

Rapport



Oppdragsgiver	Navn Backe Bergen AS	Kontaktperson Velaug Valland
Oppdrag	Nummer og navn 23247 - Bergen, Sædalen - Flomfarevurdering for idrettsbane. Sædalen IL	Oppdragsleder Mikkel Arne Kristiansen
Dokument	Nummer 23247-01-2 Utført av Mikkel Arne Kristiansen	Dato 2024-06-04 Kontrollert av Ingvild Brekke

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	12.05.2023	MAK	IB	Første versjon
2	05.06.2024	MAK	IB	Kapittel 9 med vurdering av aktuelt tiltak er lagt til

Flomfarevurdering

Sammendrag

I forbindelse med utvikling av Sædalen idrettspark i Indre Sædalen i Bergen kommune er det planlagt bygging av en flerbrukshall og en fotballbane. Arealet som skal utvikles ligger innenfor NVEs aktsomhetssone for flom tilknyttet elva som renner igjennom dalføret. Det ønskes derfor en detaljert flomfarevurdering for tiltaksområdet. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 er lagt til grunn for vurderingene.

Dimensjonerende 200-årsflom i den vurderte elva, inkludert et klimapåslag på 40 %, er beregnet til 17 m³/s. Det er etablert en hydraulisk modell av elva ved tiltaksområdet og omliggende terreng. Beregningen viser at elveløpet har for lav kapasitet i det vurderte området og at elva vil bre seg ut over deler av arealet tiltenkt flerbrukshall, vest for elveløpet.

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.

Planlagt plassering av fotballbanen øst for elva ligger utenfor flomfasesonen.

For å ivareta sikkerhet mot flomfare i henhold til sikkerhetsklassen for flerbrukshallen anbefales det å heve planeringshøyden. Anbefalt byggesikker høyde er innenfor flomsonen satt til 0,5 meter over kartlagte vannhøyder (Vedlegg 1) ved dimensjonerende flom. Utfylling

bør plasseres lengst mulig mot vest, vekk fra toppen av elveskråningen, for å ivareta størst mulig strømningsareal og redusere vannhastigheter og vannhøyder.

Det er tegn til pågående erosjon flere steder i elveløpet. Erosjonssikkerheten vurderes som utilstrekkelig for planlagt bygg. Det anbefales derfor å anlegge en tilbaketrukket erosjonssikring mellom elveskråningen og fyllingen for å bevare størst mulig strømningsareal og elvas naturlige løp. Utfyllingen til bygget må også erosjonssikres.

Påvirkning på flomforhold ved planlagt idrettshall er vurdert hydraulisk. Utfyllingen vil begrense strømningsarealet og dermed øke vannstand og vannhastigheter innenfor et begrenset område mellom elva og fyllingen. Vanddypet øker generelt med rundt 0,05 m og hastighetene øker med 0,1-0,3 m/s. Endringene er vurdert som lave til neglisjerbare, og vil ikke ha betydelig negativ konsekvens for tilgrensende områder.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Befaring	7
1.3	Forbehold	7
1.4	Innsigelse fra NVE	7
2	Krav til sikkerhet	8
2.1	Lovverket	8
2.2	Flom	8
2.2.1	Aktuelle krav	9
3	Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold	10
3.1	Område og elveløp	10
3.2	Konstruksjoner	12
3.3	Grunnforhold	15
4	Flomberegning	17
4.1	Metode	17
4.2	Beskrivelse av nedbørfelt	17
4.3	Flomfrekvensanalyse	18
4.3.1	Målestasjoner	18
4.3.2	Valg av metode for flomfrekvensanalyse	20
4.3.3	Lokal flomfrekvensanalyse	20
4.3.4	Regional flomfrekvensanalyse	21
4.4	Nedbør-avløpsmetoder	21
4.4.1	PQRUT	21
4.4.2	Den rasjonale metode	21
4.5	Klimaframskrivninger	21
4.6	Vurdering av resultater	21
4.6.1	Middelflom	21
4.6.2	Vekstfaktor	22
4.6.3	Sammenligning av resultater fra ulike metoder	22
4.7	Dimensjonerende vannmengder	22
4.8	Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen	22
5	Hydraulisk modellering	24
5.1	Metode	24
5.2	Oppsett av modell	24
5.2.1	Modelloppsett	24
5.2.2	Konstruksjoner	25
5.3	Modellert fremtidig 200-årsflom	25
5.4	Sensitivitetsanalyse	26
5.5	Klassifisering av hydraulisk modell	26

5.6	Sikkerhetspåslag.....	26
6	Faresoner for flom for dagens situasjon	27
7	Vurdering av erosjonssikkerhet	28
7.1	Erosjonssikkerhet	28
8	Risikoreduserende tiltak.....	29
9	Vurdering av planlagt tiltak	30
9.1	Planlagt tiltak.....	30
9.2	Modellering av planlagt tiltak	30
9.3	Vurdering av modellresultat	31
9.4	Faresone etter tiltak.....	33
9.5	Tilbaketrukket erosjonssikring	34
9.6	Oppsummering av vurdering av tiltaket	35
10	Konklusjon	36
10.1	Vurdering av planlagt tiltak	36
11	Referanser.....	37
12	Vedlegg	38

Figurer

Figur 1: Beliggenheten til det omsøkte området, ved vurdert elv i Indre Sædalen, Bergen kommune. Området vest for elva er tiltenkt flerbrukshall, området øst for elva er tiltenkt fotballbane.....	6
Figur 2: Oversiktskart over vurdert område, bruer, elveløp og kryssende vei nedstrøms.....	11
Figur 3: Bru 1 har en lysåpning på 3,3 x 2 m (horisontal x vertikal). Landkar i tørrmur. Flomvei vurdert til ut over høyre bredde.	12
Figur 4: Bru 2 har lysåpning på 3 x 1,4 m. Landkar i tørrmur. Flomvei vurdert til ut over høyre bredde.	12
Figur 5: Bru 3 har lysåpning på 5 x 1,4 m. Landkar i betong. Flomvei vurdert som diffus (vanskelig å fastslå ved øyemål).	13
Figur 6: Bru 4 har lysåpning på 5 x 1 m. Landkar i betong. Flomvei vurdert til noe diffus, men trolig ut over venstre bredde. Elveløpet innsnevres nedstrøms brua pga. tørrmur som er lagt i vinkel inn mot senter av elva fra høyre bredde.	14
Figur 7: Sandalsringen / Nye Sædalsveien, neddykket rør leder normalt vann igjennom veien til våtmarksområdet nedstrøms og Sanddalselva. Dimensjon rør er vurdert til 80-100 cm. Ved større vannføring vil elva krysse over veien.....	15
Figur 8: Løsmassekart, NGU	16
Figur 9: Feltgrensene til elv i Indre Sædalen.....	18
Figur 10: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.	19
Figur 11: Hypsografisk kurve til den vurderte elva i Sædalen og vurderte målestasjoner.....	20
Figur 12: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser.	25

Figur 14: Faresone som viser områder utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100 (sikkerhetsklasse F2).	27
Figur 14: Utsnitt av situasjonsplan Sædalen A105, 22.05.2024.	30
Figur 13: Redigert terrengmodell som simulerer bygg og fylling.	31
Figur 15: Endring i vannlinje med og uten idrettshall/terrenginngrep. Verdier innenfor +/- 0,02 vises ikke.	32
Figur 16: Endring i vannhastighet med og uten idrettshall/terrenginngrep. Verdier innenfor +/- 0,1 m/s vises ikke.	32
Figur 17: Strømningsbildet ved sørøstre hjørne av planlagt idrettshall. Til venstre er situasjonen uten terrenginngrep, til høyre er med økt terrenghøyder ved fylling og bygg.	33
Figur 18: Faresone som viser områder utsatt for flom ved innført planlagt idrettshall med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100 (sikkerhetsklasse F2).	34
Figur 20: Prinsippskisse av tilbaketrukket erosjonssikring, skissert over figur fra (NORCE, 2018).	35

Tabeller

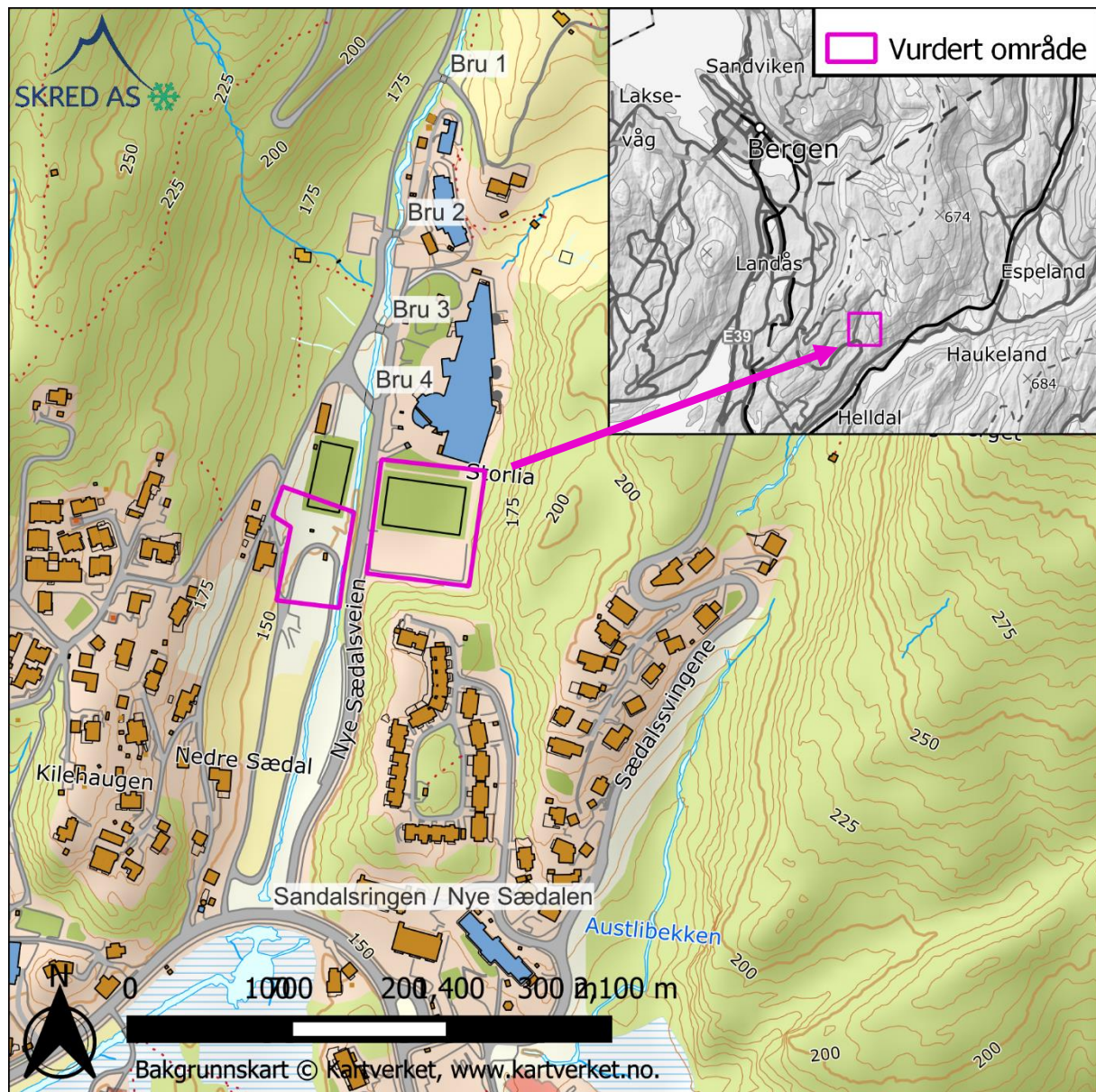
Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).	8
Tabell 2: Feltkarakteristika til elv, Sædalen.	17
Tabell 3: Feltkarakteristika og kurvekvaliteten til utvalgte referansevassdrag.	19
Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på utvalgte måleserier, findata.	20
Tabell 5: Resultater fra RFFA-NIFS for den vurderte elva i Indre Sædalen (kulminasjon).	21
Tabell 6: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metoder (kulm.).	22
Tabell 7: Dimensjonerende vannmengder i Indre Sædalen med og uten klimapåslag (kulminasjon).	22
Tabell 8: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for vurdert elv i indre Sædalen.	24

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med utvikling av Sædalen idrettspark i Indre Sædalen, i Bergen kommune er det planlagt bygging av en flerbrukshall og en fotballbane. Arealet som skal utvikles ligger innenfor NVEs aktsomhetssone for flom tilknyttet elva som renner igjennom dalføret. Det ønskes derfor en detaljert flomfarevurdering for tiltaksområdet. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 er lagt til grunn for vurderingene.

Beliggenhet til de vurderte områdene er vist på Figur 1.



Figur 1: Beliggenheten til det omsøkte området, ved vurdert elv i Indre Sædalen, Bergen kommune. Området vest for elva er tiltenkt flerbrukshall, området øst for elva er tiltenkt fotballbane.

1.2 Befaring

Befaring av området og elvestrekningen ble utført 28.03.2023 av Ingvild Brekke (Skred AS). Det var opphold og et tynt snølag på bakken under befaring. Registreringer ble gjort til fots.

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 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.

1.4 Innsigelse fra NVE

NVE har sendt inn en innsigelse (datert 26.04.2024) mot detaljreguleringsplan for Sædalen idrettshall.

Innsigelsen peker på at konsekvensen av at tiltak i flomsone er for lite utgreid. NVE peker spesielt på at konsekvensen av terrengendringene i flomsonen mangler utredning for hvordan de vil påvirke flomforholdene mot tilgrensende areal. Skred AS har derfor implementert terrengendringene i den hydrauliske modellen for å undersøke hvordan tiltaket vil påvirke situasjonen hydraulisk.

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 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 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.

2.2.1 Aktuelle krav

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 en flerbrukshall. Fotballbanen på østsiden av elva havner i sikkerhetsklasse F1. Fotballbanen er kartlagt til å ligge utenfor F2 flomsone, og det er derfor ikke gjort kartlegging av flomsone med lavere sikkerhetsklasse.

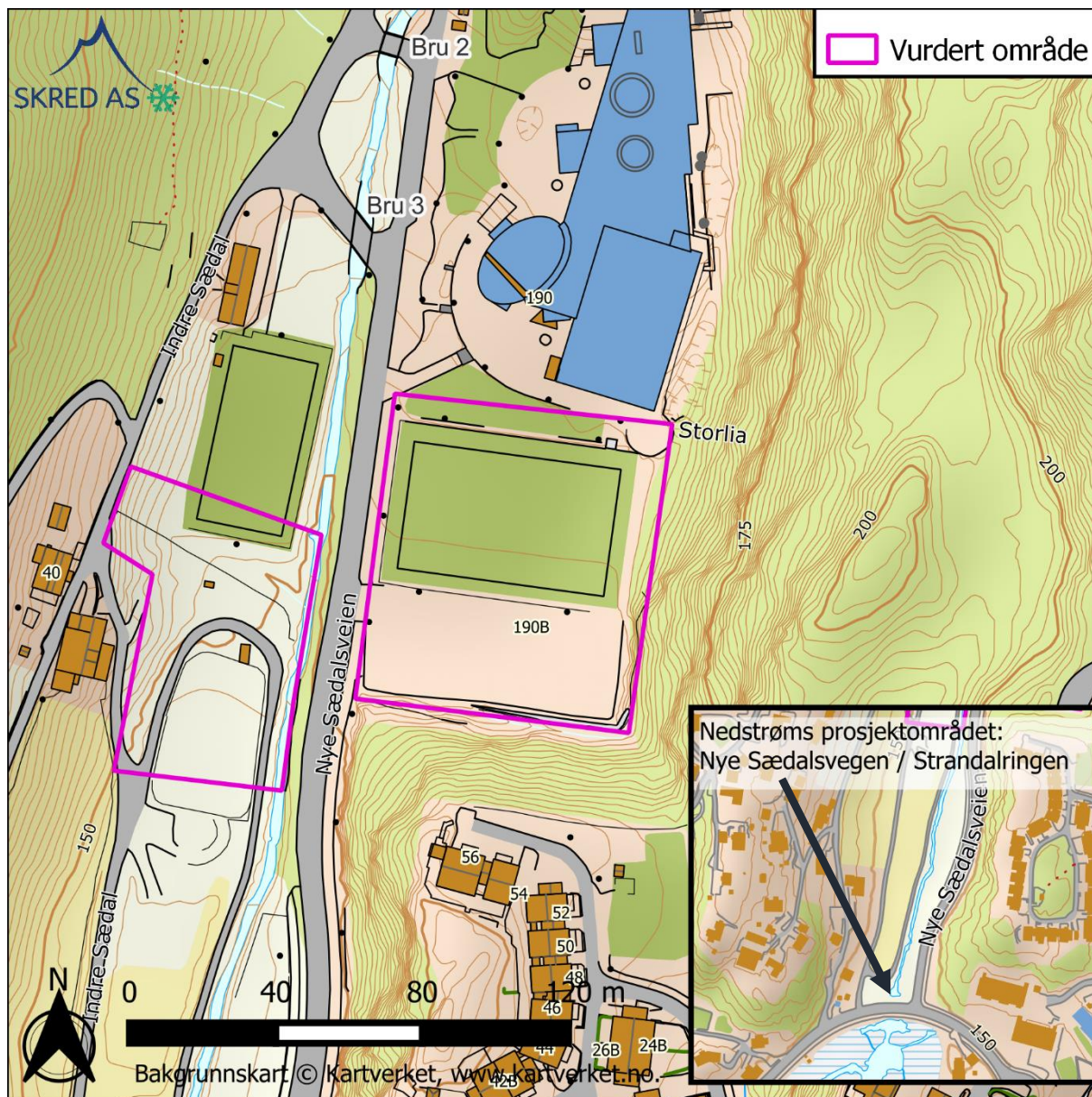
3 Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold

3.1 Område og elveløp

Den vurderte elva renner igjennom Indre Sædalen fra nord mot sør. Elva er tydelig kanalisert og har tilgrensende veibaner langs begge bredder i store deler av dalføret. Oppstrøms det vurderte området er det fire bruspenn over elva. Elva går forholdsvis i en rett kanal igjennom dalføret, nederst i dalføret går elva i et rør under Sanddalsringen / Nye Sædalsveien.

Elveløpet består i hovedsak av grove løsmasser, hvor hovedbestanddel er større blokker. Ved noen av brukonstruksjonene er det lagt tørrmur/betong langs elvebreddene. Det er vurdert som sannsynlig med moderat massetransport ved større flomhendelser. Ved befaring ble det notert flere tegn til erosjon i elveskråningene, spesielt i øvre del av dalen.

Figur 2 viser et oversiktskart over området.



Figur 2: Oversiktskart over vurdert område, bruer, elveløp og kryssende vei nedstrøms.

3.2 Konstruksjoner

Det er fire bruer oppstrøms det vurderte området, nummerert i teksten fra nord til sør (bru 1 – 4, Figur 1). Bruene forventes å ha påvirkning på kapasiteten i elvekanalen lokalt og potensielt forårsake flomveier utenfor kanalen, se Figur 3 - Figur 6. Den nederste av bruene (bru 4) ligger 80 m oppstrøms det vurderte området.



Figur 3: Bru 1 har en lysåpning på 3,3 x 2 m (horizontal x vertikal). Landkar i tørrmur. Flomvei vurdert til ut over høyre bredde.



Figur 4: Bru 2 har lysåpning på 3 x 1,4 m. Landkar i tørrmur. Flomvei vurdert til ut over høyre bredde.



Figur 5: Bru 3 har lysåpning på 5 x 1,4 m. Landkar i betong. Flomvei vurdert som diffus (vanskelig å fastslå ved øyemål).



Figur 6: Bru 4 har lysåpning på 5 x 1 m. Landkar i betong. Flomvei vurdert til noe diffus, men trolig ut over venstre bredde. Elveløpet innsnevres nedstrøms brua pga. tørrmur som er lagt i vinkel inn mot senter av elva fra høyre bredde.

Nedstrøms det vurderte området går elva i rør under Sandalsringen / Nye Sædalsveien. På befaring var innløpet dykket på grunn av høy utløpsvannstand. Rørdimensjonen er vurdert til 80-100 cm, og har for lav kapasitet for beregnet flomvannføring. Det forventes at vannet vil gå over veien, og at veibanen blir bestemmende terrengprofil for vannstanden i et område oppstrøms.

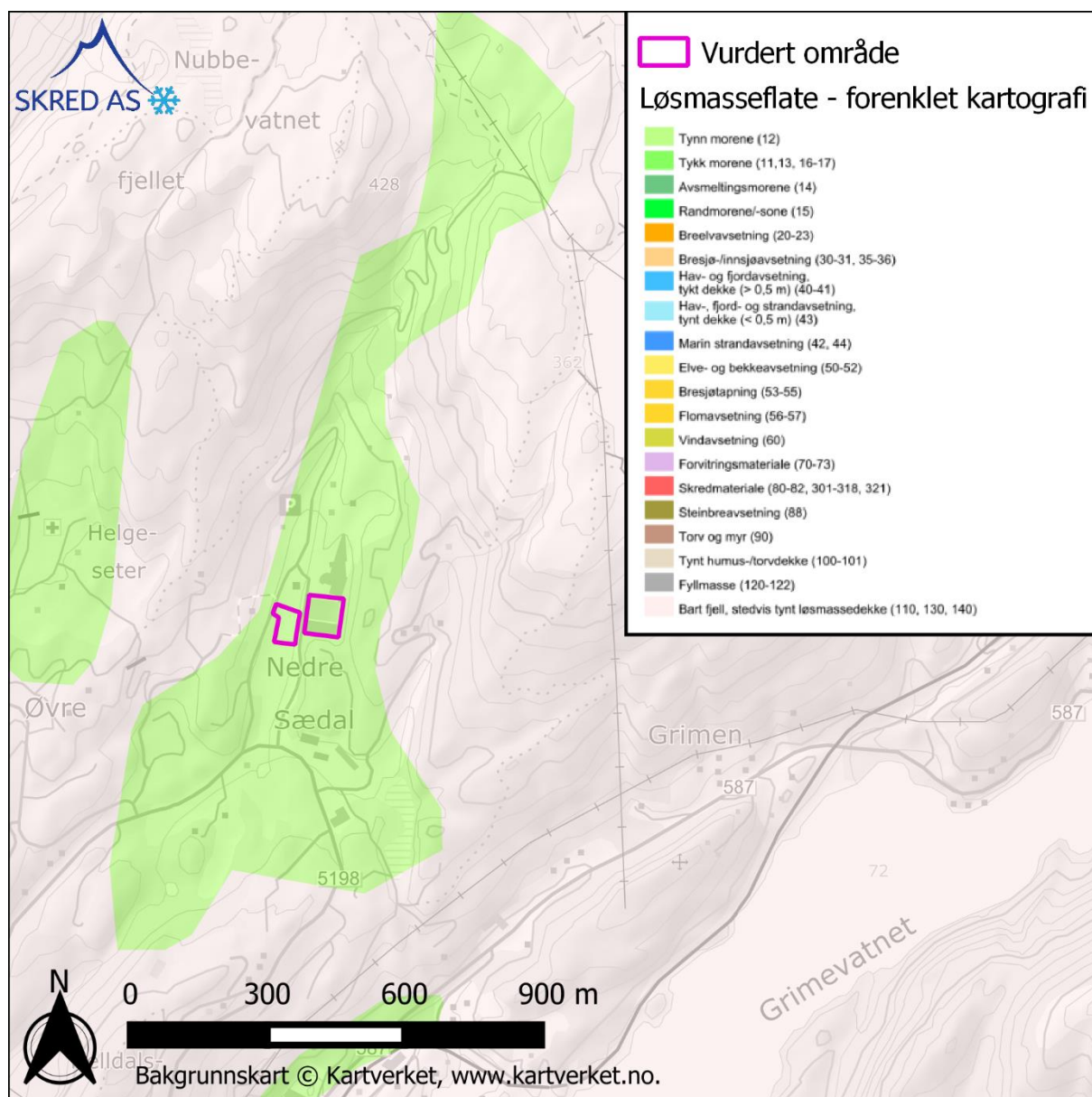


Figur 7: Sandalsringen / Nye Sædalsveien, neddykket rør leder normalt vann igjennom veien til våtmarksområdet nedstrøms og Sanddalselva. Dimensjon rør er vurdert til 80-100 cm. Ved større vannføring vil elva krysse over veien.

3.3 Grunnforhold

Området består ifølge NGU sitt løsmassekart av morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen (kartlagt i 1:50 000), se Figur 8.

Området ligger over marin grense.



Figur 8: Løsmassekart, NGU

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.

NVE sin veileder for flomberegninger (NVE, 2022) er lagt til grunn for beregning av dimensjonerende flommer.

4.2 Beskrivelse av nedbørfelt

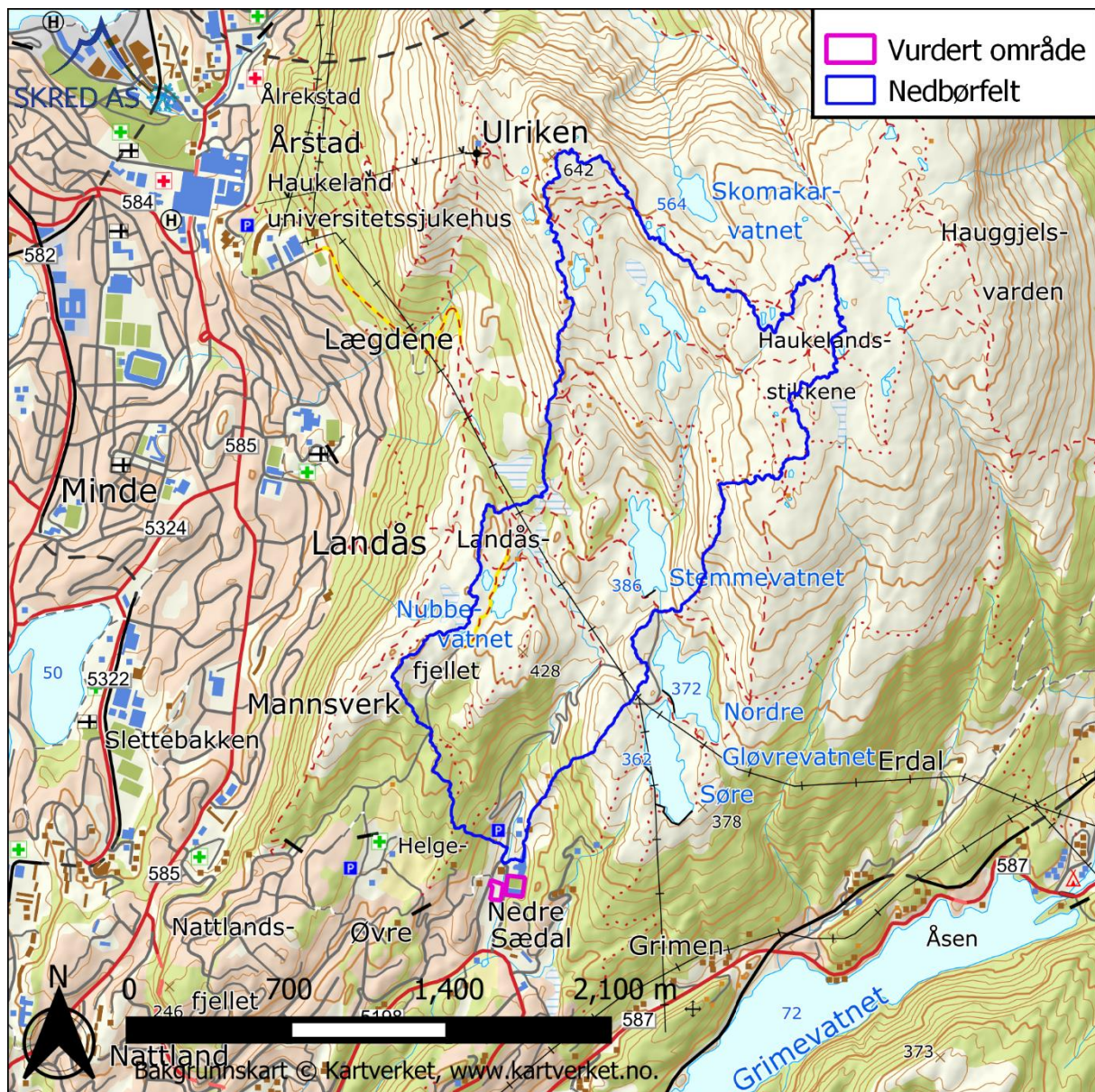
Nedbørfeltet til elva i Indre Sædalen har et moderat bratt nedbørfelt, som er slakere i øvre del og brattere ned mot det vurderte området (Figur 11). Feltet er dominert av snaufjell og har lav dempning i grad av effektiv sjøprosent. I nedre del av nedbørfeltet er det en del skog som kan bidra til noe fordrøyning. I øvre del av nedbørfeltet ligger Stemmevatnet som har en liten overføring til Nordre Gløvrevatnet som ligger utenfor nedbørsfeltet. Overføringen er 200 l/s, og skal normalt stenges i flomsituasjoner. Overføringen er såpass liten at den er neglisjert i beregningen. Feltet karakteriseres som lite og moderat bratt, og det forventes moderat til rask avrenningskarakteristikk.

Feltkarakteristika til den vurderte elva i Sædalen er vist i Tabell 2 og feltgrensene er vist i Figur 9.

Tabell 2: Feltkarakteristika til elv, Sædalen.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q_N^* [l/s*km ²]	Eff. sjø [%]	Skog [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh.]
Vurdert elv	2,5	105	0,9	17	74	158 - 659

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



Figur 9: Feltgrensene til elv i Indre Sædalen.

4.3 Flomfrekvensanalyse

4.3.1 Målestasjoner

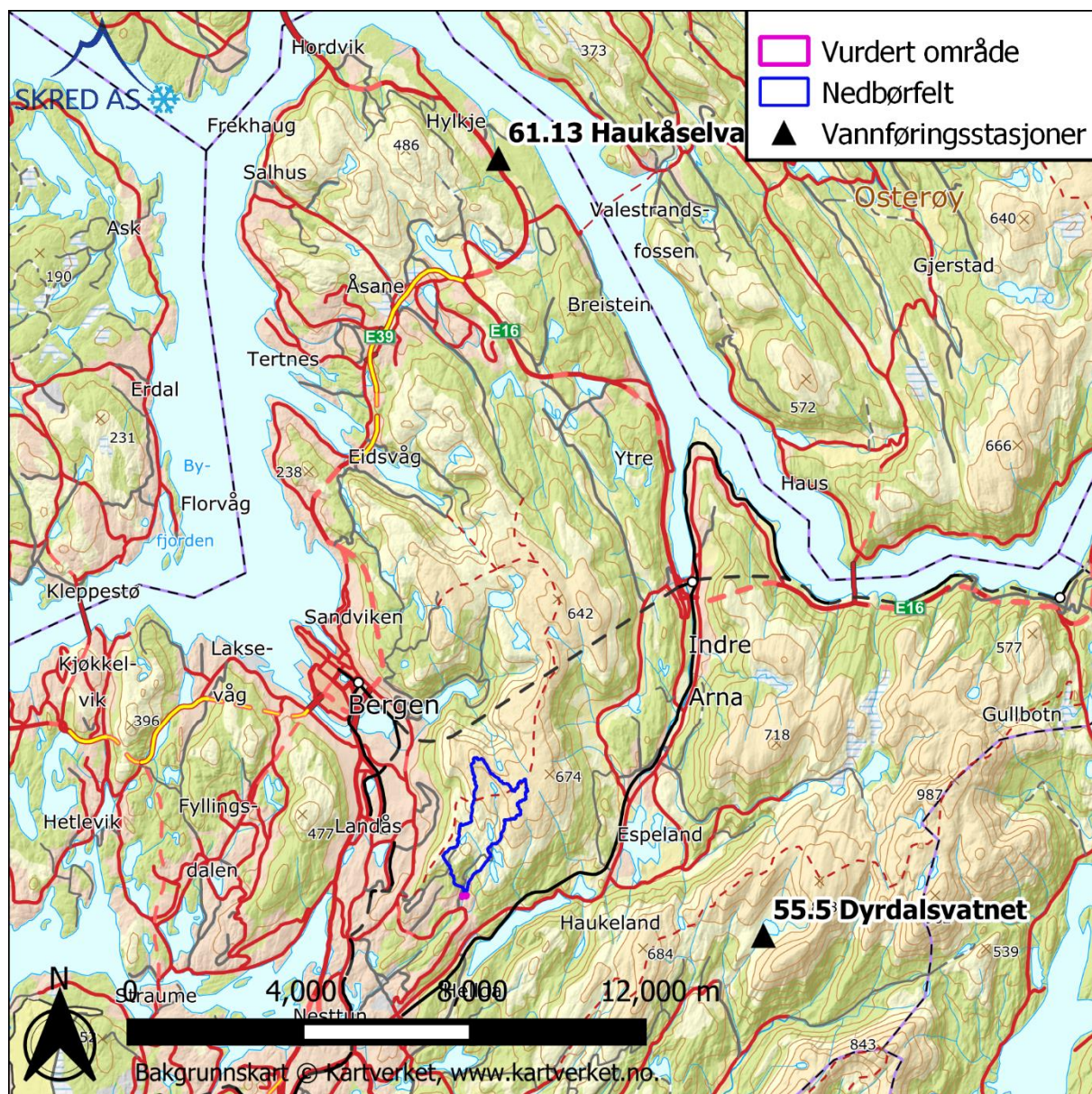
Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i den vurderte elva. Det er derfor funnet et utvalg målestasjoner som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene.

I Tabell 3 er det gitt et utvalg målestasjoner, inkludert feltkarakteristika, som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i det vurderte nedbørfeltet og gi grunnlag for lokal flomfrekvensanalyse. Haukåselva vil kun gi indikasjon på middelflom pga. begrenset dataserie. Det er valgt ut stasjoner som ikke er påvirket av regulering og hvor det foreligger et datagrunnlag med tilstrekkelig kvalitet. Middellavrenning (q_n) er beregnet basert på måleserien ved hver stasjon. Hypsografisk kurve til stasjonene er vist i Figur 11 og beliggenhet er vist i Figur 10.

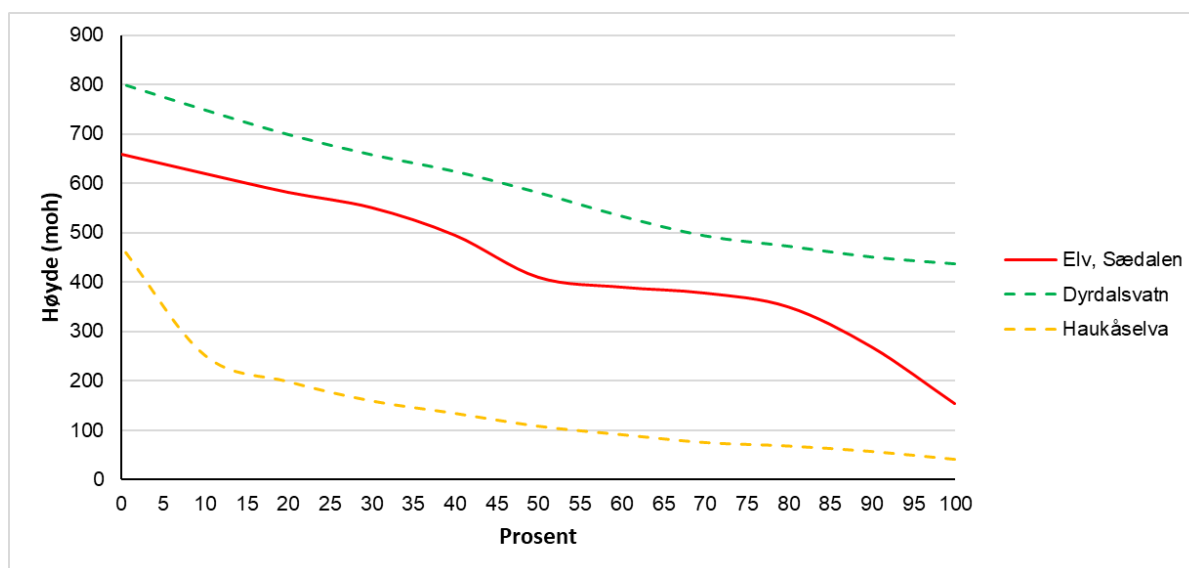
Tabell 3: Feltkarakteristika og kurvekvaliteten til utvalgte referansevasdrag.

Målestasjon	Feltareal [km ²]	Måleperiode dogn [år]	Q _N [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Snau-fjell [%]	Høydeint. [moh]	Kurve-kvalitet (flom)
Elv, Sædalen	2.5	-	105	0.9	17	74	158-659	-
55.5 Dyrdalsvatn	3.3	1974-	146	4	0	93	436-802	Meget bra
61.13 Haukåselva	7.4	2007-	80	0.4	40	11	41-108	Middels

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961 – 90.



Figur 10: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.



Figur 11: Hypsografisk kurve til den vurderte elva i Sædalen og vurderte målestasjoner.

4.3.2 Valg av metode for flomfrekvensanalyse

Ved Dyrdalsvatn er det lange serier med findata (> 25 år). Elva har et lite felt, så RFFA-NIFS er den aktuelle regionale flomfrekvensanalysen å sammenligne med. Siden RFFA-NIFS også gir kulminasjonsdata, er det valgt å gjøre flomfrekvensanalyse direkte på findata. Haukåselva har for kort dataserie for analyse av flommer med lengre gjentakintervall, så dataene fra denne stasjonen er derfor kun brukt i vurdering av middelflom.

4.3.3 Lokal flomfrekvensanalyse

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. Tabell 4 presenterer analysene utført med Flom_analyse-programmet i Hydra II på findata. Programmet tar utgangspunkt i årsflommer. År med mer enn 10 % manglende dager fjernes i analysen.

Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på utvalgte måleserier, findata.

Målestasjon	År	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M			Metode
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]	Nedre estimat	Middel- estimat	Øvre estimat	
55.5 Dyrdalsvatn	32	7.8	2365	1.68	2.00	2.36	Gumbel
61.13 Haukåselva	15	9.5	1283	-	-	-	Gumbel

4.3.4 Regional flomfrekvensanalyse

4.3.4.1 RFFA-NIFS

Formelverket RFFA-NIFS er et nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt der feltareal er mindre enn 60 km². Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent. Den største usikkerheten i formelverket er estimat av middelflom, og resulterende vekstkurve vurderes som robust for returperioder opp mot 200 år. 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. Det er derfor valgt å benytte en middelavrenning på 105 l/s*km² i flomformelverket.

Resultatene gitt fra flomformelverket for små nedbørfelt er presentert i Tabell 6.

Tabell 5: Resultater fra RFFA-NIFS for den vurderte elva i Indre Sædalen (kulminasjon).

Estimat	Middelflom		Q_{200}/Q_M	Q_{200} [m ³ /s]
	Q_M [m ³ /s]	q_M [l/s*km ²]		
Lav (2,5 %)	2.4	947		5.9
Middel	4.8	1895	2.47	11.8
Høy (97,5 %)	9.5	3789		23.5

4.4 Nedbør-avløpsmetoder

4.4.1 PQRUT

Da den vurderte elva er karakterisert som et lite felt ($A < 10$ km²) med en rask avrenningskarakteristikk, vurderes det at PQRUT vil være beheftet en stor grad av usikkerhet. Det er derfor valgt å ikke utføre flomberegninger med denne metoden.

4.4.2 Den rasjonale metode

Da nedbørfeltet er større enn 2 km² vurderes den rasjonale metoden lite aktuell for den vurderte elva.

4.5 Klimaframskrivninger

I henhold til anbefalinger i NVE (2022) blir et klimapåslag på 40 % benyttet for å ta hensyn til forventet økning i flomstørrelser frem mot år 2100. Påslaget på 40 % gjelder generelt for alle nedbørfelt mindre enn 10 km².

4.6 Vurdering av resultater

4.6.1 Middelflom

55.5 Dyralsvatn har litt større felt, ligger noe høyere og består i større grad av snaufjell. Dyralsvatn har større grad av demping fra effektiv sjøprosent sammenlignet med feltet til den vurderte elva i Sædalen, feltet har også en større andel snaufjell som vil gi raskere avrenning; effektene er vurdert å utligne hverandre noe. Nedbørfeltet er sørvestvendt.

Nedbørfeltet til 61.13 Haukåselva er ca. tre ganger så stort som det vurderte feltet, ligger lavere i terrenget og er slakere. Feltet har større andel skog og vesentlig lavere andel snaufjell. Feltet har som det vurderte nedbørfeltet til Sædalen lav andel effektiv sjøprosent. Feltet er orientert mot nordøst. Feltkarakteristikken tilsier at dette feltet vil ha tregere avrenning og lavere spesifikke vannmengder enn det vurderte feltet til Sædalen.

Begge feltene ligger forholdsvis nært det vurderte nedbørfeltet. Dyralsvatn virker mest representativ for det vurderte feltet, men er vurdert å gi noe høyere spesifikke flomverdier pga. høyereliggende nedbørfelt og høyere spesifikk avrenning.

Fra frekvensanalysen vurderes det at middelflom i det vurderte nedbørfeltet til Sædalen vil kulminere ved ca. 2200 l/s*km², som ligger over middelestimatet til det regionale formelverket.

4.6.2 Vekstfaktor

55.5 Dyralsvatn vurderes å ha godt grunnlag for frekvensanalyse, da den har både relativt lang dataserie og har data av en god kvalitet på høy vannføring. Vekstkurven ved stasjonen ligger for 200-årsflom noe under RFFA-NIFS.

Vekstfaktor fra RFFA-NIFS (2,47) er vurdert som robust opp mot 200-års flom, men virker noe høy for regionen. Det er valgt å sette vekstfaktor mellom RFFA-NIFS og Dyralsvatn, 2,25.

4.6.3 Sammenligning av resultater fra ulike metoder

Tabell 6: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metoder (kulm.).

Metode	q _m [l/s*km ²]	q ₂₀₀ [l/s*km ²]
Vurdert fra referansefelt	1285 - 2365	-
Formelverk for små nedbørfelt	947 – 3789 (1895)	2343 – 9372 (4686)
VALGT	2200	4950

4.7 Dimensjonerende vannmengder

Dimensjonerende vannmengder beregnet for elva i Sædalen er gitt i Tabell 7 under. Spesifikk 200-årsflom med klimatillegg er beregnet til 6930 l/s*km².

Tabell 7: Dimensjonerende vannmengder i Indre Sædalen med og uten klimapåslag (kulminasjon).

Klimapåslag [%]	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
	Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
Ingen	6	2200	2.5	12
40 %	8	3080	2.5	17

4.8 Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen

Det foreligger observasjoner nært vassdraget med god kvalitet, men det er store gradienter i spesifikke slomstørrelser i området. Det hydrologiske grunnlaget for flomberegninger

vurderes til klasse 3 (på en skala fra 1 – 5 der 1 er best). Det tilsvarer klassifiseringskriteriet «*Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området*».

5 Hydraulisk modellering

5.1 Metode

I beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren Hec-Ras versjon 6.3.1 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.

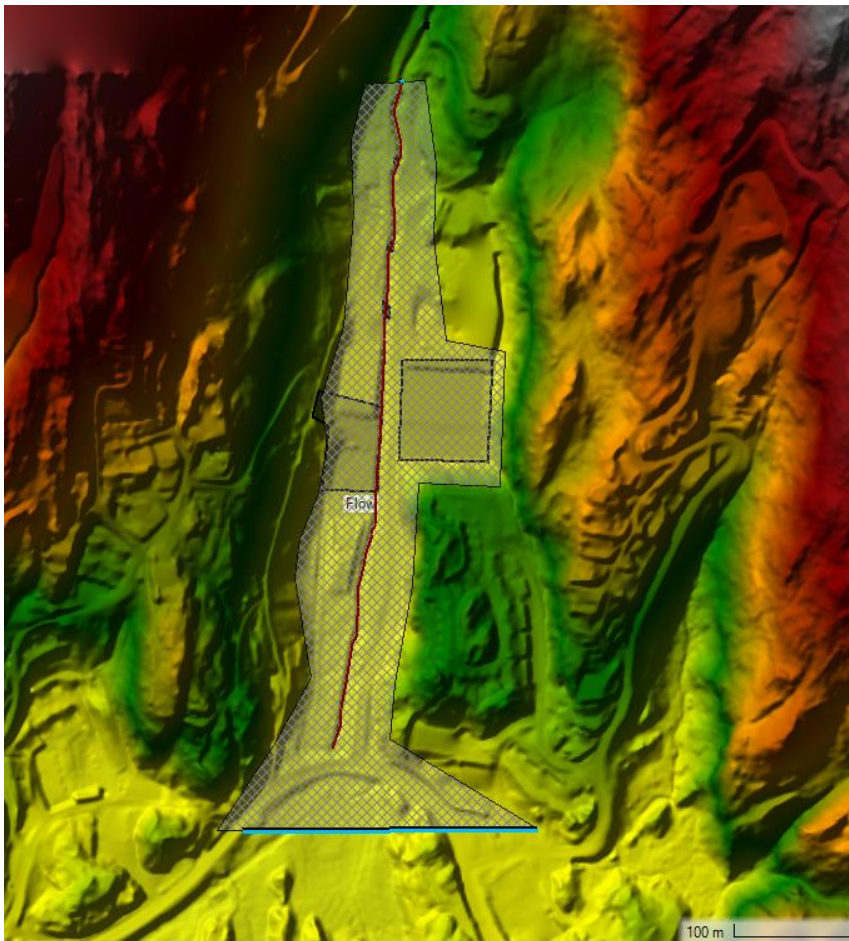
5.2 Oppsett av modell

5.2.1 Modelloppsett

Basert på bakkepunkter fra LiDAR-data av området fra 2016 og 2020 er det etablert en terrengmodell med horisontal oppløsning på 0,25 x 0,25 meter. Benyttede parametere i modellen fremkommer av Tabell 8. Terrengmodell, benyttet beregningsgrid og plassering av grensebetingelser er illustrert i Figur 12.

Tabell 8: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for vurdert elv i Indre Sædalen.

Parameter	Verdi
Oppløsning på terrengmodell	0,25 x 0,25 meter
Oppstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Nedstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Cellestørrelse beregningsgrid	2 x 2 / 1 x 1 meter
Likningssett	Full momentum
Tidsskritt	Gitt av courant-number mellom 0,1 og 1,0
Manningstall	22



Figur 12: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser.

5.2.2 Konstruksjoner

Konstruksjonene oppstrøms påvirker ikke forholdene ved den vurderte tomte ved flom, da alt vann som havner på avveie oppstrøms samles i elveløpet ved nordsiden av fotballbanen vest for elva. Sandalsringen / Nye Sædalsveien virker oppstuvende på vannstanden nedstrøms det vurderte området, men påvirker ikke vannstanden ved det vurderte området.

5.3 Modellert fremtidig 200-årsflom

Modelleringen viser at elveløpet har lav kapasitet for dimensjonerende flom igjennom dalføret, og at vann havner på avveie flere steder på det modellerte strekket. Ved fotballbanen på vestsiden av elva oppstrøms det vurderte området samler alt vann seg i elveløpet. Langs fotballbanen renner vannet i elveløpet som følge av at fyllingen til fotballbanen øker kapasiteten i kanalen. Vannet brer seg ut over høyre bredde i det elveløpet åpner seg opp nedstrøms fotballbanen. Mesteparten av vannet vil strømme i elveløpet eller over deler av det vurderte området på vestsiden av elva, men noe vil følge veien på vestsiden av dalen. Hele vannføringen samles mot en større flomslette oppstrøms Sandalsringen / Nye Sædalsveien.

Det vurderte området øst for elva vil ikke bli berørt ved dagens situasjon.

Det vil være relativt store vannhastigheter i kanalen forbi det vurderte området, lokalt over 4 m/s. Over det vurderte området vil hastighetene forholde seg roligere, rundt 1 m/s.

5.4 Sensitivitetsanalyse

Da vi ikke har tilgang på kalibreringsdata er det gjennomført en sensitivitetsanalyse av modellen. I sensitivitetsanalysen er vannføringen og ruheten økt med 20 %.

Øking i vannføring med 20 % gir en økning i vannstand langs det vurderte området på ca. 10 cm. Siden det vurderte området er slakt, har økningen noe innvirkning på oversvømt areal. Økt ruhet har ingen merkbar effekt på hverken vannstand eller oversvømt areal.

5.5 Klassifisering av hydraulisk modell

Den hydrauliske modellen er ikke kalibrert mot en målt vannføring og vannlinje, men sensitivitetsanalyser gir vannstandsendringer på < 30 cm. Modellen vurderes til klasse E (på en skala fra A-E, hvor A er best).

5.6 Sikkerhetspåslag

Sikkerhetspåslaget som skal legges på beregnet flomvannstand er vurdert på bakgrunn av klassifiseringen av flomberegninga og den hydrauliske modellen. For den aktuelle elva regnes sikkerhetspåslaget ut ved å legge til 50 % på dimensjonerende vannføring etter anbefaling i NVE (2022). Se kapittel 8 for anbefalinger for sikkerhetspåslag.

6 Faresoner for flom for dagens situasjon

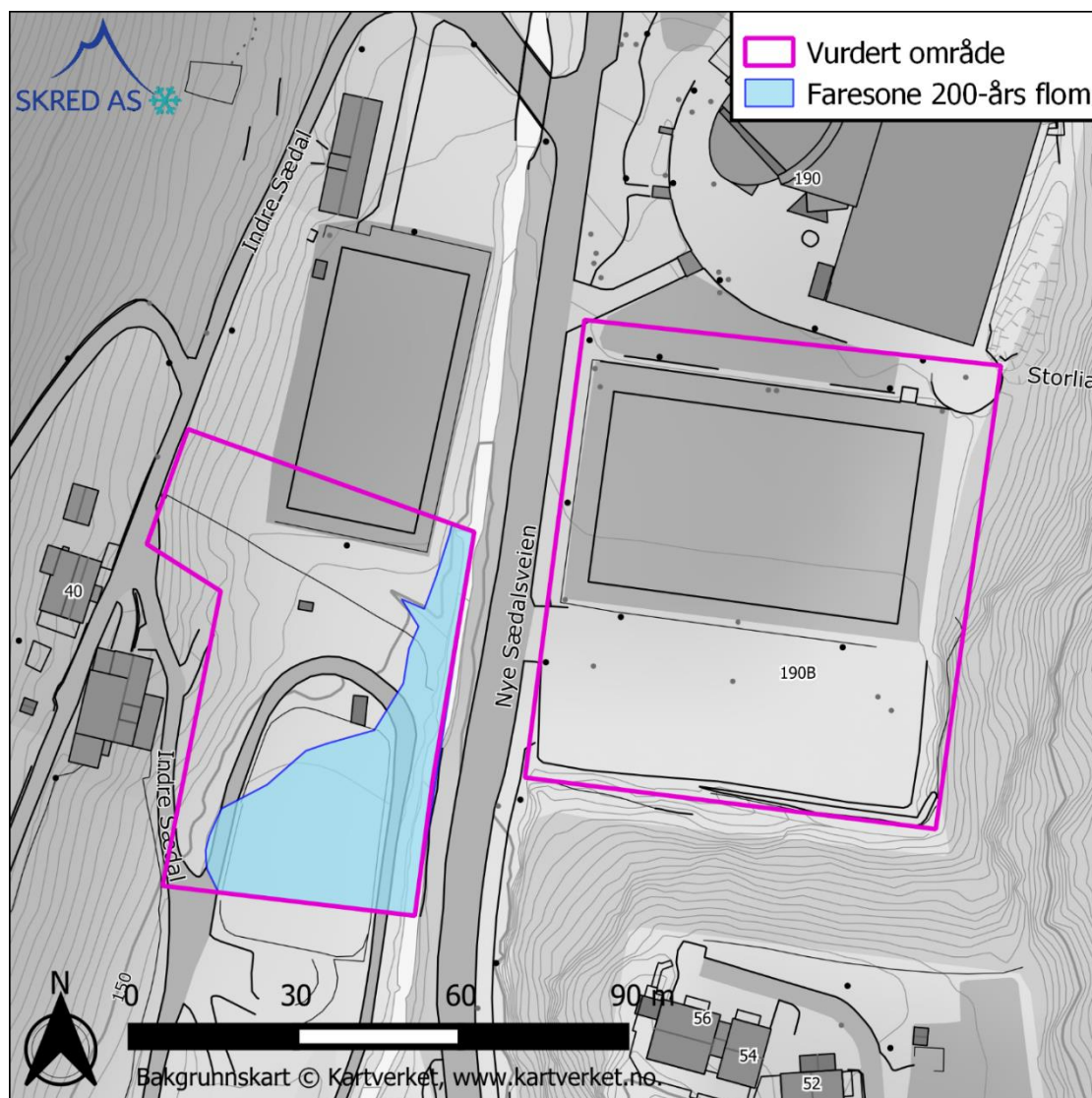
Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for det vurderte området. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

Faresonen er en konsekvens av at kanalen forbi det vurderte området har for lav kapasitet, slik at flomvannet vil bre seg ut over vestre bredde og danne et flomløp som går gjennom arealet til planlagt flerbrukshall.

Vanndypet i det vurderte området på vestsiden av elva er mellom 15-20 cm.

Vannhastighetene vil nå opp mot 1 m/s i dette området.

Faresonen fremkommer av Figur 13.



Figur 13: Faresone som viser områder utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100 (sikkerhetsklasse F2).

7 Vurdering av erosjonssikkerhet

7.1 Erosjonssikkerhet

I henhold til krav i TEK17 §7-2 (4) skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon.

For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten som utilstrekkelig, da det er tegn til pågående erosjon i elveskråningene og modellert høye vannhastigheter ved dimensjonerende flom. For å oppnå tilstrekkelig erosjonssikkerhet anbefales det en tilbaketrukket erosjonssikring i bakkant av kantvegetasjonen, se Figur 20. I tillegg så anbefales det at utfylling dimensjoneres etter veiledende vannhastigheter. Eventuell erosjonssikring bør ha jevnlig tilsyn etter flomhendelser og eventuelle skader må utbedres.

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.

For at bygget kan plasseres innenfor faresonen må byggegrunnen heves til et flomsikkert nivå. Det anbefales at høyden til terrenget heves til 0,5 m over kartlagt flomnivå (Vedlegg 1) innenfor flomsonen. Høyden er vurdert ut ifra beregnet sikkerhetspåslag. Det foreslåtte risikoreduserende tiltaket vil kanalisere elva, som vil føre til øking i både vannhastigheter og vannhøyder forbi det vurderte området. For å begrense den negative konsekvensen anbefales det å trekke utfyllingen lengst mulig mot vest, vekk fra toppen av elveskråningen. Dette vil sørge for størst mulig strømningsareal for elva ved flom, og lavere vannhastigheter og vannhøyder.

9 Vurdering av planlagt tiltak

9.1 Planlagt tiltak

Idrettshallen er planlagt bygget delvis innenfor faresonen på Figur 13, og det må derfor utformes risikoreduserende tiltak. Idrettshallen er planlagt på kote 150,0 moh. For dagens situasjon går det en grøft inn mot den øvre delen av bygget. Grøfta skal fylles igjen, og bygget havner derfor utenfor flomsone.

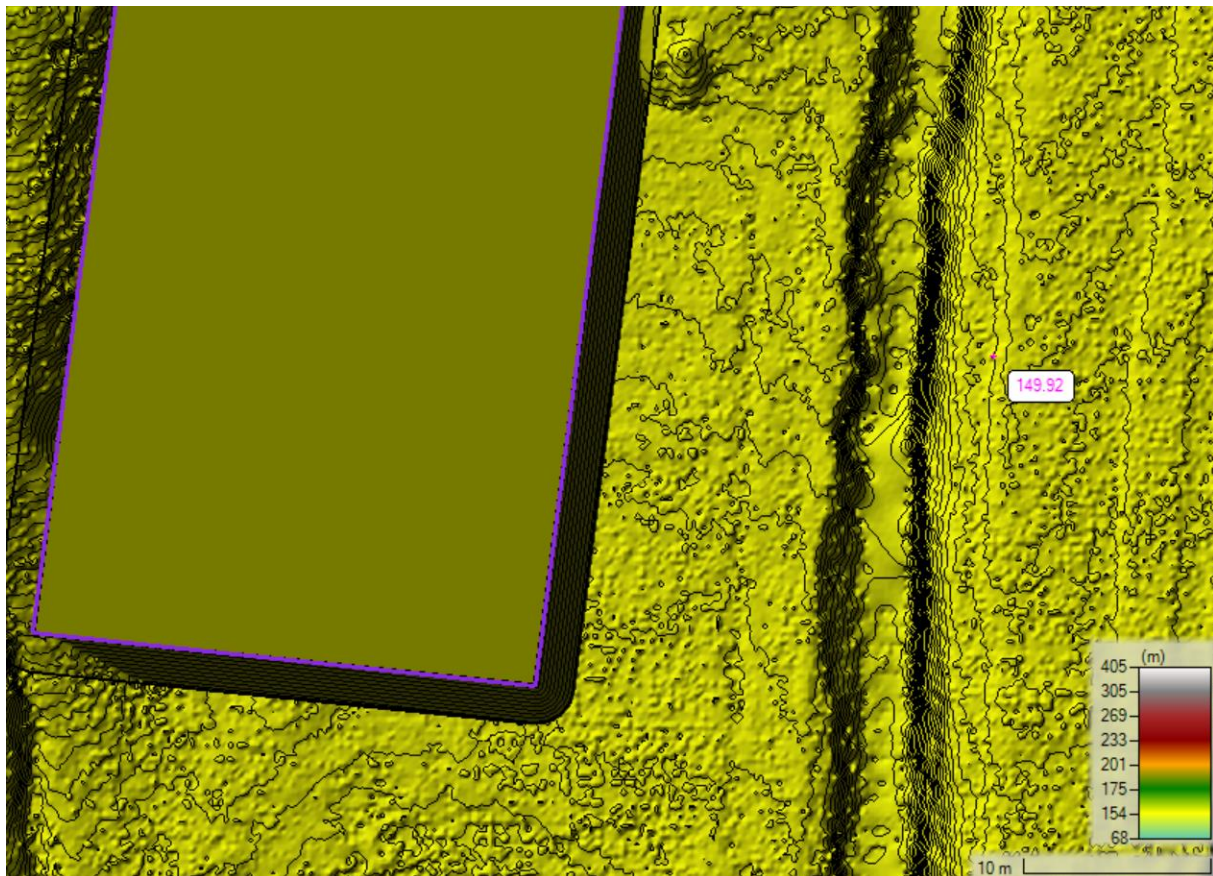


Figur 14: Utsnitt av situasjonsplan Sædalen A105, 22.05.2024.

9.2 Modellering av planlagt tiltak

Det er tatt utgangspunkt i samme hydrauliske modell som omtalt i kapittel 5, men idrettshallens innvirkning på hydraulikken ved dimensjonerende flom er vurdert ved å legge inn fylling og bygg i terrengmodellen. Terrenget i bygningsomrisset er satt til 155 moh. Topp

skråning er satt til 150 moh. ved ytterkant bygg. Skråningen går 2 meter ut med en helning på ca. 1:2. Figur 15 viser hvordan bygget er lagt inn i modellen.



Figur 15: Redigert terrengmodell som simulerer bygg og fylling.

9.3 Vurdering av modellresultat

Hydraulisk modell av dimensjonerende flom med terrengendring som simulerer planlagt idrettshall viser at utbyggingen vil påvirke vannhastigheter og vannstand lokalt. Fyllingen avskjærer vannet som strømmet over vestre bredde og vil øke vannstanden og vannhastighetene lokalt pga. redusert strømningsareal (se Figur 18). Vanndyp vil øke på det meste med ca. 8 cm (Figur 16) til maksimalt å nå rundt 30 cm vanndyp innenfor området mellom fylling og elv.

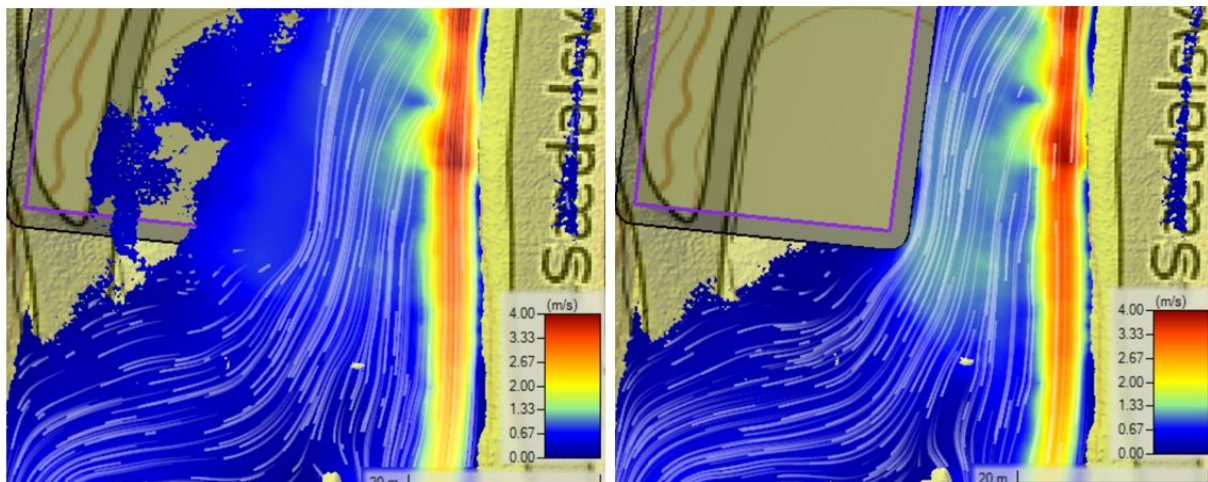
Vannhastighetene vil øke med rundt 0,1 til 0,3 m/s (Figur 17). Innenfor det berørte området vest for elva vil hastighetene ligge like over 1 m/s. Hastighetene vil også øke i en liten strekning langs østre bredde, her vil hastighetene øke med ca. 0,10-0,15 m/s. Hastighetene i selve elveløpet vil være tilnærmet uendrede.



Figur 16: Endring i vannlinje med og uten idrettshall/terrenginngrep. Verdier innenfor $\pm 0,02$ vises ikke.



Figur 17: Endring i vannhastighet med og uten idrettshall/terrenginngrep. Verdier innenfor $\pm 0,1$ m/s vises ikke.



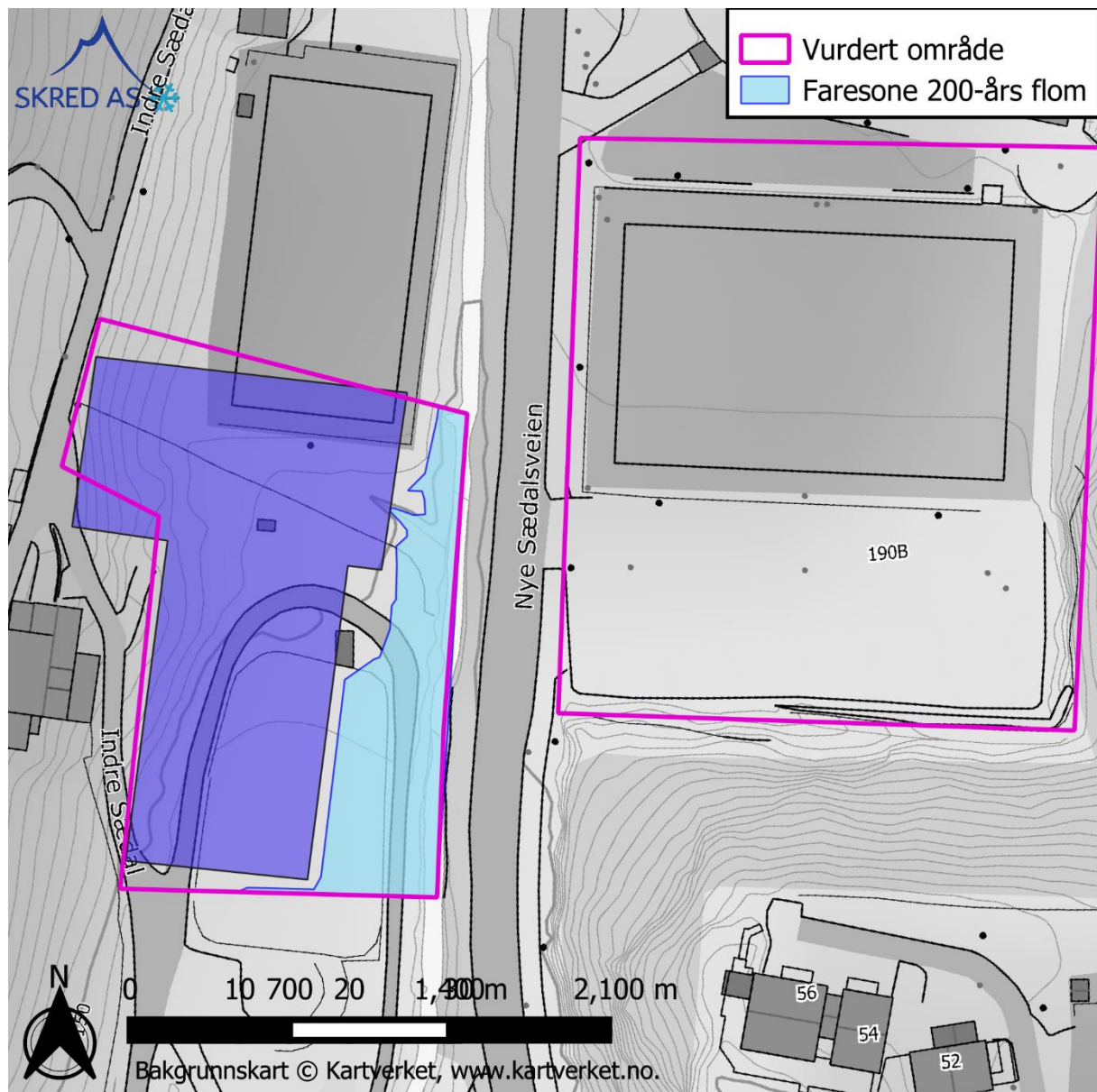
Figur 18: Strømningsbildet ved sørøstre hjørne av planlagt idrettshall. Til venstre er situasjonen uten terrenginngrep, til høyre er med økt terrenghøyder ved fylling og bygg.

9.4 Faresone etter tiltak

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for det vurderte området med planlagt tiltak (alternativ 1). 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 er en konsekvens av at kanalen forbi det vurderte området har for lav kapasitet, slik at flomvannet vil bre seg ut over vestre bredde og danne et flomløp mellom fyllingen til idrettshallen og elveløpet. Planlagt tiltak gir tilstrekkelig sikkerhet mot flom for den nye idrettshallen. Det antas at grøfta som leder flomsonen inn mot bygget i nordøst vil fylles igjen ved planering. Dette vil begrense flomfaresonen i dette område slik at bygget havner utenfor.

Faresonen fremkommer av Figur 13.



Figur 19: Faresone som viser områder utsatt for flom ved innført planlagt idrettshall med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100 (sikkerhetsklasse F2).

9.5 Tilbaketrukket erosjonssikring

For å ivareta størst mulig strømningsareal, og samtidig opprettholde et naturlig elveløp, anbefales det at det etableres en tilbaketrukket erosjonssikring (Figur 20). Erosjonssikringen kan graves ned i bakkant av elveskråning og kantvegetasjon. Dette kan utføres ved å grave en dyp grøft parallelt med elva i området mellom elva og fyllingen, som strekker seg langs hele bygget, og anlegge en skjult tørrmur i grøfta som kan tildekkes etter etablering. Muren bør forankres i dybde tilsvarende under elvebunnen parallelt med grøfta, slik at den står stabilt ved eventuell utgraving. Løsningen hindrer elva i å skade bygget hvis den begynner å

grave seg mot vest, og samtidig bevarer kantvegetasjon, strømningsareal og det naturlige elveløpet.

Dimensjonerende vannhastighet for den nedgravde tørrmuren settes til 3 m/s.

Dimensjonerende vannhastighet for fyllingen til bygget settes til 1,5 m/s.



Figur 20: Prinsippskisse av tilbaketrukket erosjonssikring, skissert over figur fra (NORCE, 2018)

9.6 Oppsummering av vurdering av tiltaket

Fyllingen til hallen vil begrense strømningsarealet og dermed øke vannstand og vannhastigheter innenfor en strekning på 30 meter mellom elva og fyllingen. Vanddypet her øker generelt med rundt 0,05 meter, mens hastighetene øker med 0,1-0,3 m/s og resulterer i hastigheter rundt 1,1 m/s. Det er utelukkende områder innenfor planområdet som påvirkes. Endringene i selve elveløpet er neglisjerbare (<0,02 meter og < 0,1 m/s). Vi vurderer at endringen i flomsituasjonen kan betraktes som marginal, og vil ikke ha noen betydelig negativ konsekvens for tilgrensende områder.

10 Konklusjon

Dimensjonerende 200-årsflom i den vurderte elva, inkludert et klimapåslag på 40 %, er beregnet til 17 m³/s. Det er etablert en hydraulisk modell av elva ved tiltaksområdet og omliggende terreng. Beregningen viser at elveløpet har for lav kapasitet i det vurderte området og at elva vil bre seg ut over deler av arealet tiltenkt flerbrukshall, vest for elveløpet.

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.

Planlagt plassering av fotballbanen øst for elva ligger utenfor flomfasesonen.

For å ivareta sikkerhet mot flomfare i henhold til sikkerhetsklassen for flerbrukshallen anbefales det å heve planeringshøyden. Anbefalt byggesikker høyde, er satt til 0,5 meter over kartlagte vannhøyder (Vedlegg 1) innenfor flomsone.

Det er tegn til pågående erosjon flere steder i elveløpet. Erosjonssikkerheten vurderes som utilstrekkelig for planlagt bygg. Elveskråningen mot den aktuelle flerbrukshallen og eventuelle fyllmasser må derfor erosjonssikres. Utfylling bør plasseres lengst mulig mot vest, vekk fra toppen av elveskråningen, for å ivareta størst mulig strømningsareal og redusere vannhastigheter og vannhøyder.

10.1 Vurdering av planlagt tiltak

Utfyllingen til idrettshallen vil endre strømningsforholdene på flomsletten vest for elva. Endringene er innenfor et område hvor det i utgangspunktet var rolige hastigheter og lavt vanddyb. Økning i vannstand og vannhastighet vurderes fra Skred AS som små til neglisjerbare, og vil ikke ha betydelig negative konsekvenser for tilgrensende området. For å opprettholde erosjonssikring anbefales det å anlegge en tilbaketrukket erosjonssikring langsmed bygget og i tillegg erosjonssikre skråningen til utfyllingen. Utfylling av grøft ved nordøstre del av bygget vil redusere flomsone i dette område slik at bygge havner utenfor flomsone.

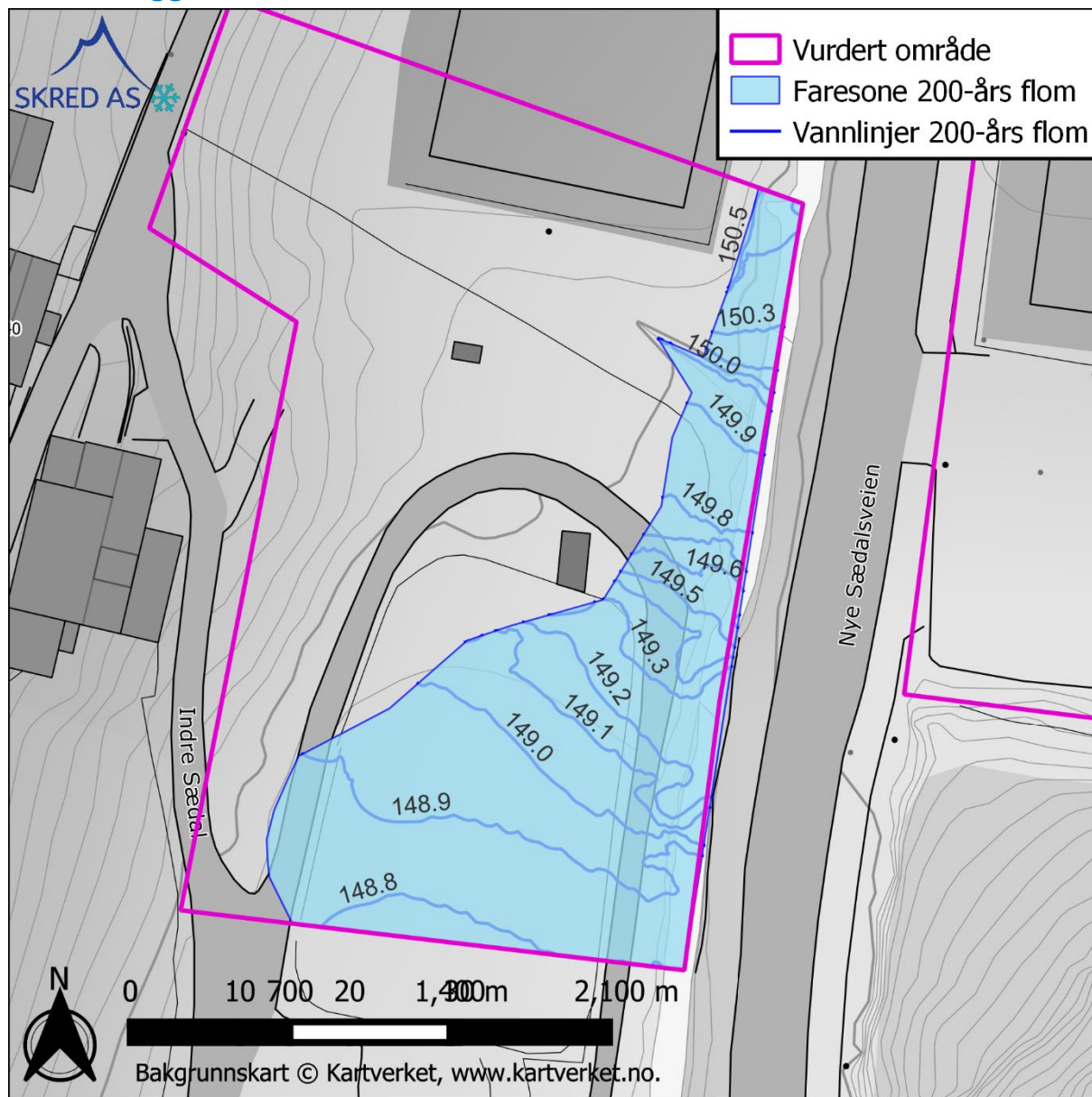
11 Referanser

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

NORCE. (2018). *Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø. .*

NVE. (2022). *Sikkerhet mot flom. Veileder 3/2022*.

12 Vedlegg



Vedlegg 1: faresone 200-års flom med vannlinjehøyder, 10 cm oppløsning.