

Rapport



Oppdragsgiver	Navn Landskapsarkitekt John Lie	Kontaktperson John Lie
Oppdrag	Nummer og navn 21203 Nord-Aurdal, Gomostølen – Reguleringsplan for Gomostølen	Oppdragsleder Ingvild Brekke
Dokument	Nummer 21203-01-1 Utført av Ingvild Brekke	Dato 2021-09-10 Kontrollert av Ingrid Alne

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	10.09.2021	IB	IA	Rapport

Flomfarevurdering

Sammendrag

I forbindelse med reguleringsplan for Gomostølen hyttegrenn i Nord-Aurdal kommune er Skred AS bedt om å utføre en flomfarevurdering og en overordnet plan for overvannshåndtering for planområdet. Elva Båtåne og en mindre bekk renner gjennom området som begge ifølge NVE sine aktsomhetskart for flom utgjør en potensiell flomfare. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 er lagt til grunn for vurderingene.

Dimensjonerende 200-årsflom i Båtåne, inkludert et klimapåslag på 40 %, er beregnet til 5,1 m³/s, mens dimensjonerende flom i bekken er beregnet til 1 m³/s. Det er etablert en hydraulisk modell av Båtåne og bekken med omliggende områder. Modelleringen viser at kapasiteten til Båtåne er god, men at bekken vil spre seg utover myrene fordi løpet er lite definert.

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for planområdet. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. I områder som er utsatt for flomfare fra bekken kan det være aktuelt å heve planeringsshøyden på nye bygg til minimum 0,2 meter over omliggende terreng. Dette for å sikre at eventuelt flomvann på avveie kan renne fritt over området uten at nytt bygg tar skade.

For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten tilstrekkelig etter kravene i TEK17. Det anbefales å opprettholde et vegetasjonsbelte langs både Båtåne og bekken som sikrer mot erosjon.

Det er gitt overordnede føringer for overvannshåndtering. Overvann fra planområdet skal håndteres lokalt, samt på en slik måte at nedstrøms områder ikke får økt ulempe. Det skal settes av tilstrekkelige og hensiktsmessige arealer til overvannshåndtering gjennom åpne løsninger. Tette flater skal reduseres og naturlig terreng bevares i størst mulig grad for å sikre lokal infiltrasjon av mindre nedbør. Det bør gjøres tiltak for fordrøyning av avrenning fra områder som har eksisterende hyttefelt nedstrøms. Foreslåtte tiltak er å samle vann i veigrøfter der utløpet har begrenset kapasitet eller å anlegge voll i nedkant av tomter der det ikke er mulig å bruke veigrøfta. For områder som drenerer til Båtåne anses det ikke som behov for større tiltak for fordrøyning, siden økningen i vannføring som følge av utbygginga ikke fører til ulemper nedstrøms og anses ikke å påvirke flomtoppen i Båtåne. Det samme gjelder områder som drenerer til skogen øst for planområdet, som ikke er utbygd.

Ved større nedbørhendelser er det viktig å ha definerte flomveier som leder vannet trygt bort fra og forbi bebyggelsen. Analyse av naturlige drensveier viser anbefalte traseer til flomveier som anbefales opprettholdt i størst mulig grad. Flomveier skal dimensjoneres for 200-års nedbør med klimapåslag. Som et utgangspunkt anbefales det å sikre en bredde på minst 3 meter til flomveier. Det bør settes av tilstrekkelig areal til flomveier i reguleringsplanen og de bør komme frem av utomhusplanen.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Befaring	7
1.3	Forbehold	7
2	Krav til sikkerhet	8
2.1	Flomfare	8
2.1.1	Lovverket	8
2.2	Overvannshåndtering	9
2.2.1	Regelverk	9
2.2.2	Statlig planretningslinje (SPR) for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning	9
2.2.3	Kommuneplanens arealdel	10
2.2.4	VA-norm (Nord-Aurdal kommune, 2021)	10
2.2.5	Overordnet strategi for overvannshåndtering	10
3	Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold	12
3.1	Område og elveløp	12
3.2	Konstruksjoner	14
3.3	Vassdrag og flomveier	15
3.3.1	Oppstrøms forhold	15
3.3.2	Nedstrøms forhold	15
3.3.3	Gjennomgående flomveier	15
3.4	Grunnforhold	15
4	Flomberegning	17
4.1	Metode	17
4.2	Beskrivelse av nedbørfelt	17
4.3	Beregning med utvalgte metoder	18
4.3.1	Målestasjoner og flomfrekvensanalyse	18
4.3.2	Flomformler for små nedbørfelt	21
4.3.3	PQRUT	22
4.3.4	Rasjonale metoden	23
4.4	Klimaframskrivninger	24
4.5	Vurdering av resultater	24
4.6	Dimensjonerende vannføring	25
5	Hydraulisk modellering	26
5.1	Metode	26
5.2	Oppsett av modell	26
5.2.1	Modelloppsett	26
5.2.2	Konstruksjoner	27
5.3	Modellert fremtidig 200-årsflom	27

5.4	Sensitivitetsanalyse	28
6	Faresoner for flom.....	29
7	Vurdering av erosjonssikkerhet	30
8	Risikoreduserende tiltak.....	31
9	Nødvendig dimensjon for kryssende veg.....	32
10	Overvannshåndtering.....	34
10.1	Planlagte tiltak	34
10.2	Mål og strategi	34
10.2.1	Trinn 1 – Mindre nedbørhendelser	35
10.2.2	Trinn 2 – Forsinkelse og fordrøyning.....	35
10.2.3	Trinn 3 – Flomveier.....	35
10.3	Beregning av overvannsmengder fra planområdet.....	35
10.3.1	Område 1, avrenning mot ulike flomveier gjennom hyttefelt.....	36
10.3.2	Område 2, mot bekk nordover.....	39
10.3.3	Område 3, mot Båtåne	40
10.3.4	Område 4, i grøfta langs Valtjednvegen.....	41
10.3.5	Område 5, mot myrdrag østover	41
10.4	Vurdering av økt avrenning til Båtåne	42
10.5	Fordrøyning.....	42
10.6	Flomveier	44
10.6.1	Nødvendig dimensjon på grøfter	45
10.6.2	Krav til kryssinger	45
11	Konklusjon	46
12	Referanser	47

Figurer

Figur 1: Lokaliseringen av det omsøkte området, ved Gomostølen i Nord-Aurdal kommune..	7
Figur 2: Illustrasjon av treleddsstrategien (miljokommune.no).	11
Figur 3: Oversiktskart over vurdert område og elveløp.....	12
Figur 4: Bilde av slak Båtåne i øvre del.....	13
Figur 5: Bilde av brattere Båtåne i nedre del.	13
Figur 6: Bilde av bekken der den renner inn i vierkrattmyra nedstrøms jordet.	13
Figur 7: Innløpet til brua under Skørvestølvegen.....	14
Figur 8: Stikkrenna som bekken passerer Skørvestølvegen gjennom.	14
Figur 9: Identifiserte drensveier/flomveier i tilknytning til planområdet.....	15
Figur 10: Utsnitt fra NGUs løsmassekart over området.....	16
Figur 11: Feltgrensene til Båtåne og bekken.....	18
Figur 12: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.	19
Figur 13: Hypsografisk kurve til Båtåne og vurderte målestasjoner.....	20

Figur 14: Resultater fra PQRUT for vurdert nedbørfelt, 200-årsflom.	23
Figur 15: Sammenligning mellom vurderte IVF-kurver for 200-års nedbør.	24
Figur 16: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser.	27
Figur 17: Dronebilde av bekken. De blå linjene markerer bekkeløpet der det er tydelig i terrenget, de stiplede viser utbredelsen til vannet i den hydrauliske modellen og de røde pilene markerer utløpene i Båtåne.	28
Figur 18: Faresone som viser områder utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100 (sikkerhetsklasse F2).	29
Figur 19: Flomfaresonen sammen med utkast til reguleringsplan datert 21.03.21 viser at det er planlagt flere hyttetomter i nærheten av bekken.	31
Figur 20: Utsnitt av resultat fra hydraulisk modellering (200-årsflom) lagt over utkast til reguleringsplan datert 12.03.21.	32
Figur 21: Bilde av Båtåne omtrent der kryssingen er planlagt.	33
Figur 22: Utkast til endring av reguleringsplan for Gomostølen hyttegren, datert 12.03.21.	34
Figur 23: Overvannshåndteringen er inndelt i områder avhengig av retning til avrenninga.	36
Figur 24: Forslag til bruk av veggrøft for å overføre vann fra å gå mot hyttefelt til Båtåne.	38
Figur 25: Forslag til overføring av nedbørfelt fra bekk til skog.	40
Figur 26: Illustrasjon av foreslått fordrøyningsløsning.	43
Figur 27: Foreslått plassering av stikkrenner med fordrøying.	43
Figur 28: Foreslått plassering av flomveier og naturlige drenslinjer lagt over utkast til reguleringsplan datert 12.03.21.	44

Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggt teknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).	8
Tabell 2: Feltkarakteristika til Båtåne og bekken.	17
Tabell 3: Utvalgte målestasjoner som er vurdert representative for Båtåne.	19
Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer (døgnmiddel).	20
Tabell 5: Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring fra NVE (2015a) og (NVE, 2011).	21
Tabell 6: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt for Båtåne (kulminasjon).	21
Tabell 7: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt for bekken (kulminasjon).	21
Tabell 8: Resultater fra frekvensanalyse på nedbør.	22
Tabell 9: Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonelle metoden for bekkene (kulminasjon).	24
Tabell 10: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metode (kulm.) for Båtåne.	25
Tabell 11: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metode (kulm.) for bekken.	25
Tabell 12: Dimensjonerende flommer (kulminasjon) ved vurdert kryssing.	25
Tabell 13: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for Båtåne og bekken.	26

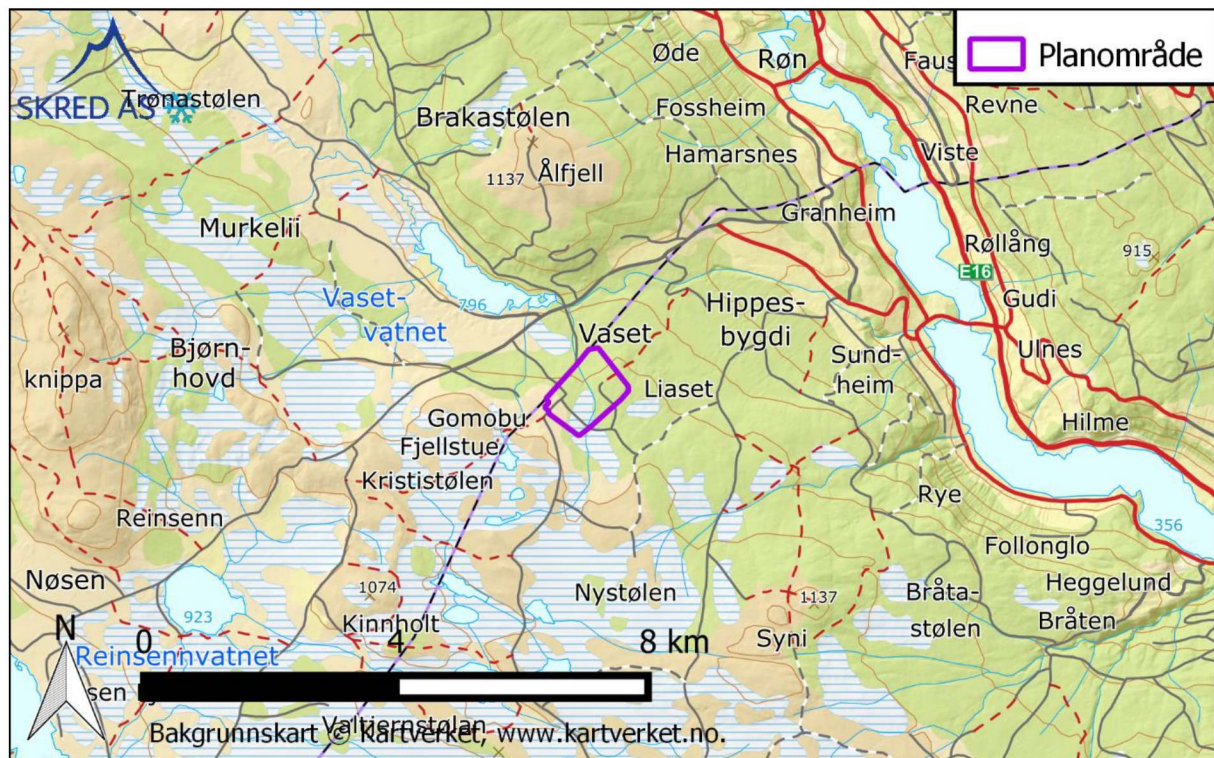
Tabell 14: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 1a etter utbygging.....	37
Tabell 15: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 1b etter utbygging.....	37
Tabell 16: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 1c etter utbygging.....	37
Tabell 17: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 1d etter utbygging.....	38
Tabell 18: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 2 etter utbygging.....	39
Tabell 19: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 3 etter utbygging.....	40
Tabell 20: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 4 etter utbygging.....	41
Tabell 21: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde etter utbygging.....	41
Tabell 22: Estimert nødvendig dybde og bredde for gjennomgående flomveier øst i planområdet.	45

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med reguleringsplan for Gomostølen hyttegrenn i Nord-Aurdal kommune er Skred AS bedt om å utføre en flomfarevurdering og en overordnet plan for overvannshåndtering for planområdet. Elva Båtåne/Vesleåni og en mindre bekk renner gjennom området som begge ifølge NVE sine aktsomhetskart for flom utgjør en potensiell flomfare. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 skal legges til grunn for vurderingene.

Lokasjon av den planområdet er vist på figur 1.



Figur 1: Lokaliseringen av det omsøkte området, ved Gomostølen i Nord-Aurdal kommune.

1.2 Befaring

Befaring av området og elvestrekningen ble utført 11.06.2021 av Ingvild Brekke (Skred AS). Det var klarvær, bar bakke og generelt gode befaringsforhold. Registreringer ble gjort til fots og med drone.

1.3 Forbehold

Flomvurderinger er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det fremsto på vurderingstidspunktet. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for flomforholdene. Det kan innbefatte fysiske endringer i vassdraget eller endring i klimaframskrivninger. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

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

2 Krav til sikkerhet

2.1 Flomfare

2.1.1 Lowerket

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.»

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 1 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, 2018).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).

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.

2.1.1.1 Aktuell sikkerhetsklasse mot flom

I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler, beskrevet på forrige side, på hva slags bebyggelse som ligger innenfor de ulike sikkerhetsklassene mot flom. I utgangspunktet virker sikkerhetsklasse F2 aktuelt for planlagt tiltak.

2.2 Overvannshåndtering

2.2.1 Regelverk

En oversikt over gjeldende regelverk for overvann finnes i *NOU 2015:16 Overvann i byer og tettsteder* (Klima- og miljødepartementet, 2015). Det foreligger i dag ikke et samlet regelverk som omhandler overvannshåndtering. De lover og forskrifter som anses som mest sentrale for vurdering av overvann i det aktuelle planområdet gjengitt under:

- Vannressursloven § 7
«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.»
- TEK17 § 13-11
«Terreng rundt byggverk skal ha tilstrekkelig fall fra byggverket dersom ikke andre tiltak er utført for å lede bort overvann, inkludert takvann.»
- TEK17 § 15-8
 - 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...»*
- 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.»

2.2.2 Statlig planretningslinje (SPR) for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning

4.1 *«Ved planlegging av nye områder for utbygging, fortetting og transformasjon, skal det vurderes hvordan hensynet til et endret klima kan ivaretas. Det bør legges vekt på gode helhetlige løsninger, som også kan bidra til økt kvalitet i uteområder.*

Planer skal ta hensyn til behovet for åpne vannveier, overordnede blågrønne strukturer, og forsvarlig overvannshåndtering. Naturbaserte løsninger, eksisterende (våtmarker, naturlige bekker mv.) 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.»

2.2.3 Kommuneplanens arealdel

Kommuneplanens arealdel 2014-2024 for Nord-Aurdal (2014) har følgende bestemmelse knyttet til overvannshåndtering:

1. BYGG OG ANLEGG (§11-7, 1) 1.1 Fellesføresegn
«7. For areal sett av til bygg og anlegg etter pbl § 11-7 nr. 1, skal infrastruktur for veg, vatn, overvatn og avløp sjåast i samanheng med eksisterande og framtidig utbygging i området, slik at det vert etablert gode, heilskaplege løysingar. Der kommunen finn det nødvendig, skal det utarbeidast felles planar for slik infrastruktur. Heimel: Pbl § 11-9 nr. 3 og 4.»

2.2.4 VA-norm (Nord-Aurdal kommune, 2021)

- 2.4 Transportsystem – overvann

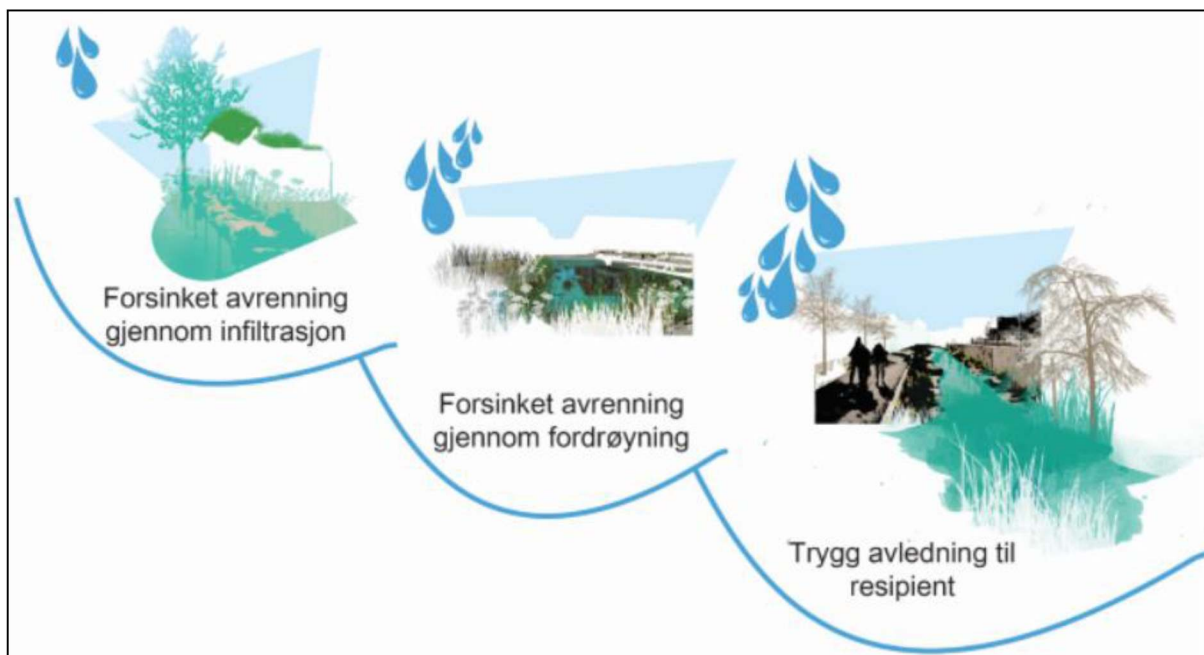
«Det skal sikres forsvarlig håndtering av overvann, enten dette gjøres ved lokale fordrøynings-/infiltrasjonsløsninger eller ved bygging av tradisjonelle overvannsledninger.»

- 7.0 Generelle bestemmelser for transportsystem – overvann

«Overvann skal i størst mulig grad håndteres lokalt med kun begrenset tilførsel til overvannssystem. Det innebærer at alternative transportsystemer skal velges dersom forholdene ligger til rette for det. Alternative transportsystemer for overvann som bør vurderes: Infiltrasjon av overvann, overflateinfiltrasjon, flomveier, åpne flomveier, naturlig avrenning, vassdrag/bekker og avledning på bakken.

2.2.5 Overordnet strategi for overvannshåndtering

Overvann i området skal håndteres lokalt og mest mulig åpent i henhold til 3-trinnsstrategien (Figur 1). I trinn 1 skal avrenning fra mindre nedbør fanges opp og infiltreres lokalt i grøntområder, regnbed og andre åpne overvannstiltak. I trinn 2 skal avrenning fra større nedbørmengder fordrøyes og forsinkes før et eventuelt påslipp til ledningsnett eller resipient. I trinn 3 skal det sikres trygge flomveier for avrenning fra ekstreme nedbørmengder, det vil si det overskytende avrenningsvolum som ikke tas hånd om i trinn 2.



Figur 2: Illustrasjon av treleddsstrategien (miljokommune.no).

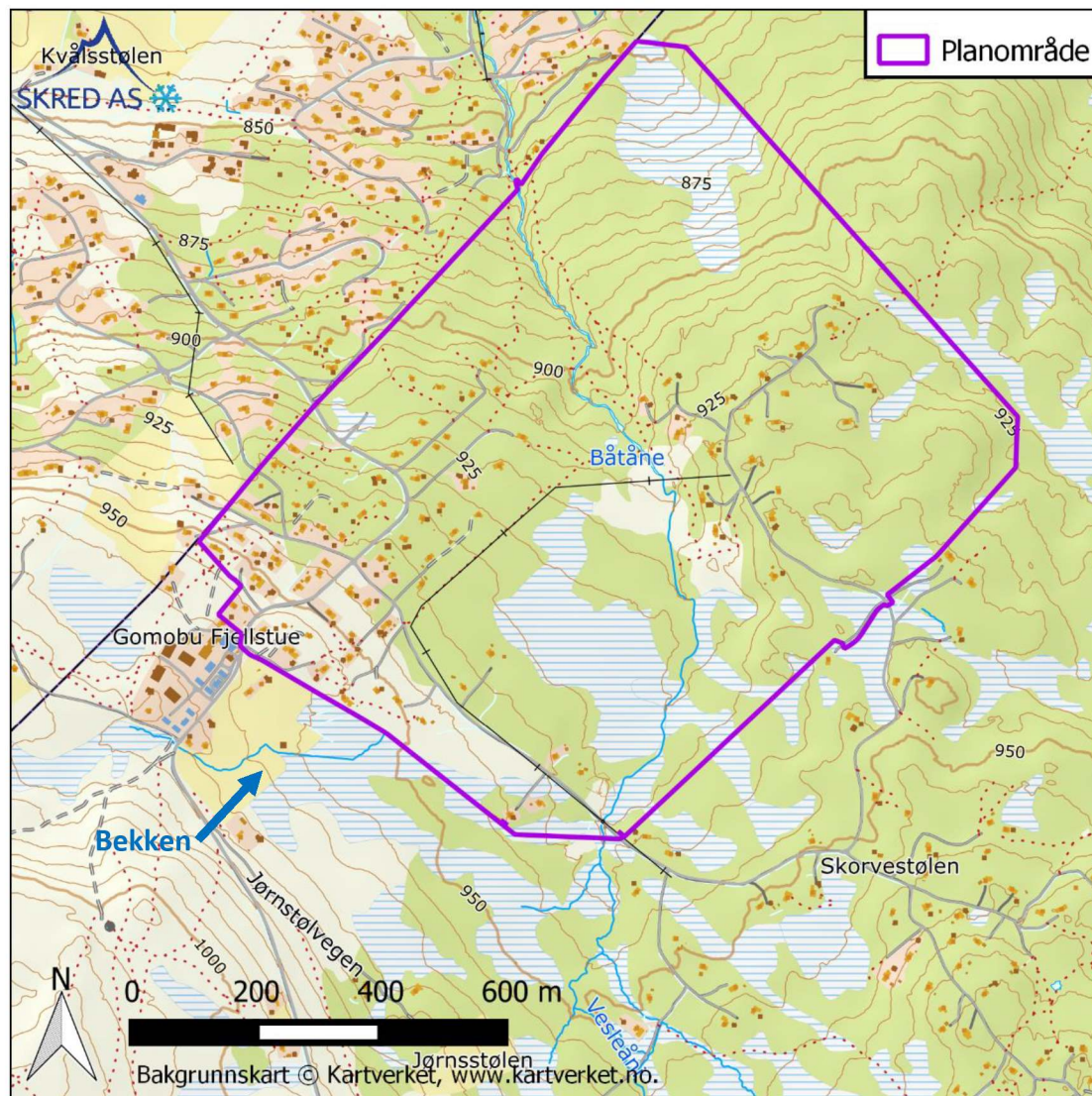
3 Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold

3.1 Område og elveløp

Båtåne/Vesleåni renner nordover gjennom planområdet. Den øvre delen er relativt slak forbi noen myrområder, mens den nedre halvdel er brattere. Båtåne krysser Skørvestølsvegen gjennom en firkantet betongkulvert rett etter at den har kommet inn i planområdet. I den øvre delen består elvebunnen av stein og grus i varierende størrelse, og sidene av torv i myra. I den brattere nedre delen består elveløpet i stor grad av berg med noe steiner.

Bekken renner inn i planområdet på et jorde ved Gomobu fjellstue. Videre forsvinner den inn i et myrområde med mye vierkritt. Den krysser Skørvestølvegen gjennom en stikkrenne med dimensjon 0,4 meter. Videre fremstår bekken mer som et diffust myrdrag, og på befaring ble det ikke funnet noe markert utløp til Båtåne.

Figur 3 viser et oversiktskart over området, mens Figur 4 til Figur 6 viser bilder av Båtåne og bekken.



Figur 3: Oversiktskart over vurdert område og elveløp.



Figur 4: Bilde av slak Båtåne i øvre del.



Figur 5: Bilde av brattere Båtåne i nedre del.



Figur 6: Bilde av bekken der den renner inn i vierkrattmyra nedstrøms jordet.

3.2 Konstruksjoner

Båtåne krysser Skørvestølsvegen gjennom en firkantet kulvert i betong, vist på Figur 7. Lysåpningen til kulverten er 2,3 meter bred og 1,2 meter høy. Kulverten ligger i et lavbrekk, så dersom kapasiteten overskrides, vil vannet trolig likevel følge elveløpet.



Figur 7: Innløpet til brua under Skørvestølvegen.

Bekken passerer Skørvestølvegen gjennom ei stikkrenne med dimensjon 0,4 meter. Stikkrenna er i relativt dårlig forfatning, bunnen er delvis rustet gjennom og innløpet er delvis tilstoppet av stein. Den vil likevel ha en viss kapasitet.



Figur 8: Stikkrenna som bekken passerer Skørvestølvegen gjennom.

3.3 Vassdrag og flomveier

3.3.1 Oppstrøms forhold

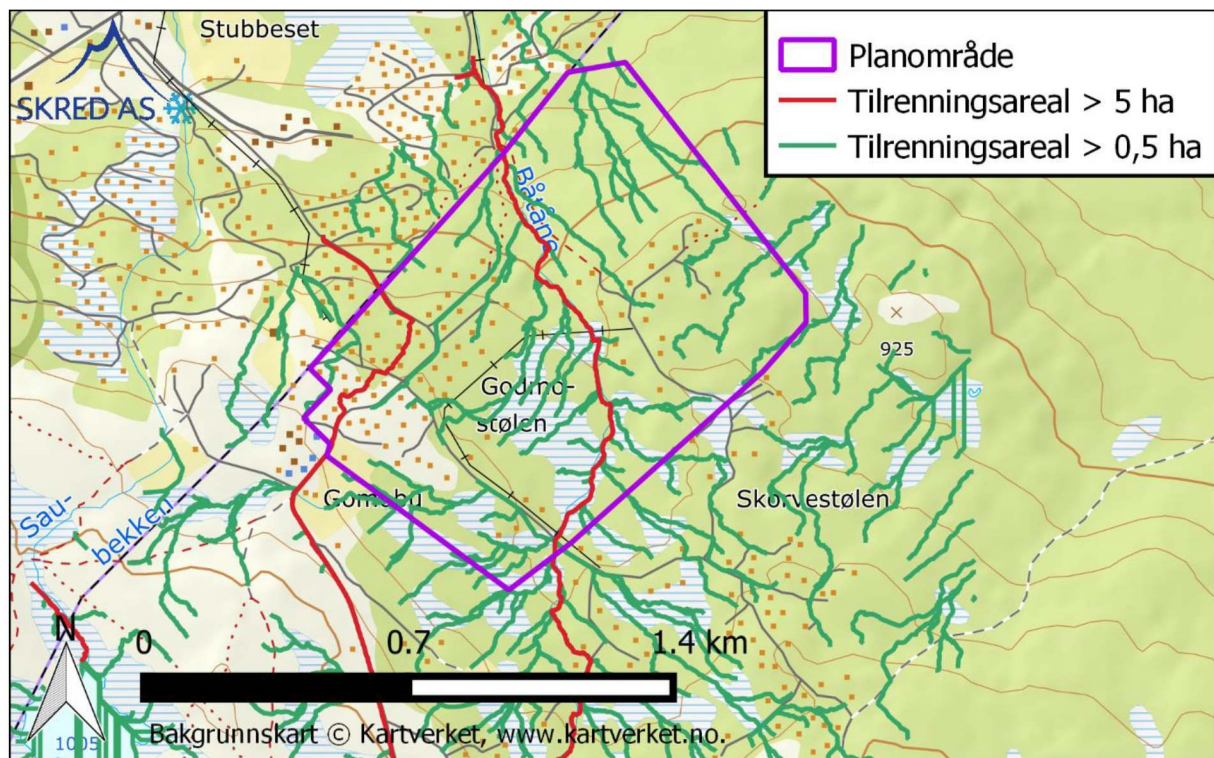
Båtåne og bekken som vurderes i flomfarevurderingen er de eneste vannveiene av betydning som leder vann inn i planområdet.

3.3.2 Nedstrøms forhold

Resipient for mesteparten av avrenninga fra planområdet er Båtåne. Cirka 850 meter nedstrøms planområdet renner Båtåne inn i Vasetåne/Sundheimselvi. Vasetåne renner ut fra Vasetvatnet, og er ved samløpet omtrent 15 meter bred. 6 km etter samløpet renner Vasetåne ut i Strondafjorden.

3.3.3 Gjennomgående flomveier

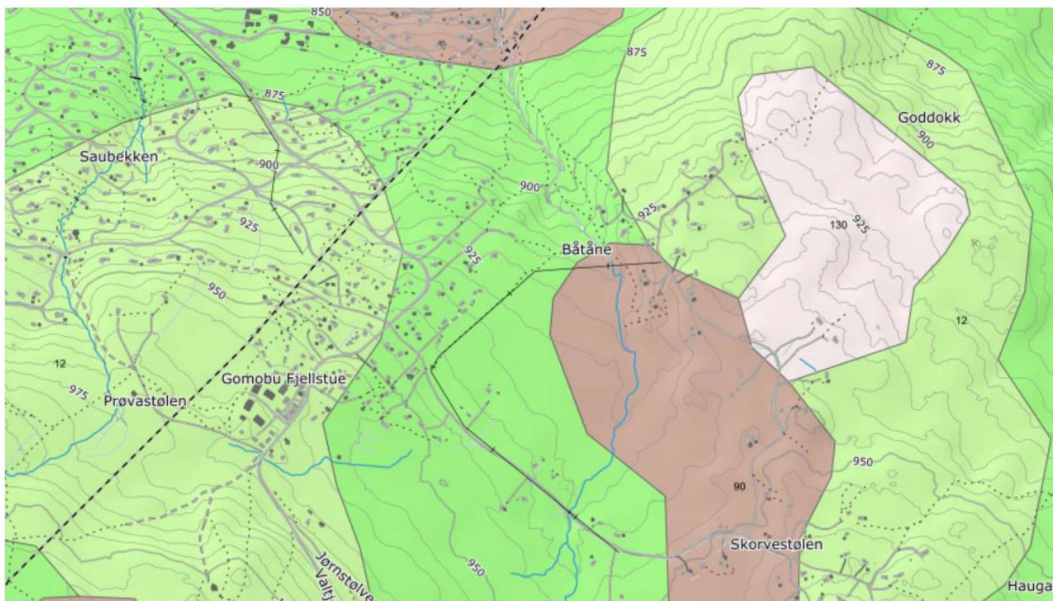
Det er utført en flomveisanalyse av terrengmodellen beskrevet som også benyttes i avsnitt 5.2.1. Metodikken er blant annet beskrevet i Bratlie (2015). De identifiserte flomveiene representerer en situasjon med tette stikkrenner. Analysen viser at Båtåne sammen med Valtjednvegen med grøfter er de to største flomveiene gjennom området. Det meste av planområdet drenerer mot Båtåne, men noe drenerer mot Valtjednvegen eller gjennom noen myrområder helt øst i planområdet. Figur 9 viser identifiserte drensveier/flomveier i tilknytning til planområdet.



Figur 9: Identifiserte drensveier/flomveier i tilknytning til planområdet.

3.4 Grunnforhold

Området består ifølge NGU sitt løsmassekart hovedsakelig av morene, men også noe torv og bart fjell/tynt dekke i østre del (kartlagt i 1:250 000). Figur 10 viser aktuelt utsnitt av kartet. Området ligger over marin grense.



Figur 10: Utsnitt fra NGUs løsmassekart over området.

4 Flomberegning

4.1 Metode

Hvilke metoder som bør benyttes ved en flomberegning avhenger av flere forhold. Valg av metode må blant annet gjøres ut fra geografiske- og meteorologiske parametere, om det finnes målestasjoner i vassdraget eller i nærliggende vassdrag, kvalitet og lengde på eventuelle måleserier, samt det aktuelle nedbørfeltets størrelse og feltkarakteristika. Metodene benyttet i flomberegningene er beskrevet under.

Veileder for flomberegninger i små nedbørfelt (NVE, 2015a) og Anbefalte metoder for flomberegninger i små uregulerte felt (NVE, 2015b) er lagt til grunn for flomberegningen.

4.2 Beskrivelse av nedbørfelt

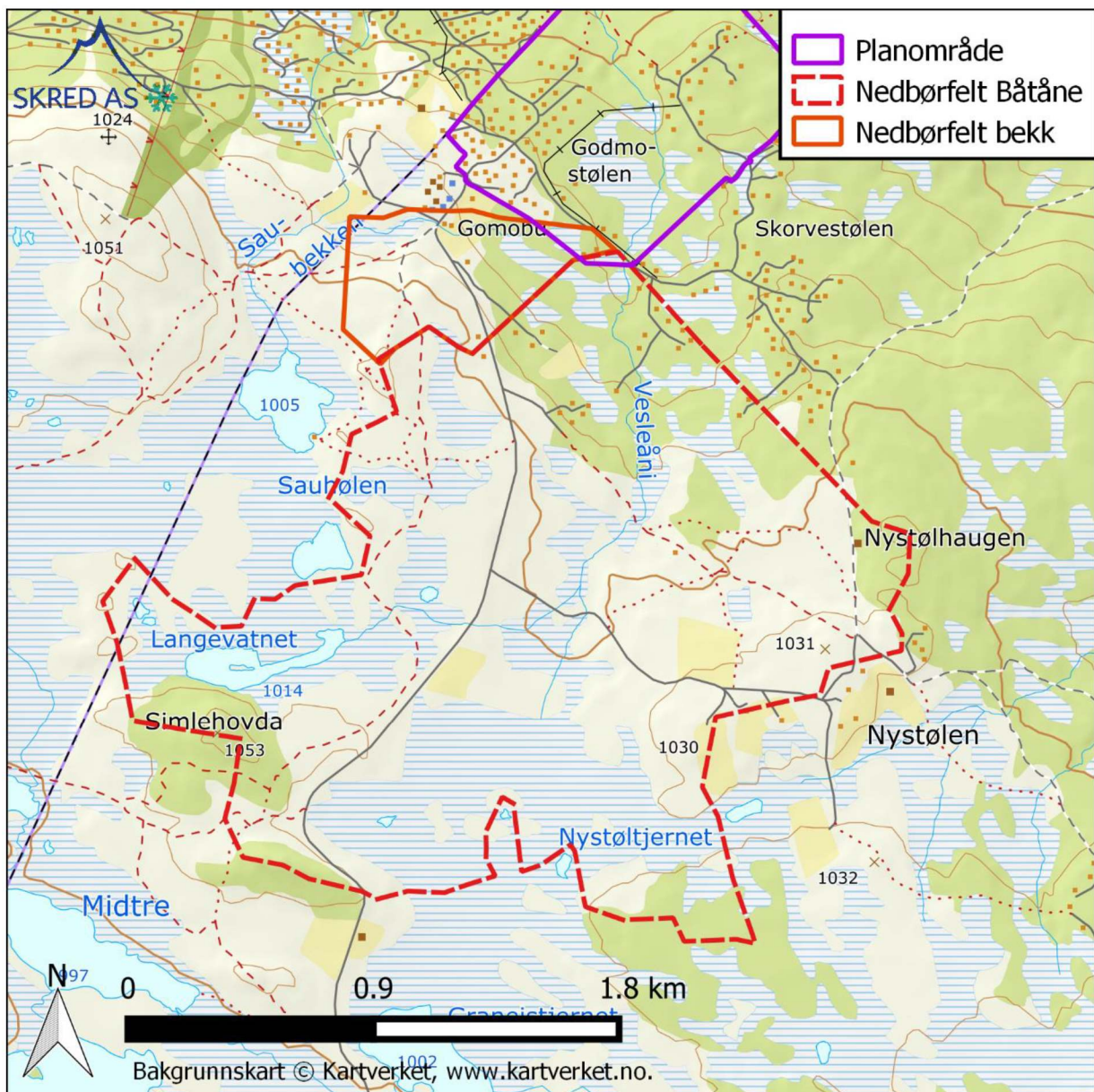
Nedbørfeltet til Båtåne drenerer nordover. Feltet er veldig slakt, og består av myrer og åpne områder med noe mer skog ned mot planområdet. Feltet til bekken ligger nord for feltet til Båtåne, heller slakt nordover og består av snaufjell, skog og myr. Ingen av feltene har innsjøer som vil gi noen særlig dempende effekt, men samtidig er hellinga så slak at avrenningen ikke vil være spesielt rask. Feltene er ikke påvirket av regulering.

Feltkarakteristika er vist i Tabell 2 og feltgrensene er vist i Figur 11.

Tabell 2: Feltkarakteristika til Båtåne og bekken.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q_N^* [l/s*km ²]	Eff. sjø [%]	Skog [%]	Myr [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh]
Båtåne	4,0	19	0,14	17	33	0**	936-1049
Bekk	0,35	18	0	22	15	0**	938-1023

**fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90. **46 % uklassifisert areal, så denne er trolig ikke riktig.*



Figur 11: Feltgrensene til Båtåne og bekken.

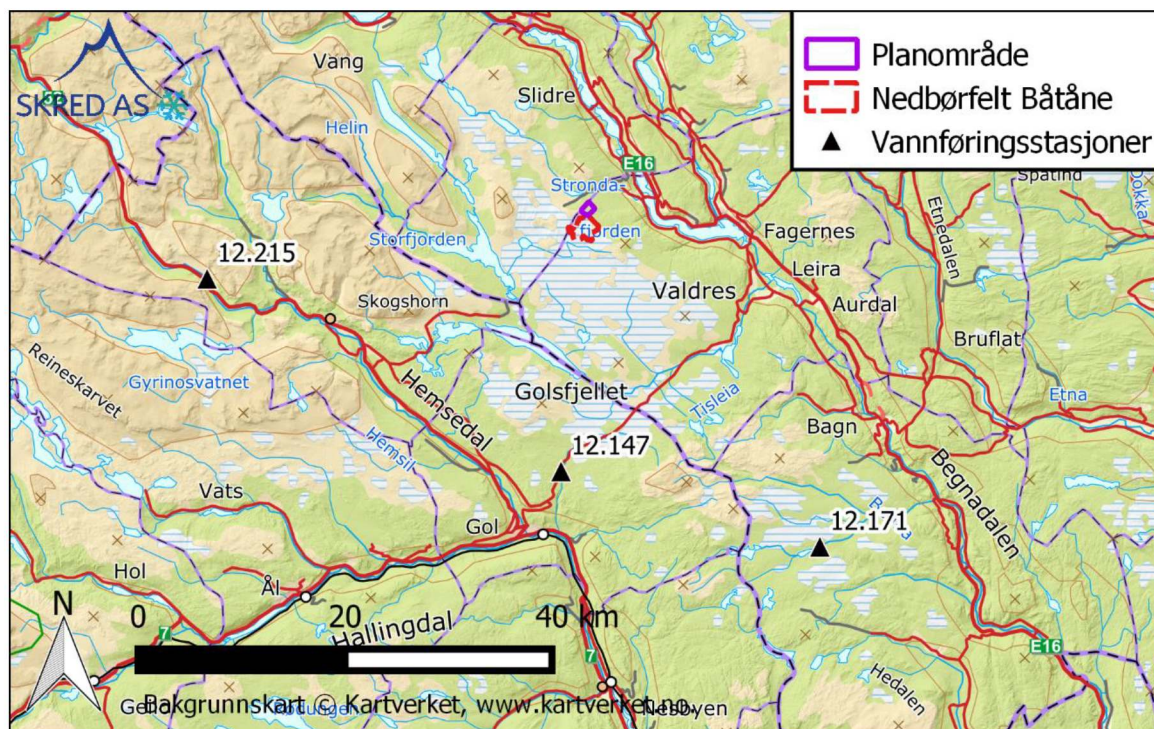
4.3 Beregning med utvalgte metoder

4.3.1 Målestasjoner og flomfrekvensanalyse

Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i Båtåne. Det er derfor funnet et utvalg målestasjoner som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i elva. Indikasjonen fås gjennom beregning og vurdering av spesifikk middelflom og flomfrekvensanalyse, samt analyse av feltkarakteristika opp mot aktuelt nedbørfelt.

I Tabell 3 er det gitt et utvalg målestasjoner, inkludert feltkarakteristika, som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i det vurderte nedbørfeltet. Det er valgt ut stasjoner som ikke er påvirket av regulering og hvor det foreligger et datagrunnlag med tilstrekkelig

kvalitet. Middelavrenning (q_n) er beregnet basert på måleserien ved hver stasjon. Hypsografisk kurve til stasjonene er vist i Figur 13 og beliggenhet er vist i Figur 12.

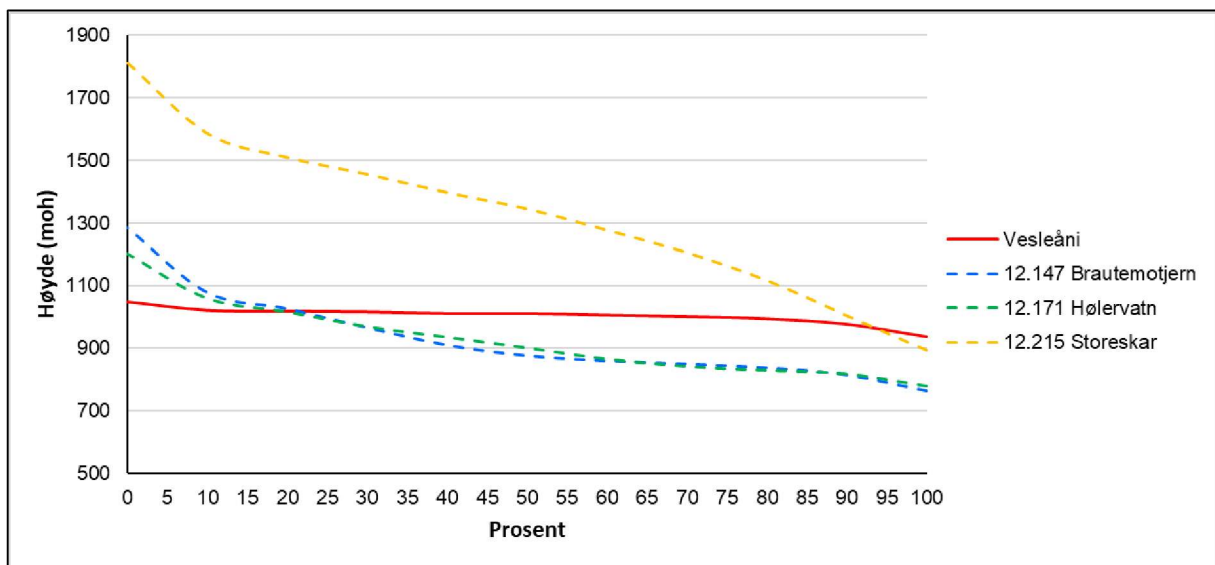


Figur 12: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.

Tabell 3: Utvalgte målestasjoner som er vurdert representative for Båtåne.

Målestasjon	Feltareal [km ²]	Målinger [år]	q_n [l/s*km ²]	Eff. sjø [%]	Skog [%]	Snau-fjell [%]	Høyde [moh]
Båtåne	4,0	-	19*	0,1	17	0	936-1049
12.147 Brautemotjern	58.5	1957-74, 1976-80	12	0.2	53	10	763-1284
12.171 Hølervatn	79.4	1969-2020	17	2.4	60	8	780-1203
12.215 Storeskar	120	1988-2018, 2020	33	0.3	8	78	896-1814

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90



Figur 13: Hypsografisk kurve til Båtåne og vurderte målestasjoner.

Vannføringsmålinger fra de aktuelle målestasjonene er hentet ut og analysert gjennom NVE-databasen Hydra2. Det er gjort flomfrekvensanalyse av måleseriene på årsflommer. Kvaliteten til vannføringskurvene er gitt av NVE sin vurdering av aktuell kurve, noe som er avgjørende for kvaliteten til måledataene.

For hver måleserie er det gjort et valg av type frekvensfordeling basert på serielengde og frekvenskurven sin tilpasning til dataene. Resultatene fra analysen er presentert i Tabell 4.

Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer (døgnmiddel).

Målestasjon	År	Middelflom		Q_{200} / Q_M	Metode	Kurvekvalitet (flom)
		Q_M [m ³ /s]	q_M [l/s*km ²]			
12.147 Brautemotjern	23	9.6	164	2.21	Gumbel (I-mom)	Meget dårlig
12.171 Hølervatn	52	15.2	192	1.79	GEV (max)	Middels
12.215 Storeskar	32	38.0	317	2.34	Gumbel (I-mom)	Meget bra

4.3.1.1 Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring

Kulminasjonsvannføringen kan være vesentlig større enn døgnmiddelvannføringen beregnet i Tabell 4. Generelt er forholdstallet ofte størst i små og bratte nedbørfelt med liten innsjødempning. I NVE (2015a) er forholdet mellom kulminasjon- og døgnmiddelflom ved et utvalg målestasjoner i Norge der feltareal er mindre enn 50 km² estimert. Tabell 5 viser forholdstall ved vurderte målestasjoner.

Tabell 5: Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring fra NVE (2015a) og (NVE, 2011).

Målestasjon	Areal [km ²]	Eff. sjø [%]	Kulm/døgn
12.171 Hølervatn	79,4	2,24	1,08
12.215 Storeskar	120	0,32	1,24

I NVE (2011) er det presentert et formelverk som gir forhold mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring for vår- og høstflom. For det vurderte nedbørfeltet gir formelverket et forholdstall for vår- og høstflom på henholdsvis 1,6 og 2,0.

Siden nedbørfeltet til Båtåne er mye mindre enn målestasjonene, forventes det et høyere forholdstall. Basert på feltkarakteristikk, forholdstallene ved de vurderte stasjonene og resultatene fra formelverket synes et forholdstall på ca. 1,6 realistisk.

4.3.2 Flomformler for små nedbørfelt

I NVE (2015a) presenteres et nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt der feltareal er mellom 0,2 og 50 km². Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektivt sjøprosent. Den største usikkerheten i formelverket er estimat av middelflom, og resulterende vekstkurve vurderes som robust. Det betyr at et godt estimat av middelflom vil redusere usikkerheten i beregningene betraktelig.

Middelavrenning fått fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990 virker rimelig sammenlignet med verdiene ved målestasjonene, så de er benyttet i flomformelverket.

Resultatene gitt fra flomformelverket for små nedbørfelt er presentert i Tabell 6 og Tabell 7. Det er gitt resultater for middelestimat, samt øvre- og nedre konfidensintervall (95%).

Tabell 6: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt for Båtåne (kulminasjon).

Estimat	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
	Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
Lav (95 %)	0.9	233		2.6
Middel	1.9	466	2.83	5.3
Høy (95 %)	3.7	932		10.6

Tabell 7: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt for bekken (kulminasjon).

Estimat	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
	Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
Lav (95 %)	0.1	347		0.3
Middel	0.2	695	2.84	0.6
Høy (95 %)	0.4	1389		1.2

4.3.3 PQRUT

PQRUT er en nedbør-avløpsmodell som er utformet som en lineær karmodell. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen. I NVE (2015a) er det gitt en beskrivelse av modellen og hvordan den kan benyttes i små nedbørfelt. Det er flere usikkerhetsmomenter som ligger i bruken av modellen for mindre felt, slik at usikkerheten i resultatene forventes å være stor.

I henhold til anbefalinger i NVE (2015b) benyttes det et dimensjonerende nedbørforløp på 24 timer og et tidsskritt på 1 time. Konsentrasjonstiden til feltet er estimert til ca. 2,5 timer basert på formel for naturlige felt, og rundet ned til 2 timer på grunn av den høye andelen myr som, når metta, vil gi raskere avrenning.

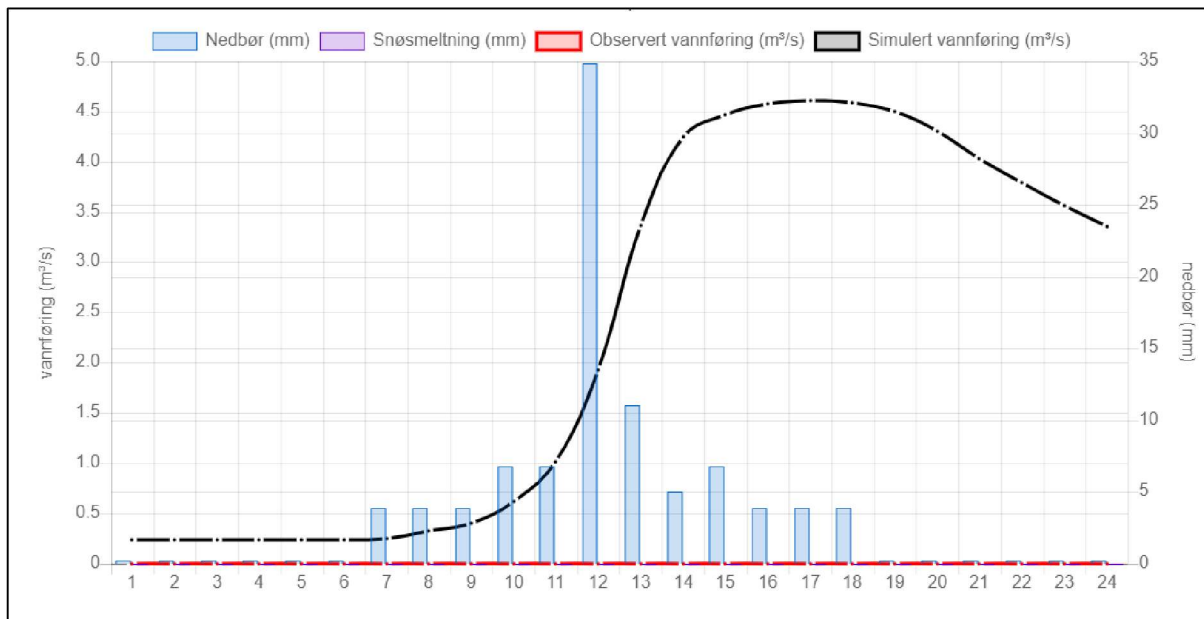
Det ligger en stor grad av usikkerhet i valget av dimensjonerende nedbørverdier og nedbørforløp. Det foreligger ingen nærliggende målestasjoner med oppløsning på 1 time eller finere. 27 kilometer nord for planområdet finnes det en nedbørstasjon med døgndata som virker representative hvor det foreligger en måleserie på 118 år. Det er utført frekvensanalyse på nedbørdataene der resultatene er presentert i Tabell 8. For å justere fra døgnnedbør til vilkårlig 24-timers nedbør er det multiplisert med en faktor på 1,13.

Tabell 8: Resultater fra frekvensanalyse på nedbør.

Nedbørstasjon	Måleperiode [år]	Høyde [moh.]	200-årsnedbør [mm]		Metode
			Døgn [mm]	24-timer [mm]	
23720 Vang i Valdres	1903-2020	489	85,4	96,5	GEV (I-mom)

Fra frekvensanalysen er 97 mm satt som dimensjonerende 24-timers nedbør. For varigheter ned mot 1 time er det skalert mot den regionale kurven for innlandet (region 3) (MET, 2015). Det er videre konstruert et 200-års nedbørforløp som er tilnærmet symmetrisk om den mest intensive nedbørperioden. Initialvannføringen i PQRUT er satt til 0,23 m³/s som tilsvarer ca. tre ganger middelvannføringen.

PQRUT-modellen gir en estimert 200-årsflom på 4,6 m³/s, vist i Figur 14.

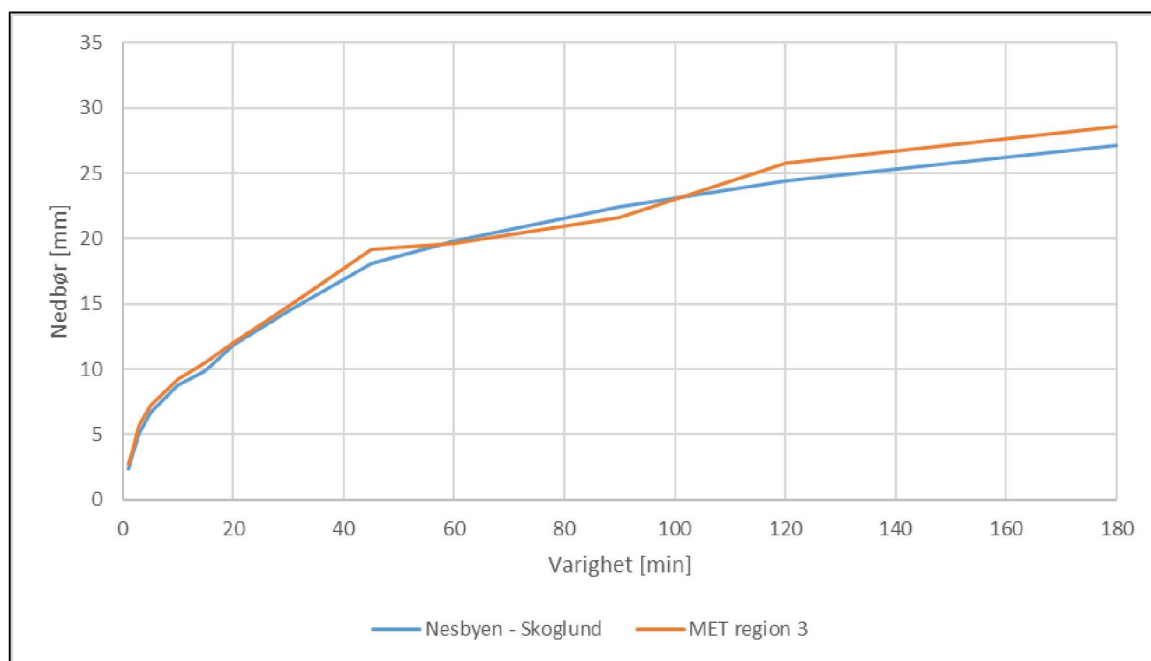


Figur 14: Resultater fra PQRUT for vurdert nedbørfelt, 200-årsflom.

4.3.4 Rasjonale metoden

Den rasjonale formelen beregner flomvannmengde basert på nedbørstatistikk, feltareal og antatt avrenningskoeffisient. Dimensjonerende nedbør hentes fra relevant IVF-kurve eller nedbørstatistikk, basert på estimert konsentrasjonstid. Det foreligger ulike anbefalinger til hvor store felt formelen bør benyttes til. Anbefalingene varierer mellom 0,2 og 5 km². Generelt bør formelen benyttes forsiktig i naturlige felt og helst benyttes i kombinasjon med andre metoder.

Det ligger stor grad av usikkerhet i valget av dimensjonerende nedbørverdier. Det er valgt å bruke den nærmeste IVF-kurven, fra nedbørstasjonen Nesbyen – Skoglund 45 km sør for planområdet. Kurven ligger omtrent likt som den regionale kurven for Region 3 fått fra MET (2015). De to vurderte kurvene er vist i Figur 15.



Figur 15: Sammenligning mellom vurderte IVF-kurver for 200-års nedbør.

Konsentrasjonstiden til feltene er beregnet ved bruk av formel for naturlig felt gitt i SINTEF (1992). Avrenningskoeffisient (C-verdi) er satt basert på anbefalinger i aktuelle veiledere og erfaringsdata. Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonelle metoden er vist i Tabell 9.

Tabell 9: Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonelle metoden for bekkene (kulminasjon).

Vassdrag	IVF-kurve	Areal [ha]	Kons. tid [min]	I200 [l/s*ha]	C-verdi	Q ₂₀₀ [m³/s]	q ₂₀₀ [l/s*ha]
Båtåne	Nesbyen - Skoglund	405	151	29.4	0.4	4.8	1180
Bekken	Nesbyen - Skoglund	35	59	55.8	0.4	0.8	2230

4.4 Klimaframskrivninger

I henhold til anbefalinger i NVE (2016) og Norsk klimaservicesenter (2019) blir et klimapåslag på 40 % benyttet for å ta hensyn til forventet økning i flomstørrelser frem mot år 2100.

4.5 Vurdering av resultater

Feltet til Båtåne er mye mindre og mye flatere enn de vurderte målestasjonene. Basert på ortofoto består rundt 75 % av feltet til Båtåne av myr eller snaufjell som vil gi rask avrenning, samtidig som feltet har lav effektiv sjøprosent. Begge deler gjelder også 12.215 Storeskar, men det feltet er mye brattere. 12.179 Hølervatn har en noe høyere effektiv sjøprosent, noe som kan gi demping. Basert på målestasjonene, virker det realistisk at den spesifikke middelflommen til Båtåne er på 150-250 l/s*km². Med et forholdstall mellom kulminasjon og

døgnmiddelflom på 1,6 gir det en kulminert spesifikk middelflom på mellom 240 og 400 l/s*km².

Vurdert middelflom fra stasjonene ligger mellom nedre- og middelestimatet fått fra flomformelverket. Estimaten fra PQRUT og den rasjonale metoden er nesten like, og ligger noe under middelestimatet fra flomformelverket. Resultatene fra de ulike flomberegningsmetodene er oppsummert i Tabell 10.

Tabell 10: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metode (kulm.) for Båtåne.

Metode	q _m [l/s*km ²]	q ₂₀₀ [l/s*km ²]
Vurdert fra referansefelt	240-400	-
Formelverk for små nedbørfelt	230-930	660-2640
PQRUT	-	1150
Rasjonelle formel	-	1180

Nedbørfeltet til bekken er mindre enn 1 km², så det defineres som et mikrofelt. Vanlig spesifikk 200-årsflom for mikrofelt er 2000-5000 l/s*km² (NVE, 2015a). Middelestimatet fra flomformelverket ligger rett under dette intervallet, mens estimatet fra den rasjonelle metoden ligger noe over nedre grense. Resultatene fra de ulike flomberegningsmetodene er oppsummert i Tabell 11.

Tabell 11: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metode (kulm.) for bekken.

Metode	q _m [l/s*km ²]	q ₂₀₀ [l/s*km ²]
Formelverk for små nedbørfelt	350-1390	990-3950
Rasjonelle formel	-	2230

4.6 Dimensjonerende vannføring

Det er valgt å sette kulminert spesifikk middelflom på 320 l/s*km² for Båtåne, midt i intervallet vurdert fra målestasjonene. Da vekstkurven fra flomformelverket anses robust er denne fordelingen benyttet. For bekken er det valgt å sette kulminert spesifikk 200-årsflom på 2000 l/s*km², som ligger mellom middelestimatet fra flomformelverket og den rasjonale metoden.

Dimensjonerende 200-årsflom er gitt i Tabell 12. Spesifikk 200-årsflom inkludert klimatillegg er beregnet til ca. 1270 l/s*km² for Båtåne og 2800 l/s*km² for bekken.

Tabell 12: Dimensjonerende flommer (kulminasjon) ved vurdert kryssing.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	Klimatillegg [%]	Middelflom		Q ₂₀₀ [m ³ /s]
			Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]	
Båtåne	4,0	40	1.8	450	5,1
Bekken	0,35	40	-	-	1,0

5 Hydraulisk modellering

5.1 Metode

I beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren Hec-Ras versjon 5.0.7 benyttet. De viktigste inngangsparameterne til Hec-Ras modellen er geometri (terrengmodell, grid, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring. For å best mulig vurdere strømningsforholdene er en 2-dimensjonal-modell vurdert hensiktsmessig.

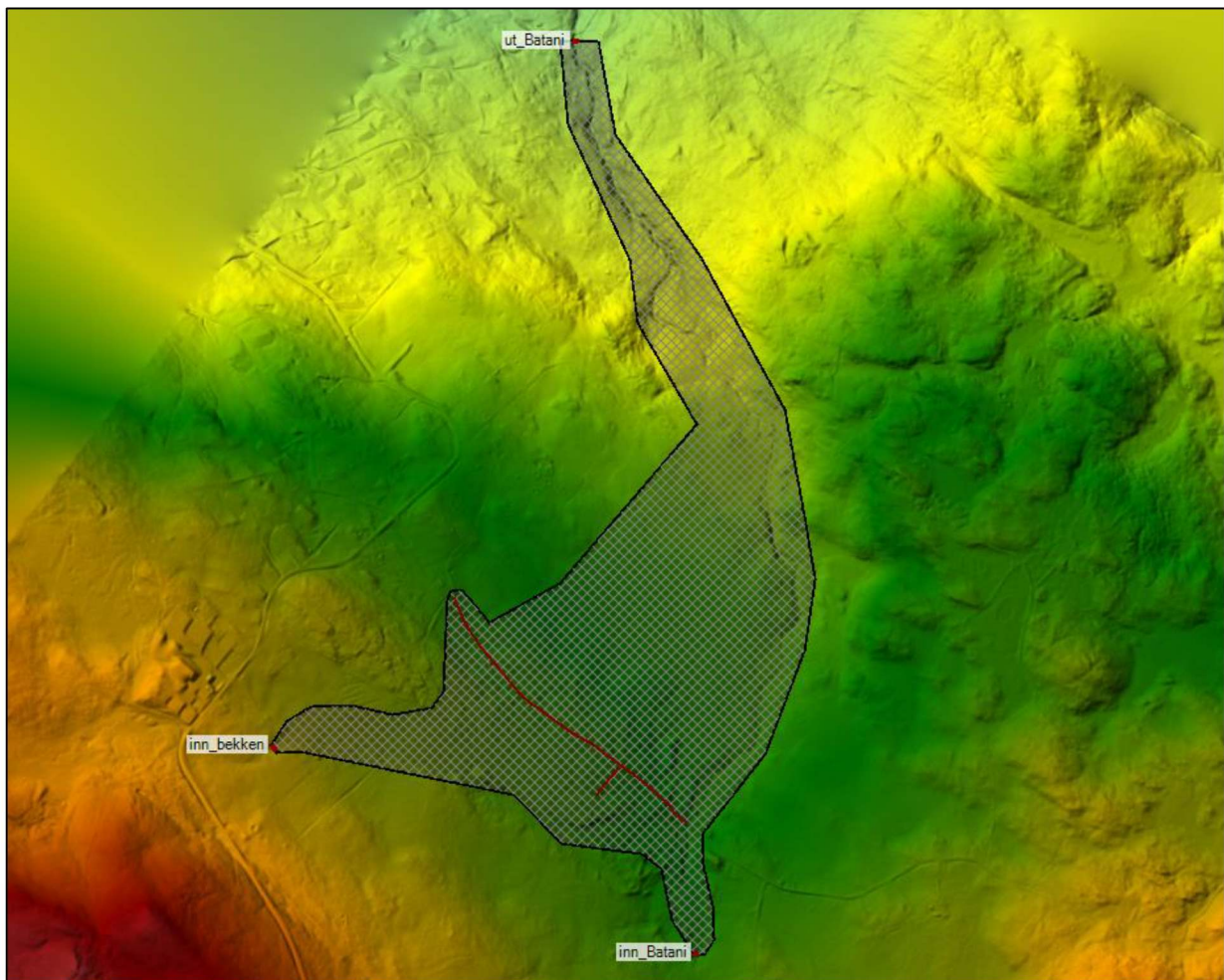
5.2 Oppsett av modell

5.2.1 Modelloppsett

Basert på bakkepunkter fra LiDAR-data av området fra 2013 er det etablert en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 x 1 meter. Benyttede parametere i modellen fremkommer av Tabell 13. Terrengmodell, benyttet beregningsgrid og plassering av grensebetingelser er illustrert i Figur 16.

Tabell 13: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for Båtåne og bekken.

Parameter	Verdi
Oppløsning på terrengmodell	1 x 1 meter
Oppstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Nedstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Cellestørrelse beregningsgrid	2 x 2 meter
Likningssett	Full momentum
Tidsskritt	Gitt av courant-number mellom 0,1 og 1,0
Manningstall	20 i elva, 33 i jorder og åpen myr, 50 på veg og 15 i skog



Figur 16: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser.

5.2.2 Konstruksjoner

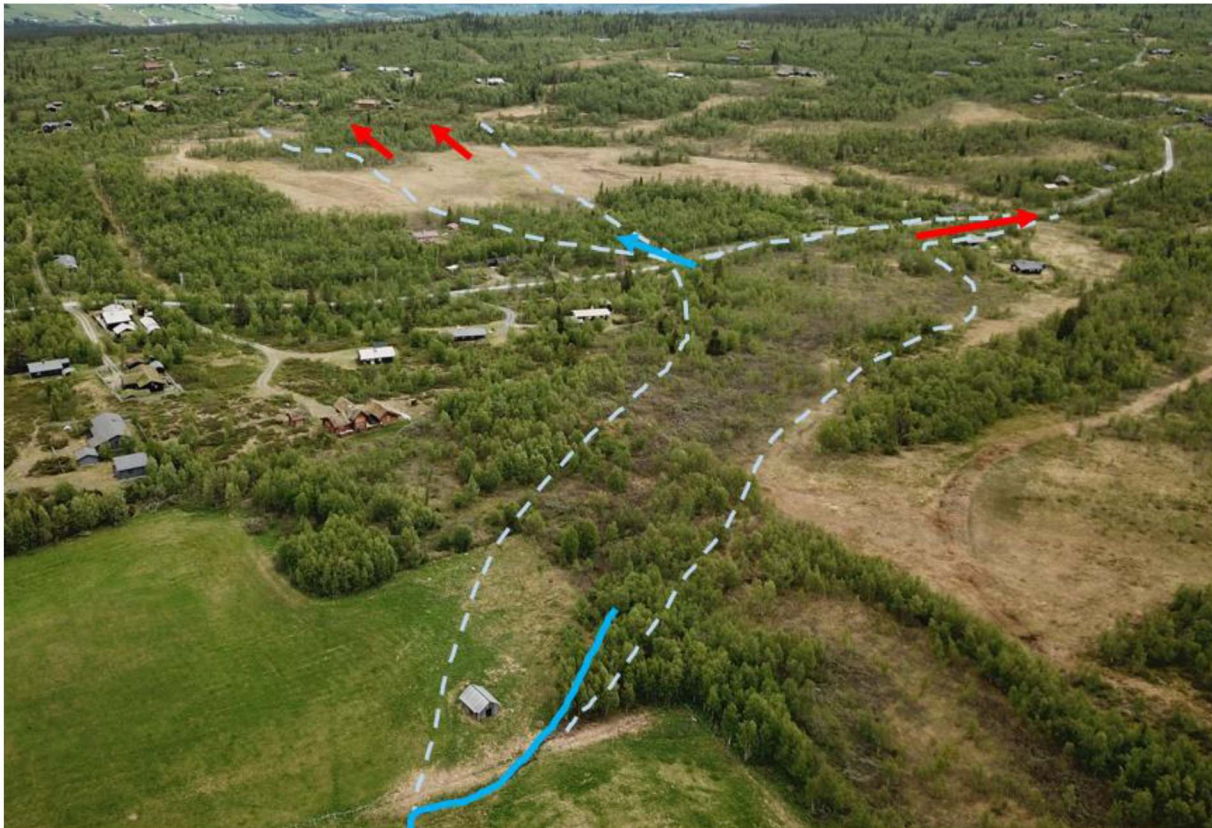
Kulverten Båtåne passerer Skørvestølsvegen gjennom er lagt inn i den hydrauliske modellen. For stikkrenna som bekken passerer Skørvestølsvegen gjennom er det laget to modeller – en med og en uten stikkrenne.

5.3 Modellert fremtidig 200-årsflom

For en fremtidig 200-årsflom viser modelleringen at Båtåne holder seg relativt nær elveløpet mesteparten av veien. Omtrent 100 meter etter å ha passert kraftledningen deler elva seg i to løp, som møtes igjen 100 meter lenger nede.

Modelleringen av bekken viser at vannet sprer seg utover myra og lia ned mot Skørvestølsvegen. Vegen samler vannet og har utløp i to retninger, i grøfta ut mot Båtåne og gjennom stikkrenna/over vegen. På befaringen ble det observert et definert bekkeløp ned den første lia, men ikke videre over myra. Modellen bekrefter dette, og vannet spres bredt utover myra. Ut fra myra er det heller ikke noen definerte utløp, så vannet er også fordelt utover lia ned mot Båtåne. Både vannhastigheten og -dybden er lav i dette området.

Figur 17 viser et oversiktsbilde av bekken med piler som illustrerer resultatene fra den hydrauliske modellen.



Figur 17: Dronebilde av bekken. De blå linjene markerer bekkeløpet der det er tydelig i terrenget, de stiplede viser utbredelsen til vannet i den hydrauliske modellen og de røde pilene markerer utløpene i Båtåne.

5.4 Sensitivitetsanalyse

Da vi ikke har tilgang på kalibreringsdata er det gjennomført en sensitivitetsanalyse av modellen. Det bemerkes at ruhetsparametere i utgangspunktet er valgt noe konservativt. I sensitivitetsanalysen er vannføringen og ruheten økt med 20 %. For å undersøke effekten av stikkrenna til bekken under Skørvestølsvegen er denne fjernet. I tillegg er det kjørt en beregning med redusert størrelse på beregningsgrid til 2 x 2 meter.

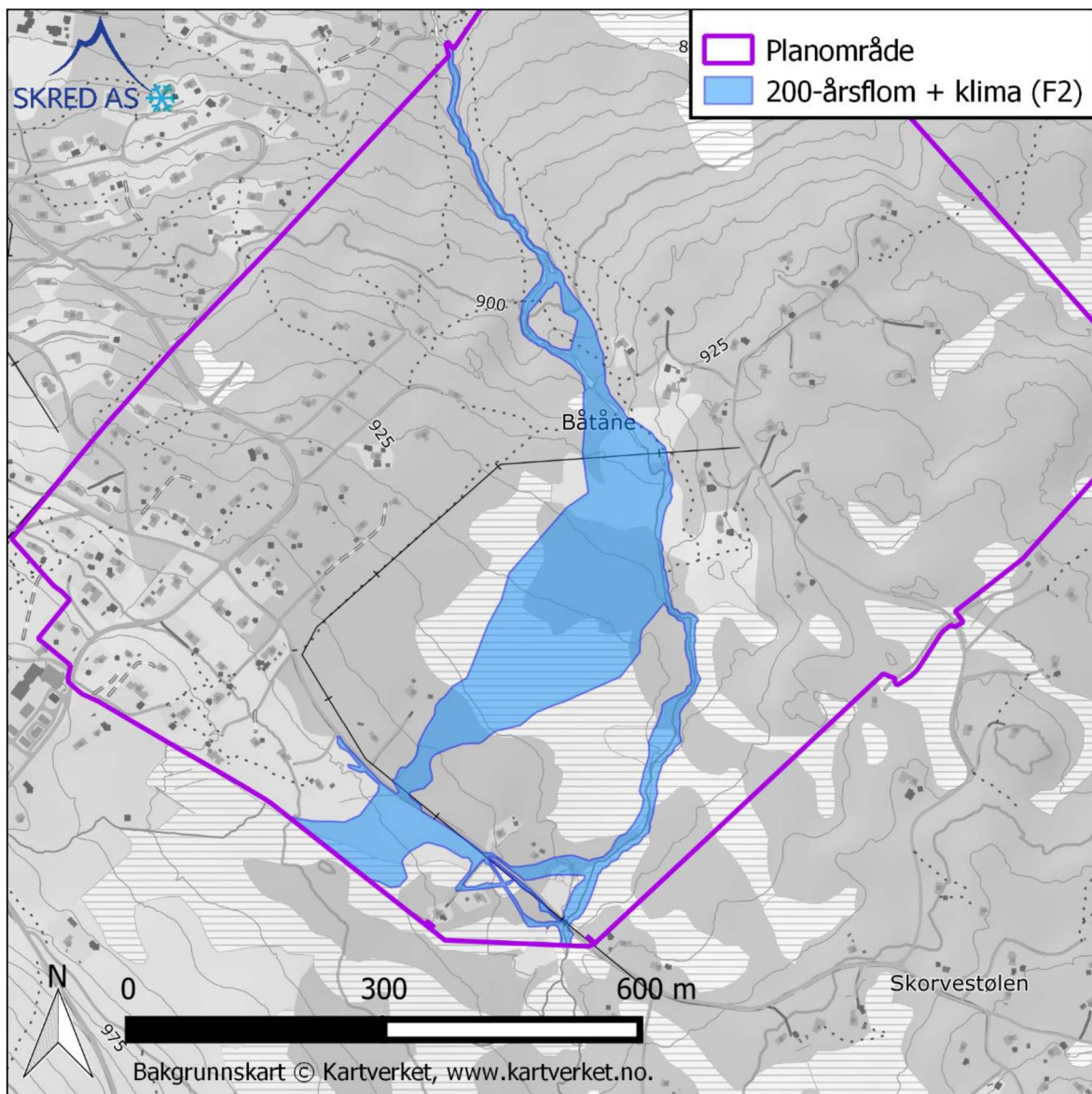
Både økt vannføring og økt ruhet gir minimal innvirkning på oversvømt areal. Stikkrenna til bekken har svært liten effekt på oversvømt areal siden vannet uansett drar over vegen i et lavbrekk rett øst for stikkrenna. Redusert størrelse på beregningsgriddet ga noe mindre utbredelse av vann langs myra bekken renner over øverst i planområdet, og faresonen er redusert tilsvarende. Ellers var det svært liten endring i oversvømt areal.

6 Faresoner for flom

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for det vurderte området. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn $1/200$ i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

Faresonen langs bekken er en konsekvens av at det ikke er noen definerte løp nedstrøms Skørvestølsvegen, noe som gjør at vannet kan spre seg utover myra og videre utover lia ned mot Båtåne. I dette området er det planlagt nye hyttetomter, se avsnitt 8 om risikoreduserende tiltak.

Faresonen fremkommer av Figur 18.



Figur 18: Faresone som viser områder utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn $1/200$ i år 2100 (sikkerhetsklasse F2).

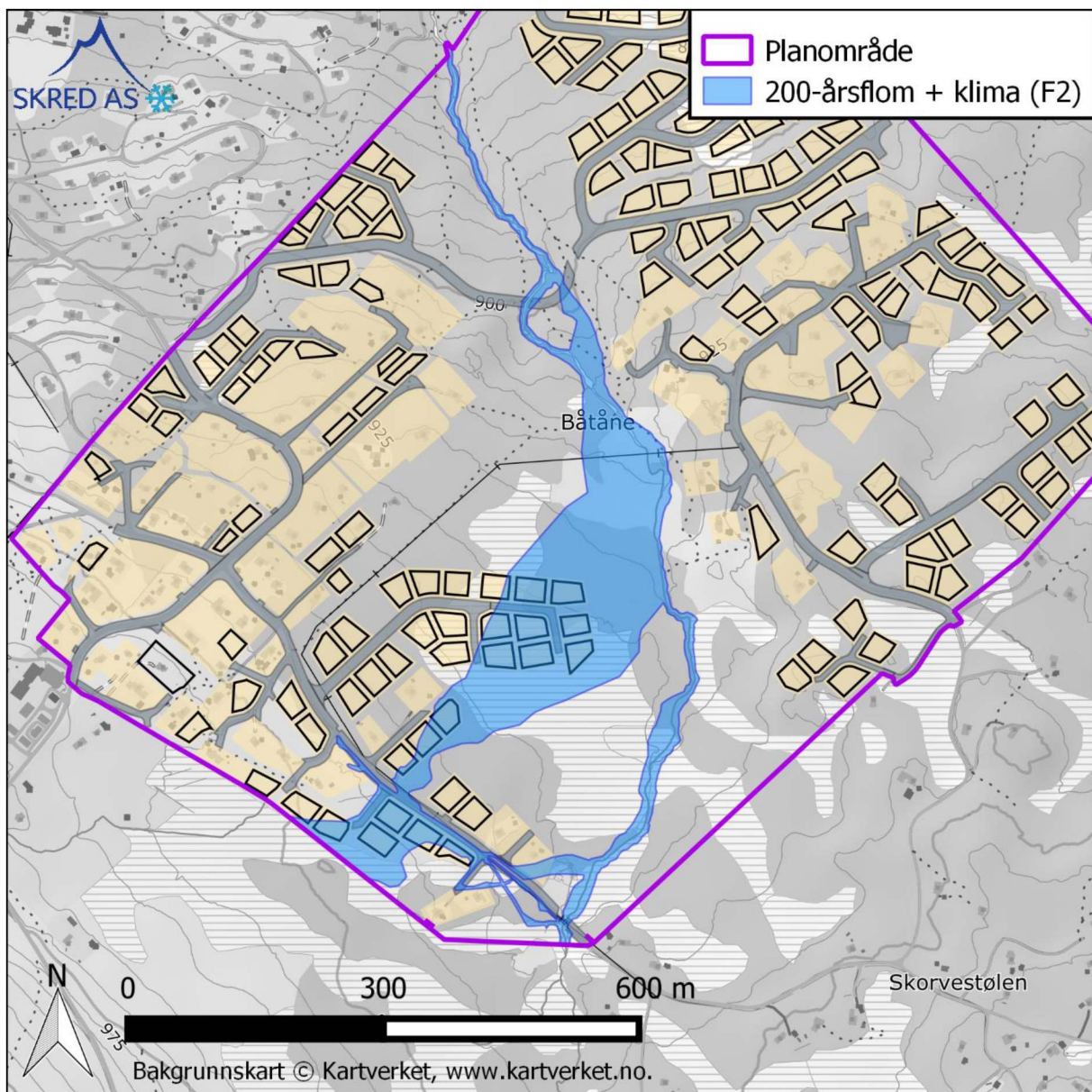
7 Vurdering av erosjonssikkerhet

I henhold til krav i TEK17 §7-2 (4) skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. I nedre deler av Båtåne hvor terrenget er bratt, vannhastighetene og dermed erosjonspotensialet er størst, er det mye fjell inn mot elva. Erosjonsfaren er dermed liten. For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten tilstrekkelig. For å opprettholde tilstrekkelig erosjonssikkerhet over tid, er det nødvendig med jevnlig tilsyn og eventuell utbedring ved skader. Det anbefales å opprettholde et vegetasjonsbelte langs både Båtåne og bekken som sikrer mot erosjon.

8 Risikoreduserende tiltak

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. Dersom det skal etableres ny bebyggelse innenfor faresonen som faller inn under sikkerhetsklasse F2 må det utføres risikoreduserende tiltak. Tiltak kan enten ha som mål å redusere faresonen, eller at byggverk dimensjoneres på en måte slik at det ikke tar skade ved dimensjonerende flom.

I områder som er utsatt for flomfare fra bekken kan det være aktuelt å heve planeringshøyden på nye bygg til minimum 0,2 meter over omliggende terreng. Dette for å sikre at eventuelt flomvann på avveie kan renne fritt over området uten at nytt bygg tar skade. Skørvestølsvegen vil ha en oppdemmende effekt på vann fra bekken, så laveste planeringshøyde for bygg oppstrøms veien er 944,0 moh.



Figur 19: Flomfaresonen sammen med utkast til reguleringsplan datert 21.03.21 viser at det er planlagt flere hyttetomter i nærheten av bekken.

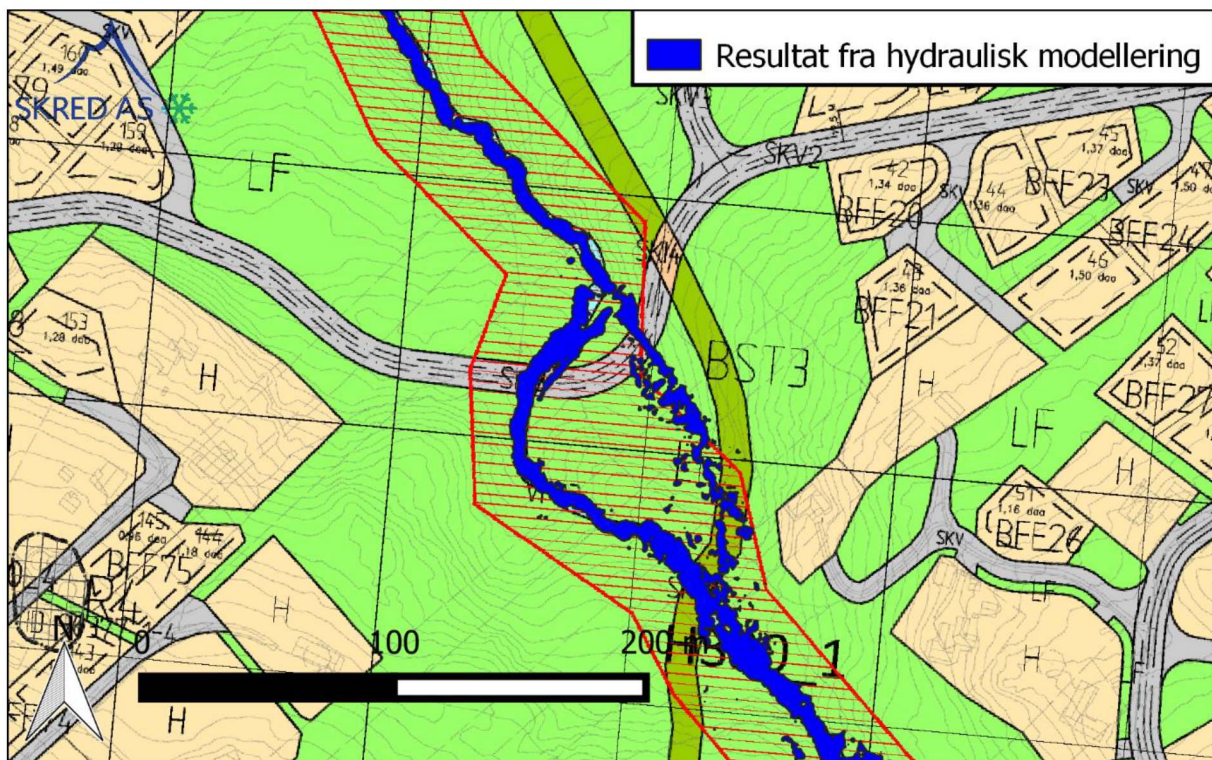
9 Nødvendig dimensjon for kryssende veg

Det er planlagt en ny veg som skal krysse Båtåne. Resultatet fra den hydrauliske modelleringa viser at ved en fremtidig 200-årsflom vil et sideløp ha blitt aktivert slik at vegen vil krysse både Båtåne og et sideløp der det ifølge modellen kan gå ca. $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Kryssingen av Båtåne dimensjoneres for $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$, i tilfelle det i forbindelse med skiløypa gjøres tiltak som gjør at hele vannføringen går i elva.

Dersom kryssingen av Båtåne skal dimensjoneres for fremtidig 200-årsflom, anbefales det å anlegge en bru eller firkantkulvert med bredde på minst 2 meter og høyde på minst 1,7 meter. Alternativt kan det anlegges en stikkrenne med innvendig diameter 1800 mm eller to med diameter 1400 mm, men det anbefales å anlegge et rektangulært tverrsnitt da dette er mindre sårbart for tilstopping og kan bedre tilpasses elveløpet. Kapasiteten bør verifiseres når en bruutforming foreligger.

Dersom det ikke gjøres tiltak for å hindre flomløpet, anbefales det at det anlegges et lavbrekk på veien i det eksisterende søkket, slik at vannet vil dra over veien dersom flomløpet aktiveres. Alternativt kan det legges en stikkrenne med innvendig dimensjon 800 mm.

Dimensjonen på stikkrennene/kulverten er lest av fra nomogram for rørstikkrenne av betong (SINTEF, 1992). Dette forutsetter at stikkrennene utføres med innløpskontroll legges med minst 10 promille.



Figur 20: Utsnitt av resultat fra hydraulisk modellering (200-årsflom) lagt over utkast til reguleringsplan datert 12.03.21.



Figur 21: Bilde av Båtåne omtrent der kryssingen er planlagt.

10 Overvannshåndtering

10.1 Planlagte tiltak

Det planlegges oppføring av cirka 160 nye hytter med tilhørende infrastruktur. Figur 22 viser et utkast til reguleringsplan.

Utbyggingen i planområdet forventes å kunne påvirke avrenning fra feltet i hovedsak som en konsekvens av større andel tette flater, og ved å påføre feltet en raskere avrenningskarakteristikk (reduisert konsentrasjonstid).



Figur 22: Utkast til endring av reguleringsplan for Gomostølen hyttegrennd, datert 12.03.21.

10.2 Mål og strategi

I henhold til gjeldende regelverk skal overvann håndteres lokalt på egen grunn gjennom infiltrasjon og fordrøyning, eller på annen måte. Det er også et mål at nedstrøms områder ikke skal få økt ulempe som en konsekvens av utbygginger oppstrøms. For å oppnå dette kan det utarbeides robuste løsninger for håndtering av overvann gjennom lokal overvannsdisponering (LOD-tiltak). Løsningene skal fungere under alle årstider. Det anbefales at det totale systemet dimensjoneres for en estimert 200-års nedbørhendelse, noe som spesielt setter krav til flomveier.

Avrenningen fra planområdet fordeler seg i ulike retninger med varierende nedstrøms forhold. Det er derfor valgt å dele inn i ulike overvannsområder for å tilpasse overvannshåndteringen etter forholdene.

10.2.1 Trinn 1 – Mindre nedbørhendelser

Mindre nedbørhendelser skal håndteres åpent og gis mulighet for infiltrasjon. Takvann bør ledes direkte ut i terreng til infiltrasjonsområder. I utgangspunktet anbefales det å redusere bruk av tette flater og opprettholde mest mulig naturlig terreng.

10.2.2 Trinn 2 – Forsinkelse og fordrøyning

Trinn 2 skal håndtere de vannmengdene trinn 1 ikke klarer å ta unna for opp til en terskelverdi (en dimensjonerende nedbørhendelse). Norsk Vanns anbefalte minimums dimensjonerende gjentakintervall for oversvømmelseshyppighet er 10 år for områder med lavt skadepotensiale (Norsk Vann, 2008, s. 8). Dagens 10-årsflom legges derfor til grunn ved dimensjonering av fordrøyningsløsninger. Behovet for fordrøyning vurderes for hvert enkelt område avhengig av vannmengder og resipient.

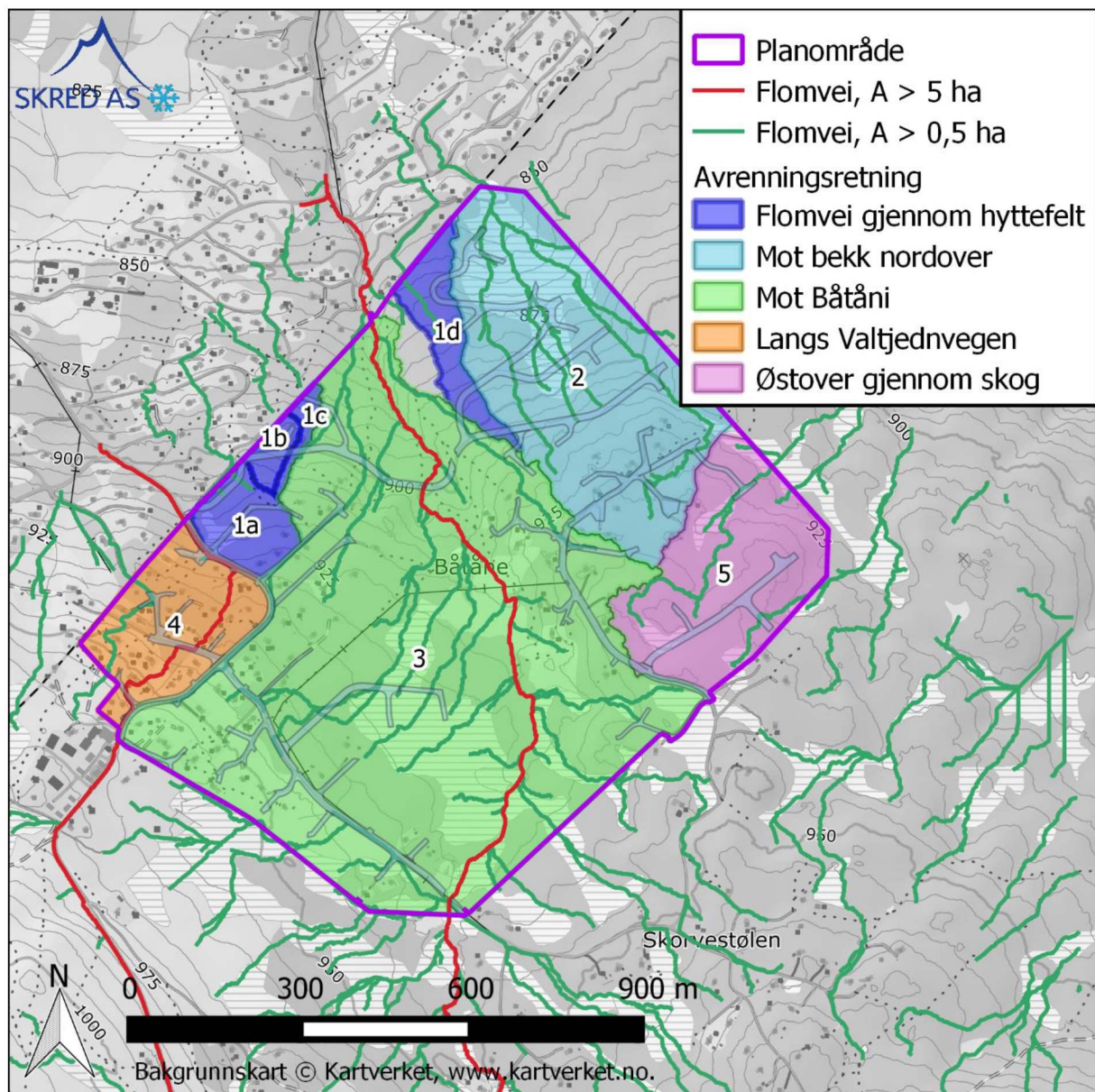
10.2.3 Trinn 3 – Flomveier

Flomveier skal holdes åpne og lede overskytende mengder som ikke håndteres i trinn 2 trygt til resipient. Der flomvei eventuelt må være lukket under lokale veger må det sikres et lavbrekk på veibanen. Potensielle flomveier identifisert i avsnitt 3.3.3, må håndteres tilstrekkelig. Dette bør gjøres ved å sette av nok plass til traseer gjennom planområdet. Det må sikres at overvann fra hver enkelt tomt drenerer videre mot flomveiene eller bekken/Båtåne og at de naturlige feltgrensene tilstrebes opprettholdt.

10.3 Beregning av overvannsmengder fra planområdet

I forbindelse med vurdering av økt ulempe og mulig behov for fordrøyning er det beregnet overvannsmengder fra hvert enkelt overvannsområde. Figur 23 viser hvordan avrenninga fordeler seg og inndelingen i delnedbørfelt. Totalt legges det opp til omtrent 160 nye hyttetomter i tillegg til de 90 som er i planområdet i dag. For å få et estimat på effekten av dette er det utført en beregning for en 200-års hendelse før og etter utbygging. Ifølge utkast til planbestemmelser er samlet bruksareal maksimalt 200 m² per tomt. Dette inkluderer bygninger, åpent overbygd areal og parkeringsareal. Det antas at det i tillegg er tilkomstveg med areal 50 m² per tomt. Dette gir totalt 250 m² tette flater per tomt. I tillegg til tomtene er det planlagt flere nye veier som også bidrar til økt andel tette flater. Nye tette flater beregnes for hvert område ved å telle antall nye hyttetomter samt å hente ut nytt veiareal fra utkast til reguleringsplan (datert 12.03.21). I reguleringsplanen er det satt av plass til veggrøft og lignende, så det antas at halvparten av veiarealet er nye tette flater.

Avrenningen for 200-års gjentakintervall iht. TEK17 blir beregnet ved bruk av den rasjonale formel, som er vanlig å bruke for små felt av denne typen. IVF-kurve for Nesbyen - Skoglund blir benyttet. Konsentrasjonstiden til feltet er beregnet ved bruk av formel for naturlig felt gitt i SINTEF (1992). Etter utbygging antas det at mer konsentrert avrenning gjør at konsentrasjonstiden til området minker. Dette er vurdert utfra plassering av nye hyttetomter og veier og skjønn. Avrenningskoeffisienten regnes ut basert på 0,8 for tette flater og 0,3 for naturlige flater. Det er lagt til 40 % klimapåslag, for å ta høyde for økt intensitet i nedbør som følge av klimaendringer. Beregninger og resultater presenteres i en tabell for hvert delområde.



Figur 23: Overvannshåndteringen er inndelt i områder avhengig av retning til avrenninga.

10.3.1 Område 1, avrenning mot ulike flomveier gjennom hyttefelt

Lengst nede i planområdet er det fire delområder som drenerer til ulike flomveier. Felles for alle områdene er at de er små, bratte og med naturlig terreng. Det er planlagt omtrent 20 nye hyttetomter fordelt på disse områdene. Nedstrøms planområdet går avrenninga fra disse områdene inn mot forskjellige hyttetun ca. 200 meter nedstrøms plangrensa.

Det er planlagt en veg som går på tvers av delområde 1a, 1b og 1c. Det foreslås at veien/veigrøfta gjennom brukes til å samle opp vann og føre det mot Båtåne. Det er jevnt fall langs nesten hele veistrekket mot øst og Båtåne. Denne løsningen vil redusere tilrenningsarealet til hyttene som kan påvirkes av flomveiene nedstrøms. Konsekvensen av å føre noe mer vann mot Båtåne (cirka 155 l/s ved fremtidig 200-årsflom) vurderes som liten, se avsnitt 10.3.3.

Tabell 14 til Tabell 16 viser et estimat av endret avrenning for de ulike områdene dersom vegen avskjærer vann mot Båtåne. Endringen i areal fremgår av Figur 24. Økningen vil være mindre for lavere returperioder.

Tabell 14: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 1a etter utbygging.

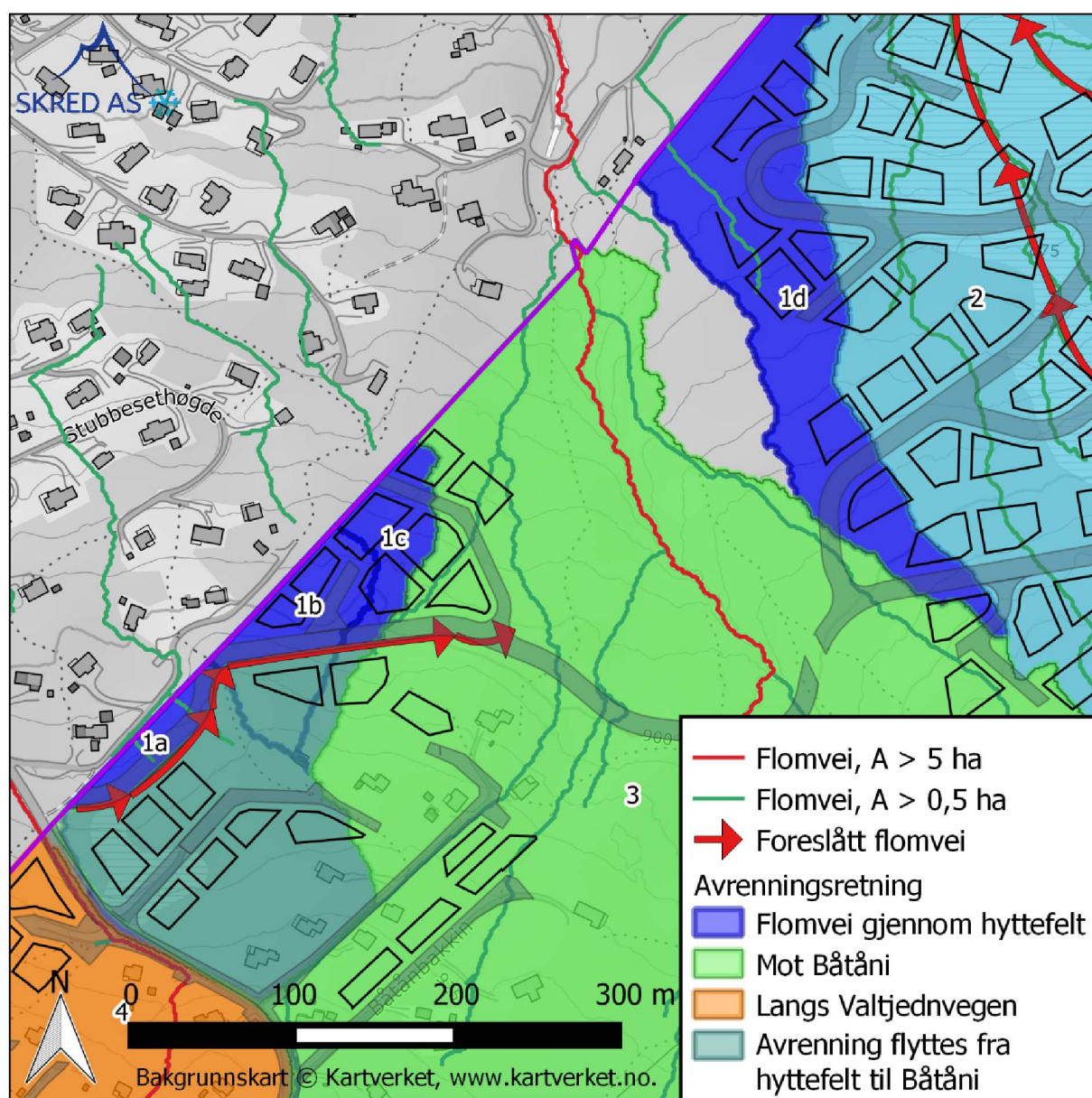
	Areal [ha]	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C-verdi	Q_{200} [l/s]	Q_{200} med klimafaktor [l/s]
Før utbygging	2.4	23	93.3	0.34	74	103
Etter utbygging	0.2	5	223.1	0.47	25	35
Differanse	-	-	-	-	-49	-68

Tabell 15: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 1b etter utbygging.

	Areal [ha]	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C-verdi	Q_{200} [l/s]	Q_{200} med klimafaktor [l/s]
Før utbygging	0.7	13	124.3	0.30	26	36
Etter utbygging	0.4	10	146.3	0.44	28	39
Differanse	-	-	-	-	2	3

Tabell 16: Estimat av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 1c etter utbygging.

	Areal [ha]	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C-verdi	Q_{200} [l/s]	Q_{200} med klimafaktor [l/s]
Før utbygging	0.5	19	101	0.30	16	22
Etter utbygging	0.4	15	109.6	0.45	19	27
Differanse	-	-	-	-	4	5



Figur 24: Forslag til bruk av vegggrøft for å overføre vann fra å gå mot hyttefelt til Båttåne.

Beregningen i Tabell 17 viser at avrenningen fra delområde 1d vil øke med 23 l/s, noe som tilsvarer en økning på 28 %. Foreslått løsning for fordøyning og nødvendig volum er beregnet i avsnitt 10.5.

Tabell 17: Estimert av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 1d etter utbygging.

	Areal [ha]	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C-verdi	Q_{200} [l/s]	Q_{200} med klimafaktor [l/s]
Før utbygging	2.4	30	80.6	0.30	58	81
Etter utbygging	2.4	25	87.9	0.35	74	104
Differanse	-	-	-	-	16	23

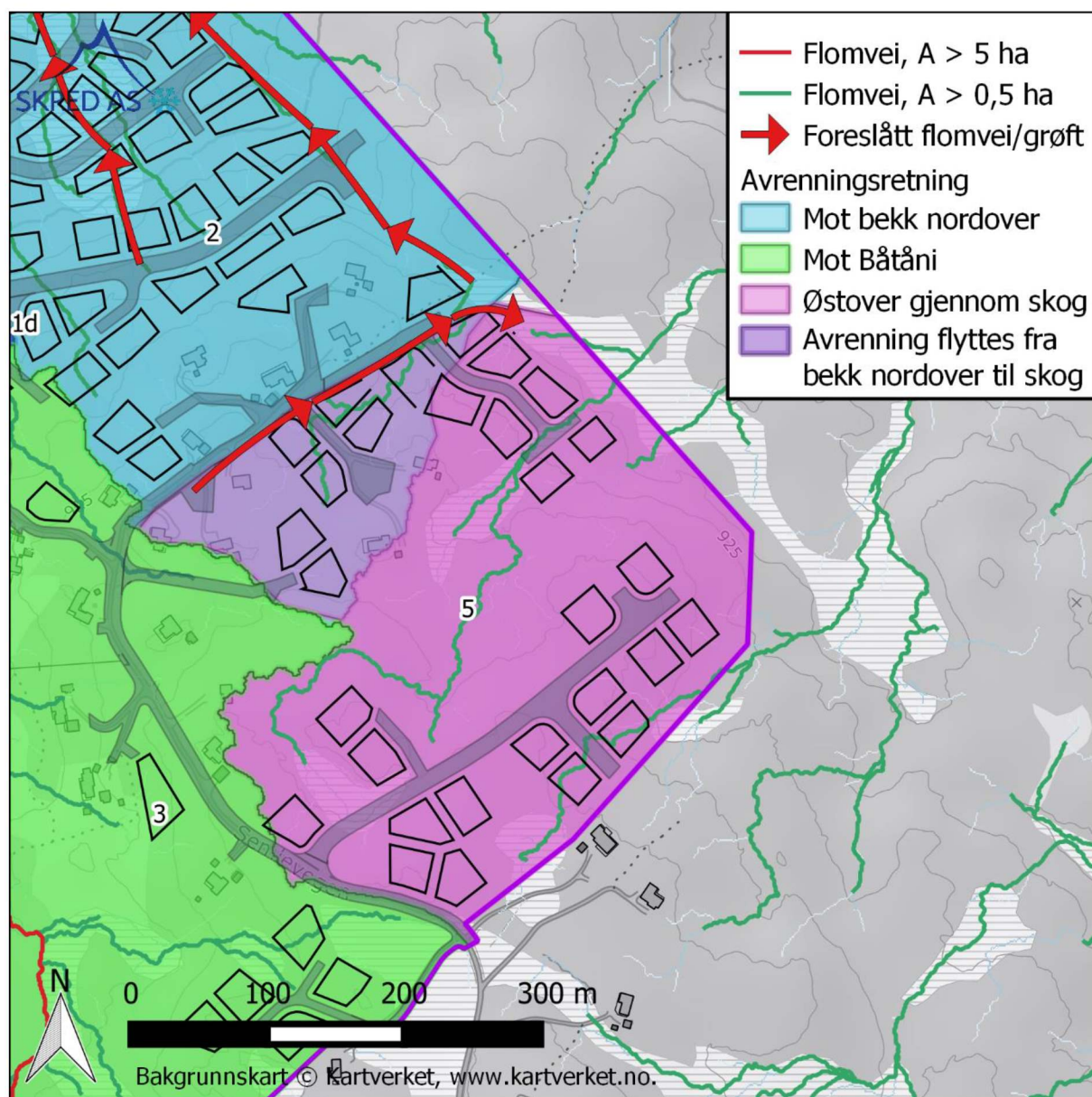
10.3.2 Område 2, mot bekk nordover

Overvannsområde 2 er det nordligste i planområdet og drenerer mot en liten bekk gjennom et hyttefelt nedstrøms planområdet. I dag er det noen hytter øverst i dette området, og myr i nedre del. Det er lagt opp til utbygging av rundt 55 hytter i området og et nytt system med veier. Tabell 18 viser beregning av økt spissavrenning fra området.

Det foreslås å benytte grøfta langs den øverste veien til å avskjære området oppstrøms ut mot skogen øst for planområdet. Dette vurderes å ikke ha negative konsekvenser for skogen, se avsnitt 10.3.5. Samtidig vil det redusere nedbørfeltet til bekken nedstrøms, og redusere behovet for fordrøyning noe. Denne løsningen vil redusere økningen i 200-årsavrenning fra 210 til 105 l/s. Foreslått løsning for fordrøyning og nødvendig volum er beregnet i avsnitt 10.5.

Tabell 18: Estimert av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 2 etter utbygging.

	Areal [ha]	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C-verdi	Q_{200} [l/s]	Q_{200} med klimafaktor [l/s]
Før utbygging	17.7	42	69.8	0.31	389	544
Etter utbygging	15.3	30	80.6	0.37	463	648
Differanse	-	-	-	-	74	104



Figur 25: Forslag til overføring av nedbørfelt fra bekk til skog.

10.3.3 Område 3, mot Båtåne

Omtrent halvparten av planområdet drenerer naturlig mot Båtåne, og det er planlagt omtrent 60 nye hytter i området. I tillegg er det foreslått at noe areal fra delområde 1a, 1b og 1c avskjæres mot Båtåne. Avrenningen fra disse tomtene, spesielt de som legges i eller ved myrer, bør ha flere mindre utløp for å bidra til å opprettholde den naturlige vannbalansen i området. Tabell 19 viser endring i avrenning fra området.

Tabell 19: Estimert av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 3 etter utbygging.

	Areal [ha]	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C-verdi	Q_{200} [m ³ /s]	Q_{200} med klimafaktor [m ³ /s]
Før utbygging	54.0	48	64.7	0.32	1.13	1.58
Etter utbygging	56.5	40	71.6	0.34	1.39	1.95

Differanse	-	-	-	-	0.26	0.37
------------	---	---	---	---	------	------

10.3.4 Område 4, i grøfta langs Valtjednvegen

Dette området er i hovedsak allerede utbygd, og det legges opp til fem nye hyttetomter i tilknytning til eksisterende veier. Den planlagte utbyggingen fører til en svært beskjeden økning, se Tabell 20.

Avrenning fra disse områdene vil følge vegggrøfta langs Valtjednvegen eller Gamlevegen/Saubekkevegen og Valtjednvegen frem til utløp i Saubekken. Siden økningen i avrenning er så begrenset og det er et definert løp for vannet frem til utløp, vurderes det til å ikke være behov for fordrøyning.

Tabell 20: Estimert av endret 200 års-spissavrenning fra delområde 4 etter utbygging.

	Areal [ha]	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C-verdi	Q_{200} [l/s]	Q_{200} med klimafaktor [l/s]
Før utbygging	6.2	40	71.6	0.39	1,73	242
Etter utbygging	6.2	40	71.6	0.40	177	248
Differanse	-	-	-	-	4	6

10.3.5 Område 5, mot myrdrag østover

Dette området omfatter den østligste delen av planområdet, og består med unntak av deler av to hyttetomter i dag av naturlig terreng. Det planlegges 21 nye hytter med tilkomstveg. Midt i området er det en hensynssone for bevaring av kulturmiljø. Det er foreslått en overføring av noe avrenning fra delområde 2, som vist i Figur 25. Tabell 21 viser beregnet økning i avrenning.

Avrenning fra dette området vil dra gjennom skogen ned til Vasetåne cirka 2 km lenger nede. Det er kun i nedre del ned mot Vasetåne at vannet samles i bekker. I skogen er det enkelte myrer og en skogsbilvei som går på tvers av dreneringsretninga, men ellers er det ingen bygg eller infrastruktur som vil påvirkes av noe økt avrenning fra planområdet.

Det anbefales at vann fra disse områdene har diffuse utløp i myr/terreng og at de naturlige dreneringslinjene opprettholdes i størst mulig grad. Det vurderes å ikke være behov for fordrøyning.

Tabell 21: Estimert av endret 200 års-spissavrenning fra delområde etter utbygging.

	Areal [ha]	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C-verdi	Q_{200} [l/s]	Q_{200} med klimafaktor [l/s]
Før utbygging	10.0	48	64.7	0.30	197	275
Etter utbygging	12.3	40	71.6	0.35	311	435

Differanse	-	-	-	-	114	160
------------	---	---	---	---	-----	-----

10.4 Vurdering av økt avrenning til Båtåne

Delområde 3, som drenerer til Båtåne, har en beregnet konsentrasjonstid på 48 minutter med dagens terreng. Konsentrasjonstiden vil trolig reduseres noe etter utbygging på grunn av økt andel tette flater, og er anslått til 40 minutter. Båtåne oppstrøms planområdet har en konsentrasjonstid på 2,5 timer (151 minutter) ifølge formel for naturlige felt.

Dimensjonerende flom i Båtåne oppstrøms planområdet er til sammen $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$. For en fremtidig 200-årsflom vil avrenninga fra dette delområdet øke med $0,37 \text{ m}^3/\text{s}$, noe som inkluderer avrenning som tilføres fra delområdene 1a, 1b og 1c. Økningen i avrenning utgjør en økning på 5 % i forhold til dimensjonerende flom i Båtåne ut fra planområdet.

Forskjellen i konsentrasjonstid gjør at hovedbidraget fra planområdet vil trolig ha passert lenge før flomtoppen fra Båtåne. For å ikke bidra til å øke flomtoppen nedstrøms i Båtåne vil det trolig derfor være mer hensiktsmessig å ikke legge opp til fordrøyning i dette området.

Den potensielle økningen i flomtopp vil i liten grad ha konsekvenser for området nedstrøms, siden Båtåne har et godt definert løp og kort vei til utløpet i Vasetåne.

10.5 Fordrøyning

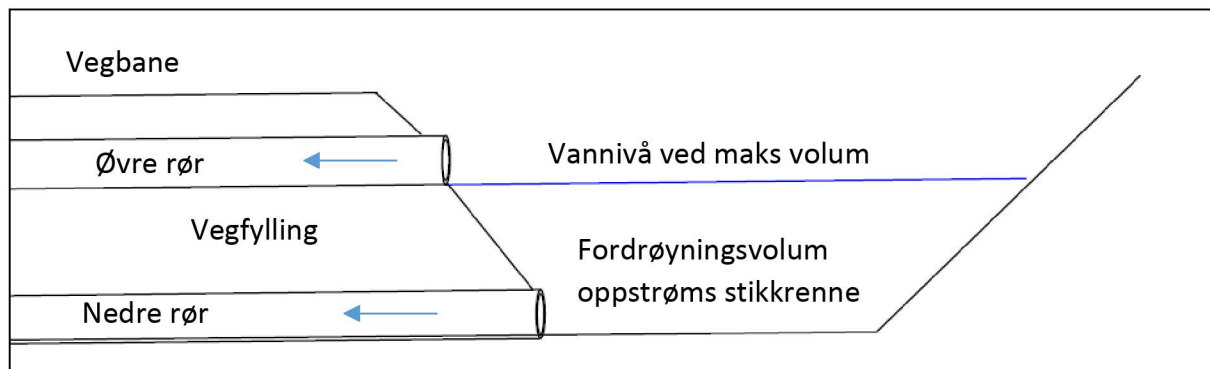
Vurderingen av avrenningsmengder og avrenningens resipient i avsnitt 10.3 viser at det er behov for fordrøyning i delområde 1d og 2. For å beregne nødvendige fordrøyningsvolum er regnenvelopmetoden benyttet med de samme forutsetningene som i beregningene i avsnitt 10.3, men for en 10-årshendelse. Det er kun tatt høyde for at nedstrøms områder ikke skal få økt ulempe sammenlignet med dagens situasjon.

Som fordrøyningsløsning foreslås det at grøftene langs de kryssende veiene benyttes. Dette kan utformes ved å legge en stikkrenne i bunnen av grøfta med kapasitet til 10-årsavrenning. Denne stikkrenna vil redusere utløpet fra grøfta til akseptabelt nivå, slik at det samles opp vann i grøfta. Dersom det kommer mer vann enn fordrøyningsanlegget er dimensjonert for, vil en øvre stikkrenne fungere som et overløpsrør (der samlet kapasitet er større enn 200-årsflom). En serie med denne typen fordrøyning nedover de kryssende veiene vil gi ønsket effekt samtidig som det krever lite plass utover de nødvendige veigrøftene.

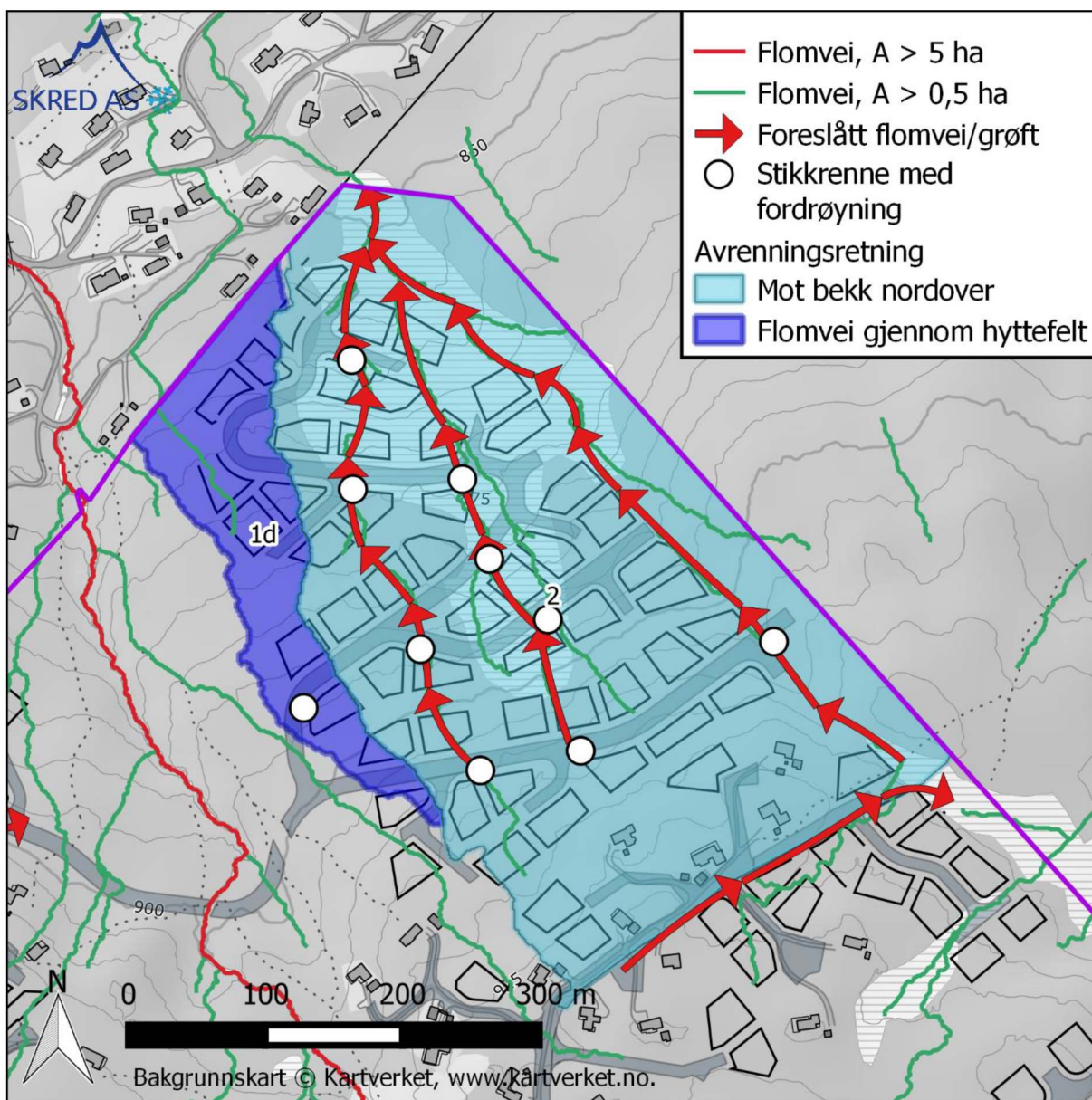
Fordrøyningsområdet må erosjonssikres tilstrekkelig og vegfylling utformes på en slik måte at det tåler et oppstrøms vannspeil. For tomter i delområde 1d nedstrøms veien, vil det være nødvendig med fordrøyning på eller rett ved tomten for å ikke øke ulempen for nedstrøms områder. Det foreslås at det anlegges en liten voll i nedre del av tomtene som samler opp og fordrøyer vann.

Beregnet nødvendig fordrøyningsvolum er 12 m^3 for delområde 1d og 74 m^3 for delområde 2. Det foreslås at mesteparten av dette volumet fordeles på grøfter oppstrøms stikkrenner med begrenset utløp. Dersom det for eksempel benyttes 9 stikkrenner i delområde 2, betyr det at det er behov for $8,2 \text{ m}^3$ fordrøyningsvolum per stikkrenne.

En illustrasjon av løsningen er vist i Figur 26 og foreslått plassering av stikkrenner i Figur 27.



Figur 26: Illustrasjon av foreslått fordrøyningsløsning.

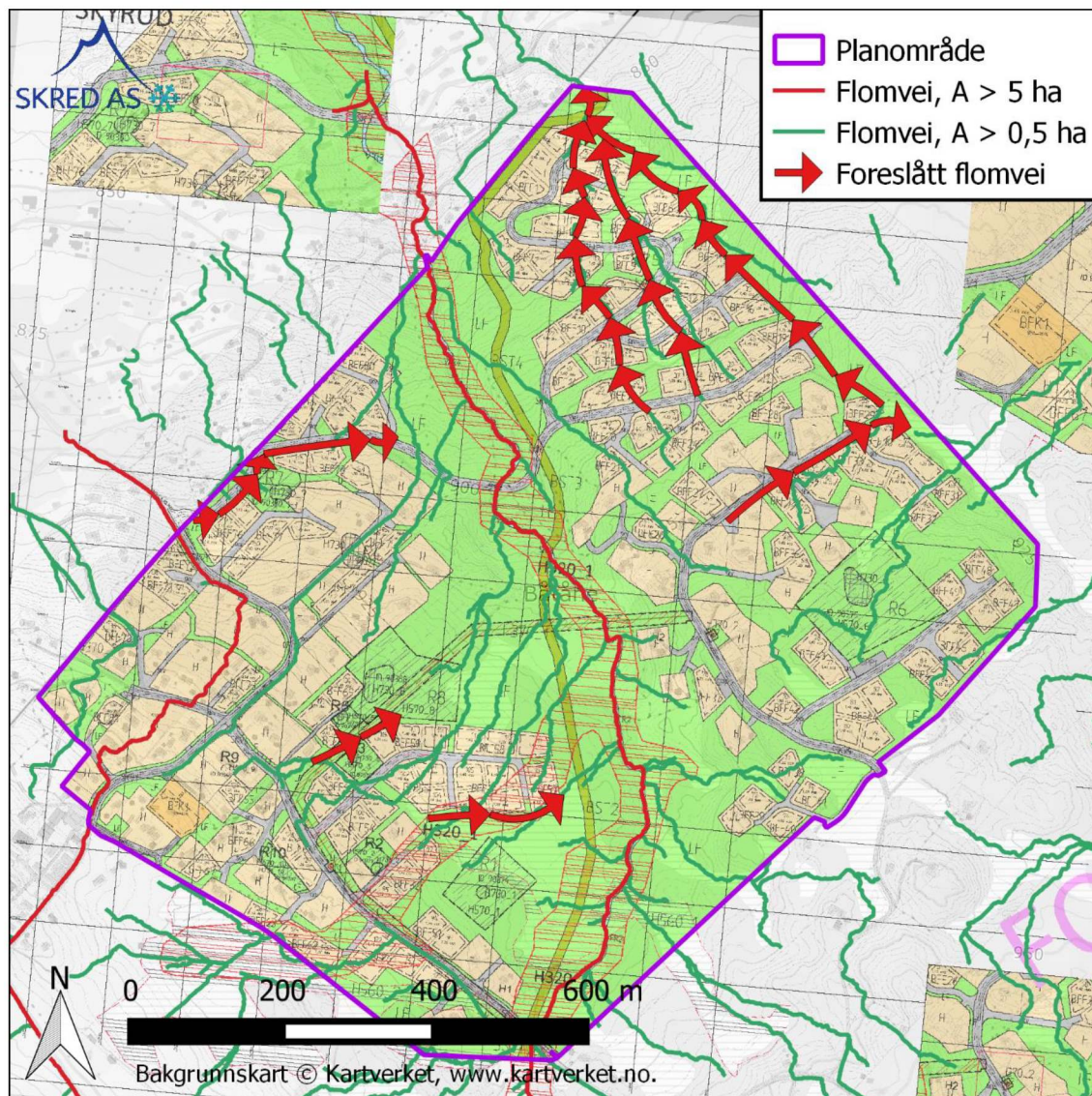


Figur 27: Foreslått plassering av stikkrenner med fordrøying.

10.6 Flomveier

Flomveier skal holdes åpne og lede overskytende mengder som ikke håndteres i trinn 2 trygt til resipient. Potensielle flomveier identifisert i avsnitt 3.3.3, må håndteres tilstrekkelig. Dette bør gjøres ved å sikre traseer gjennom planområdet. Det må sikres at overvann fra hver enkelt tomt drenerer videre mot flomveiene eller bekken/Båtåne og at de naturlige feltgrensene tilstrebes opprettholdt.

Figur 28 viser foreslått plassering til flomveier i området. Det er foreslått noen mindre, avskjærende flomveier med utløp i terrenget vest for Båtåne. For det store utbyggingsområdet lengst øst i planområdet er det foreslått tre gjennomgående flomveier som skal samle avrenningen fra dette området. Flomveien lengst øst følger et eksisterende søkk/myrsig, mens plasseringen til den andre flomveien kan justeres i samråd med arealplanlegger. Det er ikke foreslått nye flomveier i områder som allerede er tett utbygd.



Figur 28: Foreslått plassering av flomveier og naturlige drenslinjer lagt over utkast til reguleringsplan datert 12.03.21.

10.6.1 Nødvendig dimensjon på grøfter

Naturlige flomveier bør opprettholdes, men der det er behov for å legge om flomveien er det foreslått nødvendig dimensjon.

Nødvendig dimensjon på grøfter er beregnet ved Mannings formel og antagelse om frispeilstrømning. Beregning av nødvendig tverrsnitt av grøft er basert på følgende forutsetninger: *Bunnbredde = 1 meter, helning sidekanter = 1:2, nivå av topp grøft = energilinje, ruhet (Manningstall) = 20*. Vannføringen er regnet ut basert på tilrenningsareal og spesifikk 200-årsflom med klimatillegg for området etter utbygging (se Tabell 18). Ved avvik fra forutsetningene må beregningene oppdateres. Resulterende dybder og bredder er vist i Tabell 22.

Tabell 22: Estimert nødvendig dybde og bredde for gjennomgående flomveier øst i planområdet.

Vannføring [m ³ /s]	Helning [m/m]	Dybde [m]	Bredde [m]	Hastighet [m/s]
0,27	0.14	0,35	2,5	1,7

Beregningene gir en nødvendig dybde på 0,35 m, inkludert en sikkerhetsmargin på 10 cm over energilinja. Med forutsetningene lagt til grunn, bør det settes av en bredde på minimum 3 meter til flomveier. Grøftene må utformes med tilstrekkelig erosjonssikkerhet. Det bør settes av tilstrekkelig areal til flomveier i reguleringsplanen og de bør komme frem av utomhusplanen.

10.6.2 Krav til kryssinger

Der veger krysser flomveier må de etableres på en slik måte at flomvann ikke ledes på avveie ved en dimensjonerende flom eller ved gjentetting. Dette kan utformes ved å ha en stikkrenne med kapasitet til 200-årsflom med klimapåslag, eller ved å legge en mindre stikkrenne i kombinasjon med et lavbrekk over vegbanen. Det bør uansett sørges for at vannet havner tilbake i bekkeløpet dersom stikkrenna skulle gå tett. Det anbefales også at stikkrenner anlegges med tineanordning som steamslange e.l. for å kunne åpnes ved gjenfrysing/iskjøving.

Nødvendige dimensjoner til stikkrenner er hentet fra nomogrammer for innløpskontrollerte kulverter (SINTEF, 1992) basert på dimensjonerende vannmengde. Det forutsettes dermed at stikkrennene legges innløpskontrollert, som i praksis innebærer at de legges med et fall større enn ca. 10 promille. Stikkrenne under vegen som krysser flomveiene lengst øst i planområdet bør ha en innvendig diameter på minst 500 mm. Andre stikkrenner bør minst ha en innvendig diameter på 400 mm.

11 Konklusjon

Dimensjonerende 200-årsflom i Båtåne, inkludert et klimapåslag på 40 %, er beregnet til 5,1 m³/s, mens dimensjonerende flom i bekken er beregnet til 1 m³/s. Det er etablert en hydraulisk modell av Båtåne og bekken med omliggende områder. Modelleringen viser at kapasiteten til Båtåne er god, men at bekken vil spre seg utover myrene fordi løpet er lite definert.

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for planområdet. Faresonen viser hvilke områder og planlagte bygg som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. I områder som er utsatt for flomfare fra bekken kan det være aktuelt å heve planeringshøyden på nye bygg til minimum 0,3 meter over omliggende terreng. Dette for å sikre at eventuelt flomvann på avveie kan renne fritt over området uten at nytt bygg tar skade.

For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten tilstrekkelig etter kravene i TEK17. Det anbefales å opprettholde et vegetasjonsbelte langs både Båtåne og bekken som sikrer mot erosjon.

Det er gitt overordnede føringer for overvannshåndtering. Overvann fra planområdet skal håndteres lokalt, samt på en slik måte at nedstrøms områder ikke får økt ulempe. Det skal settes av tilstrekkelige og hensiktsmessige arealer til overvannshåndtering gjennom åpne løsninger. Tette flater skal reduseres og naturlig terreng bevares i størst mulig grad for å sikre lokal infiltrasjon av mindre nedbør. Det bør gjøres tiltak for fordrøyning av avrenning fra områder som har eksisterende hyttefelt nedstrøms. Foreslåtte tiltak er å samle vann i veigrøfter der utløpet har begrenset kapasitet eller å anlegge voll i nedkant av tomter der det er ikke er mulig å bruke veigrøfta. For områder som drenerer til Båtåne anses det ikke som behov for større tiltak for fordrøyning, siden økningen i vannføring som følge av utbygginga ikke fører til ulemper nedstrøms og anses ikke å påvirke flomtoppen i Båtåne. Det samme gjelder områder som drenerer til skogen øst for planområdet, som ikke er utbygd.

Ved større nedbørhendelser er det viktig å ha definerte flomveier som leder vannet trygt bort fra og forbi bebyggelsen. Analyse av naturlige drensveier viser anbefalte traseer til flomveier som anbefales opprettholdt i størst mulig grad. Flomveier skal dimensjoneres for 200-års nedbør med klimapåslag. Som et utgangspunkt anbefales det å sikre en bredde på minst 3 meter til flomveier. Det bør settes av tilstrekkelig areal til flomveier i reguleringsplanen og de bør komme frem av utomhusplanen.

12 Referanser

Bratlie, R. (2015, 1). Beregning av flomveier med eksempler på bruk i kommunal forvaltning. *Kart og plan*.

DiBK. (2018). *Byggeteknisk forskrift med veiledning (TEK 17)*.

MET. (2015). *24/2015: Dimensjonerende korttidsnedbør*.

Nord-Aurdal kommune. (2014). *Arealdelen til kommuneplanen 2014-2024*.

Nord-Aurdal kommune. (2021, 07 12). *Va-norm.no*. Hentet fra Nord-Aurdal: <https://www.va-norm.no/nord-auerdal/>

Norsk Klimaservicesenter. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge*.

Norsk Vann. (2008). *Veileder i klimatilpasset overvannshåndtering*.

NVE. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger*.

NVE. (2015a). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*.

NVE. (2015b). *Anbefalte metoder for flomberegninger i små felt*. NVE.

NVE. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*.

SINTEF. (1992). *Flomberegning og kulvertdimensjonering*.

SINTEF. (1992). *STF60 A92101 - Flomberegning og Kulvertdimensjonering*.