

Oppdragsgiver	Navn Teknaconsult AS	Kontaktperson Øyvind Austbø
Oppdrag	Nummer og navn 22463 (HP 21545) – Time, KU for områdeplan flom og overvann	Oppdragsleder Ingrid Alne
Dokument	Nummer 21545-03-5 Utført av Ingrid Alne	Dato 2025-04-23 Kontrollert av Petter Reinemo

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
5	23.04.2025	IA	PR	Oppdatert konsekvensmatrise i kapittel 7 med samlet konsekvens
4	09.04.2025	IA	PR	Oppdatert konsekvensmatrise i kapittel 7
3	24.03.2025	IA	PR	Oppdaterte plankart, avsnitt 4.8, kapittel 5
2	01.10.2024	IA	PR	Revidert etter innspill
1	16.05.2024	IA	PR	Utkast for innspill

Konsekvensutredning flom og overvann – områdeplan Orstad nord, Kalberg, Frøyland og Kvernaland

Sammendrag

I forbindelse med konsekvensutredning for ny områdeplan i Time kommune har Skred AS utredet behov for flom og overvannshåndtering i planområdene samt identifisering av tiltak for flomsikring i resipientene. Vassdragene som utbyggingsområdene drenerer til er sårbare med hensyn på flom og overvann, og det er derfor vurderte tiltak i vassdragene for å bedre dagens situasjon. Ut ifra sårbarheten til resipientene er det satt krav til overvannshåndtering med gjentakintervall for de ulike trinnene i tretrinnsstrategien som skal reflektere konsekvensene nedstrøms.

Utbyggingsområdene i den vurderte områdeplanen vil føre til mer tette flater og potensielt økt avrenning mot eksisterende vassdrag. De fleste av resipientene er sårbare for økt avrenning og har kapasitetsutfordringer i dagens situasjon. For at man skal kunne bygge ut i disse områdene må det utføres avbøtende tiltak i vassdragene som forbedrer dagens situasjon, i tillegg til lokal overvannshåndtering i hvert utbyggingsområde.

I henhold til krav fra Time kommune skal utbyggingsområder som drenerer til de mest utsatte vassdragene Kalbergbekken, Frøylandsbekken og Fjermestadbekken planlegges med fordrøyning med 200-års gjentakintervall, samt et strengt påslippskrav. For de andre

resipientene er det vurdert nedstrøms konsekvenser og kapasitet i resipientene opp mot et hensiktsmessig gjentakintervall. Krav til gjentakintervall og påslippsmengder må sikres i planbestemmelsene for at det skal bli fulgt opp i senere detaljregulering.

Innhold

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Mål	4
1.3	Kartleggingsområdet	4
1.4	Forbehold	5
1.5	Tidligere utredninger	6
2	Regelverk og krav	7
2.1	Flomfare	7
2.1.1	Lovverket	7
2.1.2	Kommuneplanens arealdel	8
2.2	Overvann	9
2.2.1	Lovverket	9
2.2.2	Kommuneplanens arealdel	10
2.2.3	Andre føringer fra kommunen	11
3	Beskrivelse av området og vurderte vassdrag	12
3.1	Beskrivelse av området	12
3.2	Vassdrag	13
3.2.1	Frøylandsbekken	15
3.2.2	Kalbergbekken	16
3.2.3	Figgjo	18
3.2.4	Bekk Fjermestadvegen	18
3.2.5	Bekk Lunden	20
3.2.6	Bekk ved Frøylandsparken	21
3.2.7	Orstadbekken (Klepp)	22
3.2.8	Njåbekken	23
3.3	Grunnforhold	24
4	Utbyggingsområdenes påvirkning på vassdragene	25
4.1	Generelt	25
4.2	NK1	25
4.3	KN6	27
4.4	NK3	27
4.5	BK1 og NK2	29
4.6	NK4	30
4.7	BK5 og BK6	31
4.8	Ny fylkesvei 505	32
4.8.1	Kryssing av Njåbekken ved Sletteigvegen	33

4.8.2	Kryssing av Kalbergbekken	34
5	Avbøtende tiltak i vassdragene	35
5.1	Generelt	35
5.2	Etablering av sensorer for overvåkning av vannføring og vannkvalitet	35
5.3	Frøylandsbekken	36
5.4	Kalbergbekken	36
5.4.1	Utbedring av kritiske punkt og strekninger	37
5.4.2	Flomdemping i myrområdene til Kalbergbekken	39
5.4.3	Bekkeomlegging av Kalbergbekken ved RK3/4	40
5.5	Figgjo	41
5.6	Bekk Fjermestadvegen	43
5.7	Bekk Lunden	44
5.8	Bekk Frøylandsparken	46
	Prinsipper og løsninger for lokal overvannshåndtering	47
5.9	Tretrinnstrategien for overvannshåndtering	47
5.10	Trinn 1: Infiltrasjon	47
5.11	Trinn 2: Fordrøyning	48
5.11.1	Eksempel på utforming av overvannsdammer	49
5.12	Trinn 3: Flomveier	51
6	Krav til håndtering av overvann i utbyggingsområdene	52
6.1	Vannføring og påslipp til resipienter	52
6.2	Krav til gjentakintervall og påslippsmengde	52
6.3	Beregning av nødvendig areal til regnbed for trinn 1	53
6.4	Beregning av nødvendig fordrøyningsvolum for trinn 2	53
7	Oppsummering og konsekvensvurdering	55
7.1	Konsekvensvurdering av utbygging for resipientene	55
7.2	Prinsipper som skal sikres i bestemmelsene	57
8	Referanser	58
	Vedlegg	59
1	Vedlegg A: Flomberegning for vassdrag	60
2	Vedlegg B: Beregning av fordrøyningsvolum	72
3	Vedlegg C: Beregning av nødvendig regnbed-areal	75

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

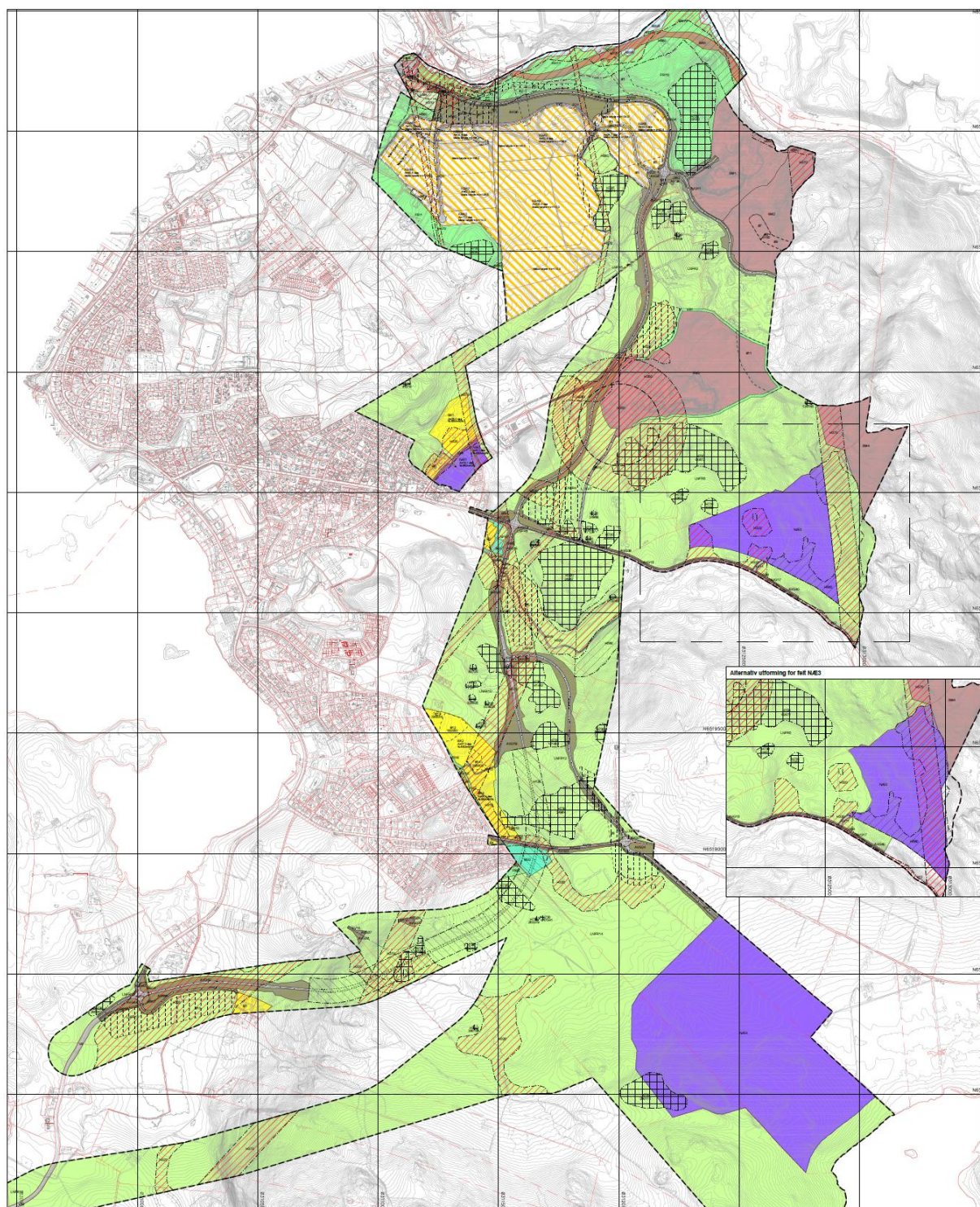
Det skal gjennomføres en konsekvensutredning for ny områdeplan i Time og Klepp kommune. Skred AS er forespurt om å utrede for flom- og overvannshåndtering, med vurdering av behov for overvannshåndtering i planområdene og flomsikring i vassdragene. Vassdragene som utbyggingsområdene drenerer til er sårbare med hensyn på flom og overvann, og det skal derfor vurderes tiltak for å redusere framtidig avrenning, både lokalt i planområdene og mulige tiltak langs vassdragene for å bedre dagens situasjon.

1.2 Mål

Målet med denne rapporten er å kartlegge resipientene som kan påvirkes i områdeplanen, og sette krav til framtidige utbygginger for å minimere negativ påvirkning på resipientene med hensyn på flomfare. I tillegg skal det identifiseres avbøtende flomsikringstiltak som kan utbedre dagens situasjon, hvor det allerede i dag er kjente utfordringer med flom.

1.3 Kartleggingsområdet

Beliggenheten til kartleggingsområdet er vist på Figur 1.



Figur 1: Foreliggende plankart for områdeplanen i Time og Klepp kommune datert 31.03.2025.

1.4 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.

1.5 Tidligere utredninger

Skred AS har tidligere utført en vurdering for delområde A av områdeplanen hvor det er gjort innledende vurderinger av sikringstiltak i Frøylandsbekken, Rapport 21545-01-2 datert 13.02.24.

2 Regelverk og krav

2.1 Flomfare

2.1.1 Lowverket

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, 2017).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2017).

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

Basert på kravene til sikkerhet i TEK17 og bestemmelser i kommunedelplan virker sikkerhetsklasse F2 mest aktuell. Det medfører at årlig sannsynlighet for flom skal være mindre enn 1/200. Det er opp til kommunen å fastsette endelige sikkerhetsklasser. Ved dimensjonering av nye veikryssinger er det håndbok N200 og N400 fra Statens vegvesen som gjelder.

2.1.2 Kommuneplanens arealdel

Time kommune har følgende bestemmelser i kommuneplanens arealdel knyttet til flom:

24 Bruk av verna vassdrag

Tiltak i vassdragsbelte inntil 100 m frå vasskanten, samt frådeling til slike formål, kan ikkje finna stad før området inngår i godkjent reguleringsplan eller er godkjent etter aktuelt lov- og regelverk. Langs kanten av alle elvar/vassdrag med årssikker vassføring skal det, utanom bymessig utbygde område, vera ei minst seks meter brei sone med naturleg kantvegetasjon langs vass-strengen, målt horisontalt frå vasskanten ved normal vassføring. Denne kantvegetasjonen skal ikkje jord arbeidast, sprøytast, haustast eller gjødslast, jf. vassressurslova § 11.

31.2 Område langs vassdrag (H560)

Retningslinjer:

For verna vassdrag (Figgjo, Orre, Håelva, Bjerkreimsvassdraget og Fuglestadåna) skal dei rikspolitiske retningslinjene for verna vassdrag leggst til grunn for ei differensiert forvaltning av vassdragbeltet. Verneklassar er vist på Temakart 3. For område i nedslagsfeltet til Figgjovassdraget gjeld Forvaltningsplan for Figgjo etter Vassforskrifta.

Klasse 1: Vassdragsbelte i og nær byar og tettstader som har eller kan få stor verdi for friluftsliv.

Ein må unngå inngrep som vil vera til skade for pedagogiske verdier, friluftsverdier, fiske og tilkomst i og langs vassdraget.

Klasse 2 og 2A: Vassdragsbelte med moderate inngrep i sjølve vassdraget, i område med utmark, kulturlandskap og spreidd busetting.

Ein må oppretthalda hovudtrekka i landskapet. Inngrep som endrar forholda i kantvegetasjonen langs vass-strengen og i område som er ein naturleg del av vassdragsnaturen, bør ikkje tillatast (Klasse 2). Leveområde for trua plante- og dyreartar og område med rike kulturminne skal særleg skjermast mot inngrep (Klasse 2A).

Klasse 3: Vassdragsbelte som er lite påverka av moderne menneskeleg aktivitet, og derfor har stor opplevings- og vitskapeleg verdi.

Ein bør unngå alle former for inngrep og omdisponering av areal i vassdragsbeltet. Ein må søka å unngå alle former for inngrep som reduserer vassdraget sine naturkvalitetar, samt søka å oppretthalda vasskvalitet og naturleg vassføring

2.2 Overvann

2.2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-10 stiller krav om håndtering av overvann:

«Tiltakshaver skal gjennomføre tiltak slik at overvann i størst mulig grad infiltreres eller fordrøyes på eiendommen. Forsvarlig avledning skal sikres og opparbeides så langt det er nødvendig. Første og andre punktum gjelder så langt ikke annet er bestemt i arealplan.

Kommunen kan avslå tiltak som ikke oppfyller kravene i første ledd.»

I TEK17 § 15-8 (sist endret 1. januar 2024) stilles det krav til at overvann skal håndteres lokalt:

- 1. «Løsninger for infiltrasjon, fordrøyning og avledning av overvann skal til sammen dimensjoneres for nedbør med klimajustert 100-års gjentaksintervall, så langt ikke annet er bestemt i arealplan.»*
- 2. «Drensvann skal i størst mulig grad infiltreres eller på annen måte håndteres lokalt. Avledning av drensvann skal skje slik at det ikke oppstår oversvømmelse eller andre ulemper ved dimensjonerende regnintensitet.»*
- 3. Byggverk skal sikres mot oversvømmelse som følge av høy vannstand eller overtrykk i avløpsledning. Sjenerende lukt skal ikke forekomme.*

Andre relevante lover er blant annet vannressursloven, naturmangfoldloven og Grannelova, 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.»

- Naturmangfoldloven §10

«En påvirkning av et økosystem skal vurderes ut fra den samlede belastning som økosystemet er eller vil bli utsatt for.»

- 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 Kommuneplanens arealdel

Kommuneplanens arealdel 2018 – 2030 (datert 21.05.2021) for Time kommune har blant annet følgende bestemmelse knyttet til overvannshåndtering:

4.1. Generell klimatilpassing

4.1.1. Som hovedregel skal overvatn takast hand om på eiga tomt og ikkje tilførast kommunalt avløpsnett. Til ei kvar skal tid gjeldande rettleiar for vatn og klimatilpassing i kommunen leggst til grunn for vurdering i plan- og byggesaker.

4.1.2. Overvatn skal handterast lokalt etter tre-trinns strategien: Primært skal den daglege nedbøren infiltrerast, sekundært skal vatnet forsinkast, tertiært skal det sikrast trygge flaumvegar.

4.1.3. Det skal vera eit mål at vassbalansen vert oppretthalden ved å ivareta vatnet sitt naturlege kretsløp, samt at naturen sin sjølvreinsingsevne vert utnytta.

4.1.4. Dersom vassdrag har kapasitet kan overvatn tilførast direkte etter nødvendig reinsing. Den daglege nedbøren skal infiltrerast. Som del av reguleringsplan/byggesøknad, skal det gjerast ei konkret vurdering av moglege konsekvensar som følge av auka vasstilførsel opp mot resipientens sårbarheit og valt rensekraft.

4.1.5. Dersom det er tungtvegande grunnar for at tre-trinns strategien ikkje kan gjennomførast, kan overvatn via fordrøying førast til kommunalt leidningsnett etter godkjenning frå kommunen.

4.1.6. Det vert ikkje tillate å lukka bekkar og gjera tiltak på eksisterande myr.

4.2. VA-rammeplan

4.2.4. Overvassløysingane skal planleggast slik at dei kan inngå som bruks- og trivselement i uteareal og utnyttast som ein ressurs i planen. Overvatnet skal òg bidra til å sikra eit biologisk mangfald. Løysingar må veljast ut frå grunnforhold, terrengutforming og andre lokale forhold. Det skal settast av tilstrekkeleg areal til overvassanlegg.

4.2.5. Avrenningslinje/flaumvegar skal kartleggast heilt fram til eit større vassdrag. Avrenning i planområdet skal avleiest trygt via opne flaumvegar, handterast i planområdet/anlegget for eksempel ved å tillata lokal oversvømming av parkeringsanlegg/forseinkingar i terrenget eller via overvassleidningar dimensjonerte for flaum.

4.2.6. Naturlege flaumvegar og forseinkingar i terrenget skal i hovudsak takast vare på. Plassering og form kan endrast dersom det kan dokumenterast at dette ikkje vil føra med seg negative konsekvensar for andre område, jf. til ei kvar tid gjeldande kommunalteknisk norm.

4.2.7. Der tiltak rører lukka bekkar skal det utarbeidast ein plan for opning. Dokumentasjon av eventuelle konsekvensar må gjennomførast.

4.2.8. Ansvar for vedlikehold av bekkar og opne flaumvegar på privat grunn i planområdet skal beskrivast i rammeplanen.

2.2.3 Andre føringer fra kommunen

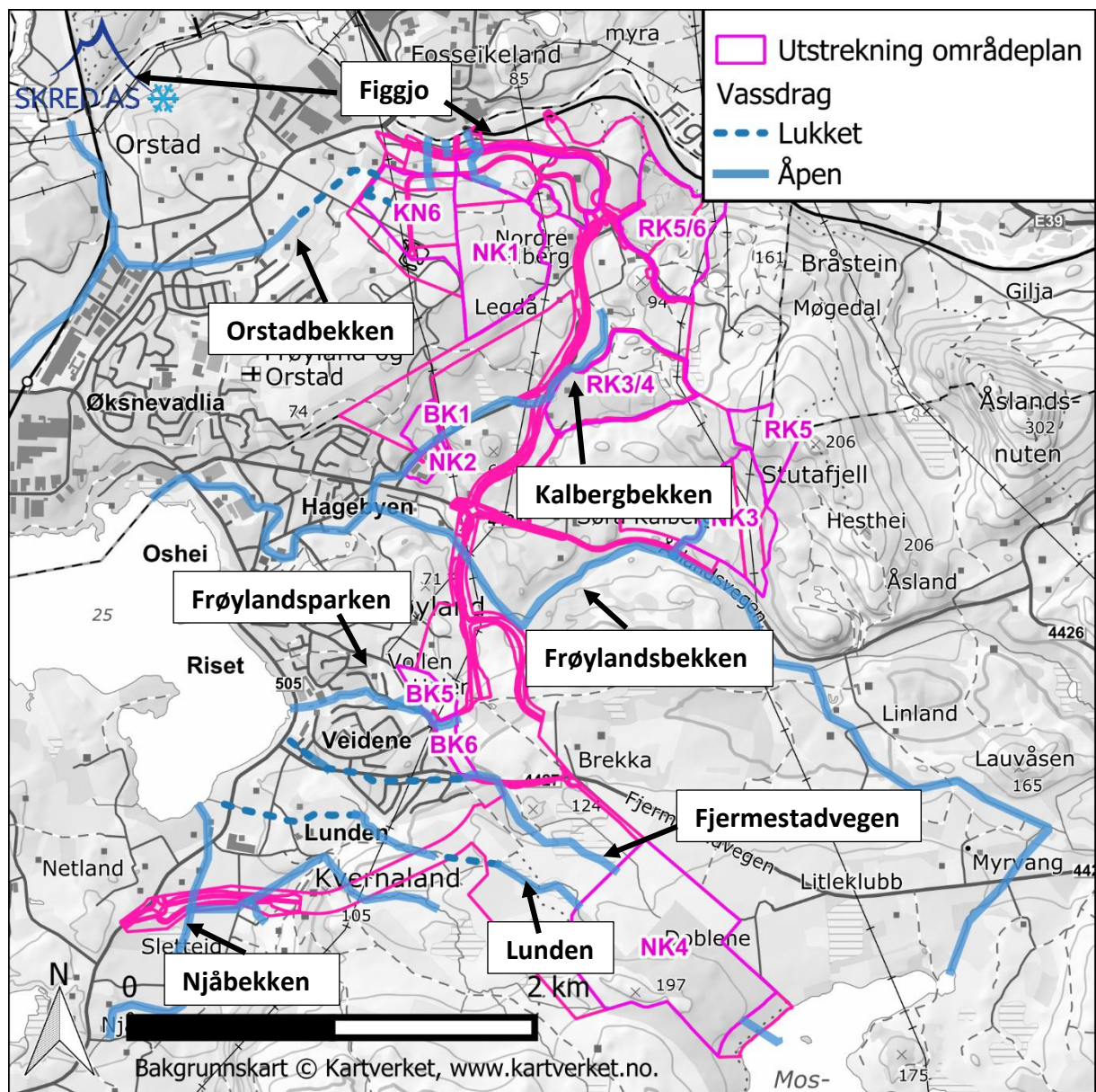
Time kommune har gitt føringer for hvilke gjentaksintervall som skal legges til grunn for håndtering av overvann i trinn 2 og trinn 3 i henhold til tretrinnstrategien for overvannshåndtering og hvordan påslippskrav til resipientene skal fastsettes.

3 Beskrivelse av området og vurderte vassdrag

3.1 Beskrivelse av området

Utbyggingsområdene er spredt mellom Kvernaland og Frøyland i Time kommune og drenerer til flere ulike vassdrag. KN6 på Kalberg ligger i Klepp kommune. De planlagte næringsområdene består i dag for det meste av dyrka mark, skog og utmark. Det skal også reguleres ny trasé for fylkesvei 505 samt nye og eksisterende masseuttak.

Figur 2 viser et oversiktskart over områdene som skal vurderes i forbindelse med områdeplanen og Tabell 2 gir en kort beskrivelse av områdene i dagens situasjon med resipienter.



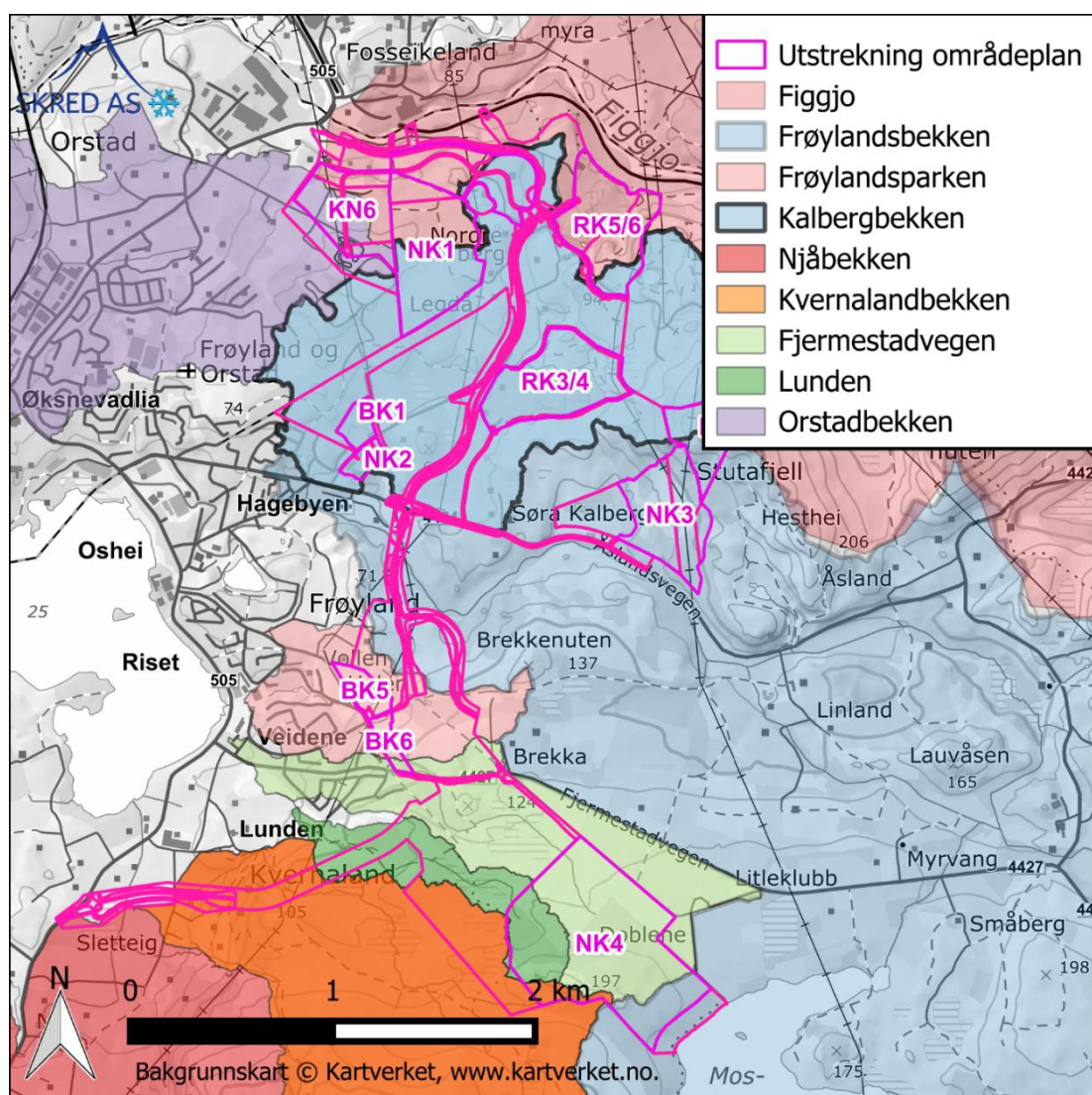
Figur 2: Oversiktskart med utstrekning av områdeplan, plassering av nye utbyggingsområder og resipienter i Time og Klepp kommune.

Tabell 2: Oversikt over utbyggingsområder og resipienter.

Område	Dagens situasjon	Størrelse [ha]	Resipienter
NK1	Dyrka mark, skog	36.5	Figgjo Kalbergbekken (Frøylandsbekken)
NK2	Næringsområde	2.32	Kalbergbekken (Frøylandsbekken)
NK3	Utmark	18.9	Frøylandsbekken
NK4	Dyrka mark, myr, utmark, skog	57	Mosvatnet (Frøylandsbekken) Bekk ved Fjermestadvegen Bekk Lunden
KN6	Dyrka mark	11.4	Figgjo Orstadbekken (Figgjo)
BK1	Skog	2.9	Kalbergbekken (Frøylandsbekken)
BK5	Utmark	3.88	Bekk Frøylandsparken
BK6	Utmark	2.48	Bekk Frøylandsparken
FV505	Dyrka mark, skog, vei	8.3	-

3.2 Vassdrag

Tabell 3 viser feltkarakteristikk og beregnet 200-årsflom for de vurderte vassdragene som anses å bli direkte påvirket av utbyggingsområdene, se detaljert flomberegning i Vedlegg A. Feltgrensene og utbyggingsområdenes plassering er vist i Figur 3. I det videre er hvert vassdrag beskrevet mer detaljert.



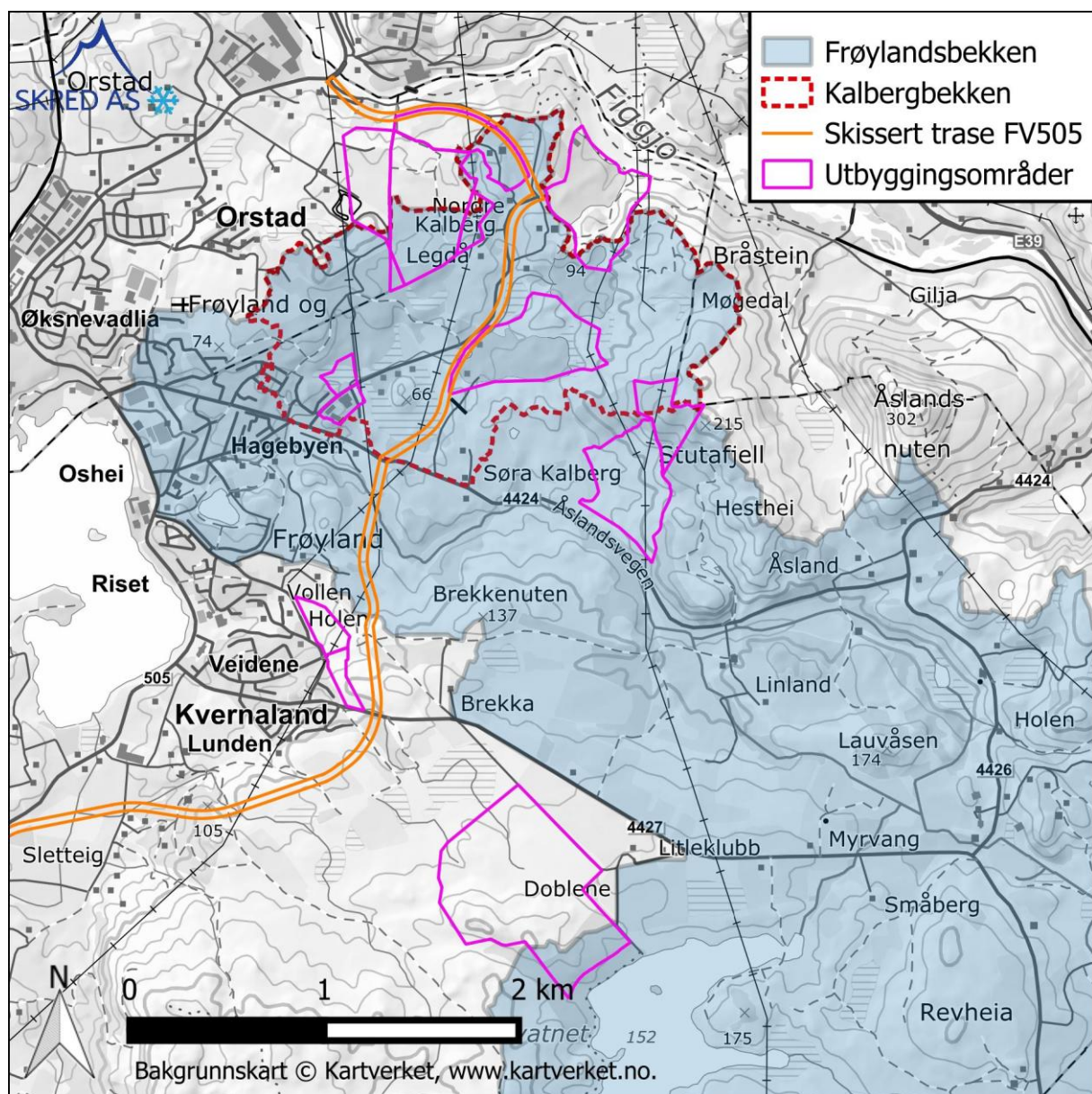
Figur 3: Nedbørfelt til resipienter og plassering av utbyggingsområder.

Tabell 3: Vurderte resipienter med feltkarakteristikk og beregnet flomvannføring.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q_n^* [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Myr [%]	Dyrket mark [%]	Utmark [%]	Q_{200} + klima [m ³ /s]
Frøylandsbekken	18,9	43,5	1,25	14	4	21	36	36,7
Kalbergbekken	2,4	33,4	0	20	9	17	18	6,7
Figgjovassdraget	158	53	2,3	18	2	8,5	37	147
Bekk Frøylandsparken	0,47	33	0	11	1	45	32	4,1
Bekk Fjermestadvegen	1,0	39	0	22	0	54	2	5,1
Bekk Lunden	0,35	38	0	15	7	67	0	2,1
Orstadbekken	3,1	31,3	0	7	3	38	20	9,6
Njåbekken	9,7	40,8	0,2	9,3	0,6	18,2	60	22

3.2.1 Frøylandsbekken

Nedbørfeltet til Frøylandsbekken ved samløpet til Kalbergbekken er på ca. 18,9 km². Bekken samløper med Kalbergbekken like oppstrøms Frøyland sentrum og renner tett på bebyggelsen gjennom sentrum. Det er mange bruer og erosjonsutsatte strekninger der elva renner tett på bebyggelsen, med begrenset kapasitet før utløp i Frøylandsvannet. Det er også en bekkesplitt hvor vann ledes i en kanal inn mot Stemmen og videre i to utløp - både mot en gammel mølle ved Kvernaland fabrikk og tilbake i hovedløpet. Utløpet mot Kvernaland fabrikk er ikke aktivt i dag, og det ledes lite vann inn til Stemmen da luka hovedsakelig er stengt. Bilde fra bekkesplitten oppstrøms Stemmen og et karakteristisk bilde nedstrøms Stemmen er vist i Figur 5, mens Figur 4 viser utbyggingsområdenes plassering i nedbørfeltet.



Figur 4: Nedbørfeltet til Frøylandsbekken og utbyggingsområdenes plassering.



Figur 5: Frøylandsbekken ved splitten oppstrøms Stemmen (venstre) og gjennom sentrumsområdet (høyre). Nålestengsel som regulerer vannføringen mot Stemmen er vist med pil.

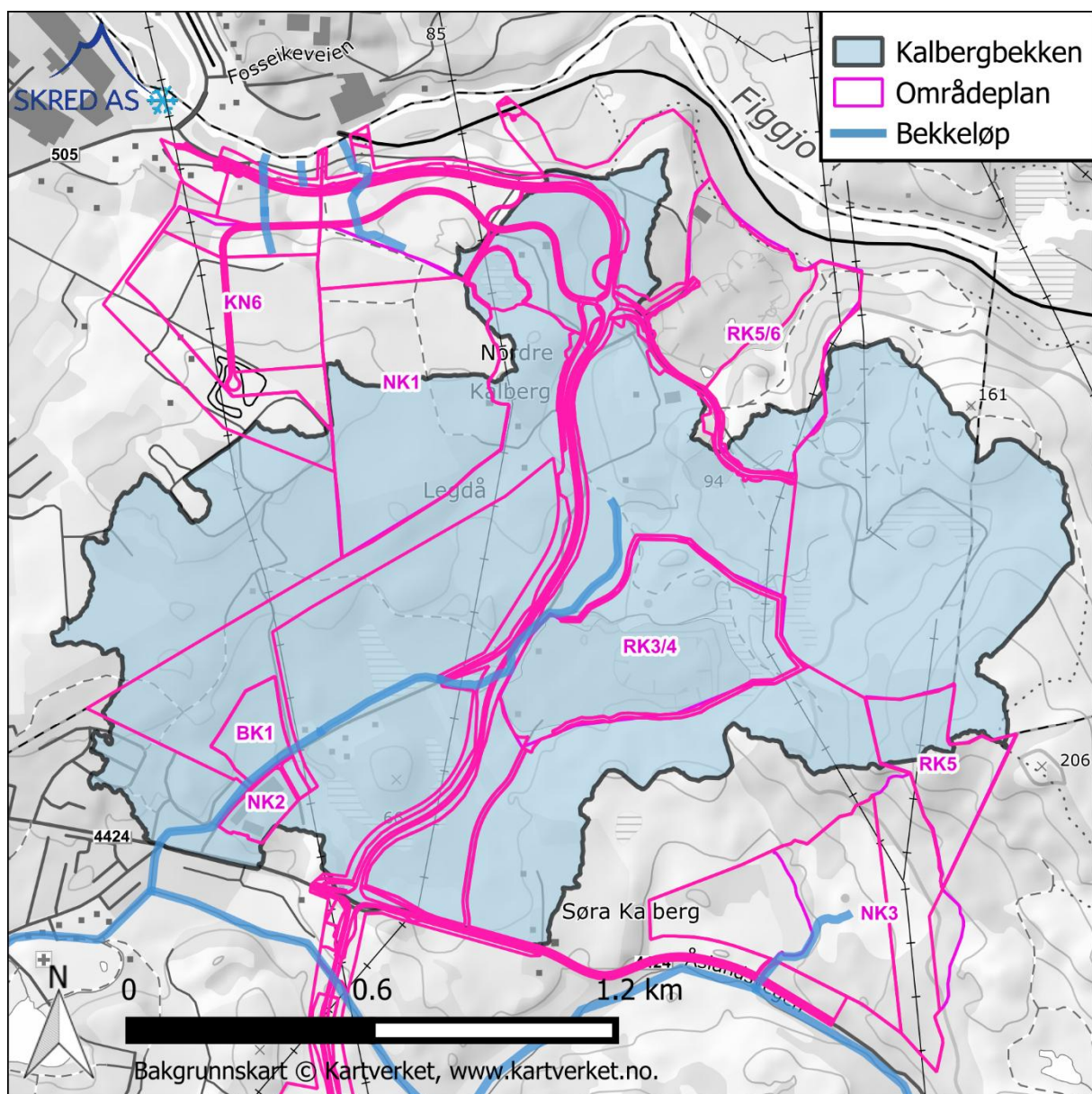
3.2.2 Kalbergbekken

Kalbergbekken renner sørvestover langs Kalbergvegen og samler avrenning fra jordbruksarealer øst for Revholen. I nordøstre del er det flere større lavpunkter og våtdrag som vil gi naturlig flomdempning i bekken. Stedvis er bekken erosjonssikret og kanalisert gjennom jordbruksareal og bebyggelse.

Fra Smørpigen renner den delvis lukket eller kanalisert gjennom hager tett på bebyggelsen før utløpet i Frøylandsbekken. Kapasiteten til kulvertene og inntakene er generelt dårlig og det har vært mange hendelser med vann på avveie i boligområdet mellom Kalbergbekken og Frøylandsbekken. Bekkeløpet oppstrøms bebyggelsen har heller ikke kapasitet til en framtidig 200-årsflom, da det er lite fall i bekken. Nedbørfeltet til Kalbergbekken ved samløpet til Frøylandsbekken er på ca. 2,4 km². Et karakteristisk bilde av Kalbergbekken ved Revholen og gjennom bebyggelsen er vist i Figur 6.



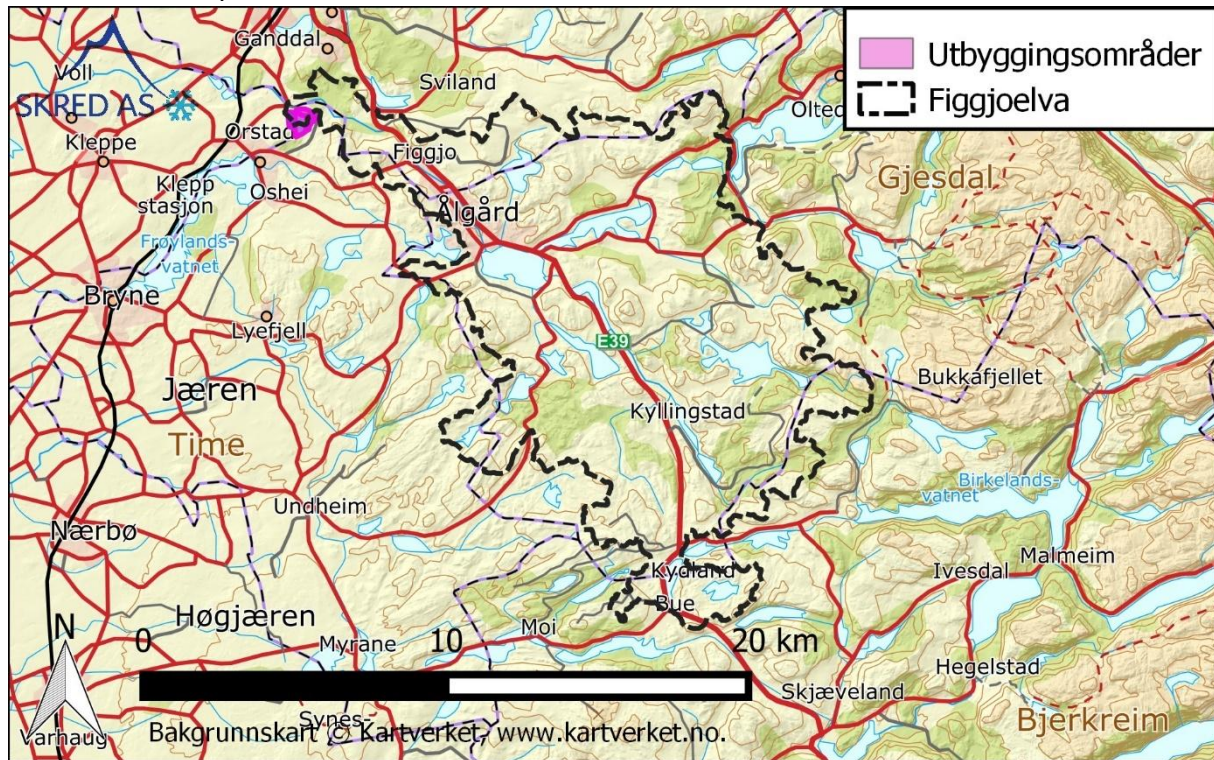
Figur 6: Bilde av Kalbergbekken nedstrøms trafostasjonen langs Kalbergvegen og gjennom bebyggelsen (venstre).



Figur 7: Nedbørfeltet til Kalbergbekken og utbyggingsområdenes plassering.

3.2.3 Figgjo

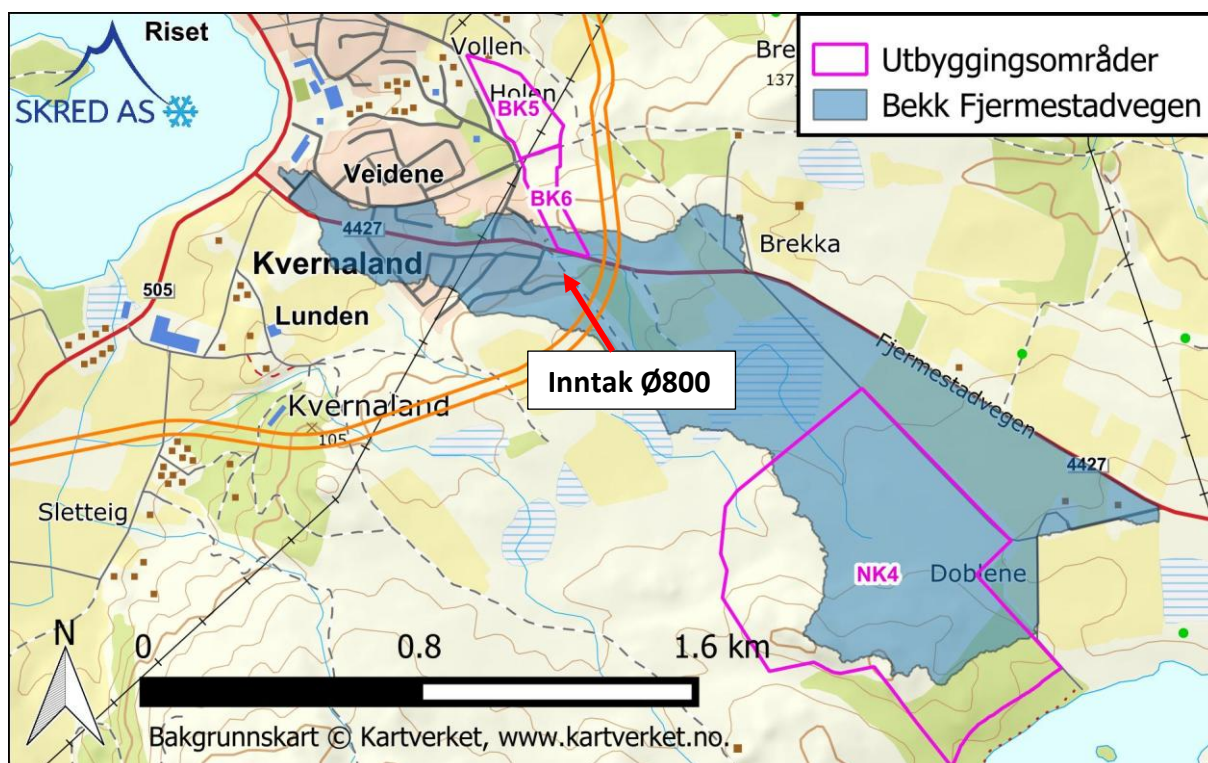
Figgjo renner nordvestover fra Edlandsvatnet i Ålgård og nord for planområdene på Kalberg, som vist i Figur 8, hvor den har et nedbørfelt på 158 km². Figgjo er et vernet vassdrag og har egne bestemmelser med hensyn på vannkvalitet og tiltak, men vil flom-messig påvirkes lite av overvann fra planområdene.



Figur 8: Nedbørfeltet til Figgjoelva og næringsområdene på Kalberg.

3.2.4 Bekk Fjermestadvegen

Bekken starter ved NK4 og drenerer utmarksområdene nordover mot Fjermestadvegen. Bekken har et nedbørfelt på rett under 1 km² der den renner inn i et inntak med dimensjon på 1000 mm ved boligområdet og går i rør under Fjermestadvegen, vist i Figur 10. Det er en stor andel av NK4 som drenerer hit, samt litt av BK6 og den planlagte fylkesveien, som vist i Figur 9.



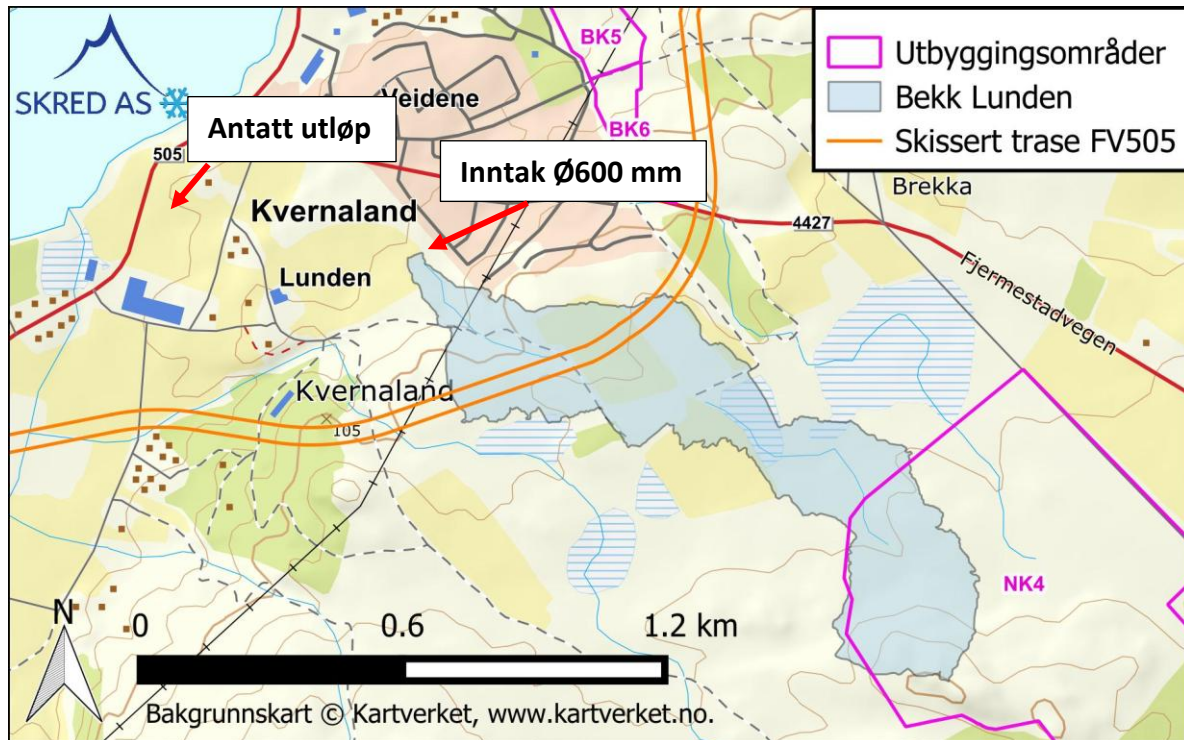
Figur 9: Nedbørfeltet til bekken ved Fjermestadvegen og utbyggingsområdenes plassering.



Figur 10: Bilde av bekken og de to mest kritiske punktene ved Fjermestadvegen før den går lukket nesten fram til Frøylandsvatnet.

3.2.5 Bekk Lunden

Bekken starter ut ifra NK4 og renner gjennom beiteområder sør for bebyggelsen langs Fjermestadvegen på Kvernaland. I enden av et skogholt renner bekken inn i et inntak som går lukket under dyrka mark nordvestover mot Frøylandsvannet, som vist i Figur 11. Bekken renner åpent i en grøft siste strekningen øst for Kvernlandsvegen ved Jørenshei. Bilde av bekken før den lukkes er vist i Figur 12.



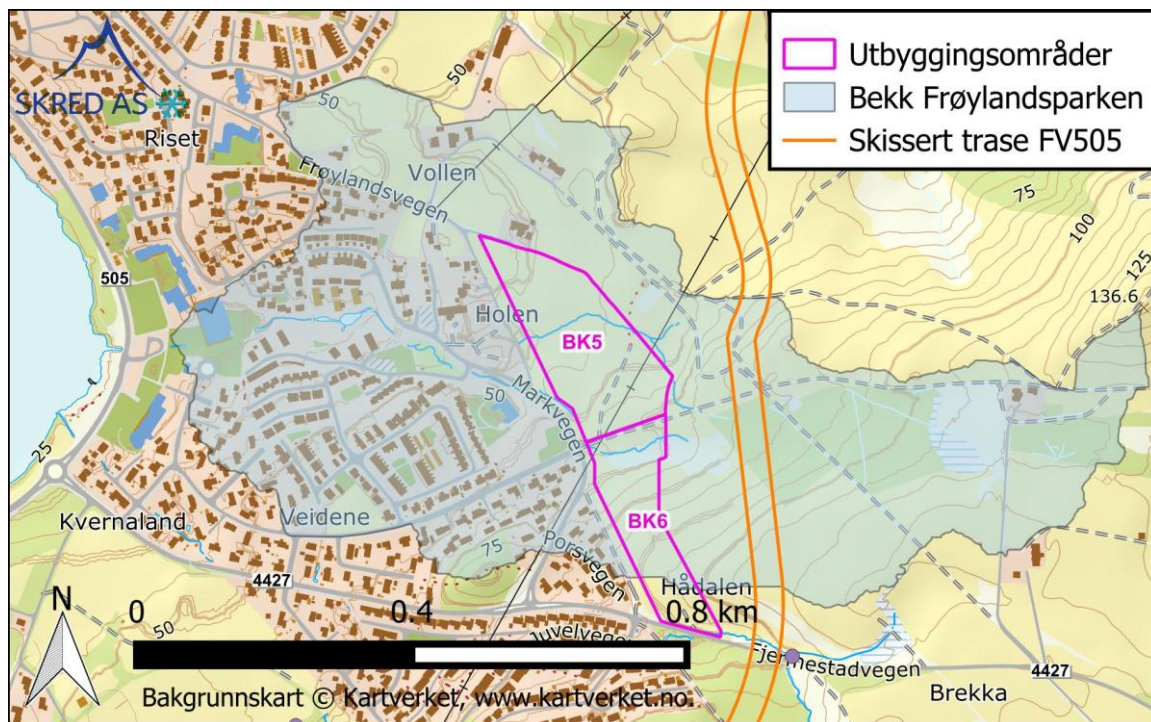
Figur 11: Nedbørfeltet til bekken ved Lunden på Kvernaland og utbyggingsområdene.



Figur 12: Bilde av bekken oppstrøms inntaket hvor bekken går lukket nesten helt fram til Frøylandsvatnet.

3.2.6 Bekk ved Frøylandsparken

BK5 og BK6 drenerer hver sin bekk/grøft som ledes vestover under Gamle Skulevegen og Markvegen til en nylig restaurert bekk som går gjennom Frøylandsparken, som vist i Figur 13. Det er anlagt et fordrøyningsbasseng og nye kulverter fram til utløpet i Frøylandsvatnet. Anlegget er tidligere dimensjonert og modellert for 200-årsflom, mens fordrøyningen i Frøylandsparken er dimensjonert for fremtidig 20-årsflom (Asplan Viak, 2018). Bekkeløpet framstår som erosjonssikret, men en del av kryssingene har ugunstige ristløsninger med fare for tilstopping. Bilder fra Frøylandsparken og bekkeløpet nedstrøms Markvegen er vist i Figur 12.



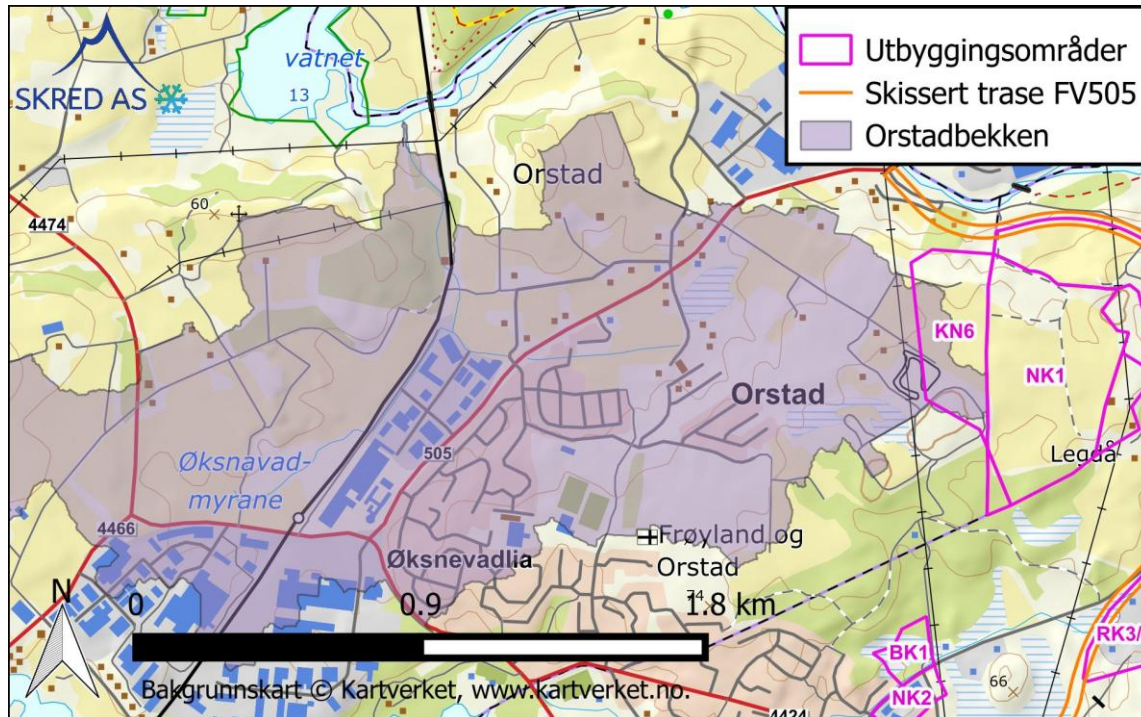
Figur 13: Nedbørfelt til Frøylandsparken og utbyggingsområdene.



Figur 14: Bilder av bekkeløp og fordrøyningsområde ved Frøylandsparken.

3.2.7 Orstadbekken (Klepp)

Orstadbekken består av to delstrenger som samløper nord for industriområdet i Orstadkrossen hvor den krysser jernbanen og renner åpent videre langs jordene mot utløpet i Figgjo. Figur 15. Den østre delen av bekken, vist i Figur 16, springer ut fra Orstadmarkene og renner tett på nye boligfelt i nedre del hvor den er kanalisert og erosjonssikret før den krysser under FV505. Det er lite fall i den østre delen som tar imot avrenning fra Orstadoområdet og KN6.



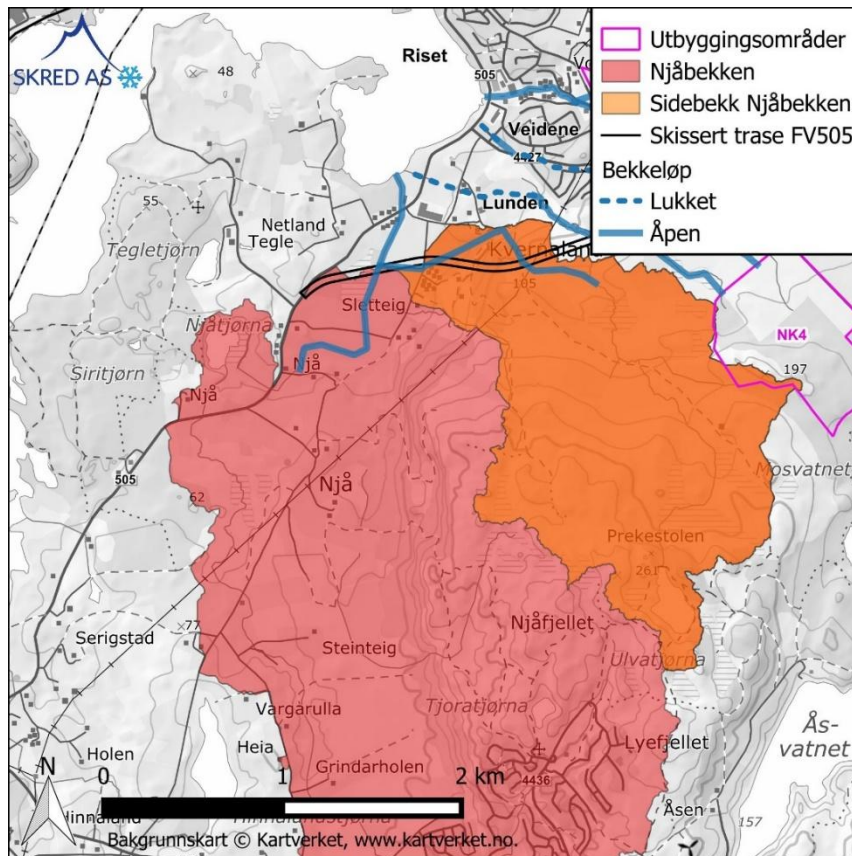
Figur 15: Nedbørfelt til Orstadbekken og utbyggingsområdene.



Figur 16: Østre del av Orstadbekken der den krysser Tjeldvegen langs nytt boligområde sett i retning mot KN6. Foto: Google Street View.

3.2.8 Njåbekken

Njåbekken renner nordover mellom flate jorder og tjern og er kanalisert på lange strekninger i vestre del av feltet, mens østre del av feltet er brattere. Ved den planlagte fylkesveien renner bekken i en definert kanal med lite fall før utløp i Frøylandsvatnet. I tillegg kommer det en mindre bekk østfra som renner innpå Njåbekken der veien skal krysse bekken(e). Vannstanden i Njåbekken vil trolig påvirkes av vannstanden i Frøylandsvatnet, ettersom det er lite fall fram til utløpet.



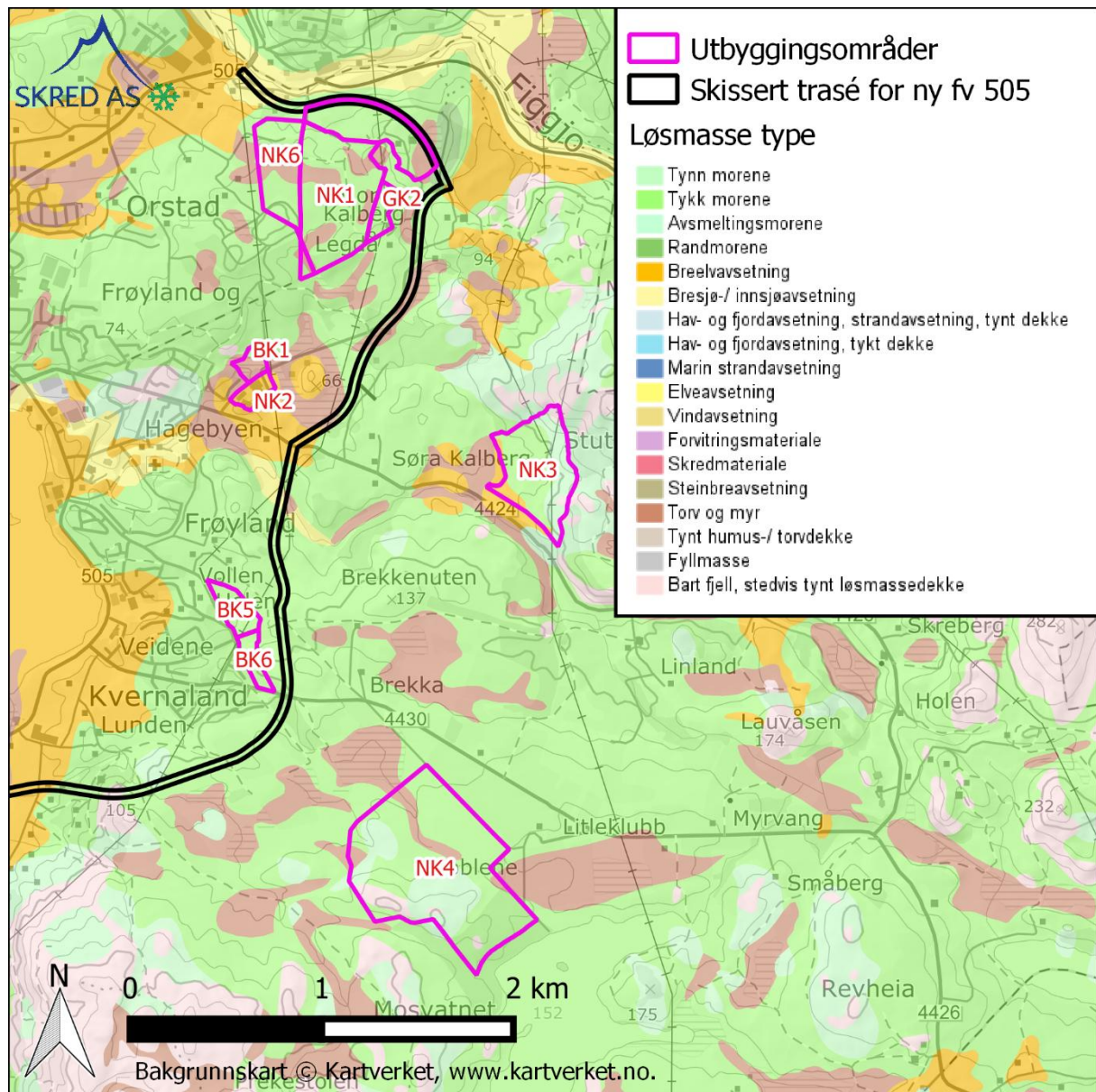
Figur 17: Nedbørfelt til Njåbekken og sidebekken som kommer i konflikt med planlagt veitrase.



Figur 18: Njåbekken der den krysser Kvernalandvegen (venstre) og sidebekken like nedstrøms Sletteigveien sett mot Njåbekken (høyre).

3.3 Grunnforhold

Områdene består ifølge NGU sitt løsmassekart for det meste av morene av variabel tykkelse samt torv og myr. (kartlagt i 1:50 000). Infiltrasjonsevnen for denne type løsmasser er klassifisert som middels til lite egnet. Det kan likevel være stedvis god infiltrasjon og det må utføres infiltrasjonstester for å kartlegge infiltrasjonsevnen ved detaljregulering. Der det er god infiltrasjon anbefales det å anlegge regnbed og andre infiltrasjonsløsninger. Området ligger over marin grense.



Figur 19: Løsmassekart fra NGU

4 Utbyggingsområdenes påvirkning på vassdragene

4.1 Generelt

De omtalte vassdragene er resipienter for overvann fra utbyggingsområdene. En oppsummering av generell påvirkning på vassdragene er vist under og de enkelte områdenes påvirkning er nærmere beskrevet i videre delkapitler.

- Økt avrenning som følge av mindre permeable flater og lokal infiltrasjon
- Raskere avrenning som følge av mer tette flater
- Flere bekkelukkinger under ny fylkesvei gir potensiell erosjon, dårligere flomdempning og kan påvirke biologisk mangfold negativt.
- Potensiell oppfylling av lavpunkter og myrdrag vil kunne redusere feltenes naturlige fordrøyning og øke flomtoppene nedstrøms (spesielt i Kalbergbekken)

Tabell 4: Oppsummering av resipienter og forventet påvirkning fra utbyggingsområdene. Resipienten i parentes er der den første havner i en av de andre vurderte resipientene.

Område	Resipient	Areal [ha]	Andel av nedbørfeltet (%)	Vurdert flompåvirkning uten tiltak
NK1	Kalbergbekken (Frøylandsbekken)	20.8	9	Høy
	Figgjo	26	< 0.1	Lav
NK2	Kalbergbekken (Frøylandsbekken)	2.32	1	Middels
NK3	Frøylandsbekken	18.9	1	Middels
NK4	Mosvatnet (Frøylandsbekken)	8	< 0.5	Lav
	Fjermestadbekken	36	36	Høy
	Bekk Lunden Kvernaland	8	30	Middels
KN6	Orstadbekken (Figgjo)	10.4	3	Middels
	Figgjo	6.5	< 0.1	Lav
BK1	Kalbergbekken (Frøylandsbekken)	2.9	1.2	Høy
BK5	Frøylandsparken	3.88	11	Middels
BK6	Frøylandsparken	2.48	7	Middels
	Fjermestadbekken	0.5	0.5	Middels

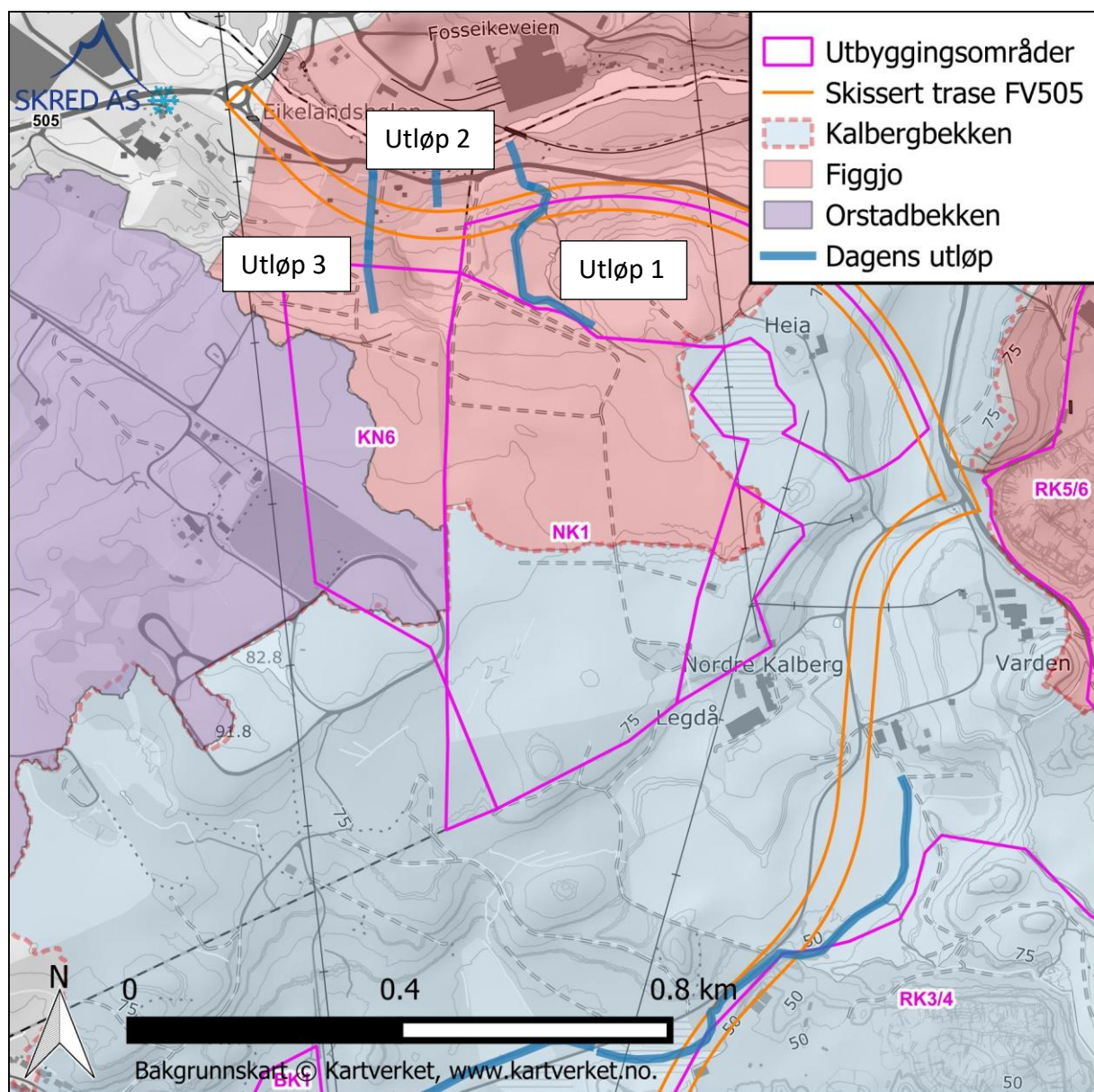
4.2 NK1

NK1 drenerer mot Figgjo i nord og Kalbergbekken i sør, som vist i Figur 20. Området består i hovedsak av dyrka mark og beitemark, med innslag av skog.

I sørvestre del av NK1 består området av tett skog med definerte grøfter, som drenerer mot Kalbergbekken. NK1 utgjør en vesentlig del av Kalbergbekken sitt nedbørfelt og forventes derfor å kunne få stor innvirkning på vannføringen i bekken, spesielt ved mindre nedbørhendelser hvor det i dag vil infiltrere mye lokalt. Etter utbygging vil ca. 6 ha i nordøstre del av NK1 som i dag drenerer til Kalbergbekken ledes nordover mot Figgjo. Dette utgjør omtrent 2,5 % av feltet til Kalbergbekken.

Nordre del av NK1 mot Figgjo består av tidligere deponerte masser som er tilbakeført til beitemark. Bekken fra området renner til rensedamper i nordre del av NK1 før utløp oppstrøms Eikelandsfossen i Figgjo.

Delen av NK1 som drenerer mot Figgjo har utløp tre ulike steder i Figgjo, som markert i Figur 20. Nedbørfeltet til Figgjo er på 158 km² og utbyggingsområdene utgjør under 0,5 % av det totale nedbørfeltet til elva. Det vil derfor være en neglisjerbar økning i vannføring i elva som helhet med hensyn på flomproblematikk. Det vil også være ulike prosesser som forårsaker flom i hele vassdraget og lokalt i utbyggingsområdet, som vil være mest utsatt for kortvarig intensiv nedbør. Planområdet ligger også i nedre del av feltet til Figgjo som betyr at planområdet i mange tilfeller vil være drenert ut før flomtoppen i Figgjo inntreffer.



Figur 20. Kalberg nord med feltgrenser og utbyggingsområder.

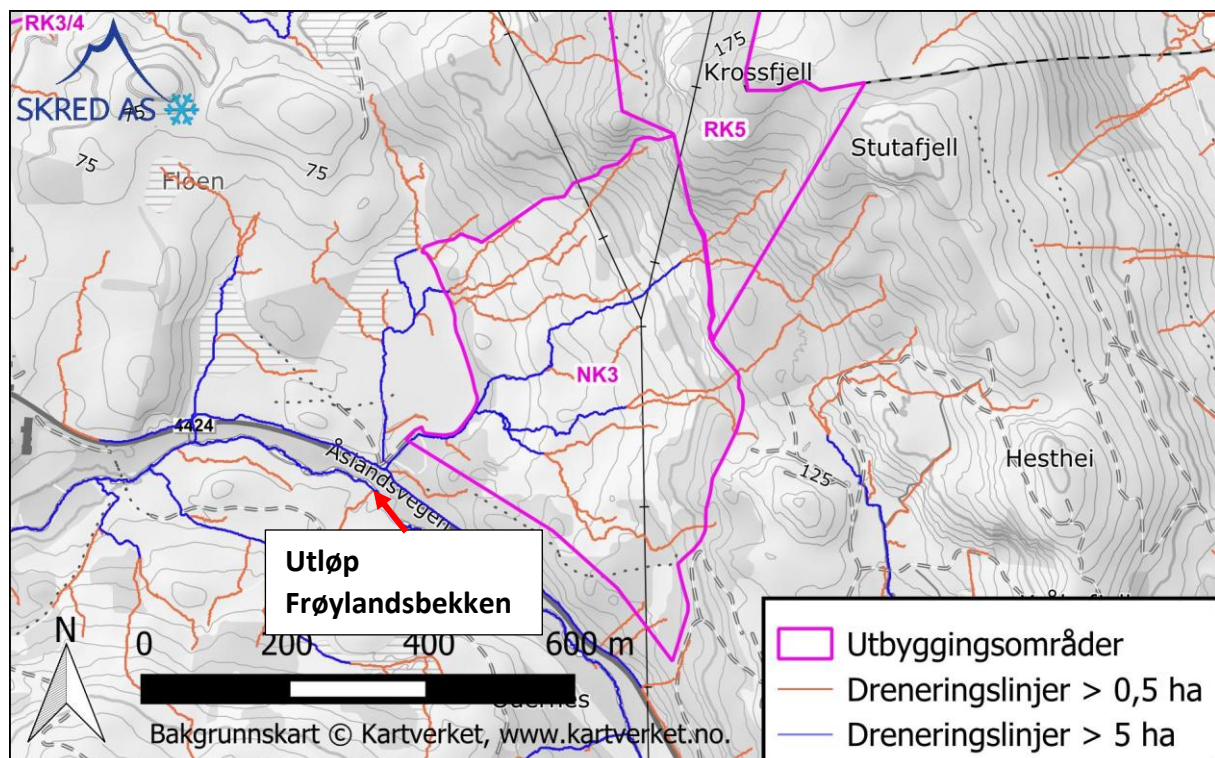
4.3 KN6

KN6 består i dag av dyrka mark og ligger i Klepp kommune. Den sørvestre delen av området drenerer mot Orstadbekken via jordbruksgrøfter og lukket drenering, se Figur 20. Ettersom området er en del av et større jorde er det trolig kapasitet i dagens dreneringssystem for mindre nedbørhendelser, men ved mye nedbør kan kapasiteten i grøftene være begrenset. Det er ønskelig å opprettholde normalavrenningen i en framtidig situasjon med hensyn på fiskevandring i Orstadbekken, men det er hensiktsmessig å lede flomveien nordover direkte mot Figgjo da denne er mer robust og ikke renner tett på bebyggelse slik som Orstadbekken.

Den nordre delen av KN6 drenerer mot Figgjo i nord via en mindre bekk som renner åpent gjennom et skogholt før den krysser under Kalbergveien i en liten stikkrenne. Røret under veien er i dårlig stand og veifyllinga er delvis undergravd. Deler av betongrøret ligger uti elveløpet.

4.4 NK3

NK3 ligger i en bratt li bestående av utmark med tett vegetasjon i øvre del og har en bekk i sørvestre del som ledes ut i Frøylandsbekken. Bekken er nylig grøftet i nedre del hvor det er lite fall før den krysser Åslandsvegen og renner ut i Frøylandsbekken. Kapasiteten til stikkrennene under Åslandsveien og adkomstveien er ikke tilstrekkelig for en framtidig 200-årshendelse. Området forventes å respondere raskt på intensiv nedbør dersom grunnen er metta i forkant av en nedbørhendelse. Avrenningsmønster er vist i Figur 21 og bilde av nedre del av bekken er vist i Figur 22 og Figur 23.



Figur 21: Ortofoto av NK3 med avrenningsmønster.



Figur 22: Nedre del av bekken som renner ut av NK3 før kryssing under Åslandsvegen og utløp i Frøylandsbekken.



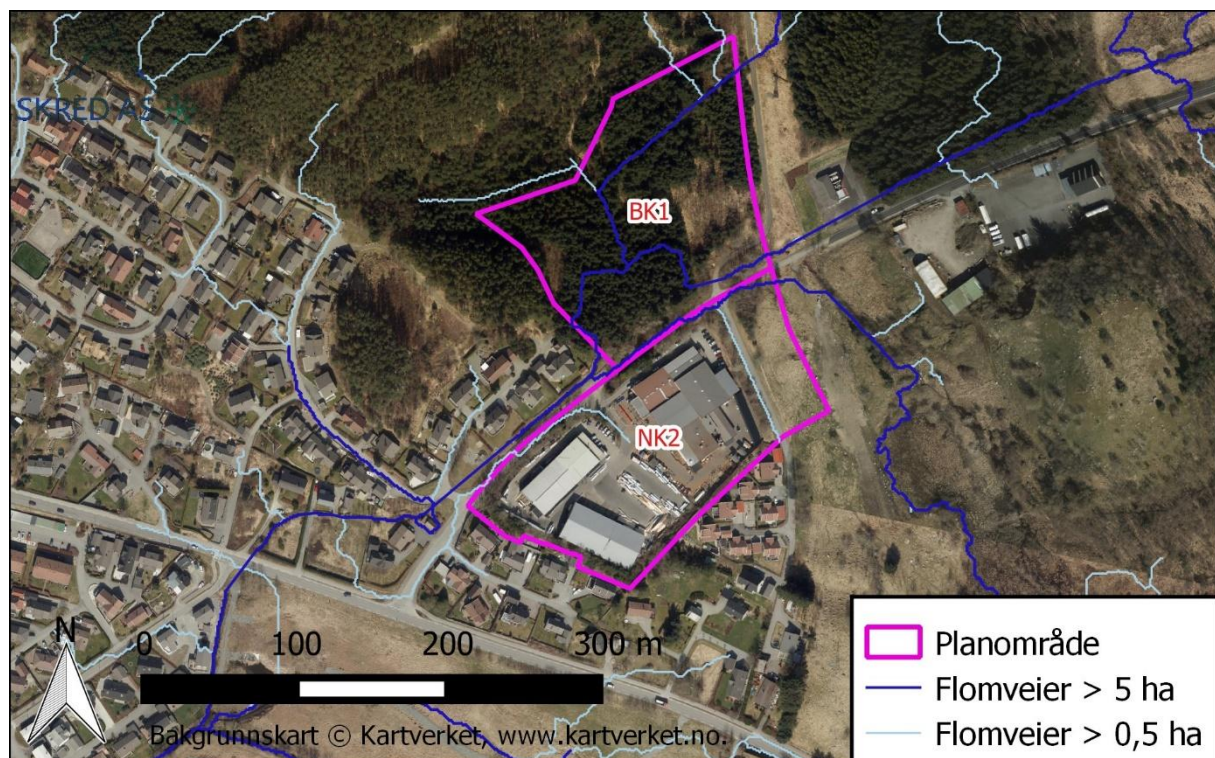
Figur 23: Bekken fra NK3 i overgangen fra naturlig bekk til der den er nylig grøfta.

4.5 BK1 og NK2

BK1 og NK2 ligger på hver sin side av Kalbergveien og drenerer begge til Kalbergbekken like oppstrøms boligområdene, som vist i Figur 24. NK2 består i dag av næringsbygg og asfalterte flater på ca 2,3 ha, mens BK1 er på 2,9 ha og består i hovedsak av skog. Områdene ligger langt ned i nedbørfeltet til bekken, og like oppstrøms boligområdet som er utsatt for flom fra Kalbergbekken.

NK2 består av mye tette flater og bidrar trolig med rask avrenning direkte til Kalbergbekken i dagens situasjon. Ved framtidig ombygging/utbygging kan man redusere avrenningen herfra ved å gjøre tiltak for lokal overvannshåndtering internt på området.

BK1 består av flat myr og skog som holder på mye nedbør og gir en flomdempende effekt i bekken. Deler av BK1 vil oversvømmes i en flomsituasjon ettersom kapasiteten i bekkeløpet ikke er tilstrekkelig og gir en oppstuvende effekt ifølge den hydrauliske modelleringen, som vist i Figur 25. Det vil være vanskelig å ikke øke avrenning ved oppfylling av det flomutsatte området, og en fjerning av dette oversvømmelsesarealet vil føre til ytterligere avrenning og økning i flomtopp for Kalbergbekken gjennom det mest sårbare området. Selv om man avsetter dette området til flomdemping, vil det ikke være tilstrekkelig for å kompensere for en utbygging i resterende område da det er liten overhøyde mot tilgrensende bolig i sørvest som gjør at effekten og tilgjengelig volum er begrenset.



Figur 24: Ortofoto av BK1 og NK2 med avrenningsmønster.



Figur 25: Modellert oversvømt område innenfor BK1 under en klimajustert 200-årsflom.

4.6 NK4

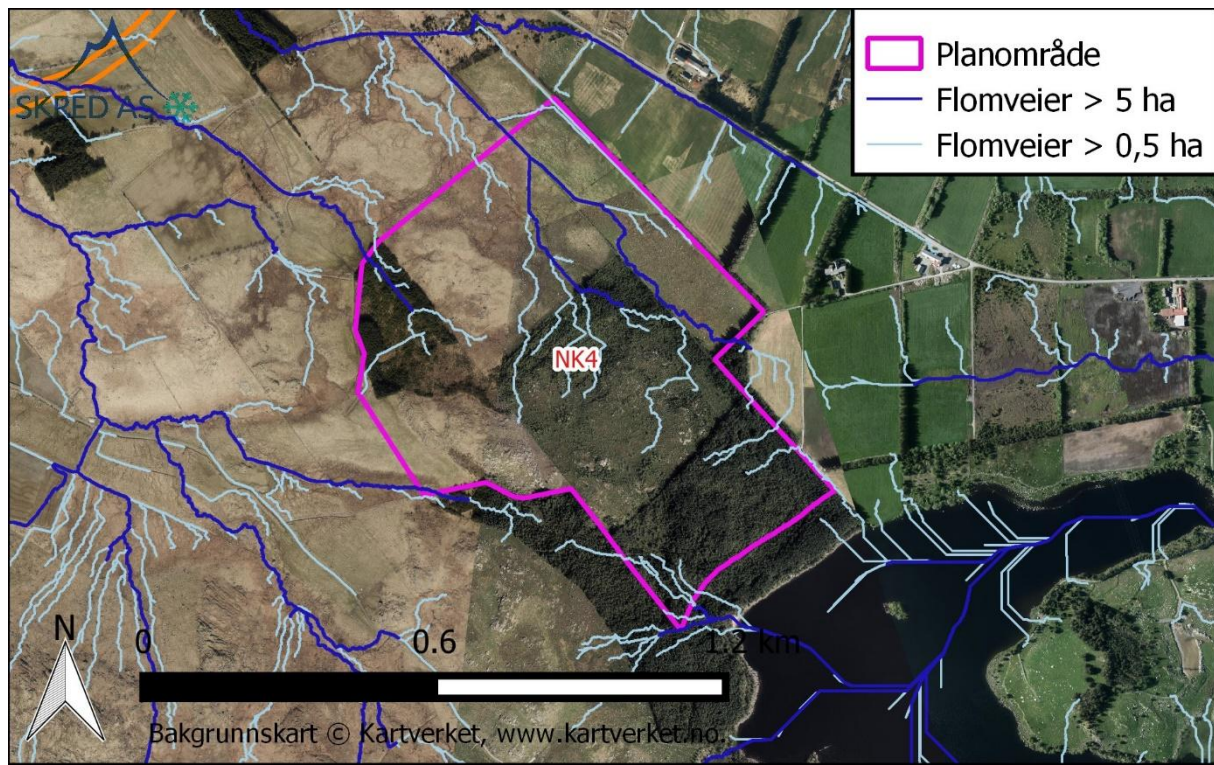
NK4 er på 57 ha og er det største enkeltområdet som skal reguleres og tilsvarer størrelsesmessig de andre næringsområdene til sammen. NK4 ligger på et høydedrag mellom Fjermestadvegen i nord og Mosvatnet i sør og drenerer til tre ulike resipienter som vist i Figur 26. Feltet består av mye skog i søndre del, mens nordre del er preget av dyrka mark, beitemark/utmark og en del grøfta myrområder.

Fjermestadbekken starter omtrent midt i området, men fremstår som en dreneringsgrøft gjennom NK4. NK4 utgjør 38 % av nedbørfeltet til bekken der den lukkes ved Fjermestadvegen. En framtidig utbygging vil kunne ha stor påvirkning på vannføringen i bekken.

Vestre del av NK4 er i dag et lite skogholt som drenerer mot en landbruksgrøft som videre renner delvis lukket under grusveier og jorder nordvestover mot Frøylandsvannet (Bekk Lunden Kvernaland). Bekken framstår som landbruksgrøfter i øvre del. NK4 ligger øverst i nedbørfeltet og utgjør ca. 20 % av nedbørfeltet ved det mest kritiske inntaket. Ettersom det i dag er skog her, vil det kunne ha stor påvirkning ved en framtidig utbygging.

Søndre del av NK4 drenerer ned en bratt li mot Mosvatnet, som igjen ender i Frøylandsbekken ca. 1 km nord for NK4. En økt avrenning eller raskere konsentrasjonstid fra NK4 hit anslås å være neglisjerbar ved utløpet av Mosvatnet som demper avrenningen, og det vil dermed ikke ha noen påvirkning på den totale flomvannføringen i Frøylandsbekken. Mosvatnet har et overflateareal på ca. 0,6 km². Ved en antatt regnvarighet på 60 minutter

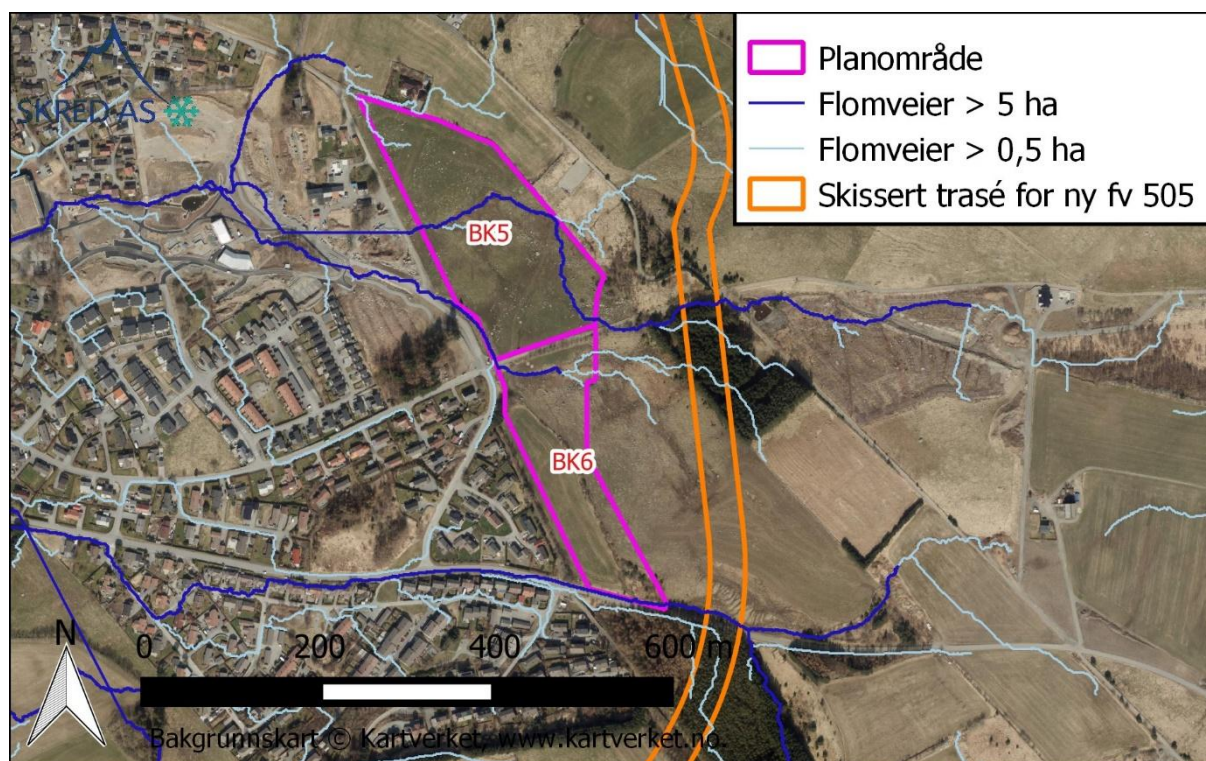
gir det en vannstandsstigning på 0,6 cm på hele vannet ved 200-årsnedbør. Frøylandsbekken vil kunne bruke opp mot et døgn på å kulminere.



Figur 26: Ortofoto av NK4 med avrenningslinjer fra Scalgo, samt mulig plassering av ny FV505.

4.7 BK5 og BK6

BK5 og BK6 består i dag av utmark og noe dyrka mark i skrånende terreng, som vist i Figur 27. Det er mye synlig stein i området og trolig er det liten overdekning av løsmasser til fjell. BK5 og BK6 drenerer hver sin bekk/grøft som ledes vestover under Gamle Skulevegen og Markvegen til en nylig restaurert bekk som går gjennom Frøylandsparken. Kryssingene under Gamle Skulevegen/Markvegen er mest sårbare for økte vannmengder. BK5 og BK6 utgjør en stor del av nedbørfeltet til bekken ovenfor Frøylandsparken og kan gi raskere avrenning dersom overvannet ikke håndteres lokalt. Ved dimensjonering av eksisterende fordrøyningsbasseng (utført av Asplan Viak) nedstrøms er det tatt utgangspunkt i dagens situasjon med ubebygde områder i BK5 og BK6, så det bør tilstrebes en forholdsvis lik avrenning etter utbygging for å opprettholde bassengets funksjon.



Figur 27: Ortofoto av BK5 og BK6 med avrenningslinjer fra Scalgo, samt mulig plassering av ny FV505.

4.8 Ny fylkesvei 505

Den planlagte fylkesveien krysser mange av de vurderte vassdragene, som vil føre til nye bekkelukninger. Kryssingene håndteres av NIRAS i forbindelse med planlegging av veien. Stikkrenner gir potensiell erosjon, mindre flomdempning, raskere avrenning og påvirker biologisk mangfold negativt. Dersom det er anadrome vassdrag kan det også gi vanskeligere forhold for fiskevandring. Dette er forhold som må tas høyde for ved planlegging av vegen.

Potensiell oppfylling av lavpunkter og myrdrag for veitrase kan også ødelegge feltenes naturlige fordrøyning og øke flomfaren nedstrøms (gjelder spesielt Kalbergbekken), og bør vies ekstra oppmerksomhet.

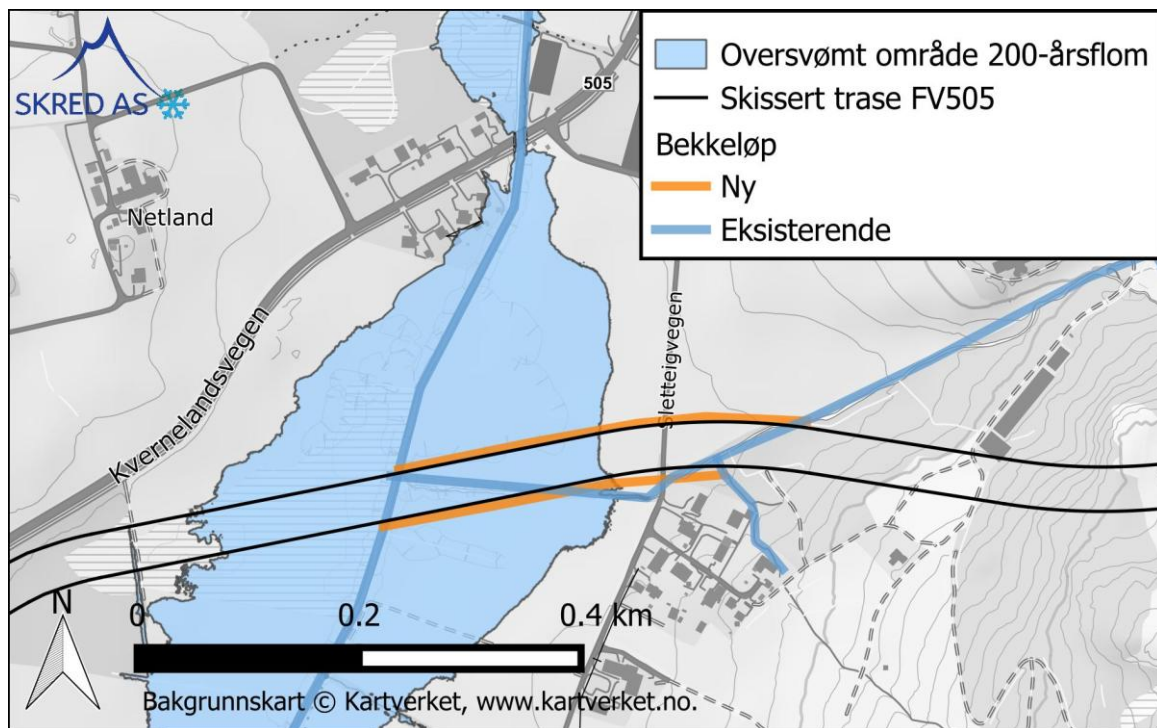
Krav for dimensjonering av veier og bruer er gitt av Statens vegvesens håndbøker N200 og N400. Aktuelle krav for bru over Njåbekken er at det skal være 0,5 meter klaring mellom vannspeil og underkant bru ved dimensjonerende 200-årsflom, da konstruksjonen mest sannsynlig blir klassifisert som en bru. Dersom det antas samme trafikkmengde for ny vei som for eksisterende fylkesvei 505, vil flom med gjentaksintervall 200 år også være dimensjonerende for selve veien. Dimensjonerende flom beregnes med klimapåslag, avhengig av geografi og størrelse på nedbørfelt, og sikkerhetspåslag, avhengig av det hydrologiske datagrunnlagets klasse. For Njåbekken og Frøylandsbekken ved ny kryssing vil klimapåslaget være 30 % og sikkerhetspåslaget 40 % i henhold til N200. Dette resulterer i en

høyere flomverdi for Frøylandsbekken enn det som er lagt til grunn for andre tiltak i Frøylandsbekken. Se flomberegning i vedlegg A.

4.8.1 Kryssing av Njåbekken ved Sletteigvegen

Det er beregnet nødvendig lysåpning for kryssing Njåbekken ved Sletteigvegen. Siden det er liten helning i terrenget ned til Frøylandsvatnet vil vannstanden ved brustedet påvirkes av vannstanden i vannet. Derfor er to scenarier vurdert: (1) dimensjonerende 200-årsflom i bekken samtidig som en normalvannstand i Frøylandsvatnet, og (2) 200-års vannstand i Frøylandsvatnet samtidig som middelflom i bekken.

Det er etablert en hydraulisk modell for området for å beregne vannlinje ved flom. Terrengmodellen for området er benyttet uten innmålinger, med en skjønnsmessig senkning av elvebunn med 1 meter. Maksimal beregnet vannstand er henholdsvis 26,75 moh. og 26,15 moh. for de to scenariene. Et større område blir oversvømt der veien er planlagt, som vist i Figur 28. En eventuell ny veg og bru gjennom området vil kreve fyllinger med høyde på minst 2-2,5 meter ved elveløpet. Nødvendig bredde under brua må minimum være bredden til elveløpet, men må optimaliseres etter hvor stor økning i oppstrøms vannstand man kan akseptere. Vegfyllinger og bru vil kunne føre til oppstuvning av vann og økt ulempe med tanke på flom for nærliggende områder. Jamfør Grannelova §2 skal man ikke utføre tiltak som gir urimelig eller unødvendig økt ulempe for naboeiendom. Effekten av en ny veg og bru må vurderes nærmere ved videre detaljering av løsning. Man bør også da vurdere flere forløp og scenarioer for sammenheng mellom flom i bekken og høy vannstand i Frøylandsvatnet, som kan gi en mer ugunstig situasjon. Ved etablering av veien må man også hensynta to mindre sidebekker fra øst. Vi ser det som hensiktsmessig å anlegge disse på hver side av en eventuell veifylling, som vist i Figur 28, for å unngå å etablere kulverter under veien.



Figur 28: Modellert oversvømt område ved dimensjonerende flom i området hvor ny vei planlegges å krysse Njåbekken, og skissert plassering av omlagt trasé for de to sidebekkene fra øst.

4.8.2 Kryssing av Kalbergbekken

Fylkesveien er planlagt oppå eksisterende myrområde hvor Kalbergbekken renner gjennom i dag. Bekken må derfor legges om i forbindelse med etablering av veien. I dette området er Kalbergbekken svært utsatt fra forurensing fra pukkverket på øst- og sørsiden av bekken som ligger svært tett på bekkeløpet. For å forbedre forholdene i Kalbergbekken foreslår vi å legge om traseen slik at den går på vestsiden av eksisterende og planlagt vei. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 5.4.3.

5 Avbøtende tiltak i vassdragene

5.1 Generelt

Mange av resipientene til utbyggingsområdene utgjør en reell flomfare for eksisterende bebyggelse allerede i dag, og er dermed svært sårbare for økt vannføring fra fremtidige utbygginger og forventede klimaendringer. Det er spesielt Kalbergbekken, Frøylandsbekken og bekken ved Fjermestadvegen som har store utfordringer med flom i dagens situasjon, og vil være svært sårbare for økt avrenning. Selv om det planlegges lokale tiltak for overvannshåndtering i hvert utbyggingsområde, må det også utføres tiltak lokalt i bekkene for å sikre eksisterende bebyggelse og forbedre dagens situasjon. Tabell 5 viser en oppsummering av identifiserte tiltak i vassdragene og hvilke områder som bidrar med avrenning til disse. For at man skal oppnå tilstrekkelig flomsikkerhet og oppnå en forbedring av dagens situasjon må man utføre samtlige av de angitte tiltakene i hvert vassdrag.

Tabell 5: Oppsummering av foreslåtte tiltak i vassdragene.

Resipient	Oppsummering av tiltak i vassdragene	Områder som påvirker resipienten
Frøylandsbekken	1. Benytte Stemmen som flomavledning. Se egen rapport. 2. Etablere sensorer for å overvåke vannkvalitet og vannføring	NK1-NK4, BK1, RK3-RK5
Kalbergbekken	1. Utbedre inntak og flomveier rundt bebyggelsen. 2. Lage terskler med struping i myrområdene for å dempe flomtoppene. 3. Kalbergbekken legges om ved RK3/4 med rensedammer og andre habitatforbedrende tiltak. 4. Etablere sensorer for å overvåke vannkvalitet og vannføring	NK1, NK2, RK3, RK4
Figgjovassdraget	Utbedre to av dagens utløp, fjerne det midtre ved badeplassen.	KN6 og NK1
Bekk Frøylandsparken	Bytte rister på stikkrenner med dårlig ristløsning. Dette for å redusere fare for tilstopping og øke kapasitet ved flom.	BK5, BK6
Bekk Fjermestadvegen	1. Oppdimensjonere inntak under Fjermestadvegen 2. Utbedre inntaksløsning sør for Fjermestadvegen og vurdere å etablere sensorovervåkning. 3. Utbedringer langs Fjermestadvegen for å sikre en trygg flomvei i veibanen til nedstrøms resipient. 4. Vurdere behov for å oppdimensjonere de nederste inntakene ut ifra hvor mye man øker kapasiteten til inntaket øverst.	NK4
Bekk Lunden Kvernaland	Erosjonssikring og utbedringer rundt inntak.	NK4
Orstadbekken	Opprettholde dagens situasjon for normalnedbør og avlede større nedbørhendelser mot Figgjo.	KN6
Njåbekken	Etablere sensor for overvåking av vannkvalitet	FV505

5.2 Etablering av sensorer for overvåkning av vannføring og vannkvalitet

For å få et grunnlag for å vurdere påvirkning av planlagte utbygging anbefaler vi at det etableres sensorer i en del av vassdragene for å overvåke vannføring og vannkvalitet, ettersom de er viktige for bla. fisk og elvemusling. I samråd med Ecofact anbefaler vi at det etableres turbiditetsmålere i Njåbekken, Kalbergbekken og Frøylandsbekken hvor det er

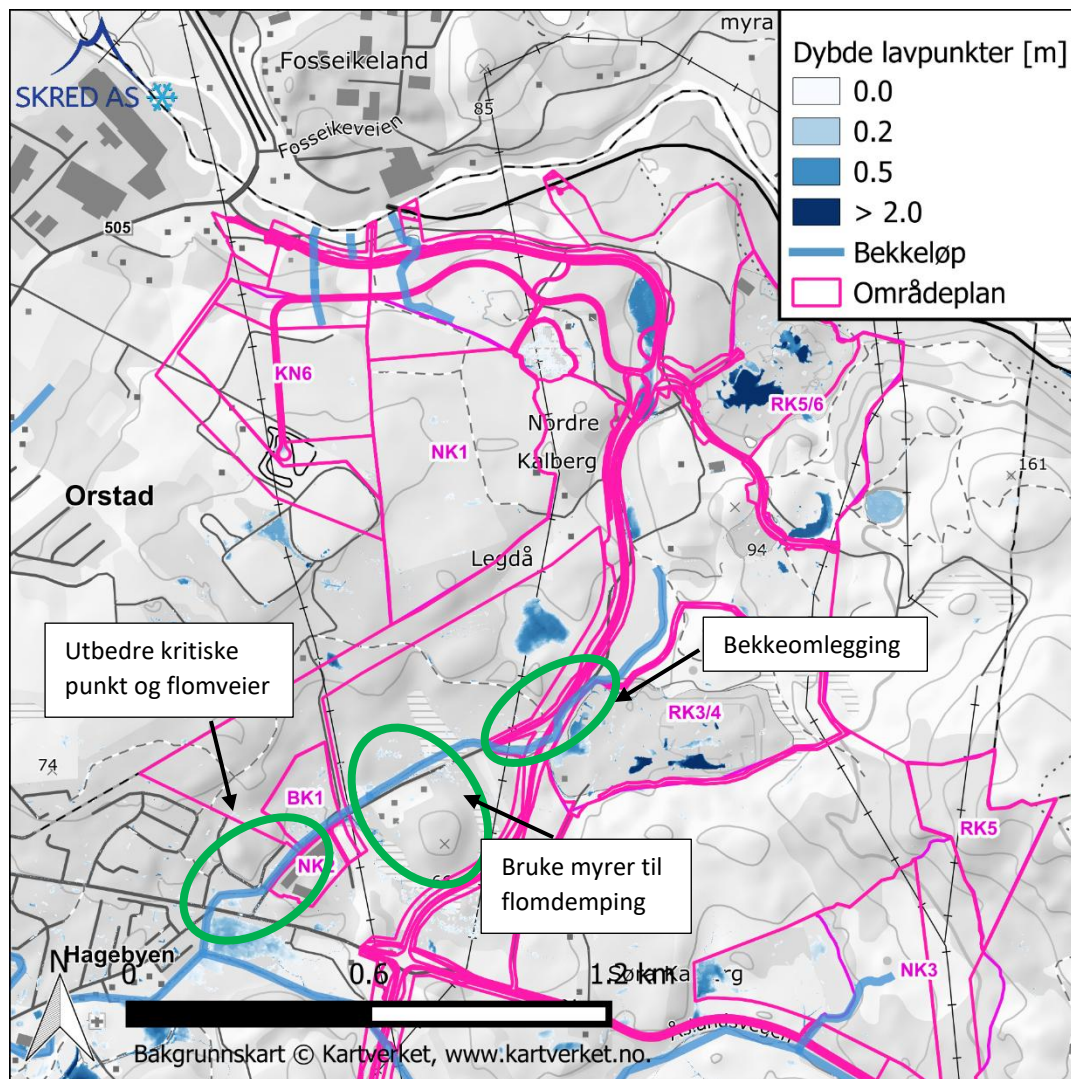
svært viktig å overvåke vannkvaliteten både før, under og etter utbygging. I tillegg bør vannføring og vannstand overvåkes i Kalbergbekken og Frøylandsbekken ved etablering av vannstandsmålere. Dette vil gi bedre kunnskap om flomhendelser samt forhold ved lavvannføring i bekkene med hensyn på forhold for bla. fiskevandring. Med tanke på eventuelle organisatoriske tiltak nedstrøms for å redusere flomskader vil også vannføringsmålinger være nødvendig.

5.3 Frøylandsbekken

Det er utarbeidet en egen rapport med vurdering av flomavledning i Frøylandsbekken, se Skred AS rapport 21545-04-1.

5.4 Kalbergbekken

Utbyggingsområdene som drenerer til Kalbergbekken, inkludert ny FV505, utgjør totalt ca. 15 % av eksisterende nedbørfelt. Kritiske områder som bør vies ekstra oppmerksomhet ved planlegging av ny fylkesvei er markert i Figur 29. I det videre er det beskrevet mulige tiltak i Kalbergbekken. For å kunne oppnå en tilstrekkelig sikkerhet for eksisterende bebyggelse må man utføre en kombinasjon av tiltakene som er beskrevet videre, men det krever et forprosjekt der man ser på hvor mye man kan håndtere med de ulike tiltakene.



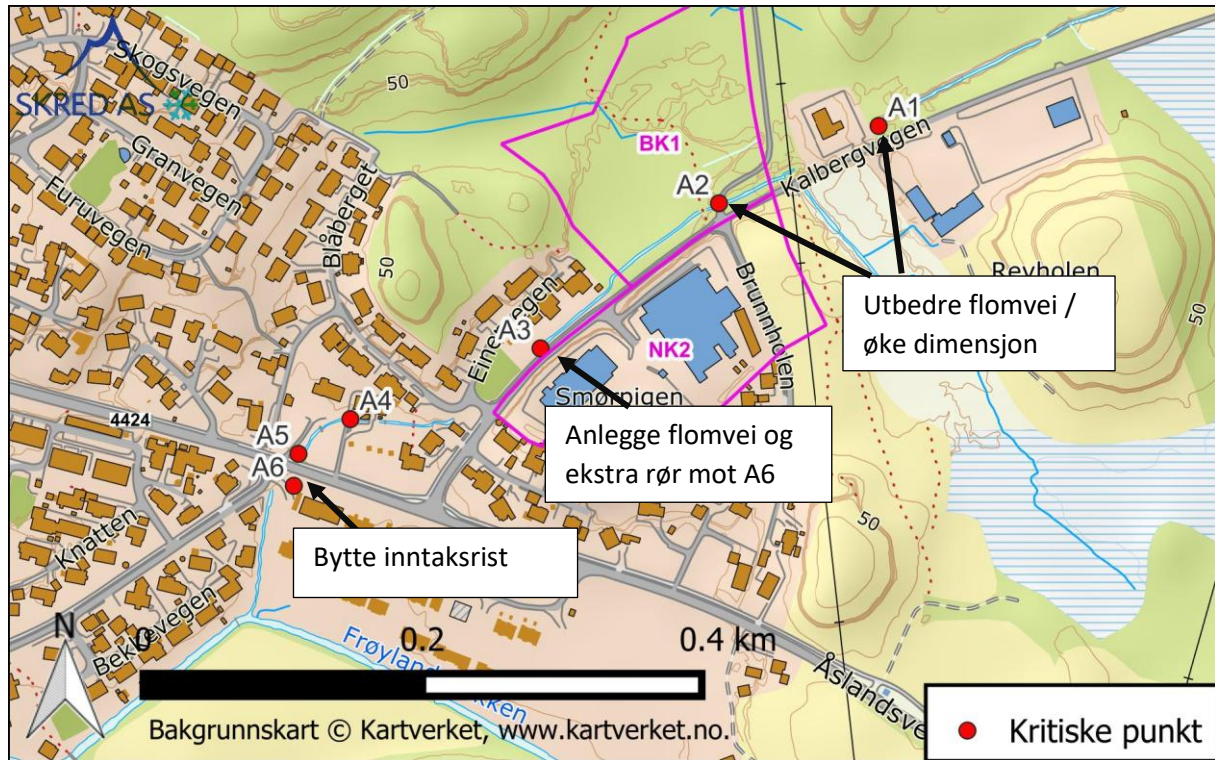
Figur 29: Kalbergbekken med lavpunkter, planlagt veitrase og foreslåtte tiltak.

5.4.1 Utbedring av kritiske punkt og strekninger

Det er flere kritiske punkt i nedre del av bekken, hvor bekken renner tett på bebyggelsen og den krysser gjennom flere stikkrenner med begrenset kapasitet. Dimensjonen på stikkrennene langs strekningen er på 900 mm ved trafoen (A1), og 1100 ved de to neste kryssingene (A2 og A3).

Forventet kapasitet i de tre øverste kryssingene, A1, A2 og A3, basert på nomogrammer (SINTEF, 1992) er fra 0,65 – 1,2 m³/s, som tilsvarer 8 – 15 % av en klimajustert 200-årsflom (estimat basert på forutsetning om innløpskontroll). Ved punktene A1 og A2 vil det være relativt enkelt å sikre en trygg flomvei eller legge et større rør, men fra inntak A3 er det mer utfordrende å sikre bekken gjennom bebyggelsen. Betongkanalen som går mellom punkt A3 og A4 har begrenset kapasitet, og vil trolig heller ikke tåle framtidige klimaendringer. Det vil være plasskrevende og lite realistisk å skulle utbedre bekkeløpet slik at det tåler en framtidig 200-årsflom gjennom boligområdet, da det også påvirkes av høy vannstand i Frøylandsbekken. Vi foreslår derfor å tilrettelegge for en trygg flomvei langs Kalbergveien til

den avskjærende grøfta langs det nye boligfeltet Kvernalandshagen. Dette kan med fordel kombineres med å legge et ekstra overvannsrør som lukka flomløp fra inntak A3 mot grøfta langs Kvernalandshagen, ettersom inntaket/bekkeløpet erfaringsmessig er utsatt for både is og flom. Tiltakene er oppsummert i Figur 30 og bilde av eksisterende flomløp er vist i Figur 31.



Figur 30: Kritiske punkt langs Kalbergbekken.

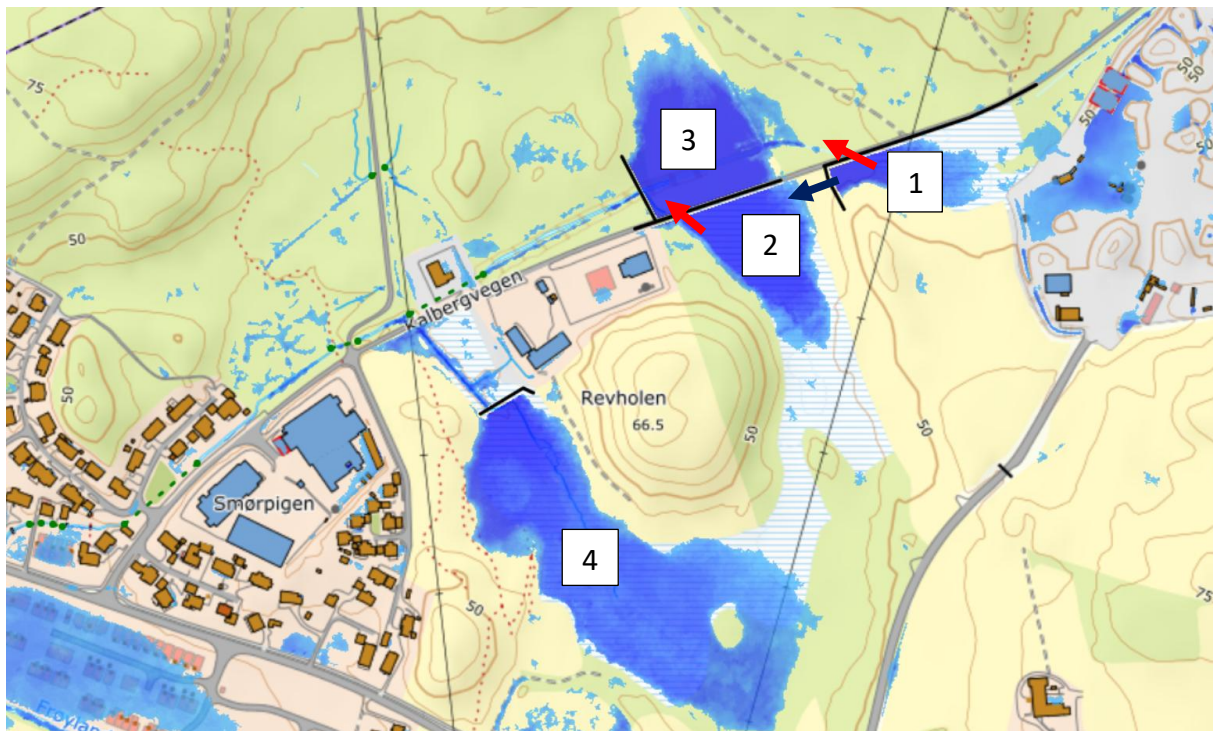


Figur 31: Nylig etablert flomløp for Kalbergbekken (A6) med gitter inni røret som raskt gjentettes. Disse må fjernes og eventuelt erstattes med en utvendig rist med horisontal del og mulighet for fjerning i en flomsituasjon.

5.4.2 Flomdemping i myrområdene til Kalbergbekken

For å redusere flomtoppene i Kalbergbekken har vi vurdert potensielle områder for flomdempning oppstrøms bebyggelsen. Dette kan bidra til en reduksjon i flomtoppen ved dimensjonerende 200-årsflom og kan gi en svært god effekt ved mindre flommer. Områder som vi vurderer aktuelle for fordrøyning i Kalbergbekken er vist i Figur 32. For å oversvømme de markerte områdene må man strupe videreført vannmengde og tillate en vannstandsstigning – for eksempel ved å bygge en terskel med mindre stikkrenne i bunn som leder lavvannføring direkte videre, men som holder igjen vannet ved større flommer. Når fordrøyningsområdet er fullt renner vannet over terskelen eller gjennom en stikkrenne som ligger høyere. I en normal nedbørsituasjon vil områdene ikke være oversvømt.

Ved å heve Kalbergvegen og anlegge terskler med strupet utløp fra myrområdene kan man fordrøye inntil ca. 25 000 m³ direkte i bekken (Pkt 1-3 i Figur 32), samt ca. 20 000 m³ i området vest for Revholen (Pkt 4). Basert på grove overslagsberegninger gjort med regnenvelopmetoden trenger man ca. 27 000 m³ for å ha et maksimalt påslipp på 1,2 m³/s som er anslått til kritisk vannmengde nedstrøms frem til samløpet med Frøylandsbekken. Dette er kun overslag og man bør ved konkretisering av tiltak se på en optimalisering av hvor mye tilgjengelig volum man kan få opp mot hvor mye man kan heve veien eller hvor store terskler man kan etablere, samt hvor mye man kan ta unna ved å gjøre utbedringer nedstrøms.



Figur 32: Mulige områder som kan oversvømmes og brukes til flomdemping i Kalbergbekken ved anlegging av terskler. Røde piler markerer eks. stikkrenner, svart pil mulig overløp. Kilde: Skjermdump fra Scalgo LIVE.

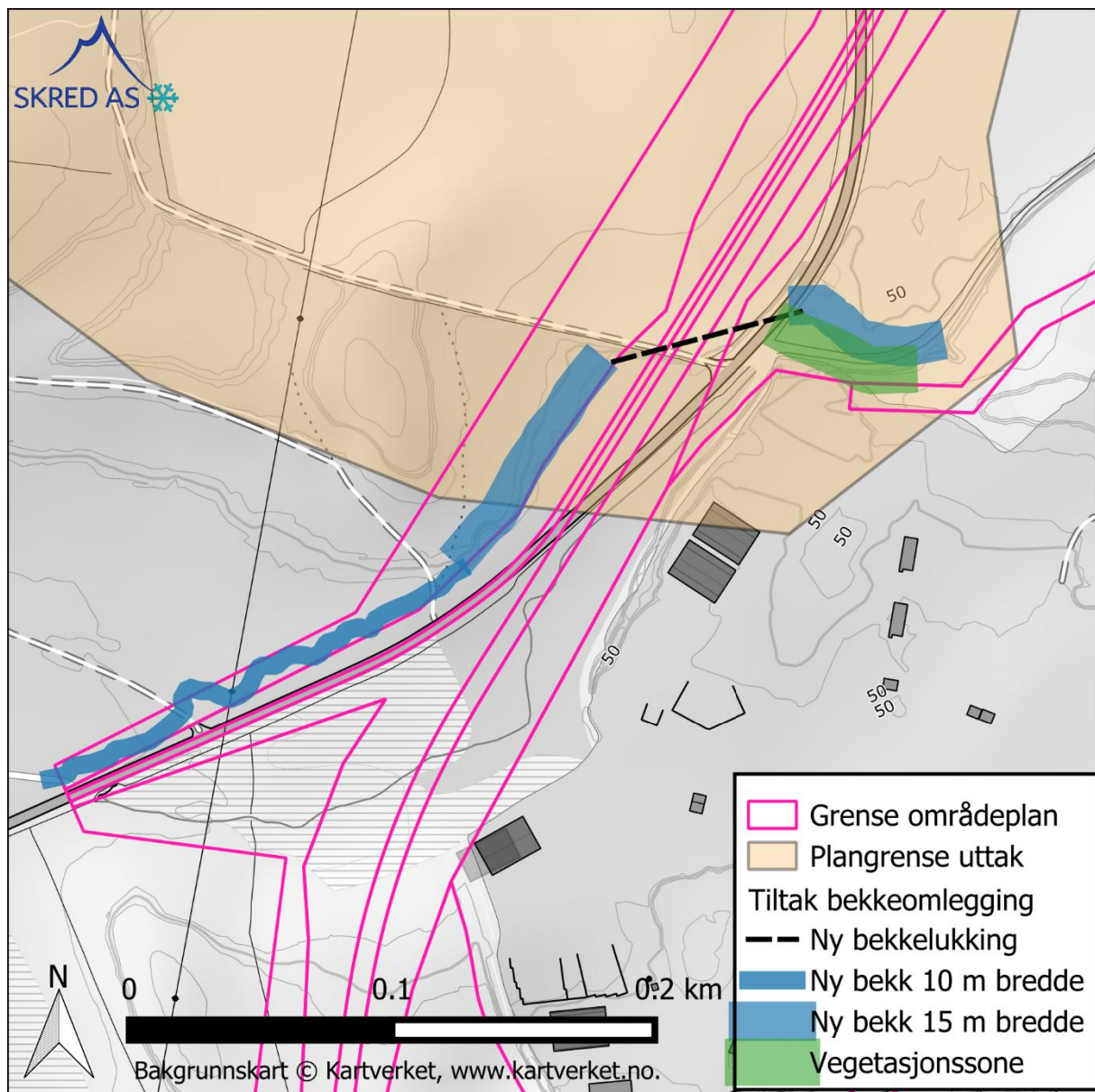
5.4.3 Bekkeomlegging av Kalbergbekken ved RK3/4

Nedbørfeltet er $0,8 \text{ km}^2 - 1 \text{ km}^2$ på strekningen der bekken skal legges om. Nedbørfeltet ved beregningspunktet er på $2,4 \text{ km}^2$ og gir en klimajustert 200-årsflom på $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Vi har lagt til grunn $3,4 \text{ m}^3/\text{s}$ som et konservativt estimat. Dette krever et rør på 1600-1800 mm (forutsatt innløpskontroll). I dagens situasjon er terrenget høyere på vestsiden av veien enn på østsiden, så terrenget må senkes for at bekkeomleggingen skal kunne gjennomføres. For å opprettholde selvrensing anbefales minst 0,5 % fall og for innløpskontroll bør kulverten ideelt sett ha minst 1 % fall.

Vi foreslår å regulere inn en bredde på minimum 15 meter på vestsiden av den nye fylkesveien for å sikre tilstrekkelig plass til et naturlig bekkedrag med slake sidekanter og meanderende trasé. Det bør også anlegges en kulp i starten av bekkeomleggingen med adkomst for tømning, slik at finstoff fra jordbruksarealene kan sedimenteres og tømmes her. Det vil også være gunstig å ha en kulp på vestsiden av veien av samme årsak og fordi bekken vil ha lite fall på disse strekningene.

På østsiden av bekken er det i dag utfordringer med at støv fra pukkverket forurenses bekken som renner svært tett på der fyllinger med sand lagres. For å utbedre forholdene i bekken må bekken legges lengre nord slik at det kan etableres en vegetasjonsskjerm mot masseuttak.

Høyder: Innløp på kote 49,0 krever utløp på kote 48,93 på vestsiden av ny vei. Området ligger i dag på ca. kote 49,30, så det vil kreve en senking av terrenget her over et større område. Det skal tas ut sand i området, og dette vil kunne kombineres med nødvendige terrengendringer. En skisse over foreslåtte løsning med plassbehov er vist i Figur 33.



Figur 33: Skisse over mulig bekkeomlegging med nødvendig bredde som må avsettes slik at man får plass til meandering, kulper og kantvegetasjon.

5.5 Figgjo

Selv om utbyggingsområdene ikke påvirker flomforholdene i Figgjo, skal det tilrettelegges for lokal håndtering av mindre nedbør for å sikre at vannkvaliteten er tilstrekkelig og at man ikke forverrer dagens situasjon. Det er viktig å unngå nye inngrep i kantsonen til Figgjo og man bør derfor benytte de eksisterende utløpene. Det er i dag tre utløp fra området NK1 og KN6 til Figgjo, som vist i Figur 34. Det øverste utløpet er fra rensedammene til massedeponiet i nordøst av NK1 som kommer ut oppstrøms Eikelandsfossen, Figur 35. Det andre utløpet fra NK1 kommer ut via et lukket rør som kommer ut omtrent midt i badeplassen, markert som U2 i Figur 34. Det tredje utløpet til Figgjo er fra en åpen bekk som renner ut vest for

badeplassen. For å unngå forringing av vannkvaliteten på badeplassen bør det østre og det vestre utløpet benyttes i framtidig situasjon, og mindre nedbørmengder håndteres lokalt i nedbørfeltene for å ivareta krav til vannkvalitet.

De to utløpene som foreslås benyttet ved framtidig utbygging har liten kapasitet under Kalbergveien (Figur 36) og det må påregnes en oppgradering av disse ved utbygging. Utløpet fra rensedammene er erosjonssikret og virker tilstrekkelig dimensjonert for å kunne ta imot økte vannmengder, men rent vann bør ledes direkte til utløpet nedstrøms rensedammene. Dette må koordineres med vegplanlegger.



Figur 34: Figgjo sett fra utløpet fra NK6 østover mot badeplassen og de tre utløpene fra NK1.



Figur 35: Utløpsanordning og steinsatt flomløp fra rensedammene sett mot Kvernalandsvegen og utløpet nedstrøms Kalbergveien.

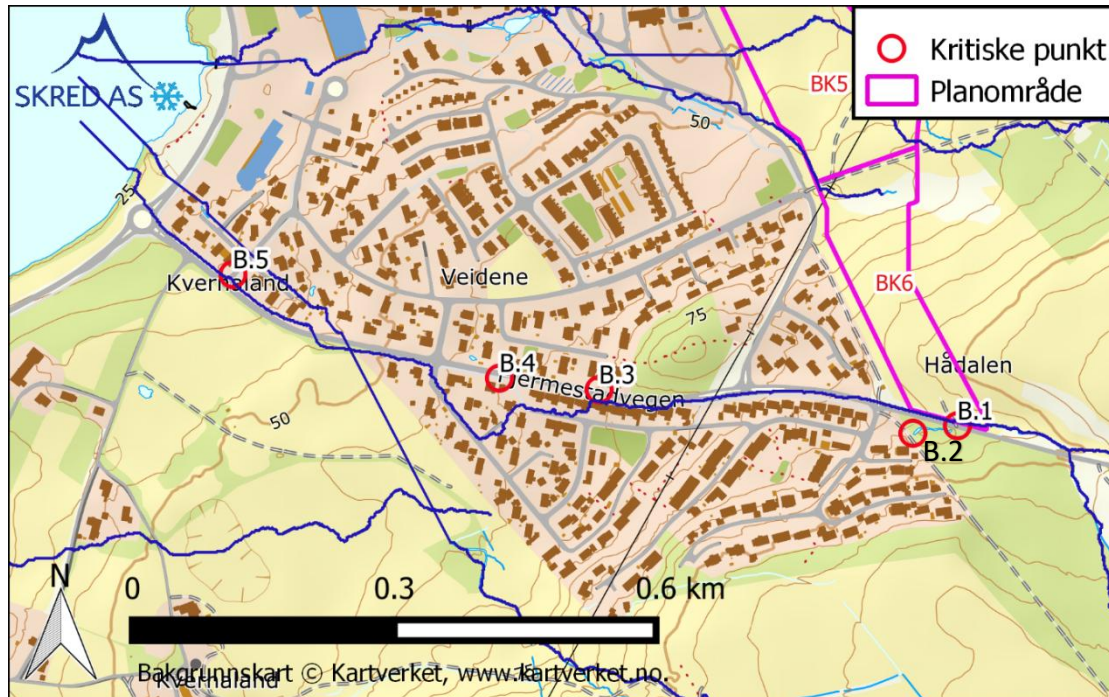


Figur 36: Bilde av bekken fra KN6 (venstre) og fra rensedammene (høyre) ved kryssing under Kalbergveien.

5.6 Bekk Fjermestadvegen

Bekken som starter ved NK4 og renner lukket fra krysset i Fjermestadvegen er sårbar for økte vannmengder. Fjermestadvegen vil kunne fungere som en flomvei fra det nederste inntaket før den lange lukkingen (B2 i Figur 37), gitt at man gjør mindre tilpasninger langs bebyggelsen der det er lite overhøyde og vannet kan dra ut av veien. Inntak B1 under Fjermestadvegen må sikres tilstrekkelig kapasitet, og man bør utbedre de hydrauliske forholdene rundt inntak B2 for å få mest mulig vann gjennom røret. Ved eventuell utbedring

av kapasitet må man også vurdere om det gir noen økt ulempe for inntakene ved B5 å presse mer vann gjennom røret. Ettersom inntak B2 har svært lang flomvei og kan påvirke mange hus, anbefaler vi også å etablere en vannstandssensor og kamera for å bli varslet dersom inntaket går tett eller fullt som gir mulighet for organisatoriske tiltak for å redusere flomrisiko ytterligere.



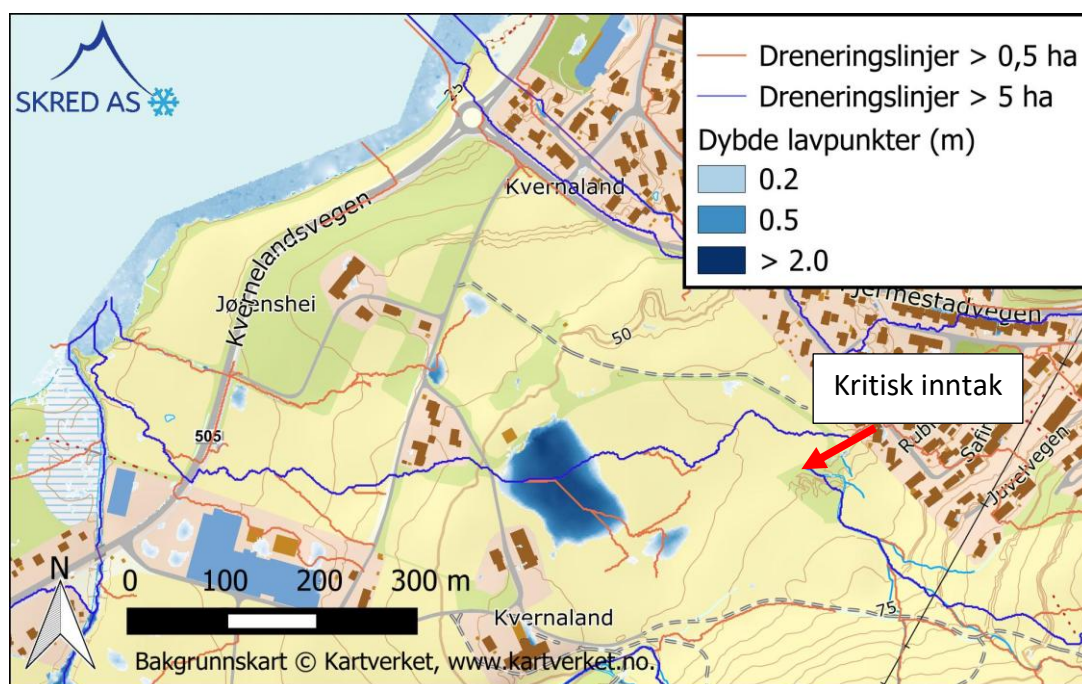
Figur 37: Kritiske punkt og mulige tiltak langs Fjermestadvegen.

5.7 Bekk Lunden

Bekken går lukket et langt stykke, men det er liten konsekvens ved vann på avveie da flomveien går over jorder og til et stort lavbrekk, vist i Figur 39. For å redusere faren for vann på avveie, gjentetting i røret og optimalisere kapasiteten til inntaket, kan det anlegges en frontmur ved inntaket eller erosjonssikring med stein for å hindre at vannet graver i vollen langs inntaket. Inntaket kan med fordel byttes til et med gunstigere hydraulisk utforming med en ristløsning som gir mindre fare for tilstopping, som er lettere å renske. I dag er inntaket i praksis et hull i bakken, se Figur 38.



Figur 38: Bilde av inntaket hvor bekken lukkes på en lang strekning.



Figur 39: Flomvei fra inntaket og stort lavpunkt på jordet viser at vann på avveie har liten konsekvens.

5.8 Bekk Frøylandsparken

Nedstrøms kryssinger og bekkeløp er tidligere dimensjonert for 200-årsflom med klimapåslag og vurderes derfor å ha tilstrekkelig flomsikkerhet (Asplan Viak, 2015). Flomveier fra stikkrenner går over veien ifølge tidligere hydrauliske modeller og det er ingen utsatte boliger, og skolebygget har en tilrettelagt flomvei fra siste kulvertinntak. Det er imidlertid nokså dårlig ristutforming på en del av kryssingene som gjør at kapasiteten er betydelig redusert, samtidig som gjentettingsfaren er svært stor da rista ligger helt innpå røret, se eksempler i Figur 40. Inntaksrister bør ha et ristareal mellom spalteåpningene på minst $1,5-3 \times A_{rør}$ og en horisontal del som gjør at vannet renner gjennom selv om den er delvis gjentetta. Risten bør også kunne fjernes ved behov. Vi foreslår derfor å bytte inntaksrister får å redusere faren for vann på avveie.



Figur 40: Eksempel på rister som bør byttes fordi de har stor fare for gjentetting med tverrgående staver og lite ristareal ift. rør som reduserer kapasiteten.

Prinsipper og løsninger for lokal overvannshåndtering

5.9 Tretrinnsstrategien for overvannshåndtering

Etter bestemmelsen i TEK17 skal overvann håndteres gjennom bruk av infiltrasjon, fordrøyning og avledning, jf. pbl. § 28-10 første ledd. Dette omtales gjerne som tretrinnsstrategien for overvann, illustrert i Figur 41. Normale nedbørmengder skal forsinkes eller forhindres ved infiltrasjon, større nedbørhendelser skal fordrøyes med begrenset påslipp til ledningsnett eller vassdrag. Når nedbørmengden overstiger kapasiteten for infiltrasjon og fordrøyning, må overvannet avledes i flomveier til trygg resipient, som oftest til sjø eller vassdrag.

Det er også et mål at nedstrøms områder ikke skal få økt ulempe som en konsekvens av utbygginger oppstrøms og at man forbedrer dagens situasjon der det er mulig.



Figur 41: Illustrasjon av treleddsstrategien fra veilederen til TEK17 (DiBK, 2023).

I NVE sin veileder for overvannshåndtering i arealplaner (NVE, 2022a) anbefales det å benytte 100-års nedbør ved beregning og dimensjonering av overvannsløsninger. Dette samsvarer også med kravet gitt i TEK17 § 15-8 (1). Ettersom noen av resipientene i planområdet er svært sårbare for økt avrenning og forventede klimaendringer, ønsker Time kommune at det benyttes 200 års gjentakintervall som samsvarer med TEK17-kravene for flom.

5.10 Trinn 1: Infiltrasjon

Mindre nedbørhendelser skal håndteres åpent og gis mulighet for infiltrasjon, fordampning og rensing. Avrenning fra tette flater ledes til permeable flater. Takvann bør ledes åpent ut til permeable flater, eller håndteres med grønne tak. Man kan dempe avrenningen ved å redusere bruk av tette flater, for eksempel ved å bruke permeable dekker istedenfor asfalt

på parkeringsområder. Andre løsninger for å håndtere normale nedbørhendelser er vegetasjon, trær, permeable flater, grønne tak og regnbed. Overvannet kan også samles opp og gjenbrukes innenfor tiltaksområdet, til for eksempel vanning, spyling eller lignende.

For å stille konkrete krav til håndtering av trinn 1, kan man for eksempel håndtere de første 10 mm lokalt (Oslo kommune, 2023) eller 70 % av 2-årsnedbøren, som tilsvarer omtrent 95 % av årsnedbør (Paus, 2018).



Figur 42: Regnbed som renser avrenning fra vei og parkering i Sandnes. Foto: Inger Anita Merkesdal, Vannfakta.no.

5.11 Trinn 2: Fordrøyning

I trinn 2 skal avrenning fra større nedbørmengder fordrøyes og forsinkes før et eventuelt påslipp til ledningsnett eller resipient. Mulige løsninger her er regnbed, blågrønne tak, fordrøyningsmagasin/basseng eller oversvømmelsesareal, som for eksempel nedsenkede parkeringsplasser eller grøntområder. Fordrøyningsløsningen bør utformes slik at den kan tømmes i løpet av 24 timer etter en dimensjonerende nedbørhendelse for å sikre at kapasiteten er gjenopprettet for en ny nedbørhendelse.

Vanligvis settes et gjentakintervall for fordrøyning ut ifra kapasiteten til resipienten (bekk, elv, ledningsnett). For flomutsatte vassdrag som Kalbergbekken og Frøylandsbekken settes gjentakintervallet til 200 år iht TEK 17 og føringer fra Time kommune.

Der resipienten har god kapasitet og ikke påvirkes av økt avrenning, som for Figgjo, kan man gå bort ifra krav til fordrøyning av større hendelser og heller fokusere på gode løsninger for å håndtere trinn 1 (rensing og infiltrasjon) og trinn 3 (trygge flomveier).

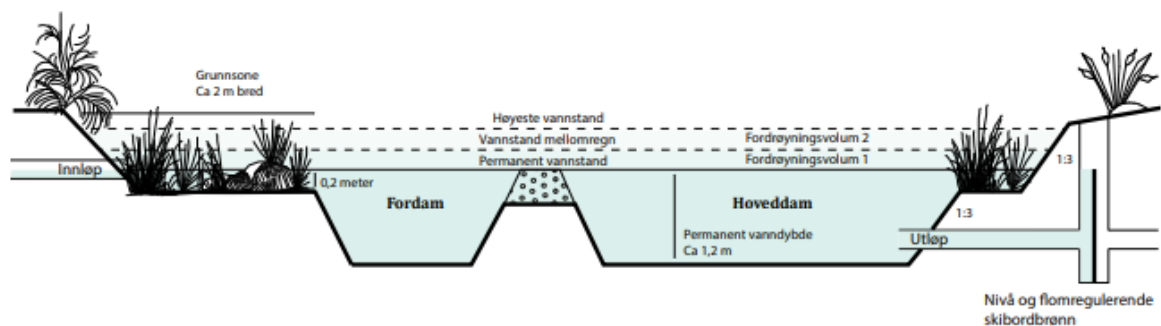


Figur 43: Eksempel på åpent fordrøyningsområde i terrengeforsenkninger, hentet fra Oslo kommune sin veileder for overvannshåndtering.

5.11.1 Eksempel på utforming av overvannsdammer

Overvannsdammer kan kombinere behov for rensing og fordrøyning, samt at det er et landskapselement som fremmer biologisk mangfold. En prinsippskisse er vist i Figur 44. Eksempler på overvannsdammer med permanente vannspeil for rensing og fordrøyning er vist under i Figur 45 og Figur 46.

Dette vil være aktuelle tiltak for næringsområdene på Kalberg, samt for rensing av veivann langs ny Fylkesvei. Dette må håndteres av ansvarlig miljørådgiver. Avrenning fra naturområder bør avskjæres fra rensedammer. For å oppnå best renseeffekt bør det settes av et areal tilsvarende 2,5 % av effektivt tilrenningsareal ($C \cdot A$) (Oslo kommune, 2016).



Figur 44: Prinsippskisse av overvannsdam. (Oslo kommune, 2016)



Figur 45: Basseng for overvann fra veianlegg som kombinerer rensing, fordrøyning og landskapstilpasning (Fornebu, Bærum kommune). Foto: Simen Glyseth (VA Miljøblad, 2007)



Figur 46: Overvannsdam i boligområde som kombinerer fordrøyning, økologi og landskapselement (Sjølund, København). Foto: Svein Ole Åstebøl (VA Miljøblad, 2007)

5.12 Trinn 3: Flomveier

Avrenning fra et klimajustert 200-årsregn skal avledes i trygge flomveier bort fra tiltaksområdet. Flomveier skal holdes åpne og lede overskytende mengder som ikke håndteres i trinn 2, eller ved svikt i trinn 2, trygt til resipient. Dersom flomveien må være lukket under lokale veger må det sikres et lavbrekk på veibanen eller veien utformes slik at vannet finner tilbake til flomveien på nedstrøms side.

6 Krav til håndtering av overvann i utbyggingsområdene

6.1 Vannføring og påslipp til resipienter

En framtidig utbygging i nedbørfeltet skal ikke føre til økt ulempe nedstrøms. Mange av de foreslåtte utbyggingsområdene består i dag av dyrka mark, skog eller utmark som i ulik grad infiltrerer overvannet lokalt i en normalsituasjon og forsinker avrenningen i en flomsituasjon. En utbygging vil føre til mer tette flater, som igjen gir mer og raskere avrenning og mindre infiltrasjon. De fleste av resipientene er svært sårbare for økte vannmengder, og det er derfor viktig å sikre at en ikke forverrer dagens situasjon.

For å ikke øke avrenningen etter utbygging er det beregnet et spesifikt påslippskrav per ha innenfor for de ulike resipientene sitt nedbørfelt basert på dagens flomsituasjon. Fordrøyningsløsningene må også utformes slik at de tømmes ila 24 timer, og har lavere utløpsmengde ved lavere gjentakintervall.

For eksempel i Kalbergbekken er det beregnet 200-årsflom på 4,8 m³/s uten klimapåslag som vist i vedlegg A. Dette gir en maksimal påslippsmengde på 20 l/s per ha (4,8 m³/s delt på 240 ha) for alle utbyggingsområder i nedbørfeltet til Kalbergbekken ved en 200-års nedbørhendelse. Kravet er utarbeidet basert på føringer for metodikk og tilnærminger gitt av Time kommune.

6.2 Krav til gjentakintervall og påslippsmengde

I Tabell 6 er det vist en oversikt over gjentakintervall for hvert trinn i tretrinnsstrategien, som skal legges til grunn for dimensjonering av overvannsløsninger.

For trinn 1 skal området håndtere all nedbør lokalt uten avrenning til resipient ved angitt gjentakintervall. For trinn 2 skal man maksimalt lede videre den angitte spesifikke påslippsmengden ved angitt gjentakintervall. For trinn 3 skal interne og nedstrøms flomveier sikres kapasitet.

Tabell 6: Foreslått krav til gjentakintervall og spesifikke påslippsmengder for hver resipient, med utgangspunkt i føringer fra Time og Klepp kommune.

Resipient	Gjentaksintervall			Spesifikt påslipp til resipient (trinn 2) [l/s /ha]
	Trinn 1	Trinn 2	Trinn 3	
Kalbergbekken	2 år	200 år + klimafaktor	200 år + klimafaktor	20
Frøylandsbekken	2 år	200 år + klimafaktor	200 år + klimafaktor	20
Bekk Fjermestadvegen	2 år	200 år + klimafaktor	200 år + klimafaktor	35
Figgjo	70 % av 2 år	2 år	200 år + klimafaktor	Dagens situasjon
Mosvatnet (Frøylandsbekken)	70 % av 2 år	5 år	200 år + klimafaktor	20
Bekk Lunden (Kvernalund vest)	70 % av 2 år	20 år + klimafaktor	200 år + klimafaktor	20
Bekk Frøylandsparken	70 % av 2 år	20 år + klimafaktor	200 år + klimafaktor	20

Orstadbekken	70 % av 2 år	Ledes mot Figgjo	Ledes mot Figgjo	-
--------------	--------------	------------------	------------------	---

6.3 Beregning av nødvendig areal til regnbed for trinn 1

For å infiltrere og fordampe mindre nedbør lokalt med naturbaserte løsninger, vil regnbed eller grønne tak være aktuelle løsninger. For å illustrere plassbehovet for å håndtere trinn 1 lokalt i planområdene er det beregnet et overslag på nødvendig areal for regnbed dersom alt skulle håndteres med denne løsningen. I praksis vil det bli en kombinasjon av ulike løsninger.

Det er antatt en hydraulisk konduktivitet på 10 cm/t og en gjennomsnittlig vanndybde på overflaten på 20 cm. Avrenningskoeffisienter er beskrevet i avsnitt 6.4. Eksempel på beregning for et delområde er vist i vedlegg C.

Tabell 7: Anslått nødvendig areal for å håndtere all mindre nedbør lokalt med kun regnbed ved anbefalte gjentakintervall (trinn 1).

Område /resipient	Størrelse [ha]	Gjentaksintervall for trinn 1	Nødvendig areal til regnbed [m²]	Prosentandel av området (%)
NK1 /Kalbergbekken	13.3	2 år	4125	3.1
NK2 /Kalbergbekken	2.3	2 år	700	3.1
BK1 /Kalbergbekken	2.9	2 år	900	3.1
NK3 / Frøylandsbekken	18.9	2 år	5775	3.1
NK1 / Figgjo	20	70 % av 2 år	4280	2.1
KN6 /Figgjo	6.5	70 % av 2 år	1390	2.1
NK4 / Bekk Fjermestad	36	2 år	11000	3.1
NK4 / Bekk Lunden	8	70 % av 2 år	1700	2.1
NK4 / Mosvatnet	8	70 % av 2 år	1700	2.1
BK5	3.88	70 % av 2 år	600	1.6
BK6	2.48	70 % av 2 år	400	1.6

6.4 Beregning av nødvendig fordrøyningsvolum for trinn 2

Vi har beregnet nødvendig fordrøying i trinn 2 basert på antatt utnyttelsesgrad etter utbygging, med gjentakintervall som angitt i forrige delkapittel.

Beregning av fordrøyningsvolum er gjort med regnvelopmetoden med antagelse om konstant utløp som 70 % av maksimalt påslipp. Beregning for NK1 som eksempel er vist i vedlegg B. Anbefalt C-verdi for «svært tettbygd industriområde» varierer fra 0,6 - 0,9 ut ifra helning på terrenget. Det er for enkelhets skyld benyttet 0,75 i videre beregninger for

næringsområdene, og 0,55 for boligområdene som tilsvarer «moderat tettbygd boligområde». Den rasjonale formel er svært sensitiv for valg av C-verdi, og man må derfor revidere beregningene av nødvendig fordrøyningsvolum når detaljert plankart foreligger.

I Tabell 8 vises beregnede volumer for de ulike utbyggingsområdene, gitt et maksimalt påslipp som angitt.

Tabell 8: Foreløpig beregning av fordrøyningsvolum i trinn 2 ved anbefalte gjentakintervall og påslippsmengder.

Område /resipient	Størrelse [ha]	Gjentaksintervall for trinn 2	Spesifikt påslipp [l/s*ha]	Fordrøyningsvolum [m³]	Maks videreført vannmengde i trinn 2 [l/s]
NK1 /Kalbergbekken	13.3	200 år + klimafaktor	20	12500	266
NK2 /Kalbergbekken	2.3	200 år + klimafaktor	20	2150	46
BK1 /Kalbergbekken	2.9	200 år + klimafaktor	20	1760s	58
NK3 / Frøylandsbekken	18.9	200 år + klimafaktor	20	17 700	380
NK1 / Figgjo	20	2 år	15	1000	300
KN6 /Figgjo	6.5	2 år	15	330	97.5
NK4 / Bekk Fjermestad	36	200 år + klimafaktor	35	25600	720
NK4 / Bekk Lunden	8	20 år + klimafaktor	20	1700	160
NK4 / Mosvatnet	8	5 år	10	900	80
BK5	3.88	20 år + klimafaktor	20	530	78
BK6	2.48	20 år + klimafaktor	20	340	50

7 Oppsummering og konsekvensvurdering

Utbyggingsområdene i den vurderte områdeplanen vil føre til mer tette flater og potensielt økt avrenning mot eksisterende vassdrag. De fleste av resipientene er sårbare for økt avrenning og har kapasitetsutfordringer i dagens situasjon. For at man skal kunne bygge ut i disse områdene må det utføres avbøtende tiltak i vassdragene som forbedrer dagens situasjon, i tillegg til lokal overvannshåndtering i hvert utbyggingsområde. anbefalte tiltak i vassdragene er oppsummert i Tabell 5 og en konsekvensvurdering av hver resipient ved de ulike scenariene for tiltak er gitt i Tabell 9. I Frøylandsbekken og Kalbergbekken er dagens situasjon utfordrende med hyppige oversvømmelser langs bekkene grunnet manglende kapasitet i bekkeløp og stikkrenner. Her kreves det flere, større tiltak for å kunne oppnå en tilstrekkelig effekt.

I henhold til krav fra Time kommune skal utbyggingsområder som drenerer til de mest utsatte vassdragene Kalbergbekken, Frøylandsbekken og Fjermestadbekken planlegges med fordrøying med 200-års gjentaksintervall, samt et strengt påslippskrav. For de andre resipientene er det vurdert nedstrøms konsekvenser og kapasitet i resipientene opp mot et hensiktsmessig gjentaksintervall. Krav til gjentaksintervall og påslippsmengder må sikres i planbestemmelsene for at det skal bli fulgt opp i senere detaljregulering.

7.1 Konsekvensvurdering av utbygging for resipientene

Det er gjort en samlet konsekvensvurdering med hensyn på flom for hver av de ulike vassdragene som påvirkes av utbyggingene i henhold til Miljødirektoratets håndbok M1941 (Miljødirektoratet, 2023). I tillegg er det gjort en samlet vurdering av den totale belastningen på vassdragene som helhet med hensyn på flom, hvor vi vurderer at den samlede konsekvensen vil bli positiv ved utbygging dersom det utføres avbøtende tiltak i vassdragene for å bedre flomforholdene. Gradene av konsekvens er hentet fra tabell 1-16 i håndboka.

Tabell 9: Konsekvensvurdering av flomfare for hver resipient som påvirkes av utbyggingene.

Vassdrag [påvirkningsområder]	Alternativ 0: ingen utbygging eller tiltak	Alternativ 1A: Utbygging med lokale tiltak for overvannshåndtering	Alternativ 1B: Utbygging med lokale tiltak og avbøtende tiltak i vassdragene	Alternativ 2: Utbygging og tiltak som 1B, men alternativ veitrase som kun påvirker Njåbekken
Frøylandsbekken [BK1, NK1, NK2, NK3, NK4]	Stor negativ konsekvens: Det er flomutsatt ved mindre flommer. Mange hus, helsehus og infrastruktur som kan bli påvirket.	Stor negativ konsekvens: Det er flomutsatt ved mindre flommer og det er risiko for at de lokale tiltakene ikke fungerer.	Positiv konsekvens: Man kan utbedre situasjonen ved mindre flommer, men trolig ikke for sikkerhetsklasse F2 og F3 i TEK17.	Positiv konsekvens: Man kan utbedre situasjonen ved mindre flommer, men trolig ikke for sikkerhetsklasse F2 og F3 i TEK17.
Kalbergbekken [BK1, NK1, NK2]	Middels negativ konsekvens: Det er flomutsatt ved mindre flommer. Mange hus og	Middels negativ konsekvens: Det er flomutsatt ved mindre flommer og det er risiko for at	Stor positiv konsekvens: En kombinasjon av de foreslåtte tiltakene kan tilfredsstille	Stor positiv konsekvens: En kombinasjon av de foreslåtte tiltakene kan tilfredsstille sikkerhetsklasse F2

	infrastruktur som kan bli påvirket.	tiltakene ikke fungerer.	sikkerhetsklasse F2 i TEK17 for eksisterende bebyggelse.	i TEK17 for eksisterende bebyggelse.
Figgjo [KN6, NK1]	Ubetydelig konsekvens	Ubetydelig konsekvens	Ubetydelig konsekvens	Ubetydelig konsekvens
Fjermestadvegen [NK4]	Middels negativ konsekvens: Det er flomutsatt ved mindre flommer og har en lang bekkelukking. Mange hus og infrastruktur som kan bli påvirket.	Stor negativ konsekvens: Det er et stort inngrep i en såpass stor del av nedbørfeltet og det er risiko for at tiltakene ikke fungerer.	Positiv konsekvens: Det vil avledes mer vann i inntaket og sikres en trygg flomvei.	Positiv konsekvens: Det vil avledes mer vann i inntaket og sikres en trygg flomvei.
Lunden Kvernalund [NK4]	Ubetydelig konsekvens	Noe negativ konsekvens: Det utgjør en stor andel av nedbørfelt og det er risiko for at tiltak ikke fungerer.	Positiv konsekvens: Ved å avlede mer vann i inntaket reduseres risiko for vann på avveie.	Positiv konsekvens: Ved å avlede mer vann i inntaket reduseres risiko for vann på avveie.
Frøylandsparken [BK5, BK6]	Ubetydelig konsekvens: Parken er godt tilrettelagt for flomavledning og områdene har rask avrenning også i dag.	Ubetydelig konsekvens: Parken er godt tilrettelagt for flomavledning og områdene har rask avrenning også i dag.	Positiv konsekvens: Tiltak gjør kryssingene mindre utsatt for gjentetting.	Positiv konsekvens: Tiltak gjør kryssingene mindre utsatt for gjentetting.
Orstadbekken [KN6]	Noe negativ konsekvens	Positiv konsekvens: Redusert flomvannføring i Orstadbekken ved avledning til Figgjo	Positiv konsekvens: Redusert flomvannføring i Orstadbekken ved avledning til Figgjo	Positiv konsekvens: Redusert flomvannføring i Orstadbekken ved avledning til Figgjo
Njåbekken [FV505]	Ubetydelig konsekvens	Middels negativ konsekvens: Ny kryssing på en stor flomslette.	Middels negativ konsekvens: Ny kryssing på en stor flomslette.	Noe negativ konsekvens: Kan komme i konflikt med Njåbekken, men kan legges utenom.
Samlet for alle vassdrag	Stor negativ konsekvens	Stor negativ konsekvens	Positiv konsekvens	Positiv konsekvens

7.2 Prinsipper som skal sikres i bestemmelsene

Overvann fra utbyggingsområdene skal håndteres i henhold til tretrinnsstrategien med gjentakintervall som angitt i Tabell 6. Det bør også være et rekkefølgekrav knyttet til tiltak i vassdragene.

Vi foreslår følgende bestemmelser for overvannshåndtering:

- **Trinn 1:** All «dagligdags» nedbør skal håndteres lokalt i utbyggingsområdene ved bruk av åpne løsninger.
- **Trinn 2:** Fordrøyningsløsninger skal fortrinnsvis være åpne, naturbaserte og flerfunksjonelle. Dersom det i reguleringsplanen ikke kan velges løsninger som er åpne, naturbaserte og/eller flerfunksjonelle, skal dette begrunnes, og det skal dokumenteres hvorfor slike løsninger ikke kan velges.
Fordrøyningsløsningene må utformes slik at utløpsmengden er lavere ved lavere gjentakintervall og at de kan tømmes ila 24 timer.
- **Trinn 3:** Flomveier planlegges i kombinasjon med fordrøyningsområdene som åpne vannveier som ledes til resipienter.
- Skalert IVF-kurve fra Time - Lye benyttes ved dimensjonering for 200-års gjentakintervall.
- Tabell 6 skal legges til grunn for gjentakintervall ved beregning av de ulike trinnene for overvannshåndtering.
- Avbøtende tiltak i vassdragene må være utført før utbygging kan tillates.

8 Referanser

- Asplan Viak. (2015). Overvannshåndtering og flomutredning - Frøyland BK8.
- DiBK. (2023). *Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17)*. Hentet fra <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- Dr Blasy - Dr Øverland. (2020). *Kunnskapsgrunnlag overvann og klimatilpasning - Time kommune*.
- MET. (2015). 24/2015: *Dimensjonerende korttidsnedbør*.
- Miljødirektoratet. (2023). *Veileder M-1941 Konsekvensutredning av klima og miljø*.
- Norsk klimaservicesenter. (2022). *Klimaprofil Rogaland*.
- NVE. (2022a). *Veileder for håndtering av overvann i arealplaner 22-04*.
- NVE. (2022b). *Veileder for flomberegninger*.
- Oslo kommune. (2016). *Overvannsdammer - et urbant vannmiljø*.
- Oslo kommune. (2023). *Overvannsveileder - Retningslinjer og veiledning for overvannshåndtering i Oslo kommune*.
- Paus, K. H. (2018, 01). Forslag til dimensjonerende verdier for trinn 1 i norsk Vann sin tre-trinns strategi for håndtering av overvann. *Vann*, ss. 66-77.
- SINTEF. (1992). *STF60 A92101 - Flomberegning og Kulvertdimensjonering*.
- Time kommune. (2019). *Veileder til utbyggere og tiltakshavere - vann og klimatilpasning*.
- VA Miljøblad. (2007). *Utforming av overvannsdammer Nr 75*.

Vedlegg

Vedlegg A: Flomberegning for vassdrag

Vedlegg B: Eksempel på beregning av fordrøyningsvolum

Vedlegg C: Eksempel på beregning av nødvendig areal til regnbed

1 Vedlegg A: Flomberegning for vassdrag

1.1 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 (2022) er lagt til grunn for beregning av dimensjonerende flommer. Det er i hovedsak 7 vassdrag som mottar avrenning fra de nye utbyggingsområdene, hvorav de fire minste er nokså små, fra 0,3-2,5 km², mens Figgjo og Frøylandsbekken er en del større. Det er utført en detaljert flomberegning for Frøylandsbekken og Kalbergbekken, mens det for Figgjo og Orstadbekken er benyttet et regionalt formelverk for å anslå vannmengde ved 200-årsflom. For de andre mindre bekkene er vannføring beregnet med den rasjonale formel.

1.2 Beskrivelse av nedbørfelt

Frøylandsbekken har en feltstørrelse på nesten 20 km² når den renner gjennom Kvernaland sentrum etter samløpet med Kalbergbekken. Feltet drenerer nordvestover med utløp i Frøylandsvatnet og består av mye dyrket mark og åpen fastmark. Nedbørfeltet til Frøylandsbekken består av et par større innsjøer i øvre del, som vil ha en flomdempende effekt. Feltet er likevel såpass lite at vi forventer at det vil kunne respondere nokså raskt på kortvarige, intensive nedbørhendelser dersom grunnen er vannmettet i utgangspunktet.

Nedbørfeltet til Kalbergbekken ved samløpet til Frøylandsbekken er på ca. 2,4 km² og består i hovedsak av dyrka mark. Det er en del forsenkninger i feltet som kan bidra til naturlig fordrøyning i en flomsituasjon, i tillegg til at feltet er svært slakt. Feltet er imidlertid lite, så vi forventer at det vil kunne respondere nokså raskt på kortvarig, intensiv nedbør, spesielt dersom grunnen er metta i forkant av en nedbørhendelse.

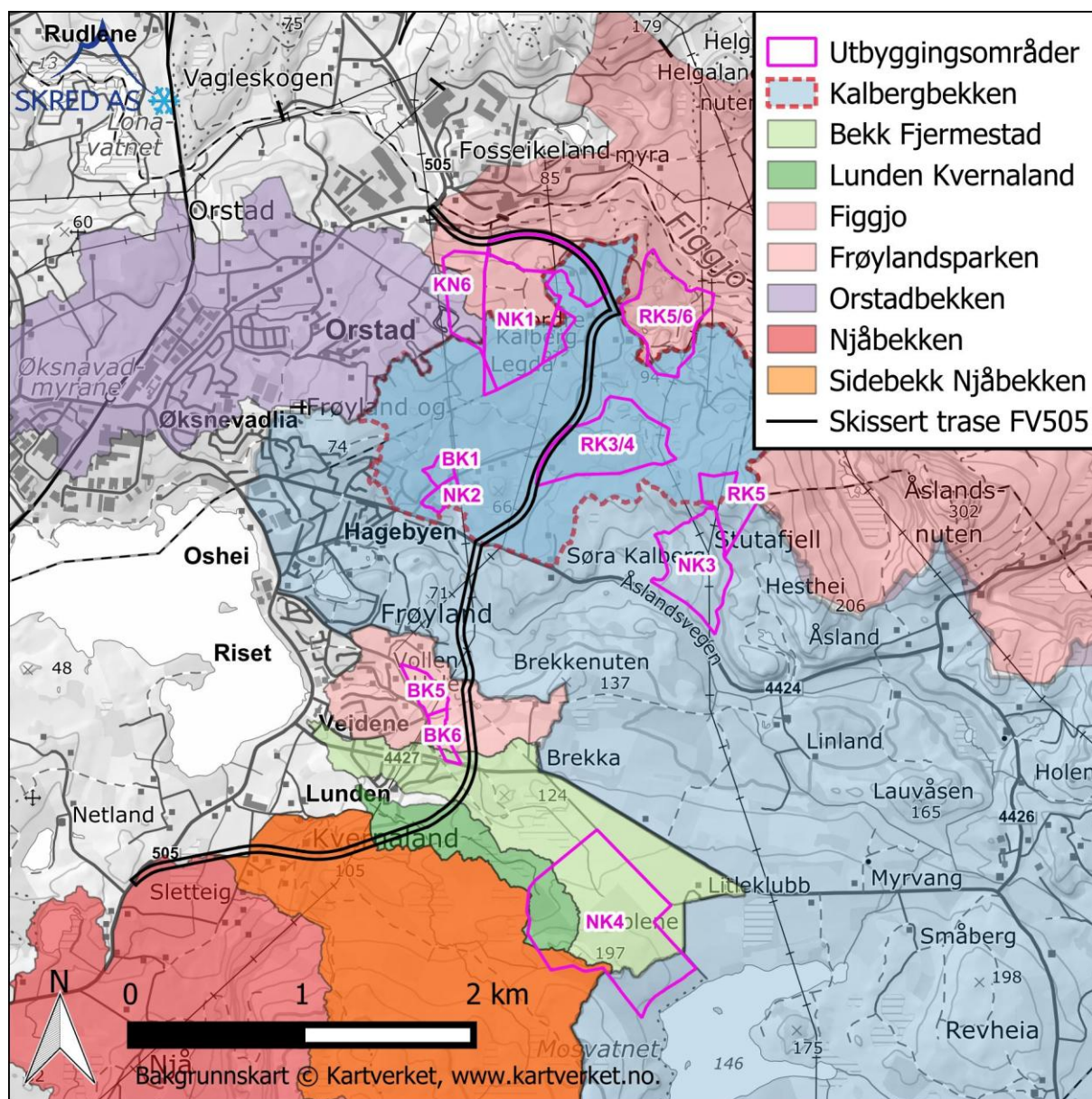
De resterende bekkene består av mye dyrket mark, utmark, skog samt noe bebyggelse i nedre del. På grunn av størrelsen forventes det at de responderer raskt på kortvarig, intensiv nedbør. Feltkarakteristikk til nedbørfeltene er oppsummert i Tabell 10 og plassering er vist i Figur 47.

Tabell 10: Feltkarakteristikk til vurderte nedbørfelt.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q _N [*] [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Myr [%]	Dyrket mark [%]	Åpen fastmark [%]	Høydeint. [moh]
1 Frøylandsbekken etter samløp	18,9	43,5	1,25	14	4	21	36	36 - 276
2 Kalbergbekken	2,4	33,4	0	20	9	17	18	36 - 204
3 Figgjovassdraget	158	53	2.3	18	2	8.5	37	23 - 595
4 Bekk v/Frøylandsparken	0,47	33	0	11	1	45	32	34 - 136
5 Fjermestabekken	1,0	39	0	22	0	54	2	89 - 205

6 Bekk Lunden Kvernaland	0,35	38	0	15	7	67	0	58 - 191
7 Orstadbekken	3,1	31,3	0	7	3	38	20	15 - 64
8 Njåbekken m/sidebekk	9,7	40,8	0,2	9,3	0,6	18,2	60	24 - 261

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90.



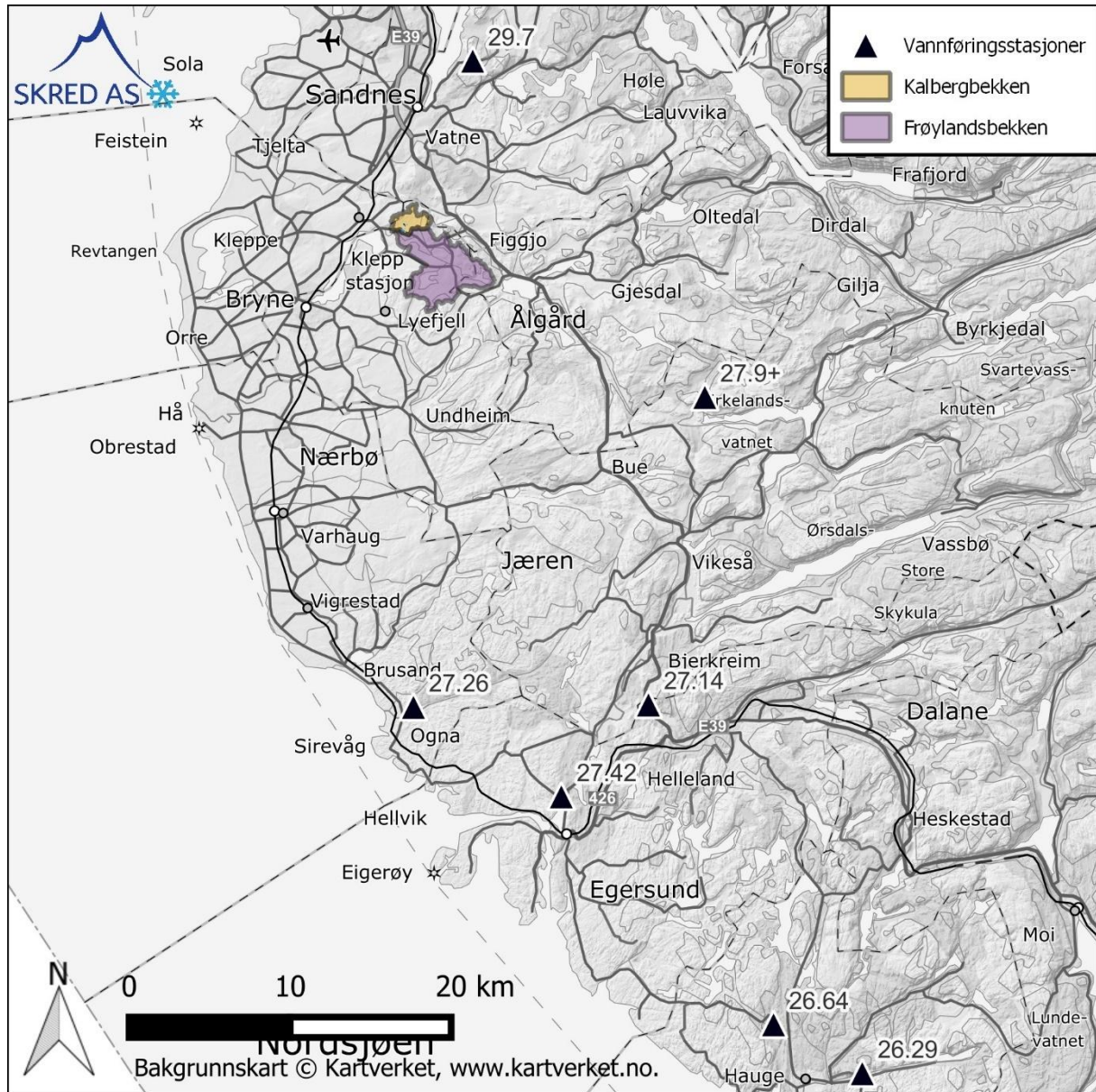
Figur 47: Nedbørfelt til vassdragene og plassering av utbyggingsområder.

1.3 Flomberegning for Frøylandsbekken og Kalbergbekken

1.3.1 Målestasjoner og flomfrekvensanalyse

Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i noen av vassdragene i det aktuelle området. Det finnes imidlertid en stasjon, 28.6 Bryne, lengre ned i vassdraget ved utløpet av Frøylandsvannet hvor feltet er vesentlig større og har en annen karakteristikk.

I Tabell 11 er det gitt et utvalg målestasjoner, inkludert feltkarakteristika, som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i de vurderte nedbørfeltene. 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. Høydefordelingen til stasjonene er vist i Figur 49 og beliggenhet er vist i Figur 48.

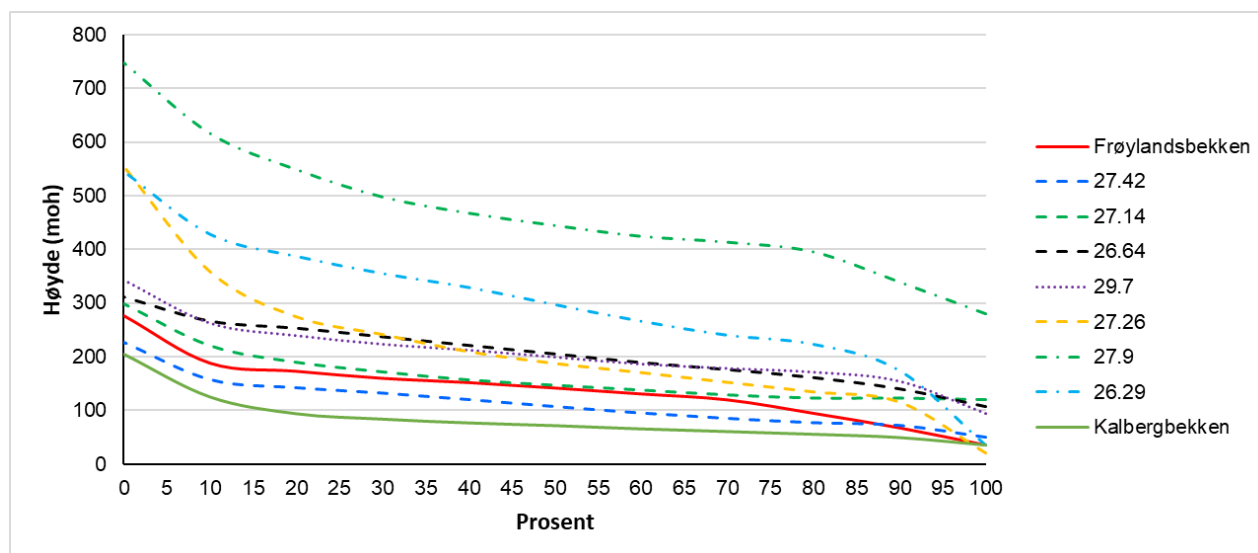


Figur 48: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.

Tabell 11: Utvalgte målestasjoner som er vurdert representative for Frøylandsbekken og Kalbergbekken.

Målestasjon	Felt areal [km ²]	Måleperiode (døgn) [år]	q _N [l/s* km ²]	Eff. sjø [%]	Skog [%]	Dyrket mark [%]	Snaufjell [%]	Høyde intervall [moh.]	Kurvekvalitet (flom)
Frøylandsbekken	18,9	-	43*	1,25	14	21	36	36 - 276	-
Kalbergbekken	2,4	-	33,4*	0	20	17	10	36 - 204	-
26.29 Refsvatn	53	78 - 22	71	1	23	1.6	59	35 - 545	Bra
26.64 Rekedalselv	10.1	96 - 22	58	1.4	38	1	48	107 - 311	Meget dårlig
27.9 Stølsvatn nbf.	15.9	94 - 22	59	5.3	25	0	50	281 - 747	Usikker
27.14 Saglandsvatn	1.8	72-92	42	15	26	3	16	120-299	Dårlig
27.26 Ogna v/Hetland	70.29	15-20	59	0.83	13	5	60	21-555	Usikker fram til 2010
27.42 Slevelandsåna	5.4	08-20	74	0.34	35	11	21	21-227	Dårlig
29.7 Gramstaddalen	1.8	89-20 (-91)	23	0.03	72	0	21	94-342	Middels

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90



Figur 49: Hypsografisk kurve til Frøylandsbekken, Kalbergbekken og vurderte målestasjoner.

1.3.2 Valg av metode for flomfrekvensanalyse

Ved de utvalgte målestasjonene er det lange serier med findata (> 25 år) for de stasjonene med ok kvalitet, og det er derfor valgt å gjøre flomfrekvensanalyse direkte på findata.

1.3.3 Lokal flomfrekvensanalyse

Vannføringsmålinger fra de aktuelle målestasjonene er hentet ut og analysert gjennom NVE-databasen Hydra2. Det er gjort flomfrekvensanalyse av måleseriene på årsflommer. For hver måleserie er det gjort et valg av type frekvensfordeling basert på serielengde og frekvenskurven sin tilpasning til dataene. Tabell 12 presenterer analysene utført med Flom_analyse-programmet i Hydra II på henholdsvis findata og døgndata. Programmet tar utgangspunkt i årsflommer. År med mer enn 10 % manglende dager fjernes i analysen.

Tabell 12: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer (kulminasjon).

Målestasjon	År	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M	Metode
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
26.29 Refsvatn	32	45	851	2.1	Gumbel
26.64 Rekedalselv	23	9.5	941	-	Gumbel
27.9 Stølsvatn nbf.	24	12.2	767	-	Gumbel
27.14 Saglandsvatn	21	0.37	206	-	Gumbel
27.26 Ogna v/Hetland	31	41	583	2.16	Gumbel
27.42 Slevelandsåna	13	4	741	-	Gumbel
29.7 Gramstaddalen	27	1.28	711	2.23	Gumbel

1.3.4 Regional flomfrekvensanalyse

1.3.4.1 RFFA-NIFS

I NVE (2015a) presenteres et nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt der feltareal er mindre enn 50 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. Det betyr at et godt estimat av middelflom vil redusere usikkerheten i beregningene betraktelig.

Middelavrenning fått fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990 ligger noe under målestasjonene ved de fleste stasjonene. Det er likevel valgt å benytte en middelavrenning på henholdsvis 43 og 32 l/s*km² i flomformelverket, ettersom stasjonene ligger såpass langt unna området og nødvendigvis ikke er representative for lokale forhold.

Resultatene gitt fra flomformelverket for små nedbørfelt er presentert i Tabell 13 og Tabell 14. Det er gitt resultater for middelestimat, samt øvre- og nedre konfidensintervall (95%).

Tabell 13: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt for Frøylandsbekken (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 %)	6.0	317		16.0
Middel	12.0	634	2.68	32.1
Høy (95 %)	24.0	1267		64.2

Tabell 14: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt for Kalbergbekken (kulminasjon).

Estimat	Middelflom		$\frac{Q_{200}}{Q_M}$	Q_{200} [m ³ /s]
	Q_M [m ³ /s]	q_M [l/s*km ²]		
Lav (95 %)	1.1	447		2.9
Middel	2.1	894	2.69	5.7
Høy (95 %)	4.3	1787		11.5

1.3.5 PQRUT

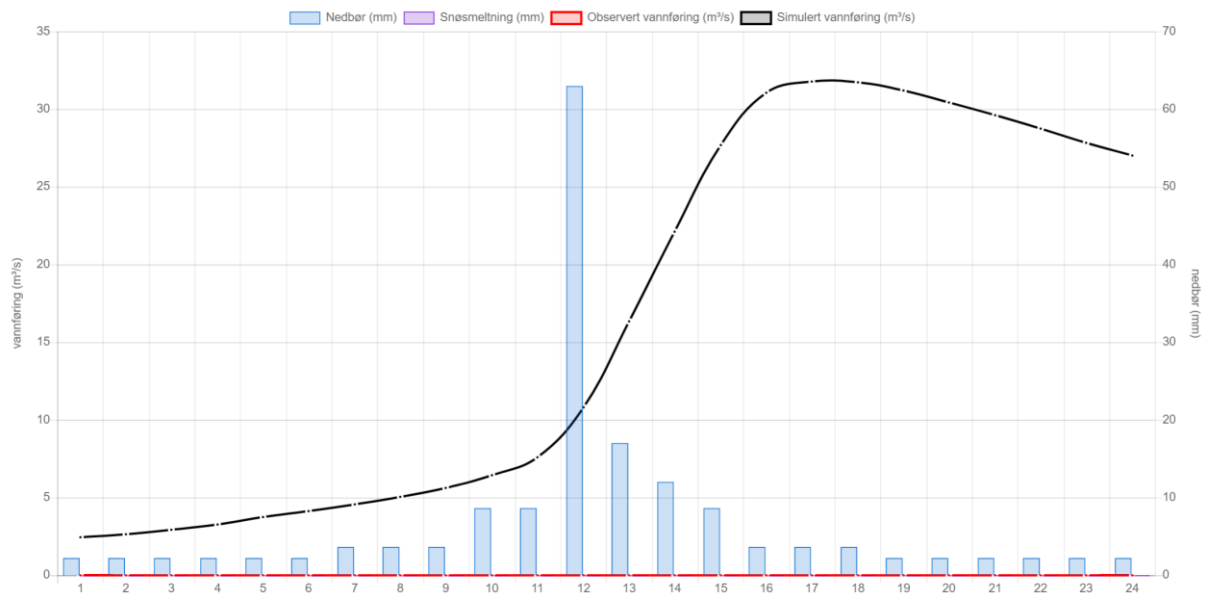
PQRUT er en nedbør-avløpsmodell som er utformet som en lineær karmodell. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen. I NVE (DiBK, 2023) er det gitt en beskrivelse av modellen og hvordan den kan benyttes i små nedbørfelt. Det er flere usikkerhetsmomenter som ligger i bruken av modellen for mindre felt, slik at usikkerheten i resultatene forventes å være stor.

I henhold til anbefalinger i NVE (DiBK, 2023) benyttes det et dimensjonerende nedbørforløp på 24 timer og et tidsskritt på 1 time. Konsentrasjonstiden til feltet er estimert til ca. 4 timer for Frøylandsbekken og ca. 2 timer for Kalbergbekken, basert på den pragmatiske metoden og SVVs formel for naturlige felt.

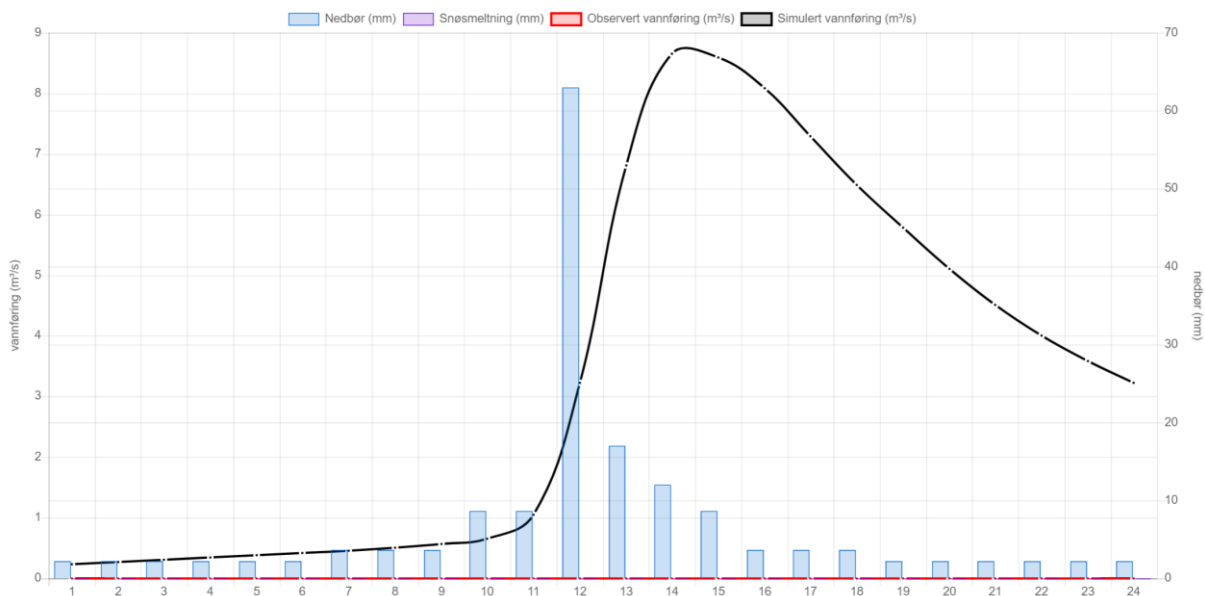
Det ligger en stor grad av usikkerhet i valget av dimensjonerende nedbørverdier og nedbørforløp. Det finnes en nedbørstasjon i Time ved Lye, som ligger 3 km fra nedbørfeltet, som har IVF-statistikk basert på 31 år med data (1981-2017). Ifølge Time kommune sin veileder til utbyggere er denne kurven svært usikker for gjentakintervall over 20 år, og det er anbefalt å justere verdiene, for eksempel mot den observerte nedbørhendelsen på Vigrestad fra 7. august 2014 (Time kommune, 2019). Det er valgt å benytte den skalerte kurven tidligere utledet i «Kunnskapsgrunnlag overvann og klimatilpasning» (Dr Blasy - Dr Øverland, 2020).

Det er videre konstruert et 200-års nedbørforløp som er tilnærmet symmetrisk om den mest intensive nedbørperioden. Initialvannføringen i PQRUT er satt til 2,5 m³/s i Frøylandsbekken og 0,25 m³/s i Kalbergbekken som tilsvarer ca. tre ganger middelvannføringen.

PQRUT-modellen gir en estimert 200-årsflom på ca. 32 m³/s for Frøylandsbekken og 8,7 m³/s for Kalbergbekken, som vist i Figur 50 og Figur 51.



Figur 50: Resultater fra PQRUT for 200-årsflom i Frøylandsbekken.



Figur 51: Resultat fra PQRUT for 200-årsflom i Kalbergbekken.

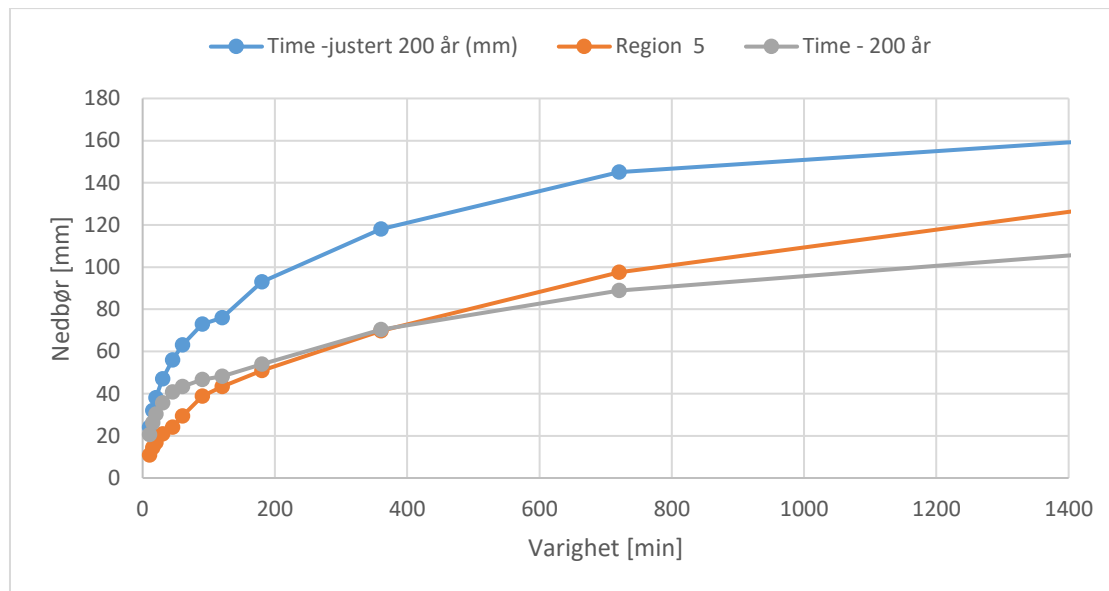
1.3.6 Rasjonale metoden

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. I NVE (2022) anbefales metoden for felt opp til 2 km². Generelt bør formelen benyttes forsiktig i naturlige felt og helst benyttes i kombinasjon med andre metoder. På grunn av feltstørrelsen er denne metoden kun benyttet for Kalbergbekken og de andre mindre bekkene.

1.3.7 Gjentakintervall og IVF-statistikk

Det ligger stor grad av usikkerhet i valget av dimensjonerende nedbørverdier.

Blasy Øverland (Dr Blasy - Dr Øverland, 2020) har utarbeidet skalerte verdier mot den observerte nedbørhendelsen på Vigrestad fra 7. august 2014 for 200-års gjentakintervall, da IVF-kurven for Time - Lye ikke er anbefalt å benytte ved høyere gjentakintervall enn 20 år. I samråd med Time kommune legges den skalerte kurven til grunn for beregninger med 200 års gjentakintervall. Sammenligning av kurvene opp mot den regionale kurven (MET, 2015) er vist i Figur 52.



Figur 52: Vurderte IVF-kurver for 200-års nedbør.

1.3.8 Avrenningskoeffisienter og konsentrasjonstid

Konsentrasjonstiden til feltet er beregnet ved bruk av formel for naturlig felt gitt i SINTEF (1992). Avrenningskoeffisient (C-verdi), korreksjonsfaktor for høy returperiode og arealreduksjonsfaktor (ARF) for å regne om fra punkt- til arealnedbør er satt etter anbefalinger i veilederen (NVE, 2022). Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonale metoden er vist i Tabell 15.

Konsentrasjonstiden er beregnet til 100 minutter for Kalbergbekken, men feltet er nokså flatt med flere store forsenkninger (totalt ca. 30 000 m³) som vil forsinke avrenningen og vi forventer ikke at hele feltet vil bidra etter så kort tid. Avrenningskoeffisienten er satt til de lavere verdiene gitt i veilederen for å kompensere for noe av dette.

Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonale metoden for Kalbergbekken er vist i Tabell 15.

Tabell 15: Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonale metoden for Kalbergbekken (kulminasjon).

Vassdrag	Areal [ha]	Kons. Tid [min]	I200 [l/s*ha]	ARF [-]	C-verdi + 30%	Q200 [m ³ /s]
Kalbergbekken	239	100	133	0.96	0.19	5.9

1.4 Vurdering av resultater

1.4.1 Middelflom

Samtlige av målestasjonene ligger i områder med høyere normalavrenning og mer snaufjell enn feltet til Frøylandsbekken. De fleste av målestasjonene har usikre eller dårlig vannføringskurver på flomvannføring slik at stasjonene i mindre grad vil vektlegges. 26.29 Refsvatn er den eneste som har god kvalitet på vannføringskurven. 26.29 Refsvatn har høyere normalavrenning, er brattere og består av vesentlig mer snaufjell som gjør at man forventer lavere spesifikk avrenning i Frøylandsbekken, selv om nedbørfeltet er mer enn dobbelt så stort. Stasjon 29.7 Gramstaddalen har middels kvalitet på flom og er den stasjonen som ligger nærmest de vurderte nedbørfeltene. På grunn av størrelsen og lignende feltegenskaper anses denne å være mest relevant for Kalbergbekken.

Den høye effektive innsjøprosenten ved de andre stasjonene tilsier at disse har mer flomdempning enn Kalbergbekken, samtidig som det er mye groper og lavbrekk i nedbørfeltet som vil virke flomdempende. Rekedalselv og Slevelandsåna har de høyeste spesifikke flomverdiene, men stasjonene har også vesentlig høyere normalavrenning, effektiv innsjøprosent og snaufjellsandel som tilsier at Kalbergbekken bør ligge noe lavere. De ligger også et stykke unna nedbørfeltet i en mer nedbørrik region ifølge MET sitt kart over timesnedbør (MET, 2015).

1.4.2 Vekstfaktor

26.29 Refsvatn vurderes å ha det beste grunnlaget for frekvensanalyse på målestasjonene, da den har en forholdsvis lang måleserie med god kvalitet. Vekstkurven ved stasjonen ligger for 200-årsflom en del under RFFA-NIFS.

I henhold til anbefalte metoder i veilederen (NVE, 2022) benyttes vekstfaktor for RFFA-NIFS for vekstfaktor for 200-årsflom, da stasjonen har forholdsvis kort serie og ikke anses som veldig representativ for vassdragene.

1.4.3 Sammenligning av resultater fra ulike metoder

På bakgrunn av feltegenskaper og målestasjoner vurderer vi det som realistisk at middelflommen trolig vil ligge noe under middelestimatet fra flomformelverket, både for Frøylandsbekken og Kalbergbekken. Dette underbygges av PQRUT for Frøylandsbekken.

Den rasjonale formel samsvarer bra med middelestimatet fra flomformelverket, men erfaringsmessig vet vi at denne metoden er nokså konservativ for vassdrag. Resultatet fra PQRUT ligger en del over middelestimatet for Kalbergbekken, men ettersom feltet er lite forventes usikkerheten i denne metoden å være høy og vektlegges derfor ikke.

Resultatene fra de ulike flomberegningsmetodene og valgte verdier er oppsummert i Tabell 16 og Tabell 17.

Tabell 16: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metoder for Frøylandsbekken (kulm.).

Metode	q_m [l/s*km ²]	q_{200} [l/s*km ²]
Vurdert fra referansefelt	400 – 600	1080 - 1620
Formelverk for små nedbørfelt	300 – 634 - 1300	850 - 1700 – 3400
PQRUT	-	1150
Valgt	600	1620

Tabell 17: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metoder for Kalbergbekken (kulm.).

Metode	q_m [l/s*km ²]	q_{200} [l/s*km ²]
Vurdert fra referansefelt	650 - 750	1755 - 2025
Formelverk for små nedbørfelt	450 – 895 - 1800	1200 – 2400 - 4800
PQRUT	-	3625
Rasjonale formel		2490
Valgt	750	2025

1.4.4 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. I henhold til anbefalinger i Klimaprofil for Rogaland (Norsk klimaservicesenter, 2022) blir et klimapåslag på 20 % benyttet for Frøylandsbekken. N200 oppgir 30 % klimapåslag for Njåbekken.

1.5 Dimensjonerende vannføring

1.5.1 Kalbergbekken, Frøylandsbekken og Njåbekken

Dimensjonerende 200-årsflom beregnet for Frøylandsbekken og Kalbergbekken er gitt i Tabell 18. Verdier for Njåbekken antas å ligge mellom Kalbergbekken og Frøylandsbekken på bakgrunn av feltkarakteristikk. Spesifikk 200-årsflom inkludert klimatillegg er beregnet til henholdsvis 1950 l/s*km² og 2430 l/s km² for Frøylandsbekken og Kalbergbekken. I henhold til håndbok N200 skal det tillegges et klimapåslag på 30 % og et usikkerhetspåslag på 40% for beregning av vannføring i Njåbekken, som gir en dimensjonerende vannføring på 31 m³/s.

Tabell 18: Dimensjonerende flommer (kulminasjon) for Frøylandsbekken og Kalbergbekken.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	Middelflom		Q_{200} / Q_M	Q_{200} [m ³ /s]	Klimatillegg [%]	$Q_{200+klima}$ [m ³ /s]
		Q_M [m ³ /s]	q_M [l/s*km ²]				
Frøylandsbekken	18.9	11.3	600	2.7	30.6	20	36.7
Kalbergbekken	2.4	1.8	750		4.8	40	6.7
Njåbekken	9.7	7.3	700		18.3	30	22

1.5.2 Figgjo

For å vurdere påvirkning i Figgjo har vi gjort et anslag på forventet vannmengde ved 200-årsflom basert på formelverk gitt i NVEs veileder (NVE, 2022b). Formelverket RFFA-2018 beregner medianflom, vekstkurver og forholdstall mellom kulminasjonsflom og døgnmiddelflom i umålte felt. Resultatene gitt fra RFFA-2018 for Figgjo er presentert i Tabell 19 under.

Tabell 19: Resultater fra RFFA-2018 for Figgjo (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 %)	35.4	224		73.6
Median	62.7	400	2.35	147
Høy (97,5 %)	111	700		295

1.5.3 Beregnet vannføring for resterende bekker

Den rasjonale metoden er beskrevet i avsnitt 1.3.6 og Tabell 21 og er benyttet for de minste bekkene. For Orstadbekken er det gjort et overslag både med NIFS formelverk og rasjonale formel. Middelestimatet fra NIFS samsvarer nokså bra med resultatet fra den rasjonale formel. Resultatet fra NIFS vektlegges, ettersom feltet er i overkant stort for bruk av den rasjonale metoden.

Tabell 20: Beregnet vannmengde i Orstadbekken med NIFS formelverk

Estimat	Middelflom		Q_{200}/Q_M	Q_{200} [m ³ /s]	$Q_{200} + \text{klima}$ [m ³ /s]
	Q_M [m ³ /s]	q_M [l/s*km ²]			
Lav (95 %)	1.3	408		3.4	4.8
Middel	2.5	815	2.71	6.8	9.6
Høy (95 %)	5.1	1631		13.7	19.2

Tabell 21: Beregnet vannføring og parametere i den rasjonale formel for de minste bekkene.

Vassdrag	Areal [ha]	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C-verdi	ARF	$Q_{200} + \text{klima}$ [m ³ /s]
Bekk v/Frøylandsparken	47	67	165.7	0.39	0,98	4.1
Bekk Fjermestadvegen	97.5	97	128.3	0.30	0,97	5.1
Bekk Lunden Kvernaland	35	80	144.3	0.30	0,98	2.1
Orstadbekken*	314	188	84.7	0.30	0,95	10.6

* Kun for sammenligning mot NIFS.

1.6 Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen

Da det ikke foreligger observasjoner i eller nært vassdraget, noen av observasjonene har god kvalitet, samt at det er store gradienter i spesifikke flomstørrelser, vurderes det hydrologiske

grunnlaget for flomberegninger til klasse 5 (på en skala fra 1 – 5 der 1 er best). Det tilsvarer klassifiseringskriteriet «*Begrenset hydrologisk datagrunnlag*».

2 Vedlegg B: Beregning av fordrøyningsvolum

Beregning av fordrøyningsvolum - Nk1

Prosjektnr: 21545
 Dato: 16.04.2024

Forutsetninger:

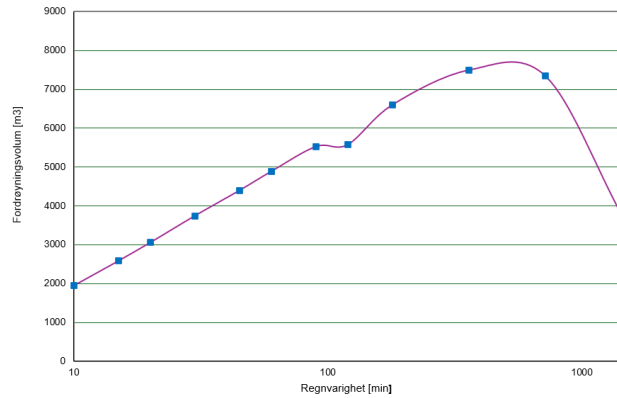
Gjentaksintervall:	200	[år]
IVF-kurve:	Skalert Time - Lye	-
Klimapåslag:	1.4	-
Maks påslipp:	160	[l/s]
Gjennomsnittlig utleppsmenge	70	[%]

Input:

Areal:	8	[ha]
Avrenningskoeffisient, C:	0.75	-
Areal redusert:	6.0	[ha]

Resultat:

Fordrøyningsvolum [m3]	7493
------------------------	------



Beregning fordrøyning: $V = [A * C * I * Kf - Q_{ut}] * t_r$

Varighet - nedber [min]	I [l/s ha]	Vinn [m3]	Vut [m3]	Vtordrøyning [m3]
10	400.0	2016	67	1949
15	355.6	2688	101	2587
20	316.7	3192	134	3058
30	261.1	3948	202	3746
45	207.4	4704	302	4402
60	175.0	5292	403	4889
90	135.2	6132	605	5527
120	105.6	6384	806	5578
180	86.1	7812	1210	6602
360	54.6	9912	2419	7493
720	33.6	12180	4838	7342
1440	18.5	13440	9677	3763

Beregning av fordryningsvolum - NK1 mot Figgjo

Prosjektnr: 21545
 Dato: 16.04.2024

Forutsetninger:

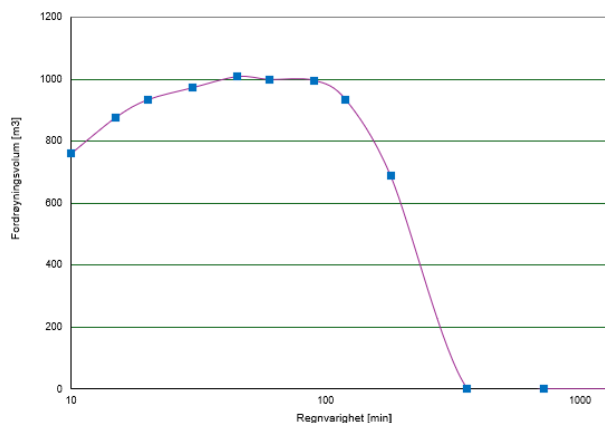
Gjentaksintervall:	2	[år]
IVF-kurve:	Skalert Time - Lye	-
Klimapåslag:	1	-
Maks påslipp:	300	[l/s]
Gjennomsnittlig utløpsvee	70	[‰]

Input:

Areal:	20	[ha]
Avrenningskoeffisient, C:	0.75	-
Areal redusert:	15.0	[ha]

Resultat:

Fordryningsvolum [m3]	1008
-----------------------	------



Beregning fordroyning: $V = [A * C * I * Kf - Q_{ut}] * t_r$

Varighet - nedbør [min]	I [l/s ha]	Vinn [m3]	Vut [m3]	Vfordroyning [m3]
10	98.3	885	126	759
15	78.9	1065	189	876
20	65.8	1185	252	933
30	50.0	1350	378	972
45	38.9	1575	567	1008
60	32.5	1755	756	999
90	26.3	2130	1134	996
120	22.6	2445	1512	933
180	18.2	2955	2268	687
360	12.8	4155	4536	0
720	8.8	5685	9072	0
1440	5.5	7185	18144	0

Beregning av fordøyningsvolum - BK5

Prosjektnr: 21545
 Dato: 16.04.2024

Forutsetninger:

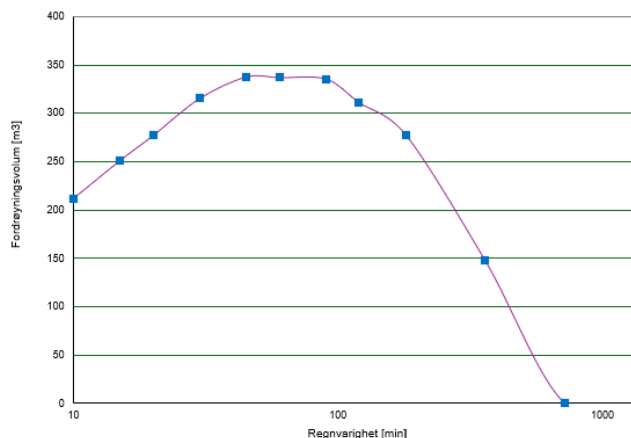
Gjentaksintervall:	20	[år]
IVF-kurve:	Skalert Time - Lye	-
Klimapåslag:	1.4	-
Maks påslipp:	49.6	[l/s]
Gjennomsnittlig utløpsmek	70	[%]

Input:

Areal:	2.48	[ha]
Avrenningskoeffisient, C:	0.55	-
Areal redusert :	1.4	[ha]

Resultat:

Fordøyningsvolum [m3]	338
-----------------------	-----



Beregning fordøyning: $V = [A * C * I + Kf - Q_{ut}] * t_r$

Varighet - nedbør [min]	I [l/s ha]	Vinn [m3]	Vut [m3]	Vfordøyning [m3]
10	203.3	233	21	212
15	164.4	283	31	251
20	139.2	319	42	277
30	110.0	378	62	316
45	83.7	432	94	338
60	67.2	462	125	337
90	50.7	523	187	336
120	40.8	561	250	311
180	31.7	653	375	278
360	21.8	898	750	148
720	14.4	1190	1500	0
1440	9.2	1512	3000	0

3 Vedlegg C: Beregning av nødvendig regnbed-areal

Areal-beregning regnbed NK1 mot Kalbergbekken

Prosjekt: 21545
 Dato: 16.05.2024

Stasjon: Time - Lye

GI =	2	år	(Dimensjonerende gjentakintervall)
A =	80,000	m ²	(Størrelse nedbørfelt)
φ =	0.75	-	(Midlere avrenningskoeffisient)
h _{maks} =	20	cm	(Midlere maksimal vanndybde på overflate)
K _h =	10.0	cm/t	(Hydraulisk ledningsevne i regnbed)
K _f =	1.0	-	(Klimafaktor for fremtidig nedbørintensitet)

A·φ =	60,000	m ²	(Redusert areal nedbørfelt)
Q _{inf} =	0.6	l/s	(Maksimal infiltrasjon)

Arealberegning etter Paus m.fl. (2013, 2015):

$$A_{rb} = \frac{A \cdot \phi \cdot I \cdot K_f \cdot t_r}{h_{maks} + K_h \cdot t_r}$$

A _{rb} =	2445.0	m ²	(Dim. overflate iht. regnvelop, Lindholm m.fl., 2012)
-------------------	--------	----------------	---

t _r =	120	min	(Dimensjonerende regnvarighet)
P =	16	mm	(Dimensjonerende nedbørmengde)
f =	3.1	%	(Andel av nedbørfelt)
V =	4890	m ³	(Fordrøyningsvolum u/infiltrasjon)

t _r	I	I·K _f	I·K _f	A _{rb}
[min]	[l/(s·ha)]	[l/(s·ha)]	[m/s]	[m ²]
10	98.3	98.3	9.8E-06	1633.8
15	78.9	78.9	7.9E-06	1893.3
20	65.8	65.8	6.6E-06	2031.4
30	50.0	50.0	5.0E-06	2160.0
45	38.9	38.9	3.9E-06	2290.9
60	32.5	32.5	3.3E-06	2340.0
90	26.3	26.3	2.6E-06	2434.3
120	22.6	22.6	2.3E-06	2445.0
180	18.2	18.2	1.8E-06	2364.0
360	12.8	12.8	1.3E-06	2077.5
720	8.8	8.8	8.8E-07	1624.3
1440	5.5	5.5	5.5E-07	1105.4

Referanser

Lindholm, O., Endresen, S., Smith, B.T., Thorolfsson, S. (2012) Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-
 Paus, K., Braskerud, B.C. (2013) Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold
 Paus, K., Muthanna, T.M., Braskerud, B.C. (2015) The Hydrological Performance of Bioretention