert elvestrekning.



## 4.3 Flomberegning

### 4.3.1 Metode

Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføringer i Dalselve i denne delen av vassdraget. Det finnes derimot målinger nedstrøms i vassdraget samt i nærliggende vassdrag. Flomberegningen baserer seg på analyser av nedbørfeltet til Dalselve opp mot nedbørfeltene til utvalgte målestasjoner, hvor det utføres flomfrekvensanalyser. Et flomformelverk utviklet for små nedbørfelt (< 50 km<sup>2</sup>) synes også relevant og blir benyttet.

### 4.3.2 Beskrivelse av nedbørfelt

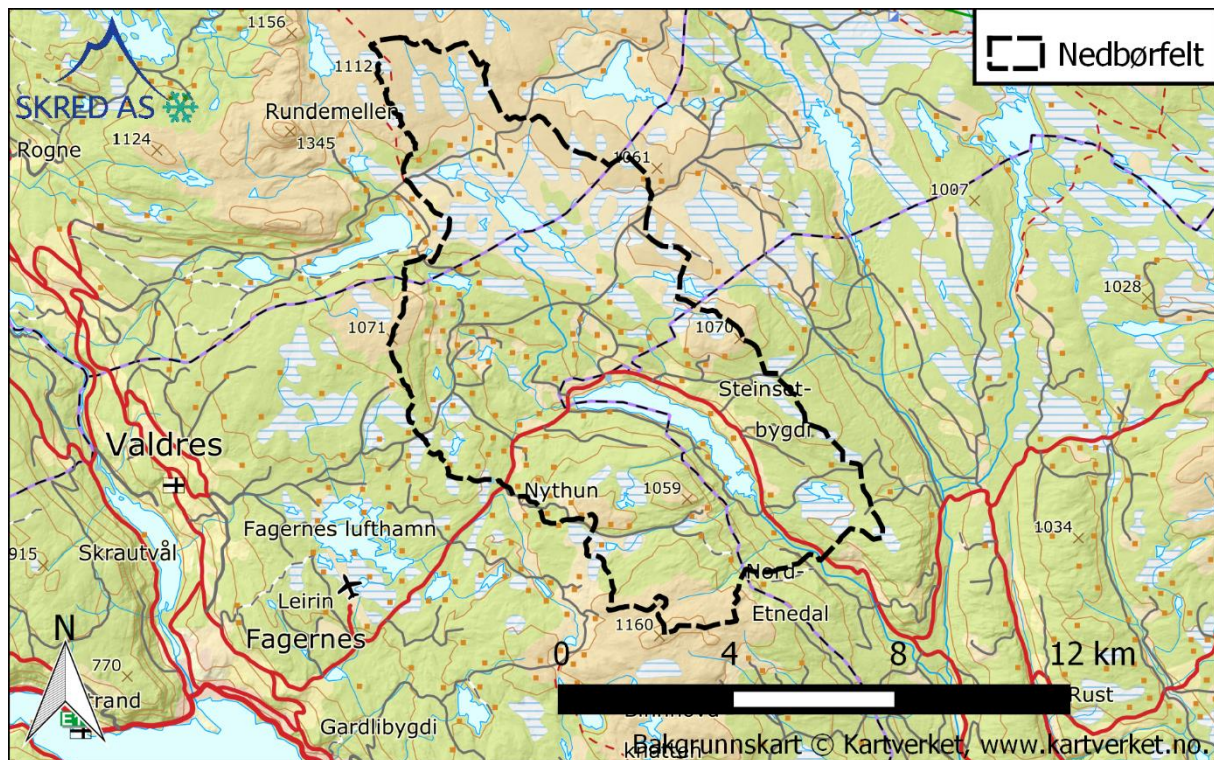
Nedbørfeltet til Dalselve drenerer fra fjellområdene rundt Kjølafjellet og sørøstover mot Steinsetfjorden som ligger ca. 2,5 km oppstrøms planområdet. Den største delen av nedbørfeltet drenerer via Steinsetfjorden som har en naturlig flomdempende effekt på flomvannføringen ut av innsjøen. Dette gjenspeiles i en effektiv sjøprosent på 2,9. Feltet er i hovedsak dominert av skogs- og myrområder med innslag av snaufjell i de høyereliggende områdene. Feltet er ikke påvirket av regulering.

Feltkarakteristika for Dalselve ved planområdet er vist i tabell 3. Feltgrensene er vist i figur 7.

Tabell 3: Feltkarakteristika til Dalselve.

Elv	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	q <sub>N</sub> * [l/s*km <sup>2</sup> ]	Elvelengde [km]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Myr [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh]
Dalselve	83,3	11,5	19,6	2,9	53	13	6,5	659 - 1142

\*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90.



Figur 7: Feltgrensene til Dalselve ved planområdet.

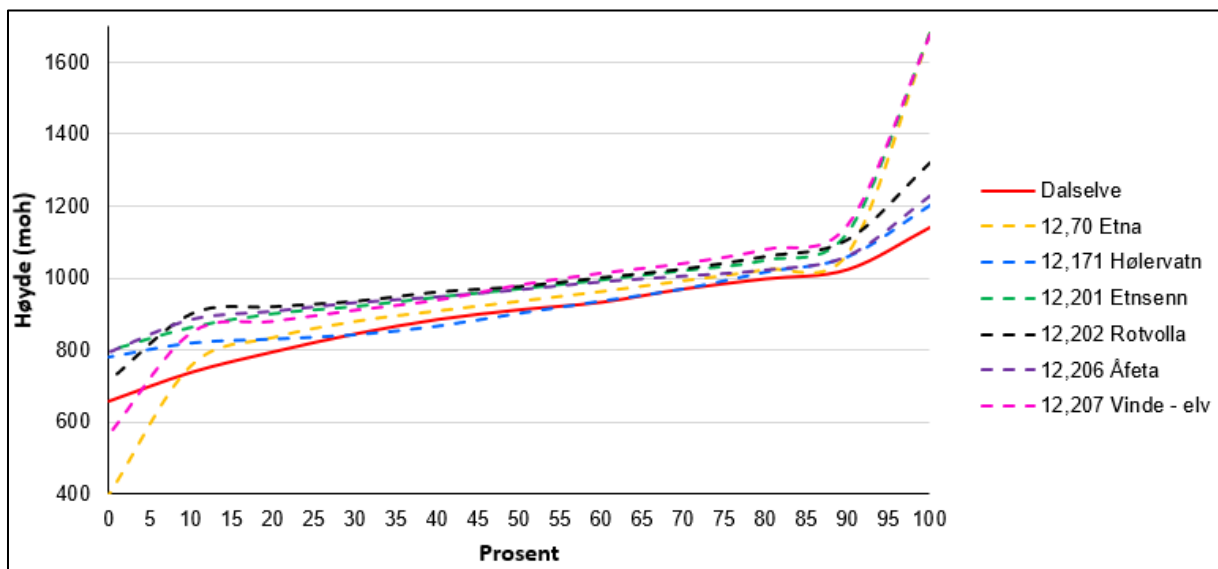
#### 4.3.3 Målestasjoner og flomfrekvensanalyse

Det er funnet et utvalg målestasjoner som kan gi en indikasjon på flomforholdene i Dalselve. Det er funnet målestasjoner som ligger geografisk nært Dalselve og som ikke er påvirket av regulering. 12,70 Etna måler vannføringen i elva Etna som blant annet innebefatter nedbørfeltet til Dalselve og feltet til 12,201 Etnsenn.

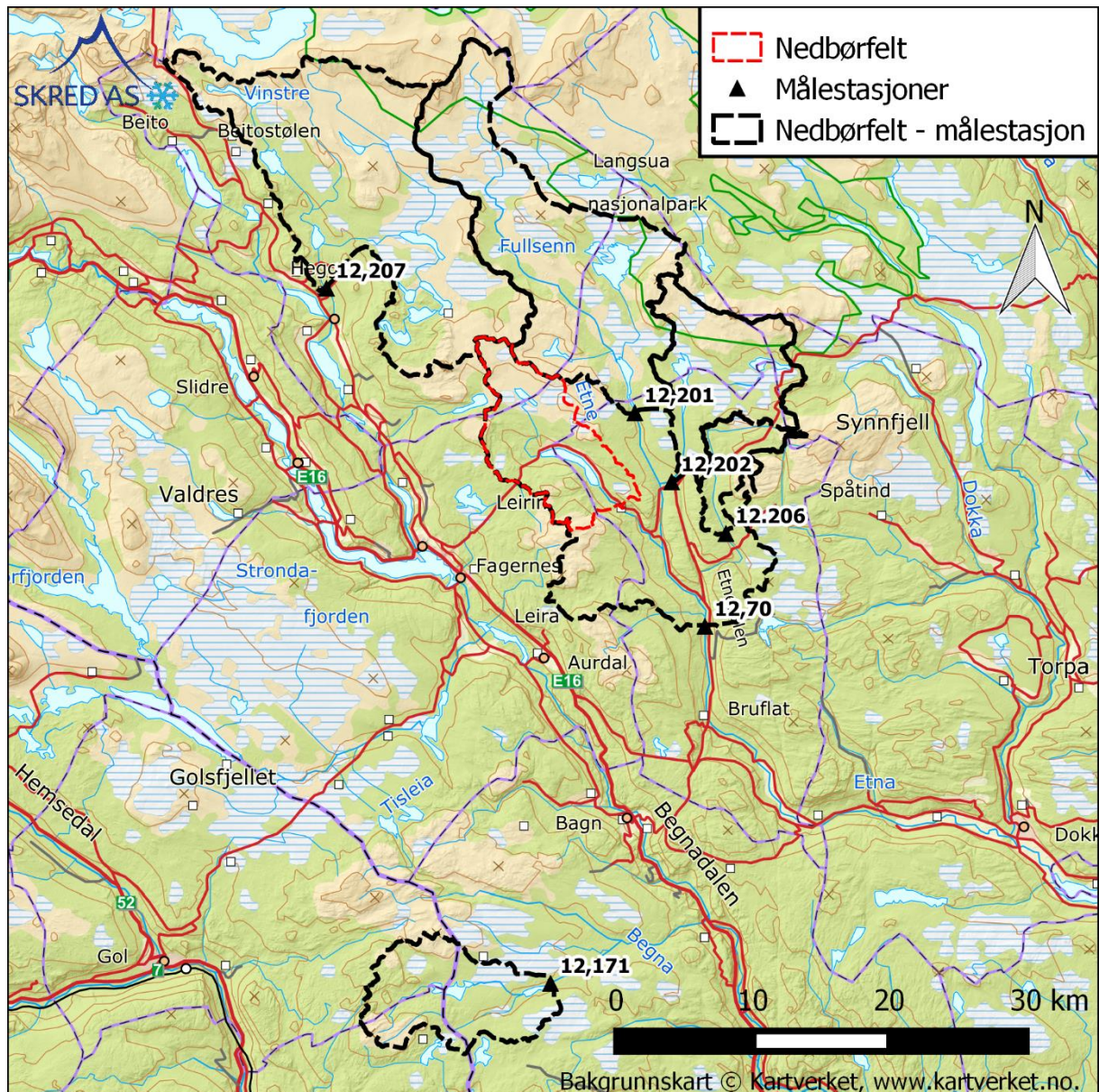
Feltkarakteristika for stasjonene er gitt i tabell 4 og hypsografisk kurve er vist i figur 8. Middelvannføringen er beregnet fra målte verdier ved hver stasjon. Beliggenhet og nedbørfeltene til målestasjonene er vist i figur 9.

Tabell 4: Feltkarakteristika til utvalgte referansevassdrag.

Stasjon	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	Periode [år]	qN [l/s*km <sup>2</sup> ]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Myr [%]	Snau-fjell [%]	Høyde [moh]
12,70 Etna	568,5	1920 - 16	16,5	4,4	49	18	12	399 - 1681
12,171 Hølervatn	79,4	1969 - 16	17,1	2,4	60	18	8	780 - 1203
12,201 Etnsenn	215,3	1978 - 84	-	1,2	28	24	20	797 - 1681
12,202 Rotvolla	86,8	1978 - 85	17,4	2,6	46	23	13	713 - 1320
12,206 Åfeta	28,7	1980 - 84	-	0,6	62	14	7	794 - 1230
12,207 Vinde - elv	269,9	1920 - 16	17,6	1,3	32	15	24	566 - 1676



Figur 8: Hypsografisk kurve for Dalselve og utvalgte referansefelt.



Figur 9: Lokasjon og nedbørfelt til utvalgte målestasjoner

Vannføringsdata fra målestasjonene er hentet ut og analysert gjennom NVE-databasen Hydra2. Det er gjort flomfrekvensanalyse av måleseriene på årsflommer. Analysen er gjort på døgndata (DAGUT). Resultatene fra analysen er presentert i figur 5.

Tabell 5: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer, frekvensfordeling (døgnmiddel).

Målestasjon	År	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	Middelflom		Q20 / QM	Q200 / QM	Metode	Kurvekvalitet (flom)
			Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>M</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]				
12,70 Etna	97	568,5	103	181	1.57	2.06	Gen. log. (mom)	Usikker
12,171 Hølervatn	48	79,4	15.05	190	1.61	2.2	Gumbel (mom)	Middels
12,201 Etnsenn	7	215,3	48.34	225	-	-	-	-
12,202 Rotvolla	8	86,8	21.78	251	-	-	-	-
12,206 Åfeta	5	28,7	10.51	366	-	-	-	-
12,207 Vinde-elv	93	269,9	50.38	187	1.67	2.32	Gumbel (l-mom)	Bra

Alle de vurderte feltene har en feltkarakteristikk som er representativ for Dalselve. Den største forskjellen ligger i feltareal og effektiv sjøprosent.

12,202 Rotvolla og 12,206 Åfeta virker spesielt representative. Ved de to stasjonene foreligger det få år med målinger med usikker kvalitet, som ikke gir et tilstrekkelig grunnlag for flomfrekvensanalyser. Det samme gjelder for 12,201 Etnsenn. Beregnet middelflom ved stasjonene kan derimot gi en indikasjon men usikkerheten må anses som stor.

12,70 Etna, 12,171 Hølervatn og 12,207 Vinde-elv har alle lengre måleserier som gir et godt grunnlag for flomfrekvensanalyse. 12,70 Etna er spesielt aktuell da Dalselve er en del av nedbørfeltet til stasjonen.

#### 4.3.4 Kulminasjonsvannføring

Flomverdiene gitt i tabell 6 innebefatter døgnmiddelvannføring. Forholdet mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring estimeres fortrinnsvis fra målinger i det aktuelle vassdraget eller nærliggende vassdrag med tilsvarende karakteristikk. I tabell 6 er forholdstallet fra et utvalg registrerte flommer ved referansefeltene beregnet.

Tabell 6: Beregnede forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring fra tidligere flommer for utvalgte referansevassdragene.

Målestasjon	Dato	Døgnmiddel [m <sup>3</sup> /s]	Kulminasjon [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>kulm</sub> /Q <sub>døgn</sub>
12,70 Etna	22.05.2013	192,5	226,85	1,18
12,171 Hølervatn	06.06.2007	21,1	24,16	1,15
	02.06.1995	24	26,85	1,12
12,207 Vinde-elv	02.06.1995	107,75	114,2	1,06
	23.05.2013	100,4	110,95	1,11

I NVE (2011) er det presentert formler som gir forholdstallet mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring. For Dalselve er det beregnet forholdstall på 1,18 og 1,27 for henholdsvis vår- og høstflom.

Basert på målingene ved referansefeltene og formelverket er et forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring på 1,20 vurdert realistisk i Dalselve.

#### 4.3.5 Flomformelverk

I NVE (2015) presenteres et nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt der feltareal er mindre enn 50 km<sup>2</sup>. Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent.

Formelverket er vurdert som delvis relevant for Dalselve, til tross for at feltarealet er noe større enn det den er utviklet for. Formelverket benyttes for å verifisere resultatene.

Middelvannføring fra avrenningskartet for normalperioden 1961 – 1990 virker noe lav sammenlignet med målinger ved referansevassdragene. Det er derfor valgt å benytte en middelavrenning på 17 l/s\*km<sup>2</sup> i formelverket.

Resultatene gitt fra flomformelverket for Dalselve er presentert i tabell 7. Det er gitt resultater for middelestimat, samt øvre og nedre konfidensintervall (95 %).

Tabell 7. Resultater fra flomformelverk for små nedbørfelt.

Vassdrag	Estimat	Middelflom		Q20 / QM	Q200/ QM	Q20 [m3/s]	Q200 [m3/s]
		QM [m3/s]	qM [l/s*km2]				
Dalselve	Lav (95%)	8,4	100			14,9	24,9
	<b>Middel</b>	<b>16,7</b>	<b>200</b>	<b>1,78</b>	<b>2,98</b>	<b>29,7</b>	<b>49,8</b>
	Høy (95%)	33,4	401			59,5	99,6

#### 4.3.6 Klimaframskrivninger

Basert på anbefalinger i NVE (2016) og Klimaprofil Oppland (Norsk Klimaservicesenter, 2017) er et klimapåslag på 20 % vurdert som hensiktsmessig. Klimatillegget benyttes for å ta hensyn til forventende endringer i flomstørrelser frem mot år 2100.

#### 4.3.7 Dimensjonerende flommer

På bakgrunn av feltareal og effektiv sjøprosent kan det forventes noe høyere spesifikke flomverdier i Dalselve enn ved 12,70 Etna og 12,207 Vinde-elv. 12,171 Hølervatn har en karakteristikk som i stor grad ligner på feltet til Dalselve. Basert på referansevassdragene er spesifikk døgnmiddelflom i Dalselve vurdert til  $200 \text{ l/s*km}^2$ . Med et forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring på 1,20 er spesifikk kulminert middelflom satt til  $240 \text{ l/s*km}^2$ .

Middelflom beregnet ved 12,201 Ernsenn, 12,202 Rotvolla og 12,206 Åfeta tilsier høyere verdier, men da usikkerheten i måledataene er meget stor er de ikke vektlagt ved valg av middelflom.

Ved 12,207 Vinde-elv foreligger det en lang måleserie med bra kvalitet. Det er valgt å benytte frekvensfordelingen fått ved stasjonen som dimensjonerende. Det var her lite variasjon i resultatene gitt av de ulike metodene for flomfrekvensanalyse.

Frekvensfordelingen ved stasjonen er noe brattere enn hva de to andre relevante måleseriene gir (12,70 Etna og 12,171 Hølervatn).

Dimensjonerende flommer beregnet for Dalselve er gitt i tabell 8. Spesifikk 200-årsflom inkludert klimatillegg er beregnet til ca.  $700 \text{ l/s*km}^2$ . Resultatene tilsvarer ca. middelestimatet for 200-årsflom gitt av flomformelverket for små nedbørfelt.

*Tabell 8: Dimensjonerende flommer for Dalselve ved Nord-Etnedal kirke, inkludert klimapåslag (kulminasjon).*

Vassdrag	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	Klimatillegg	Middelflom		Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /s]
			Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>M</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]		
Dalselve	83,3	20 %	24	288	40	56

## 4.4 Hydraulisk analyse

### 4.4.1 Modell og oppsett

I beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren Hec-Ras versjon 5.0.3 benyttet. De viktigste inngangsparameterne til Hec-Ras modellen er geometri (terrengmodell, grid, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring. En 2-dimensjonal modell er vurdert mest hensiktsmessig.

Basert på bakkepunkter fra laserskanning av området (Blom, 2013) er det etablert en terrengmodell med horisontal oppløsning på 0,5 x 0,5 meter av elvestrekningen med tilgrensende områder. Opp- og nedstrøms vannspeilet er det jevnt med laserpunkter i elveløpet, hvor det forventes at terrengmodellen gir en god beskrivelse av elvas geometri. Det samme gjelder for den naturlige terskelen, der geometrien er avgjørende for oppstrøms vannlinje.

Oppstrøms terskelen viser terrengmodellen vannoverflaten da det ikke foreligger laserskanning under vann. Terrengmodellen er her justert ved at elvebunn er senket skjønnsmessig med ca. 0,5 meter.

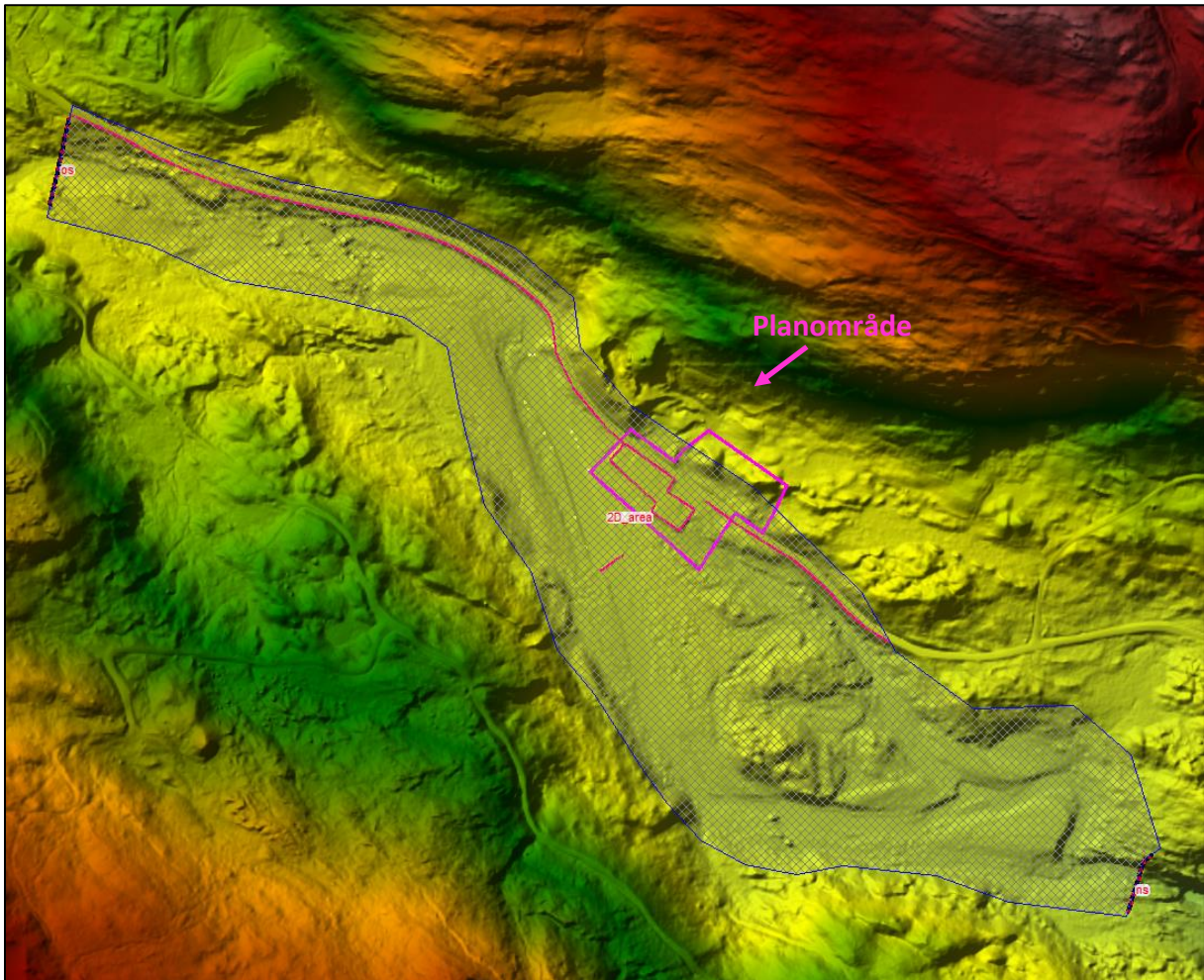
I Hec-Ras er det etablert et beregningsgrid med horisontal oppløsning 3 x 3 meter. *Full-momentum equation* er benyttet med en eddy-viskositet på 0,2. Beregningene er kjørt med et tidsskritt på ett sekund som gir en stabil modell. Grensebetingelse er satt henholdsvis ca. 1000 og 700 meter opp- og nedstrøms planområdet slik at de i minst mulig grad skal påvirke modelleringen i tilknytning til planområdet.

Benyttede Manningsnummer (ruhet) i modellen er gitt i tabell 9. Ruhetsverdiene er satt basert på erfaringsdata og anbefalinger i aktuell litteratur (Spreafico m. fl, 2001).

Tabell 9: Benyttede Manningsnummer.

Terrengtype	Manningsnummer
Elv	0,06
Bebygde områder / asfalt	0,04
Skog	0,067
Åpne områder inkl. næringsareal	0,05
Dyrket mark	0,05
Asfaltert vei	0,025

Figur 10 viser benyttet terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser.



Figur 10: Benyttet terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser.

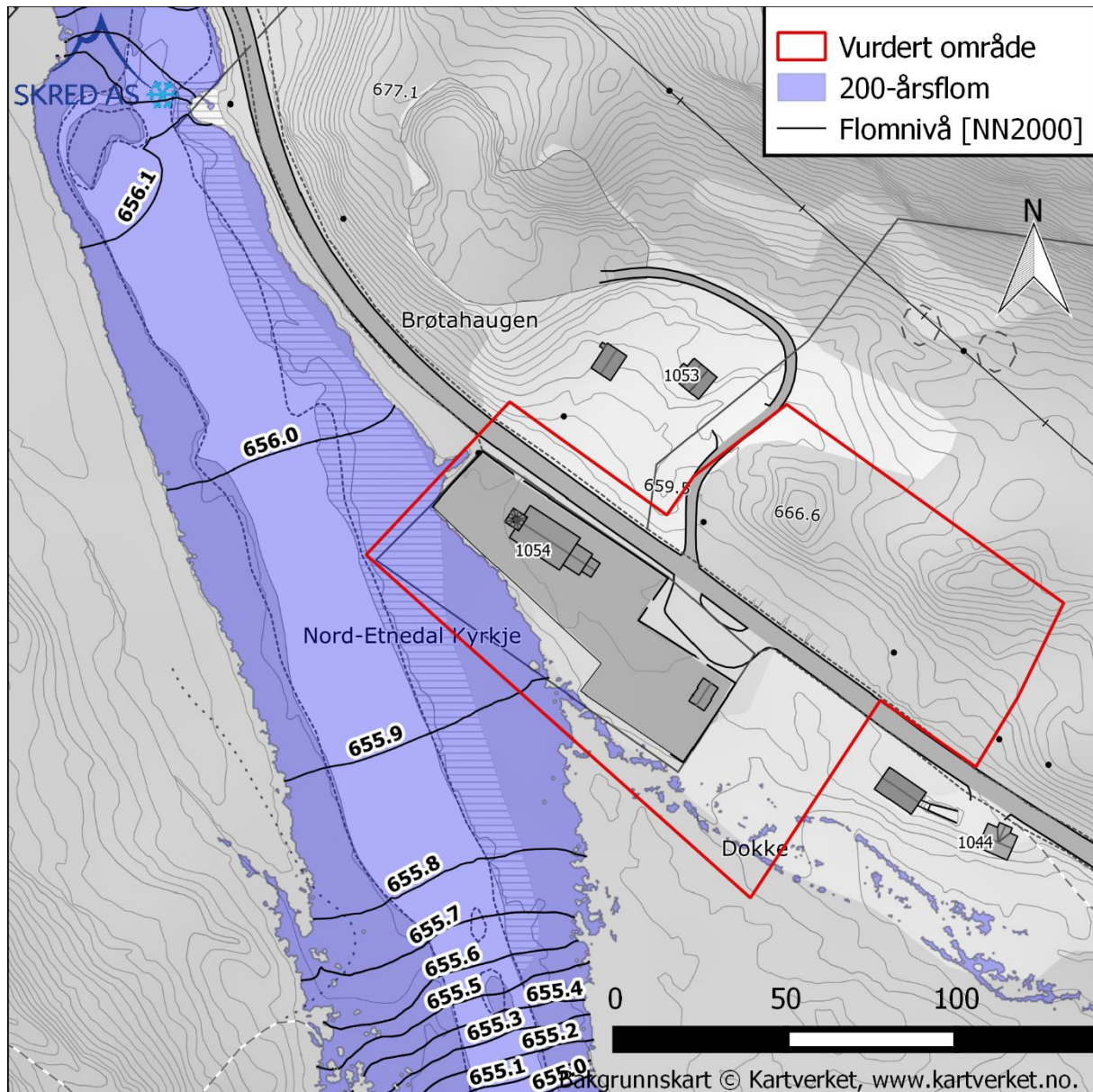


#### 4.4.2 Resultater og flomsoner

##### 4.4.2.1 20-årsflom (F1)

Modellering av 20-årsflom i Dalselve viser at den vestre delen av planområdet forventes oversvømt ved en dimensjonerende 20-årsflom. Vannet vil nå inn til kanten av kirkegården. Noe av flomvannet vil renne langs planområdets sørvestre del og ut i et eldre flomløp. 20-års flomnivået er beregnet til mellom kote + 655.8 og + 656,0 moh. i tilknytning til planområdet.

20-års flomsone med beregnet flomvannstand er vist figur 11.

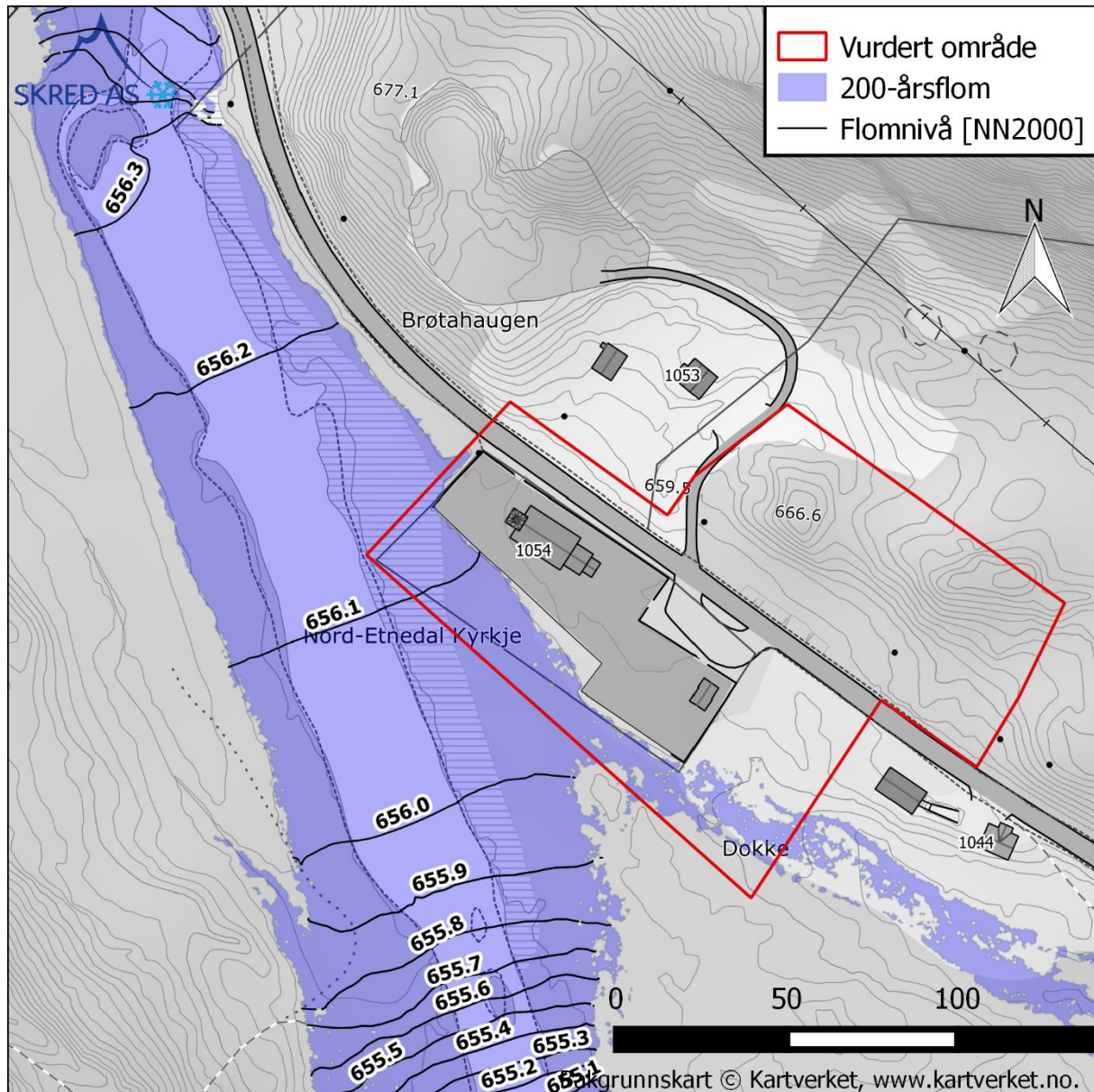


Figur 11: Estimert 20-års flomsone og flomnivåer for Dalselve ved Nord-Etnedal kirke.

#### 4.4.2.2 200-årsflom (F2)

Modellering av 200-årsflom i Dalselve viser at den vestre delen av planområdet forventes oversvømt ved en dimensjonerende 200-årsflom. Vannet vil nå inn til kanten av kirkegården, men ikke renne over Steinsetbygdvegen. Det forventes derimot at flomvann vil renne langs planområdets sørvestre del og ut i et eldre flomløp. 200-års flomnivået er beregnet til mellom kote + 656,0 og + 656,2 moh. i tilknytning til planområdet.

200-års flomsone med beregnet flomvannstand er vist i figur 12.



Figur 12: Estimert 200-års flomsone og flomnivåer for Dalselve ved Nord-Etnedal kirke.

#### 4.4.3 Sensitivitetsanalyse

Da vi ikke har tilgang på gode kalibreringsdata i tilknytning til elvestrekningen er det gjennomført sensitivitetsanalyser av utvalgte parametere i den hydrauliske modellen for modellert 200-årsflom. Analysen er gjennomført for å få et bilde av usikkerhet og robustheten til modellen og resultatene. Følgende analyser er gjennomført:

- Økning i ruhetsverdier på 20 %.
- Økning i dimensjonerende vannføring på 20 %.

Både økning i ruhet og vannføring ga en økning i vannlinje i tilknytning til planområdet på ca. 0,1 meter.

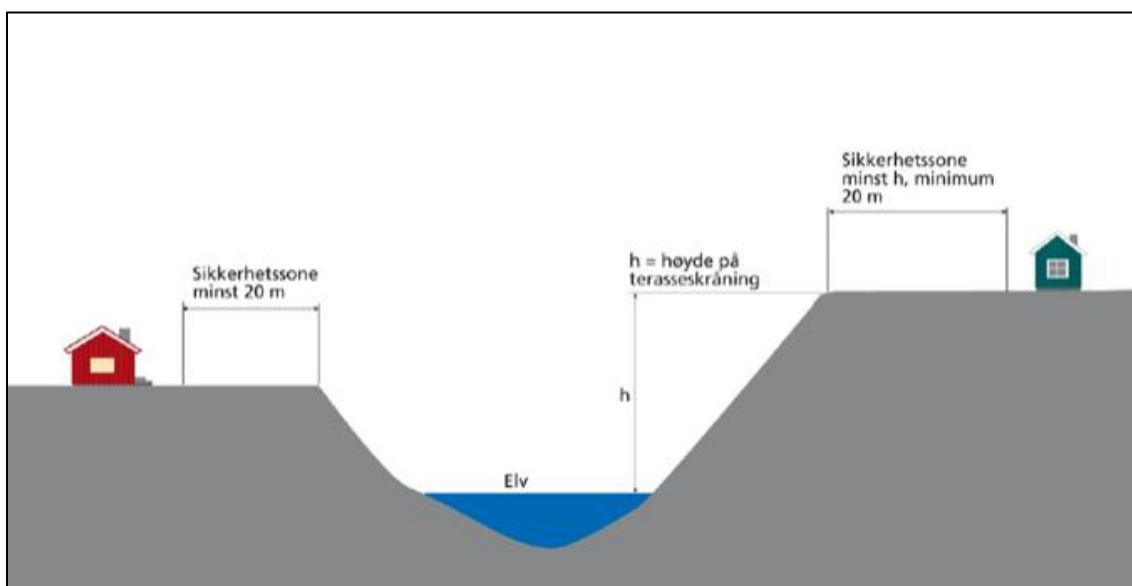
#### 4.4.4 Sikkerhetsmargin

Det anbefales å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 0,3 meter over beregnet vannlinje ved praktisk bruk av flomsonekartene. Sikkerhetsmarginen er satt basert på en vurdering av resultatene fra sensitivitetsanalysen og generell usikkerhet i beregningsgrunnlaget. Dersom det etableres sikringstiltak, som for eksempel flomvoller, anbefales det å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 0,5 meter.

#### 4.5 Vurdering av fare for erosjon

De hydrauliske beregninger gir vannhastigheter  $< 1$  m/s i tilknytning til planområdet, som gir lite potensiale for erosjon. Dette skyldes terskelen og vannspeilet som gir en tilnærmet flat gradient og lave hastigheter. Nedstrøms terskelen akselerer vannet, men dette påvirker ikke planområdet. Løsmassedekket ved planområdet består ifølge NGU sitt løsmassekart av tykk morene, som forventes å gi tilfredsstillende sikkerhet mot erosjon.

Dersom bebyggelse legges nærmere elva enn 20 meter bør det sikres at elvekant har tilstrekkelig erosjonssikkerhet. Figur 13 viser en illustrasjon av anbefalt sikkerhetssone (DiBK, 2016).



Figur 13: Sikkerhetssone mot erosjon (DiBK, 2016).

## 5 Konklusjon

Alle skredtyper i bratt terreng er vurdert. Vår totalvurdering er at planområdet under dagens terreng- og vegetasjonsforhold tilfredsstillende sikkerhetskrav for tiltak i sikkerhetsklassene S1, S2 og S3. Eventuell hogst i fjellsiden ville føre til en økning av sannsynlighet for skred i det kartlagte området.

Flomvurderingen viser at den vestre delen av planområdet forventes oversvømt ved både en fremtidig 20- og 200-årsflom (sikkerhetsklasse F1 og F2). Vannet vil nå inn til kanten av kirkegården, men ikke renne over Steinsetbygdvegen. Det forventes at flomvann vil renne langs planområdets sørvestre del og ut i et eldre flomløp. Det anbefales å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 0,3 meter over beregnet vannlinje ved praktisk bruk faresonene for flom.

## 6 Referanseliste

Blom, 2013. LidAR-rapport. Valdres2013. BNO13012.

Christen, M., Kowalski, J., Bartelt, P., 2010. RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Regions Science and Technology 63, 1-2.

DiBK, 2016. Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17) [WWW Document]. Hjemmeside. URL <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>

Norsk Klimaservicesenter, 2017. Klimaprofil Hordaland. Juli 2017. [WWW Document] URL <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/klimaprofiler/klimaprofil-oppland/attachment/12035?ts=15d9d3c1d03>

NVE, 2011. Retningslinjer for flomberegninger. NVE retningslinjer 4-2011.

NVE, 2015. Veileder for flomberegninger i små nedbørfelt. NVE veileder 7-2015.

NVE, 2016. Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE rapport 81-2016.

Spreafico, M., Hodel, H.P., Kaspar, H., 2001. Rauheiten in ausgesuchten schweizerische Fliessgewässern.