

RAMBØLL

Bright ideas.
Sustainable change.

FORPROSJEKT NIELS JUELS GATE

FAGLIG BESLUTNINGSGRUNNLAG FOR VIDERE UTVIKLING AV TILTAK I NEDBØRSFELTET SKILLEBEKK

OSLO / JULI 2026

FORPROSJEKT NIELS JUELS GATE
HOVEDRAPPORT

Oppdragsnavn	**Forprosjekt Niels Juels gate**
Prosjekt nr.	**1350064321**
Mottaker	**Bymiljøetaten**
Dokument type	**Rapport**
Versjon	**1**
Dato	**03.07.2026**
Utført av	**Jakob Myking, Haakon Gjersum, Halvor Hardang, Gerd Beate Vik, Philip Lein, Karine Johannessen, Neil Hugh McLean Goring, Marthe Kleven, Aurora Gytre, Tobias Brandal Røvik, Sigurd Semb Mikkelsen**
Kontrollert av	**Jakob Myking, Prosjektgruppen**
Godkjent av	**Jakob Myking**
Beskrivelse	**Faglig beslutningsgrunnlag for videre prioritering og utvikling av tiltak i nedbørsfeltet Skillebekk**
Oslo kommunes prosjektgruppe	**Sindre Volden, Birgitte Brennhovd, Mads Etterlid Lilleøygard, Inga Mc Carley Potter**
Forsidebilde	**Terje E.**

Revisjon	Dato	Utført av	Kontrollert av	Godkjent av	Beskrivelse
A	03.07.2026	Jakob Myking, Haakon Gjersum, Halvor Hardang, Gerd Beate Vik, Philip Lein, Karine Johannessen, Neil Hugh McLean Goring, Marthe Kleven, Aurora Gytre, Tobias Brandal Røvik, Sigurd Semb Mikkelsen	Jakob Myking, Prosjektgruppen	Jakob Myking	Selvstendig utrednings- og beslutningsgrunnlag for videre arbeid med flom- og overvannstiltak i nedbørsfeltet Skillebekk

SAMMENDRAG

Rambøll har på oppdrag for Bymiljøetaten utarbeidet et faglig beslutningsgrunnlag for flom- og overvannshåndtering i Niels Juels gate og nedbørsfeltet Skillebekk. Rapporten er ikke en fullverdig forprosjektrapport med ferdig avklarte tiltak, teknisk detaljering, gjennomføringsplan og investeringsbeslutning, men et selvstendig utredningsgrunnlag for videre prioritering, samordning og utvikling av tiltak. Formålet er å gi Bymiljøetaten og Vann- og avløpsetaten et grunnlag for å vurdere hvilke tiltak som bør videreføres, hvordan disse bør samordnes, og hvilke tekniske, reguleringsmessige og økonomiske avklaringer som må gjøres i videre arbeid. Arbeidet omfatter hydraulisk modellering, steds- og systemanalyse, vurdering av VA-system og teknisk infrastruktur, medvirkning, multikriterieanalyse, risikoanalyse og nytte-kostnadsanalyse.

Analysene viser at dagens situasjon gir betydelige overvanns- og flomutfordringer, særlig i nedre deler av Skillebekk og Niels Juels gate. Vann fra et større oppstrøms nedbørsfelt ledes mot lokale lavpunkter, samtidig som høy andel tette flater, bratt terreng, korte avrenningsveier og begrenset kapasitet i eksisterende ledningsnett gir rask avrenning og oppstuving av vann på terreng. Modellberegningene viser at utfordringer oppstår allerede ved mindre og hyppigere regnhendelser, og at problemene øker vesentlig ved større nedbørhendelser og med klimafaktor.

Rapporten vurderer to hovedalternativer opp mot dagens situasjon. Alternativ 1 omfatter i hovedsak VAVs foreslåtte separerings-, rehabiliterings- og kapasitetsoptimaliserende tiltak i avløpssystemet. Dette alternativet har størst effekt på å redusere overløpsdrift, utslipp av urenset avløpsvann til fjorden og belastning på Skillebekk pumpestasjon. Effekten på vann på terreng ved større styrtregn er derimot mer begrenset, og alternativet løser ikke alene behovet for trygge flomveier og håndtering av store overvannsmengder på overflaten.

Alternativ 2 omfatter blågrønne og overflatebaserte tiltak utviklet som del av utredningsarbeidet, herunder grønne veier, fordrøyning, tiltak på privat grunn, flomveier og supplerende tekniske tiltak. Modellresultatene viser at Alternativ 2 gir klart større effekt på vanndybder, vannføring på terreng og lokal skadeforebygging enn Alternativ 1. Tiltakene bidrar til å redusere og forsinke avrenningen, holde tilbake vann i strategiske punkter og lede overskytende vann mer kontrollert gjennom området.

Samlet viser rapporten at overvannsutfordringene i Niels Juels gate og Skillebekk ikke kan løses gjennom ett enkelt tiltak eller én tiltakstype. En robust løsning forutsetter at VA-tiltak, blågrønne løsninger, fordrøyning, trygge flomveier, tiltak på privat grunn, objektsikring og tekniske avledningstiltak vurderes som deler av ett samlet vannsystem. Alternativ 1 og Alternativ 2 bør derfor ikke forstås som gjensidig utelukkende alternativer, men som komplementære grep som løser ulike deler av utfordringsbildet.

Det anbefales at videre arbeid tar utgangspunkt i en trinnvis og prioritert tiltakspakke som anbefalt i kapittel 10.1. Tiltakspakken består av tiltak som samlet gir høy risikoreduksjon, god hydraulisk effekt, realistisk gjennomførbarhet og mulighet for samordning med VAVs tiltak. Tiltakspakken prioriterer fordrøyning i Hydroparken, blågrønne kryssinnstramminger og innsnevringer, grønnere gateprofil i Niels Juels gate, forsenkning i parken nederst i Niels Juels gate, videreutvikling av grøntdrag i Niels Juels gate, fordrøyning ved eksisterende regnbed og fordrøyningsområde sør for bebyggelsen langs jernbanen. Tiltakene må bearbeides videre før eventuell prosjektering og gjennomføring, blant annet med hensyn til teknisk løsning, hydraulisk samvirke, rekkefølge, kostnader, reguleringsbehov, ansvar, drift og gjennomføringsmodell.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Sammendrag		**3**
Innholdsfortegnelse		**4**
1.	**Begrepsforklaring**	**5**
2.	**Innledning**	**8**
3.	**Mål og avgrensning**	**9**
3.1	Mål for «Forprosjekt Niels Juels gate»	9
3.2	Samfunnsmål	9
3.3	Effektmål	9
3.4	Resultatmål for forprosjektfasen	10
3.5	Geografisk avgrensning	10
3.6	Tematisk avgrensning	11
3.7	Avgrensning mot VA-systemet og tilgrensende prosjekter	11
3.8	Avgrensning mot detaljprosjektering og gjennomføring	11
4.	**Metode**	**12**
5.	**Felles problemforståelse**	**14**
6.	**Steds- og systemforståelse**	**16**
6.1	Teknisk infrastruktur	16
6.2	Trafikk og vei	18
6.3	Grensesnitt mot utbygging på Filipstad	18
6.4	Flom overvann	19
6.5	Viktigste funn fra stedsanalysen	22
7.	**Beskrivelse av alternativer**	**24**
7.1	0-alternativet	24
7.2	Alternativ 1	24
7.3	Alternativ 2	26
8.	**Alternativ 2 - Blågrønn visjon for området**	**27**
8.1	Tiltakstyper	28
8.2	Masterplan med foreslåtte tiltak	29
9.	**Effektvurdering**	**42**
9.1	Hydraulisk effekt	42
9.2	Multikriterieanalyse	45
9.3	Investeringskostnader	49
9.4	Estimering av skadeverdier	51
9.5	Nytte-kostnadsanalyse	57
9.6	Resultater	67
10.	**Samlet vurdering og anbefaling**	**68**
10.1	Anbefalt tiltakspakke	70
11.	**Anbefalt innretning for prosjektering**	**78**
11.1	Et samlet vannsystem	78
11.2	Nedstrøms løsning som styrende premiss	78
11.3	Samordning mellom BYM og VAV	78
11.4	Samordning med Filipstad Infrastruktur, SVV og BaneNOR	78
11.5	Modellering og dokumentasjon av effekt	79
12.	**Referanser**	**80**
13.	**Dokument- og vedleggsoversikt**	**81**

1. BEGREPSFORKLARING

Begrep	Forklaring
10/20/200-årsregn	En beskrivelse av størrelsen og sannsynligheten for en gitt nedbørhendelse. Sannsynligheten for at et gitt regn inntreffer er 1/n i løpet av ett år. For eksempel vil sannsynligheten for et 200-årsregn være 0,5 %, og inntreffer i gjennomsnitt en gang hvert 200 år.
Bekkelukking	Lukket føring av en tidligere åpen bekk i kulvert eller rør under bakken. Brukt der bekker er bygget inne i urbane områder, men kan begrense kapasitet og vannmiljø.
Diskontering	Diskontering er metoden hvor fordeler og ulemper som inntreffer på forskjellige tidspunkter, kan sammenlignes, ved at verdien av fremtidige fordeler og ulemper tilbakediskonteres til starten av prosjektets levetid, og dermed omsettes til nåtidsverdier.
Dybdeintegrert hastighet	Kombinerer vanndybde (D) og vannhastighet (V) for å identifisere områder der vannstrømmen kan rive mennesker, gjenstander, bygg og infrastruktur, samt forårsake erosjon og skred. Høye verdier betyr rask og dyp strømning, mens lave verdier betyr mindre kritiske forhold.
Enhetspriser for skader	Priser for kostnader definert i kr./enhet som brukes til å beregne skadevirkninger. Enhetspriser dekker eksempelvis kostnader ved oversvømmelse av et byggverk.
Fellessystem / fellesavløp (AF)	Et avløpssystem hvor spillvann (kloakk) og overvann (regn- og smeltevann) føres i samme ledning. Ved store nedbørhendelser kan kapasiteten overskrides, noe som fører til overløpsutslipp av urenset blandet vann til resipient.
Finansielle kostnader	Kostnadene forbundet ved å ta opp lån for å realisere investeringene.
Flom fra avløpsnettet/ oversvømmelse	Oversvømmelse forårsaket av for liten kapasitet i avløpsnettet i forhold til den aktuelle regnhendelsen.
Flomvei	Transportvei som frakter flomvann sikkert til resipient eller mottakssted.
Fluvial flom	Oversvømmelse som skyldes av stor vannføring i elv eller bekk.
Fordrøyning	En metode for å avlaste nedstrøms ledningsnett og renseanlegg ved å holde tilbake regn-, flom- eller spillvann.
Gjenhusing	Gjenhusing er en betegnelse for et nytt, fast eller midlertidig, sted å bo.
Gravefri metode / styrt boring	Metoder for legging eller rehabilitering av ledninger uten å åpne grøft, for eksempel ved styrt horisontalboring. Brukes der graving er teknisk krevende, kostbart eller forstyrrende for trafikk og infrastruktur.
Infiltrasjon	Et begrep brukt om prosessen hvor overvann siver eller ledes ned i grunnen.
Klimafaktor (KF), klimapåslag	Faktor som benyttes i beregningene for å fremskrive nedbørintensiteten i fremtiden. Dette gjøres for å ta høyde for forventet økt intensitet og mengde for fremtidig nedbør.
Ledningsnettmodell, 1D-modell	En ledningsnettmodell beskriver vannstrømninger i avløpsnettet. Kan kobles til en overflatemodell.

Nettonåverdi (NNV)	Nettonåverdien er forskjellen mellom de samlede kostnader og gevinster omgjort i nåtidsverdier.
Nytte-kostnadsanalyse (NKA)	Nytte-kostnadsanalyse er en samfunnsøkonomisk analyse i en vurdering av samfunnsøkonomiske fordeler og ulemper ved et prosjekt eller en plan.
Nåverdi	Nåverdier beregnes for å kunne sammenligne kostnader og gevinster på et felles grunnlag, dvs. de samlede verdier ved et gitt år ofte kalt diskonteringsår.
Objektsikring	Tiltak som beskytter konkrete objekter, bygninger eller kritisk infrastruktur mot skader fra overvann og flom
Oppstuvning	Stigning av vannstand i ledningsnett eller på terreng som følge av at kapasiteten i nedstrøms system overskrides. Kan medføre tilbakeslag i sluk, kjellere og ut på terreng.
Overflatemodell, 2D-modell	En overflatemodell beskriver overflatestrømning på terreng. Kan kobles til en ledningsnettmodell.
Overløp	Overløp er kumarrangement på avløpsledninger for å avlede overflødig vannføring til andre ledninger eller resipient under nedbør.
Overvann	Vann som renner av på overflaten som følge av regn og smeltevann.
Overvannsledning (OV)	Ledning som transporterer overvann (regn- og smeltevann) fra gater, tak og andre flater til resipient eller fordrøyningsanlegg, uten å belaste renseanlegget.
Planlagt situasjon	Planlagt situasjon beskriver en ønsket situasjon og inkluderer planlagte tiltak på avløpsnettet eller på overflaten.
Pluvial flom	Oversvømmelse på grunn av et regn som gir overvanns-avrenning på overflatene, før avrenningen renner inn i et vassdrag eller ledningsnett.
Pumpestasjon (pst.)	Anlegg som løfter avløps- eller overvann fra et lavere til et høyere nivå når selvfall ikke er mulig. Sentrale pumpestasjoner i området er Skillebekk, Frognerstranda og Framnes.
Påslipp	Punkt der vann fra ett ledningssystem eller område slippes inn på et annet ledningssystem, ofte tunneler eller hovedledninger. Mengden kan reguleres for å unngå overbelastning av mottakende system.
Resipient	Resipient er en felles betegnelse på bekk, elv, innsjø eller hav som mottar utslipp av vann eller forurensinger.
Risiko	Kombinasjonen av sannsynlighet for en hendelse og konsekvensene dersom hendelsen inntreffer. I nytte-kostnadsanalysen kan risiko uttrykkes som forventede årlige skadekostnader, oppgitt i kr/år.
Separatsystem	Et avløpssystem hvor spillvann og overvann ledes i to atskilte ledninger. Dette reduserer belastningen på renseanlegg og overløpsdrift, og gir bedre kontroll med vannmiljøpåvirkning ved kraftige nedbørhendelser.
Skattefinansieringskostnad	Merkostnad ved å finansiere investeringer over offentlige budsjetter. Standard forutsetninger i samfunnsøkonomiske analyser
Skybrudd	Et skybrudd er en ekstremt kraftig regnbyge i et begrenset område og over kort tid, gjerne minutter eller over få timer.
Spillvann / spillvannsledning (SP)	Spillvann er avløpsvann fra husholdninger, næringsvirksomhet og industri (kloakk). Spillvannsledningen fører dette vannet til renseanlegg, atskilt fra overvann i et separatsystem.

Statussituasjon	Statussituasjon beskriver ledningsnettet og terrenget slik det i dag er.
Stikkledning	Privat ledning som forbinder en eiendoms interne vann- og avløpsanlegg med det kommunale hovedledningsnettet. Ansvar for drift og vedlikehold ligger normalt hos huseier.
Strømperehabilitering	Gravefri metode for fornyelse av eksisterende ledninger der en herdet «strømpe» av tekstil og harpiks legges inn i den gamle ledningen. Brukes der dimensjonen er tilfredsstillende, men rørstyrken er svekket.
T3	Fra Oslo kommunes handlingsplan for overvann og skybruddsplanarbeidet. Database over registrerte overvannshendelser og skader som brukes til å dokumentere risiko og evaluere effekten av tiltak.
T4	Fra Oslo kommunes handlingsplan for overvann og skybruddsplanarbeidet. Kommunens overvannsmodell og skybruddsplan som viser flomveier, oversvømmelsesområder og risiko ved kraftig nedbør.
Tilbakeslag	Situasjon der avløpsvann strømmer baklengs i ledningsnettet og opp gjennom sluk, toaletter eller andre tilkoblingspunkter i lavereliggende bygninger, særlig kjellere og garasjeanlegg.
Tiltaksnivå	Det nivået på tiltakene i skybruddsplanen som sikrer innbyggerne. Med andre ord, det regnet som ikke forventes å utløse skade.
Verktøy for skybruddsplanlegging («Cloudburst Toolkit»)	Et system med landskapsløsninger bestående av ulike tiltakstyper som håndterer overvann på overflaten. Tiltakstypene er grønn vei, flomvei, lokal fordrøyning og sentral fordrøyning.

2. INNLEDNING



Figur 2.1: Skybrudd ved Svoldergata 2, sørlig del av Niels Juels gate. Foto: Sameiet Svoldergaten 2, 27.05.2025.

Rambøll har på oppdrag for Bymiljøetaten utarbeidet et faglig beslutningsgrunnlag for flom- og overvannshåndtering i Niels Juels gate og nedbørsfeltet Skillebekk. Området er utsatt for urban flom ved kraftige nedbørhendelser, og det er behov for å vurdere tiltak som kan redusere flomrisiko, etablere tryggere flomveier, avlaste eksisterende VA-system og bidra til en mer robust og klimatilpasset bystruktur.

Rapporten sammenstiller dagens situasjon, sentrale utfordringer, gjennomført analysearbeid og vurderte tiltak. Arbeidet omfatter hydraulisk modellering, steds- og systemanalyse, vurdering av VA-system og teknisk infrastruktur, medvirkning, multikriterieanalyse, risikoanalyse og nytte-kostnadsanalyse. Rapporten er et selvstendig faglig grunnlag for videre vurdering og prioritering, men er ikke en fullverdig forprosjektrapport med ferdig avklart tiltakspakke, komplett teknisk detaljering, gjennomføringsplan eller investeringsbeslutning.

Rapporten vurderer to hovedalternativer opp mot dagens situasjon. Alternativ 1 omfatter i hovedsak VAVs foreslåtte separerings-, rehabiliterings- og kapasitetsoptimaliserende tiltak i avløpssystemet. Alternativ 2 omfatter blågrønne og overflatebaserte tiltak utviklet i utredningsarbeidet, herunder grønne veier, fordrøyning, tiltak på privat grunn, flomveier og supplerende tekniske tiltak. Alternativene skal ikke forstås som gjensidig utelukkende løsninger, men som komplementære grep som belyser ulike deler av utfordringsbildet.

Rapporten konkluderer til slutt med en anbefalt tiltakspakke som samlet gir høy risikoreduksjon, god hydraulisk effekt, realistisk gjennomførbarhet og mulighet for samordning med VAVs tiltak og øvrige prosjekter i området.

3. MÅL OG AVGRENSNING

3.1 Mål for «Forprosjekt Niels Juels gate»

Formålet med forprosjektet er å utrede flom- og overvannstiltak i og omkring Niels Juels gate, med sikte på å redusere flomrisiko, etablere trygge flomveier og avlaste eksisterende avløpssystem.

Forprosjektet skal gi et beslutningsgrunnlag for videre arbeid med tiltak i og rundt Niels Juels gate. Det skal identifisere og vurdere aktuelle flom- og overvannstiltak med ulike sikkerhets- og ambisjonsnivåer, i tråd med tretrinnsstrategien for overvannshåndtering. Arbeidet bygger på anbefalingene i NVE Veileder 4/2022 [1] om helhetlig overvannshåndtering gjennom arealplanlegging og etablering av sikre flomveier, fordrøyningsarealer og infiltrasjonsløsninger

Prosjektet bygger videre på tidligere konseptutredning for Lassons gate, Munkedamsveien og Niels Juels gate, men har en tydeligere innretning mot flom- og overvannshåndtering. I konseptnotatet er det presisert at behovet for flom- og overvannshåndtering er større enn behovet for tiltak for myke trafikanter alene, og at klimatilpasningstiltak må være førende for arealdisponering og konseptvalg i videre planlegging.

3.2 Samfunnsmål

Prosjektet skal bidra til at Oslo håndterer ekstremnedbør og urban flom på en trygg og bærekraftig og bymessig måte. I Niels Juels gate skal tiltakene bidra til redusert flomrisiko, tryggere flomveier, bedre overvannshåndtering og gaterom som ivaretar ferdsel, opphold, grønnstruktur og eksisterende bykvaliteter.

Samfunnsmålet er forankret i Oslo kommunes strategi og handlingsplan for overvannshåndtering [2] [3], der åpne og lokale løsninger, reduserte skader og ulemper, god miljøtilstand og bruk av overvann som ressurs i bylandskapet er sentrale føringer

3.3 Effektmål

Forprosjektet skal bidra til måloppnåelse gjennom følgende effektmål: ** se Begrepsforklaring kapittelet.*

	Effektmål	Indikator
E1	Det er etablert trygge flomveier for å lede vannet trygt ved ekstreme nedbørshendelser (klimajustert 100-årsregn)	Minimere skader og ulemper ved vann på avveie (færre innrapporterte hendelser målt igjennom T3*).
E2	Overvann samles opp og fordrøyes ved små til middels store nedbørsmengder	Synlige forbedringer i overvannsmodellen som viser scenarioer med ekstremnedbør (målt igjennom T4*) Redusert tilførsel av overvann til AF-nettet (følges opp av VAV). Redusert overløpsdrift (for bedre vannkvalitet i vassdrag). Redusert belastningen på Skillebekk pumpestasjon (forbedrede renseprosessvilkår på avløpsrenseanlegg, bedre kvalitet i avløpsslammet, samt redusere transport/energikostnader i avløpssystemet).
E3	Gater/byrom er trygge og attraktive for ferdsel og opphold	Bidrag til økt tilfredshet blant innbyggerne i Oslo kommune i kategoriene som går på at en trives/syns det er pent i området der en bor, og at det finnes utendørs møteplasser som er fristende å bruke (måles av «Innbyggerundersøkelsen»). Ingen drepte eller hardt skadde i prosjektgatene i en femårsperiode etter ferdigstillelse, noe som fremgår av TRULS (Statens vegvesen interne database for vegtrafikkulykker)/NVDB. Bidrag til forbedring av kategorier som f.eks. «sykler når det er trygt» og «opplevelsen av Oslo som sykkelby» i «Holdningsundersøkelse om sykling i Oslo».

3.4 Resultatmål for forprosjektfasen

Leveransen skal gi et faglig og beslutningsrelevant grunnlag for å prioritere hvilke tiltak eller tiltakspakker som bør vurderes videre. For aktuelle tiltak skal rapporten beskrive forventet funksjon, hovedgrep, sentrale avhengigheter, overordnet kostnadsnivå, vesentlige usikkerheter og behov for videre avklaringer.

3.5 Geografisk avgrensning

Forprosjektet omfatter flom- og overvannsutfordringer i og omkring Niels Juels gate. Selv om prosjektet har navn etter Niels Juels gate, skal utredningen se på hele nedbørsfeltet fra Majorstuen og nedstrøms mot Skillebekk, ettersom flom- og overvannsutfordringene i nedre del av feltet påvirkes av vannmengder og avrenningsveier oppstrøms. Prosjektet skal vurdere tiltak både over og under bakken innad i området.



Figur 3.1: Nedbørsfeltet til Skillebekk.

Løsningene kan omfatte tiltak i tilgrensende gater, parker, byrom, grøntarealer og teknisk infrastruktur der disse har betydning for flomvei, fordrøyning, avlastning av VA-systemet eller trygg videreføring av vann mot resipient.

3.6 Tematisk avgrensning

Forprosjektet omfatter utredning av tiltak som har betydning for flom- og overvannshåndtering, herunder trygge flomveier, fordrøyning, overflatebaserte løsninger, blågrønn struktur, avlastning av VA-systemet og eventuelle tekniske tiltak under bakken. Tiltakene vurderes samlet for å sikre at de fungerer som del av et sammenhengende system, og ikke bare som isolerte punkttiltak.

Prosjektet vurderer samtidig hvordan flom- og overvannstiltak påvirker og kan samordnes med øvrige hensyn i gaten. Dette omfatter blant annet fremkommelighet og trafikksikkerhet for gående og syklende, bylogistikk, beredskap, varelevering, renovasjon, kollektivtrafikk i kryssende gater, grønnstruktur, trær, belysning, byromskvalitet og universell utforming. Disse hensynene inngår som del av vurderingen av tiltak, men er underordnet prosjektets hovedformål om trygg flom- og overvannshåndtering.

Gatenormal for Oslo, gjeldende regulering, kulturmiljøhensyn og krav fra relevante myndigheter og forvaltere skal legges til grunn ved vurdering av tiltak. Området har høy historisk verdi, og flere gater er verneverdige, noe som gir både muligheter og begrensninger for utforming og gjennomføring.

3.7 Avgrensning mot VA-systemet og tilgrensende prosjekter

Prosjektet er koordinert med Vann- og avløpsetatens arbeid med VA-systemet på Skillebekk, herunder pågående konseptvalgutredning og vurderinger av separering, overvannsledning, avløpsrehabilitering og øvrige ledningstiltak.

Prosjektet synliggjør hvordan overflatebaserte tiltak, flomveier, fordrøyning og tekniske VA-tiltak kan samordnes. Dette er særlig viktig fordi redusert tilførsel av overvann til AF-nettet er et sentralt mål, både for å redusere overløpsdrift og for å redusere belastningen på Skillebekk pumpestasjon.

Tilgrensende prosjekter og planer, herunder utviklingen av Filipstad, midlertidig stenging av Ring 1, KVU Vika og arbeidet med den overordnede skybruddsplanen til Oslo kommune, inngår som rammebetingelser for forprosjektet. Disse prosjektene kan påvirke trafikkmønster, arealbruk, gjennomførbarhet og behovet for samordning, men inngår ikke som selvstendige utredningsalternativer.

3.8 Avgrensning mot detaljprosjektering og gjennomføring

Forprosjektet skal gi grunnlag for valg av tiltak og videre prioritering, men omfatter ikke detaljprosjektering, byggeplan eller endelig gjennomføringsplan. Det skal utarbeides et beslutningsgrunnlag som gjør det mulig for oppdragsgiver å ta stilling til hvilke tiltak som skal videreføres til neste fase av forprosjektet.

Tiltakene er beskrivet på et nivå som gir tilstrekkelig grunnlag for sammenligning av alternativer, vurdering av kostnader og nytte, vurdering av reguleringsbehov og identifisering av videre avklaringer. Endelig utforming, teknisk detaljering, reguleringsprosess, grunnerverv, byggesak og gjennomføring må avklares i senere faser.

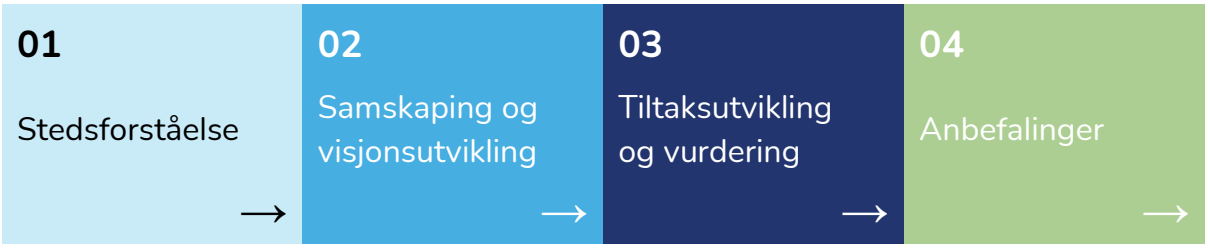
4. METODE

Arbeidet med forprosjektet for Niels Juels gate er gjennomført som en tverrfaglig og stedstilpasset skybruddsprosess. Metoden bygger på at overvann og flom ikke bare håndteres som et teknisk kapasitetsproblem, men som del av et større bysystem der vann, terreng, infrastruktur, byrom, mobilitet, eiendomsforhold, natur og samfunnsøkonomi må vurderes samlet. En utfyllende beskrivelse av metode og arbeidsprosess er gitt i Vedlegg 04 - Metode.

Prosessen har tatt utgangspunkt i vannets naturlige bevegelse gjennom nedbørsfeltet Skillebekk, og har hatt som mål å identifisere risiko, muligheter og tiltak som kan inngå i et sammenhengende og fleksibelt nettverk for overvannshåndtering. Arbeidet har kombinert stedlige vurderinger, hydraulisk modellering, tiltaksutvikling, samskaping, multikriterieanalyse og nytte-kostnadsanalyse.

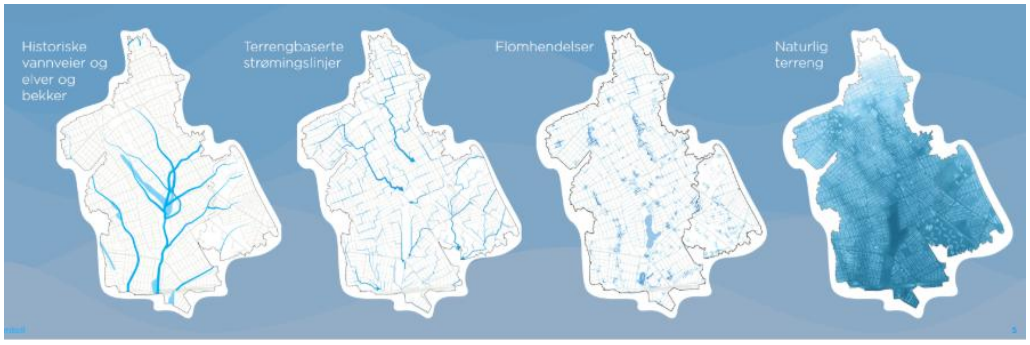
Metodegrunnlaget er forankret i NVEs veiledere [1] [4] for håndtering og kartlegging av overvann i arealplaner og Oslo kommunes overvannsveileder [5]. Veilederne er brukt som faglig grunnlag for modellering, vurdering av vanndybde og vannhastighet, usikkerhetsvurderinger, 3-trinnsstrategien og vurdering av trygge flomveier.

Prosjektet er strukturert rundt fire hovedtrinn: (1) forstå stedets mønstre, vannsystem og utfordringer, (2) utvikle felles problemforståelse og visjon gjennom tverrfaglig dialog og samskaping, (3) utarbeide, modellere og vurdere tiltak og tiltakspakker, og (4) sammenstille anbefalinger og føringer for videre utvikling.



Hydraulisk modellering har vært et sentralt grunnlag for å forstå dagens situasjon og vurdere effekten av ulike tiltak. Det er benyttet en koblet 1D–2D-modell som beskriver samspillet mellom overvann på terreng, sluk, ledningsnett og belastning på avløpssystemet. Modellen er brukt til å analysere vannføring i ledningsnett, flomveier på overflaten og effekten av foreslåtte tiltak. Kartlegging og analyse av overvannsfare er gjennomført i henhold til metodiske prinsipper beskrevet i NVE Veileder 2/2023 [4].

Tiltaksutviklingen er gjennomført med utgangspunkt i vannets bevegelse gjennom området. Tiltakene er ikke vurdert som isolerte enkelttiltak, men som deler av et samlet blågrønt og teknisk nettverk som skal håndtere vann i flere trinn: lokalt der regnet faller, videre gjennom fordrøyning og flomveier, og til slutt gjennom tekniske kapasitetstiltak der dette er nødvendig.



Figur 4.1: Illustrasjon av et vannsystem på et overordnet nivå.

Samskaping og tverrfaglig dialog har vært en sentral del av arbeidsmetoden. Det er gjennomført møter, befaringer og workshops med kommunale etater og andre berørte aktører for å etablere felles problemforståelse, identifisere lokale utfordringer, drøfte mulige tiltak og vurdere gjennomførbarhet, konflikter og synergier. Innspill fra prosessen er brukt til å justere tiltak, vurdere mulighetsrom og prioritere tiltak.

Som del av arbeidsprosessen er det gjennomført en workshoprekke bestående av fire workshops. Workshopene har vært brukt som et metodisk grep for å utvikle prosjektet trinnvis fra felles problemforståelse til tiltaksutvikling, vurdering av gjennomførbarhet og prioritering av tiltak. Prosessen har kombinert faglige presentasjoner, befaring, kartbasert gruppearbeid, idéutvikling og vurdering av tiltak opp mot definerte kriterier.



Figur 4.2: Bilde fra workshop. Bilde: Jakob Myking, 06.05.2026.

For å sammenligne tiltak på en transparent og etterprøvbar måte er det gjennomført en multikriterieanalyse. Analysen er brukt som beslutningsstøtte for å vurdere tiltakene på tvers av flere hensyn, og ikke bare etter hydraulisk effekt.

Risikoanalysen er brukt for å vurdere hvordan ulike nedbørhendelser kan gi skader på bygg, veger og andre eksponerte verdier. Analysen kobler hydrauliske resultater med konsekvenskartlegging, terskelverdier og enhetspriser for skader. Formålet er å estimere forventede skadekostnader og vurdere hvordan tiltakene påvirker samlet risiko.

Nytte-kostnadsanalysen er brukt for å sammenligne prissatte kostnader og virkninger av tiltakene over analyseperioden. Analysen omfatter blant annet investeringskostnader, driftskostnader, skattefinansieringskostnad, endring i skadekostnader og enkelte prissatte merverdier.

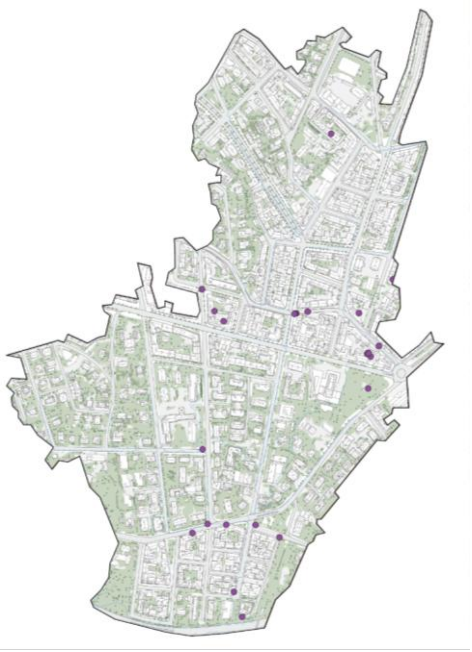
Resultatene fra de ulike metodiske delene er sammenstilt for å gi et samlet beslutningsgrunnlag.

Metoden har hatt som mål å gi et faglig robust og etterprøvbart grunnlag for videre prioritering. Samtidig er skybruddsplanlegging en trinnvis og adaptiv prosess, og videre arbeid bør derfor videreutvikle tiltakene gjennom mer detaljert modellering, teknisk prosjektering, avklaringer mot VAV og øvrig infrastruktur, vurdering av drift og vedlikehold, reguleringsmessige avklaringer, grunneierdialog og konkretisering av gjennomføringsrekkefølge.

5. FELLES PROBLEMFORSTÅELSE

Som del av forprosjektet er det etablert en felles problemforståelse for flom- og overvannsutfordringene i Niels Juels gate og nedbørsfeltet Skillebekk. Grunnlaget bygger på innspill fra beboere og næringsdrivende, dokumentasjon fra lokale hendelser, faglige vurderinger, befaringer og en workshopbasert prosess med relevante etater, infrastruktureiere, grunneiere og øvrige interessenter.
En utfyllende beskrivelse av prosessen, innspillene og hvordan disse er brukt i prosjektet er gitt i Vedlegg 05 - Felles problemforståelse.

Bymiljøetaten inviterte beboere og næringsdrivende til å dele erfaringer fra flom og overvann gjennom en digital innspillsplattform. Det kom inn 33 innspill via plattformen, hvor 28 hadde vedlagte bilder, i tillegg til 19 e-poster med beskrivelser, bilder og videoer. Det ble også mottatt egne innspill fra LUKS / SG-Oslo og Sameiet Svoldergata 2.
Innspillene gir lokal dokumentasjon av vannansamlinger, tilbakeslag fra avløp, kjelleroversvømmelser, skader på eiendom og kjøretøy, redusert fremkommelighet og utfordringer knyttet til tette sluk og drift.



Figur 5.1: Kart over innsendere til medvirkingsplattformen.

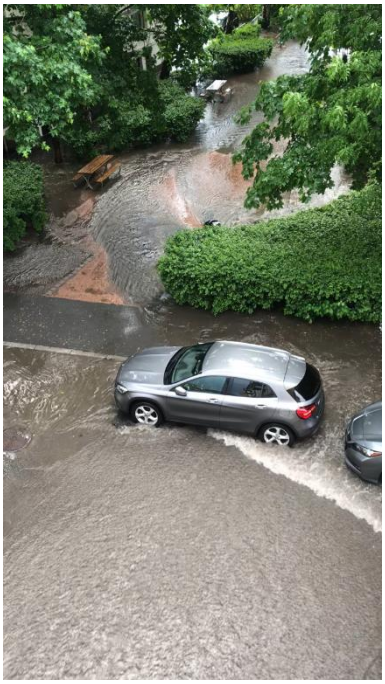
Innspillene viser at overvannsproblemene ikke er avgrenset til ett enkelt lavpunkt, men opptrer flere steder i nedbørsfeltet, blant annet i og omkring Niels Juels gate, Bygdøy allé, Drammensveien, Svoldergata og Fredrik Stangs gate. Dette understøtter forståelsen av at utfordringene må vurderes som del av et samlet vannsystem, der vann oppstår, ledes og samles fra flere delområder før det når de nedre delene av Skillebekk.



Figur 5.2: Bilde fra video sendt inn av Eva Merok, ukjent dato.



Figur 5.3: Bilde fra video sendt inn av Eva Merok, ukjent dato.



Figur 5.4: Bilde fra video sendt inn av Oddmund Jessen, ukjent dato.

Det er i tillegg gjennomført en workshopbasert prosess for å forankre problemforståelsen og utvikle mulige tiltak. Prosessen bestod av fire workshops med 20–30 deltakere per workshop. Deltakerne representerte blant annet Bymiljøetaten, Vann- og avløpsetaten, Plan- og bygningsetaten, Bydel Frogner, Byantikvaren, Bane NOR, Brann- og redningsetaten, Oslobygg, Eiendoms- og byfornyelsesetaten, Ruter, Statens vegvesen, Filipstad Infrastruktur, Syklistenes Landsforening, private grunneiere/beboerrepresentanter og Rambøll.

DELTAKERE:
Bymiljøetaten
Plan- og bygningsetaten
Vann- og avløpsetaten
Byantikvaren
Bydel Frogner
Brann- og redningsetaten
EBY
Bane NOR
Ruter
Oslobygg
Syklistforeningen
Sameiere i Svoldergata og Haxthausensgate



Figur 5.5: Deltakere ved workshop nr. 3. Bilde: Jakob Myking, 06.05.2026.

Gjennom innspillene og workshopprosessen er det etablert en felles forståelse av at overvannsutfordringene i området er sammensatte og gjentakende. Utfordringene knytter seg både til ekstreme nedbørhendelser og til mer moderate regn, der høy andel tette flater, bratte takflater, korte avrenningsveier og begrenset kapasitet i eksisterende infrastruktur gir rask avrenning og høy belastning på avløpssystemet. Området er særlig sårbart fordi vann fra et større nedbørsfelt ledes mot lavere deler av Skillebekk, samtidig som jernbane, E18 og øvrige fysiske barrierer begrenser muligheten for naturlig videreføring av vannet mot resipient.

Workshopene synliggjorde også flere praktiske hensyn som har betydning for gjennomførbarheten, blant annet drift og vedlikehold, vinterdrift, fremkommelighet for nødetater, kollektivtrafikk og varelevering, hensyn til eksisterende trær og kulturhistoriske gateprofiler, samt behov for dialog med private grunneiere.

Den brede involveringen har gitt et bedre grunnlag for å vurdere tiltak som både har hydraulisk effekt og er tilpasset lokale forhold, eksisterende bystruktur og berørte interesser. Prosessen har også bidratt til å synliggjøre mulige konflikter, avklare hensyn og styrke gjennomførbarheten i senere faser.

6. STEDS- OG SYSTEMFORSTÅELSE

Dette kapittelet sammenfatter de viktigste stedlige og systemmessige forutsetningene for flom- og overvannshåndtering i Niels Juels gate og nedbørsfeltet Skillebekk. Kapittelet bygger på steds- og systemanalysen i Vedlegg 06, hydrauliske beregninger, vurdering av VA-systemet og teknisk infrastruktur, samt innspill fra medvirkningsprosessen.

Nedbørsfeltet Skillebekk er et tett utbygd byområde med høy andel tette flater, begrenset infiltrasjon og tydelig terrengfall fra nord mot sør. Vann fra flere delområder ledes mot de nedre delene av feltet, der kapasiteten i eksisterende VA-system, flomveier og videre avledning mot sjø er særlig viktig. Overvannsutfordringene må derfor forstås som et samlet vannsystem, ikke som isolerte punktproblemer.

6.1 Teknisk infrastruktur

Prosjektområdet inneholder omfattende teknisk infrastruktur både over og under bakken. Under bakken finnes blant annet vann- og avløpsledninger, overvannsledninger, fjernvarme, el-kabler, telekabler og annen kritisk infrastruktur. Eksisterende undergrunnsinfrastruktur representerer viktige rammebetingelser for mulige tiltak, både med hensyn til teknisk gjennomførbarhet, konfliktpotensial og kostnader.

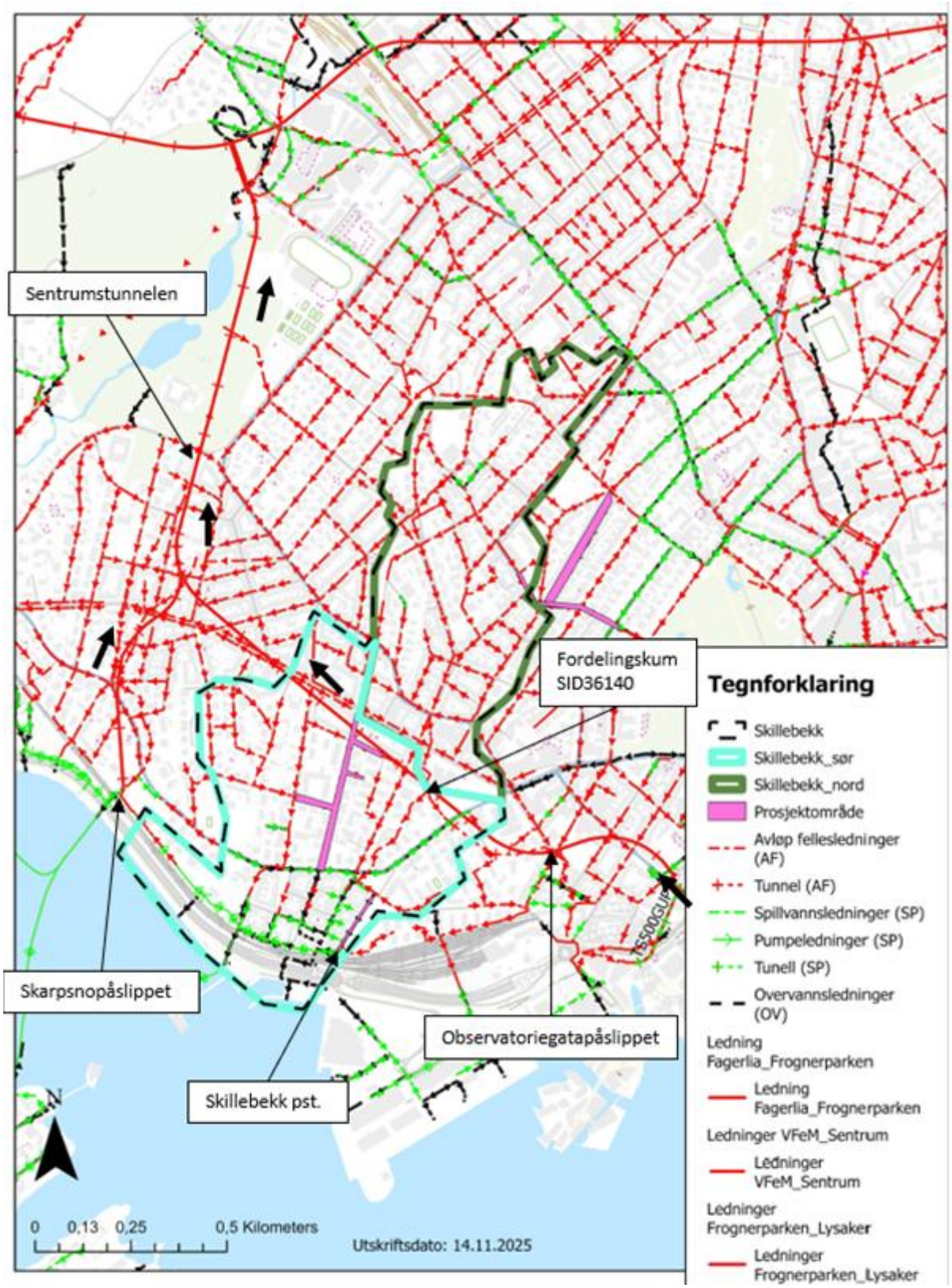
Området er samtidig preget av høy aktivitet og stor betydning for lokal mobilitet og fremkommelighet. Gaterommet benyttes av gående, syklende, kollektivtrafikk, varelevering og biltrafikk, noe som stiller krav til at overvanns- og flomtiltak må integreres på en måte som ivaretar både sikkerhet, tilgjengelighet og byliv.

6.1.1 Avløpssystemet i området

Avløpssystemet i Skillebekk renner med selvfall fra nord mot sør. Nord for Drammensveien er systemet et fellessystem, mens området sør for Drammensveien er separatsystem. Til sammen ligger det ca. 16,1 km avløpsledninger i nedbørsfeltet, og regnvannet samles inn gjennom 554 sluk fordelt på nord (265) og sør (289).

I tørrvær ledes kloakken fra den nordlige delen via en fordelingskum til Observatoriegatapåslippet, videre gjennom Sentrumstunnelen til Frognerparken pumpestasjon. Ved nedbørhendelser større enn et 2-årsregn overstiges kapasiteten i fellessystemet, og avløpet fordeles i stedet til overløpene OF14, OF13 og Skillebekk pumpestasjon, med utslipp av fortynnet, urenset spillvann til Frognerkilen. Kloakken fra den sørlige delen ledes til Skillebekk pumpestasjon, som pumper videre til Skarpsno påslipp og inn på Sentrumstunnelen.

Overløp fungerer som sikkerhetsventiler når det regner kraftigere enn rørene klarer å håndtere, men gir samtidig en miljøbelastning ved utslipp til sjø. Overbelastning bidrar i tillegg til kjelleroversvømmelser, blant annet fordi gårdssluk og taknedløp i deler av området er tilkoblet avløpsstikkledningen. I perioden 2017–2021 ble store deler av avløpsnettet i området strømperehabilitert, og flere private huseiere fikk pålegg om å rehabilitere sine stikkledninger. Tiltakene har gjennomgående redusert antall driftsproblemer.



Figur 6.1: Utredningsområdet avløpssystem. Innenfor utredningsområdet er det totalt ca. 16,1 km med avløpsledninger.

6.2 Trafikk og vei

6.2.1 Niels Juels gate

Niels Juels gate er en kommunalt eid, sentral bygate i bydel Frogner, med flere viktige tilstøtende gater, blant annet Bygdøy allé. Gaten og nærområdet betjenes av mange ulike transportformer: gående, syklende, kollektivtrafikk (trikk og buss), varelevering og renovasjon, samt privatbiler og gateparkering. Området inngår også som utrykningstrasé for nødetater.

Tverrsnittet i gaten varierer mellom cirka 15 og 18 meter og består i hovedsak av tosidig fortau og en kjørebane med toveis trafikk. I enkelte kvartaler finnes ensidig eller tosidig gateparkering, trerekker og uteserveringer tilknyttet serveringssteder. Vegdekket i Niels Juels gate består for det meste av asfalt med innslag av brostein enkelte steder. Dekket og overflater bærer preg av slitasje og er stedvis lappet. Det er flere kryss langs strekningen, med lange kryssingslengder for gående (over 8 meter).

Gaten ligger i en tilnærmet rett linje fra sør mot nord, med økende stigning mot nord, hvor stigningsforholdet i gaten ligger på om lag 1,0 – 4,5 %. Trafikkmengden (ÅDT) i Niels Juels gate er 500-2300, og varierer for de ulike kvartalene. I noen av de tilstøtende sidegatene er trafikkmengden høyere.

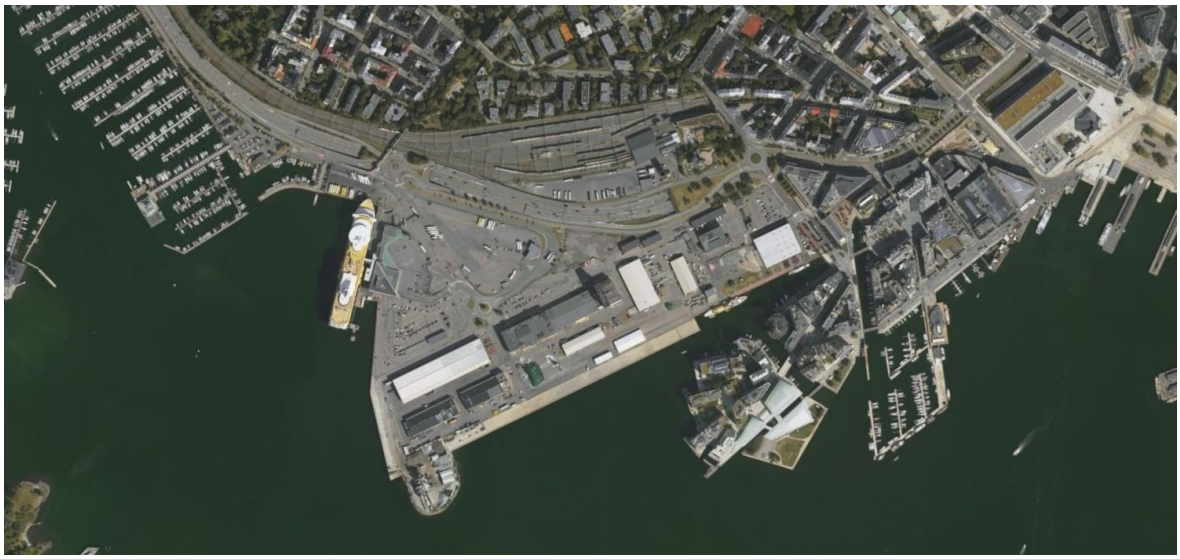
6.2.2 Prosjektområdet

Prosjektområdet omfatter også et større nærområde rundt Niels Juels gate som inkluderer kryss og sidegater som Bygdøy allé, Drammensveien, Frognerveien og deler av Gyldenløves gate. Bygdøy allé er en viktig transportkorridor med blandet trafikk og høyere trafikkmengde enn i Niels Juels gate. Gaten har et tverrsnitt på cirka 18 meter og består av brede tosidige fortau, sykkelfelt og kjørebane, og betjenes av flere busslinjer med hyppige avganger. ÅDT ligger på omtrent 7000-13000 avhengig av hvor i gaten man måler.

I Drammensveien og Frognerveien går det trikk i begge retninger, med hyppige avganger. Begge disse gatene har også en høyere ÅDT enn Niels Juels gate. Øverst i nedbørsfeltet er Gyldenløves gate, som er en bred gate på cirka 18 meter og består av tosidig fortau med trerekke, sykkelfelt og kjørebane, samt en bred grøntrabatt med to trerekker (ridesti) i midten av gaten.

6.3 Grensesnitt mot utbygging på Filipstad

Skillebekk og Niels Juels gate grenser mot Bane NORs toglinjer og Filipstad hensettingsområde for tog, E18 og fremtidig utbygging på Filipstad (Figur 6.2). Disse områdene skal utvikles til et nytt byområde med 462.000 m^2 ny bebyggelse, boliger, kontorer, skole, barnehager, kultur og forretninger. Som en del av utbyggingen foreslås E18 lagt under lokk, og det vil etableres ca. 850 meter havnepromenade og parker mot fjorden.



Figur 6.2: Filipstad. Foto: Norgeskart (23.06.2026).

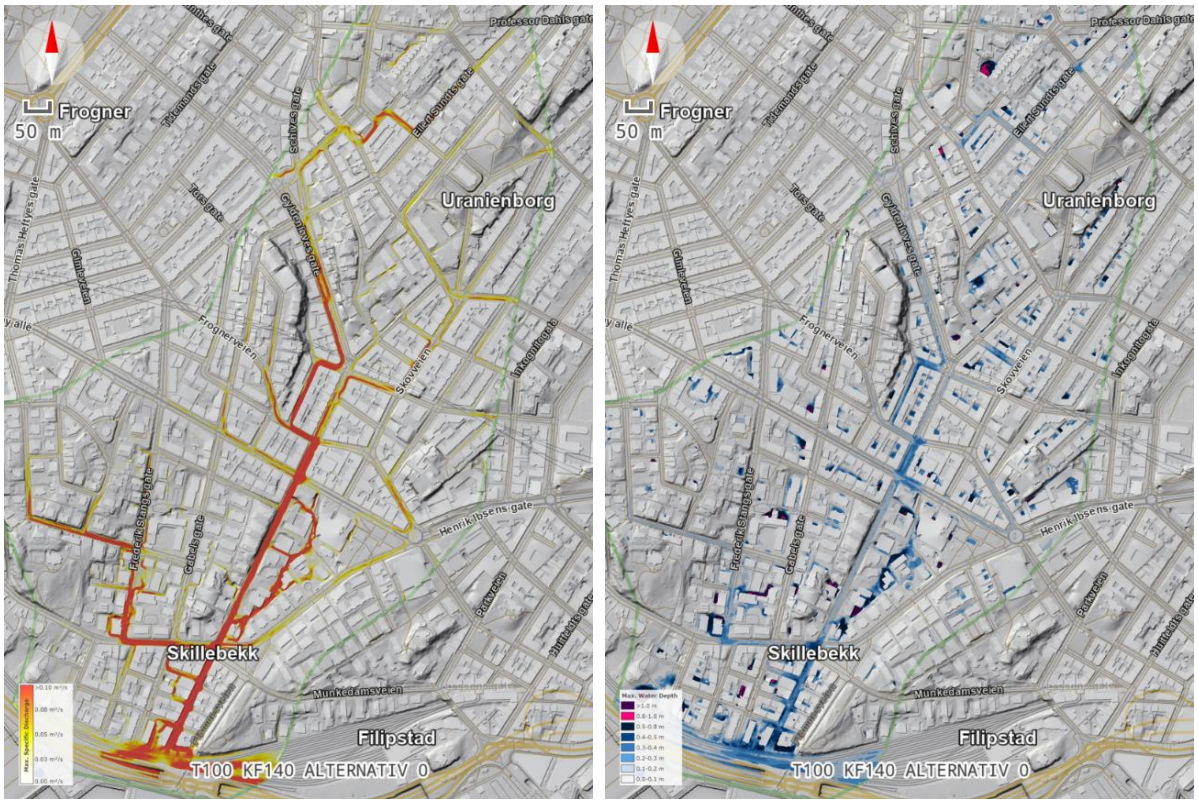
Nordområdet/Jernbaneområdet er planlagt som siste utførelse. Her skal det etableres grøntdrag og parkarealer med flomvei for nordområdet, hvor også inkognitobekken flommer til, som skal føres vestover og under E18 der veigeometri og topografi tillater en kryssing. Flomveier er per i dag ikke forankret med Statens Vegvesen, men som følge av utfylling i fjorden og etablering av E18 er denne i dag et hinder for flomveien fra Skillebekk, Inkognitobekken og planlagt etablert nordområde på Filipstad. Det er naturlig å se på løsning for 100-årsflom fra Niels Juels gate og Skillebekk med etablering av dette område på Filipstad.

Samordnet plan for Filipstad forutsetter at det etableres en kulvert under E18 for bortføring av flomvann, vest for Framneslokket. Hvis ikke den kan realiseres er det mulig at noe overvann fra Filipstad må tilføres samme ledning som deler av hensettingsområdet til BaneNOR dreneres i dag, OV900/1200 som er utløpsledning for Skillebekkområdet.

6.4 Flom overvann

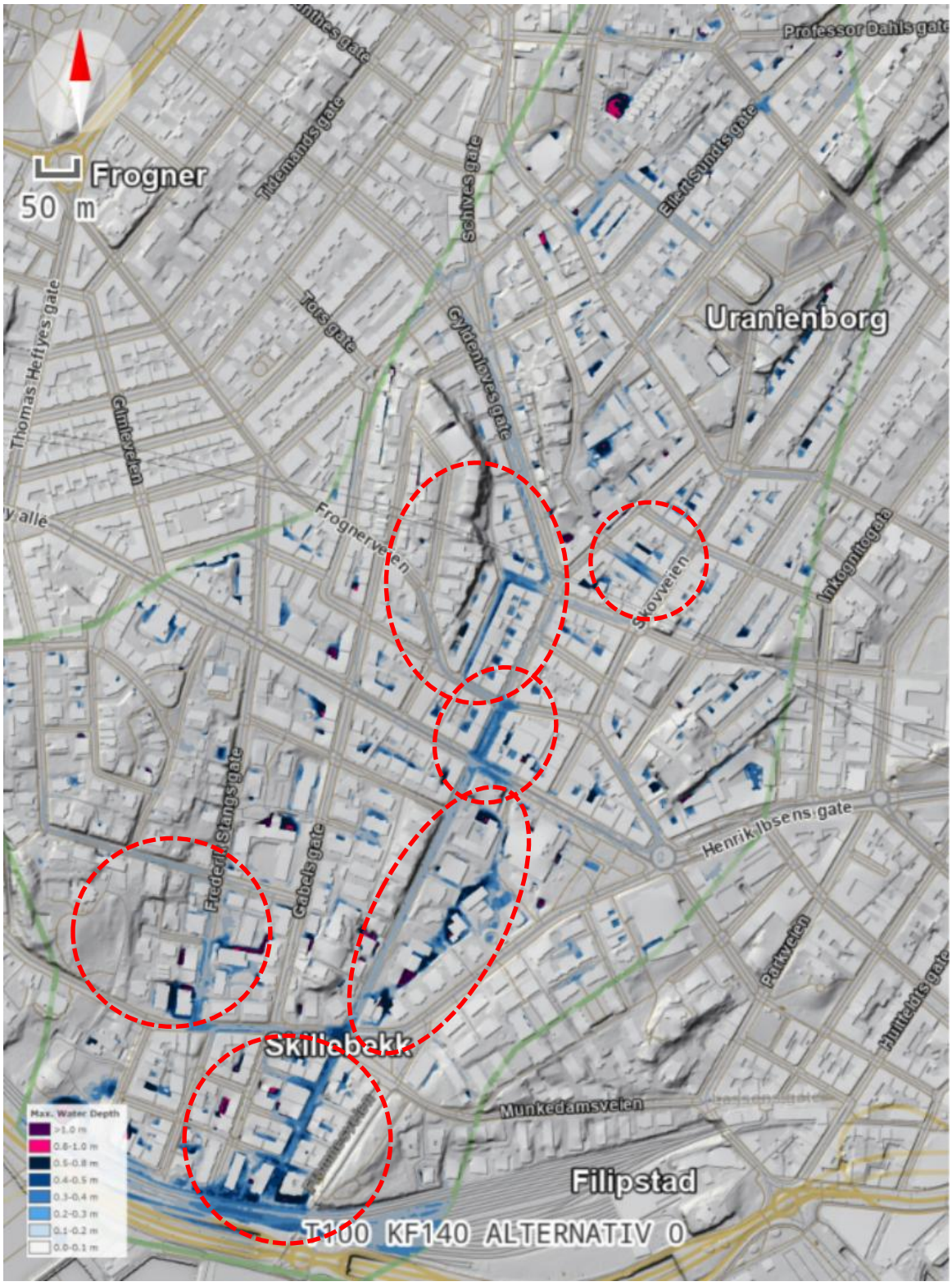
De hydrauliske beregningene for dagens situasjon viser at nedbørsfeltet Skillebekk har betydelige utfordringer med overvann og flom på terreng ved styrtregn. Modellen viser at problemer oppstår allerede ved 2-års styrtregn, og at utfordringene øker vesentlig ved 20-årsregn og større mer intense hendelser. Særlig nedre deler av Skillebekk og Niels Juels gate er utsatt, fordi vann fra flere oppstrøms delområder samles her samtidig som kapasiteten i eksisterende ledningsnett og avledning mot sjø er begrenset.

Modellresultatene viser tydelige flomveier på terreng, vannansamlinger i lavpunkter og risiko for vann mot bygninger og private arealer. Ved et 20-årsregn uten klimafaktor er det særlig strekkene Gyldenløves gate–Haxthausens gate–Niels Juels gate og Thomas Heftyes gate–Fredrik Stangs gate–Niels Juels gate som bidrar med tydelige flomveier, mens de største vannmengdene samles nederst i Niels Juels gate. Ved et 100-årsregn med klimafaktor dannes en sammenhengende flomvei langs hele Niels Juels gate (Figur 6.3). Vurderingen av flom- og overvannsutfordringene i Niels Juels gate er gjort i et helhetlig nedbørsfeltperspektiv, i tråd med NVEs veiledning [1] [4] og Oslo kommunes handlingsplan for overvannshåndtering [3].



Figur 6.3: Modellerte flomveier og vanndybder for et 100-årsregn med klimafaktor.

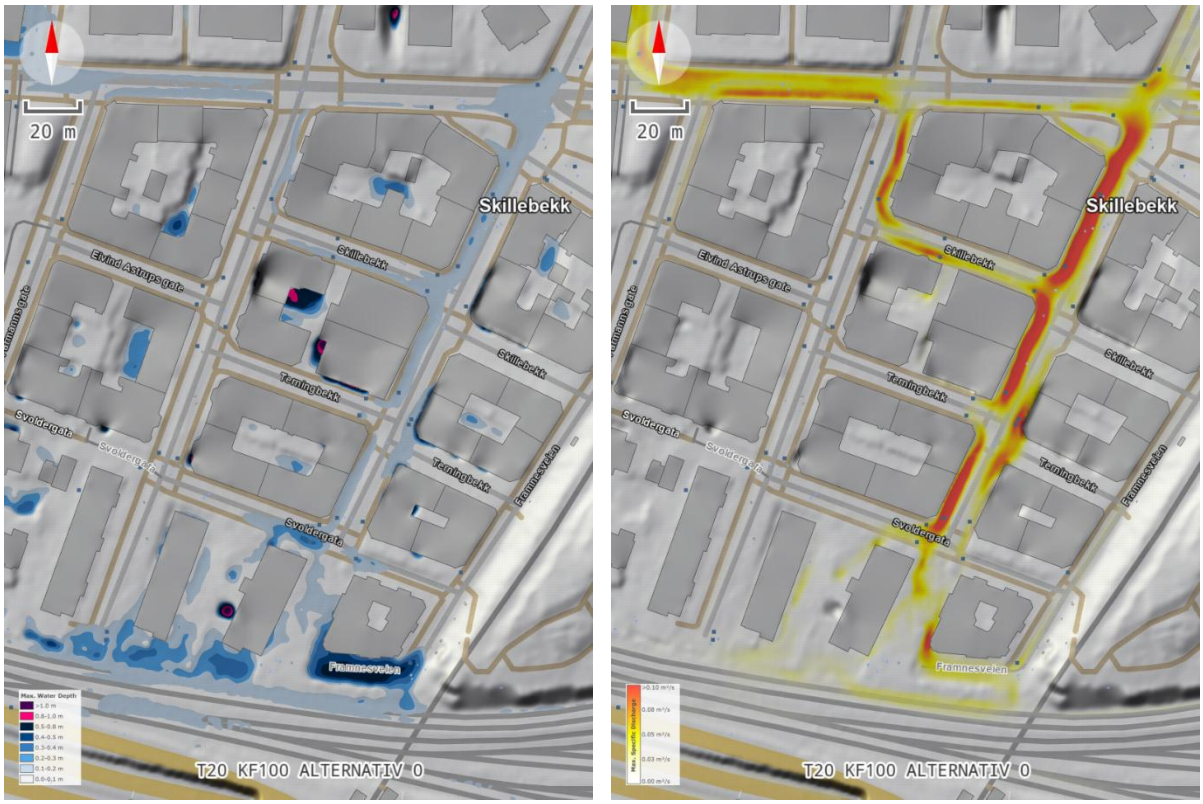
Beregningene peker ut seks særlig utsatte problemområder (Figur 6.4): nederst i Skillebekk/Niels Juels gate, Fredrik Stangs gate, Niels Juels gate mot Bygdøy allé, Gyldenløves gate mot Haxthausens gate, Skillebekklukkingen og Skovveien. Felles for områdene er at de har utfordringer knyttet til flomveier, vannansamlinger, begrenset kapasitet i eksisterende overvanns- og avløpssystem, og risiko for skader på bygninger eller private arealer.



Figur 6.4: Utsatte problemområder med overvannsutfordringer ved skybrudd.

Figur 6.5 viser detaljer fra modelleringen sammen med et bilde fra oversvømmelse som skjedde 27.05.2025. Denne hendelsen var tilsvarende et 20-årsregn, og både modell og virkelighet viser betydelige mengder vann på terreng i området.

For utvidete resultater og analyser henvises det til Vedlegg 9 - Hydrauliske beregninger.



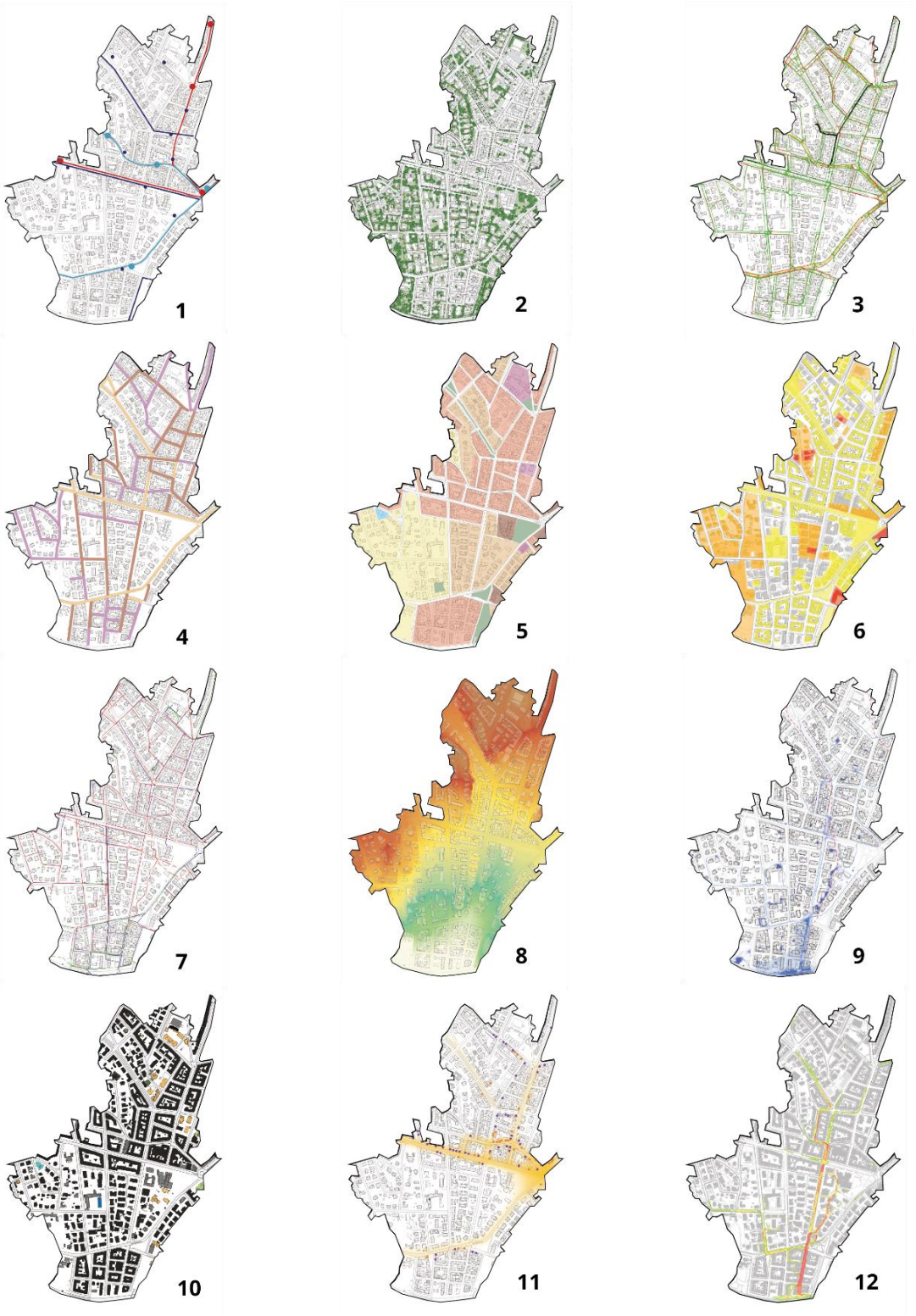
Figur 6.5: Vanndybder og flomveier ved et 20-årsregn.



Figur 6.6: Skybrudd ved Svoldergata 2, sørlig del av Niels Juels gate. Bilde: Sameiet Svoldergaten 2, 27.05.2025.

6.5 Viktigste funn fra stedsanalysen

Det er gjennomført en stedsanalyse for Niels Juels gate og nedbørsfeltet Skillebekk som grunnlag for å forstå de stedlige forutsetningene for flom- og overvannstiltak. Stedsanalysen viser hvordan terreng, grønnstruktur, historiske vannveier, gatebredder, teknisk infrastruktur, bebyggelse, mobilitet, parkering, kulturhistoriske verdier og planstatus påvirker mulighetsrommet for tiltak. En utfyllende beskrivelse av stedsanalysen og temakartene er gitt i Vedlegg 06 – Stedsanalyse.



Et utdrag av analysekartene for nedbørsfeltet. 1: Kollektivtilbud / 2: Grønnstruktur / 3: EL / 4: Veibredder / 5: Boligstruktur 6: Gul liste / 7: VA / 8: Høydedata / 9: Overvann / 10: Bygningsstruktur / 11: Aktivitet / 12: Dybdeintegrert hastighet (DV)

Stedsanalysen viser at nedbørsfeltet Skillebekk er et tett utbygd byområde med en sammensatt struktur av gater, kvartalsbebyggelse, parker, gatetrær, private hager, teknisk infrastruktur og historiske byrom. Området har flere grønne kvaliteter, men også en høy andel tette flater i form av bygg, asfalt, kjørearealer, fortau og parkeringsarealer. Dette gir begrenset infiltrasjon og rask avrenning ved kraftig nedbør.

Terrenget faller fra høyereliggende områder i nord mot lavere områder i sør og det er relativt stor høydeforskjell og fall i enkelte områder. Den sentrale forsenkningen gjennom området følger i stor grad den historiske vannstrukturen, og flere av de viktigste avrenningslinjene og flomveiene følger dagens gate- og bystruktur. Dette gjør at vann fra flere delområder samles i de nedre delene av feltet, der kapasiteten i eksisterende systemer og videre avledning er særlig viktig.

Analysen viser at eksisterende grønnstruktur, parker, brede gateprofiler, forsenkninger og naturlige avrenningslinjer gir et tydelig mulighetsrom for blågrønne overvannstiltak. Disse arealene kan brukes til fordrøyning, infiltrasjon, forsinkelse og trygg avledning av overvann. Særlig brede gater og arealer med gateparkering kan gi rom for regnbed, grøfter, trerekker og andre blågrønne løsninger, forutsatt at hensyn til fremkommelighet, tilgjengelighet, varelevering, drift og byliv ivaretas.

Samtidig viser stedsanalysen at mulighetsrommet begrenses av flere viktige rammebetingelser. Vernede bygninger og kulturhistoriske bymiljøer gir føringer for utforming, materialbruk og tilpasning til eksisterende gatekarakter. Eksisterende VA-ledninger, kabler og annen teknisk infrastruktur kan begrense hvor tiltak kan plasseres og hvordan de kan utformes. I tillegg kan forurenset grunn påvirke muligheten for infiltrasjon og kreve nærmere undersøkelser ved graving.

Mobilitet og bruk av byrommet er også viktige premisser for videre tiltak. Området har kollektivtraseer, varelevering, gang- og sykkelforbindelser, gateparkering, butikker, serveringssteder, boliger og offentlige funksjoner. Tiltak må derfor utformes slik at de både håndterer overvann og fungerer i en normalsituasjon, uten å skape uakseptable konflikter med tilgjengelighet, drift, trafikksikkerhet eller byliv.

7. BESKRIVELSE AV ALTERNATIVER

I dette kapittelet beskrives de alternativene som er lagt til grunn for videre analyse og sammenligning i forprosjektet. Alternativene er definert for å sammenligne dagens situasjon med to ulike hovedgrep for håndtering av overvann og flom i Niels Juels gate og nedbørsfeltet Skillebekk. Hensikten er å synliggjøre ulike typer effekt, og å etablere et grunnlag for videre vurdering av hydraulisk virkning, gjennomførbarhet, kostnader, nytte og samlet anbefaling.

Alternativ 1 og Alternativ 2 er ikke nødvendigvis ment som gjensidig utelukkende beslutningsalternativer, men som ulike hovedgrep som analyseres hver for seg for å synliggjøre effekt og forskjeller. Alternativ 1 representerer primært et teknisk VA-grep under bakken, mens Alternativ 2 representerer et blågrønt og overflatebasert systemgrep i byrommet. Sammenligningen mellom alternativene gir derfor et nyttig grunnlag for å vurdere hvordan ulike typer tiltak virker, hva de løser, hva de ikke løser, og hvordan de eventuelt kan ses i sammenheng i senere faser.

Alternativ 1 er en videreføring av VAVs anbefalinger for området, alternativ 2 er utviklet i dette prosjektet.

7.1 0-alternativet

0-alternativet innebærer en videreføring av dagens situasjon, med ordinær drift, vedlikehold og allerede vedtatte eller forutsatte forhold, men uten nye flom- og overvannstiltak. Alternativet brukes som referanse for å vurdere effekten av Alternativ 1 og Alternativ 2.

Tidligere konseptutredning/KVU for Lassons gate, Munkedamsveien og Niels Juels gate har avklart at videre arbeid i hovedsak bør rettes mot en helhetlig flom- og overvannsplan for Niels Juels gate, mens enkelte mobilitetstiltak i Munkedamsveien og Huitfeldts gate kan vurderes som egne tiltak eller strakstiltak. Slike forventede eller mulige tiltak inngår som del av den videre utviklingen av området, men regnes ikke som nye flom- og overvannstiltak i denne rapporten.

I 0-alternativet opprettholdes derfor dagens gate- og byromsstruktur, tette flater, parkeringsarealer, avrenningsmønster og avhengighet av eksisterende VA-system. Dagens utfordringer med overvann, oppstuving i lavpunkter, belastning på avløpsnettet og manglende sammenhengende flomveier vil i stor grad bestå. Klimaendringer forventes å forsterke disse utfordringene over tid dersom det ikke gjennomføres målrettede tiltak for overvannshåndtering, fordrøyning, trygge flomveier og avledning.

7.2 Alternativ 1

Alternativ 1 omfatter Vann- og avløpsetatens (VAV) planlagte tiltak i Skillebekkvassdraget, og består i hovedsak av separering av eksisterende avløpsfellessystem, rehabilitering av eldre ledninger og kapasitetsoptimaliserende grep i tilstøtende avløpsanlegg. Alternativet er basert på Skillebekkvassdraget tverretatlig samarbeid/utredning. Utredningen bygger videre på VAVs hovedplan, der mål 4 (kapasitet i avløpssystemet), mål 5 (livsløp og kritikalitet) og mål 7 (utslipp innenfor fjordens tålegrenser) er styrende.

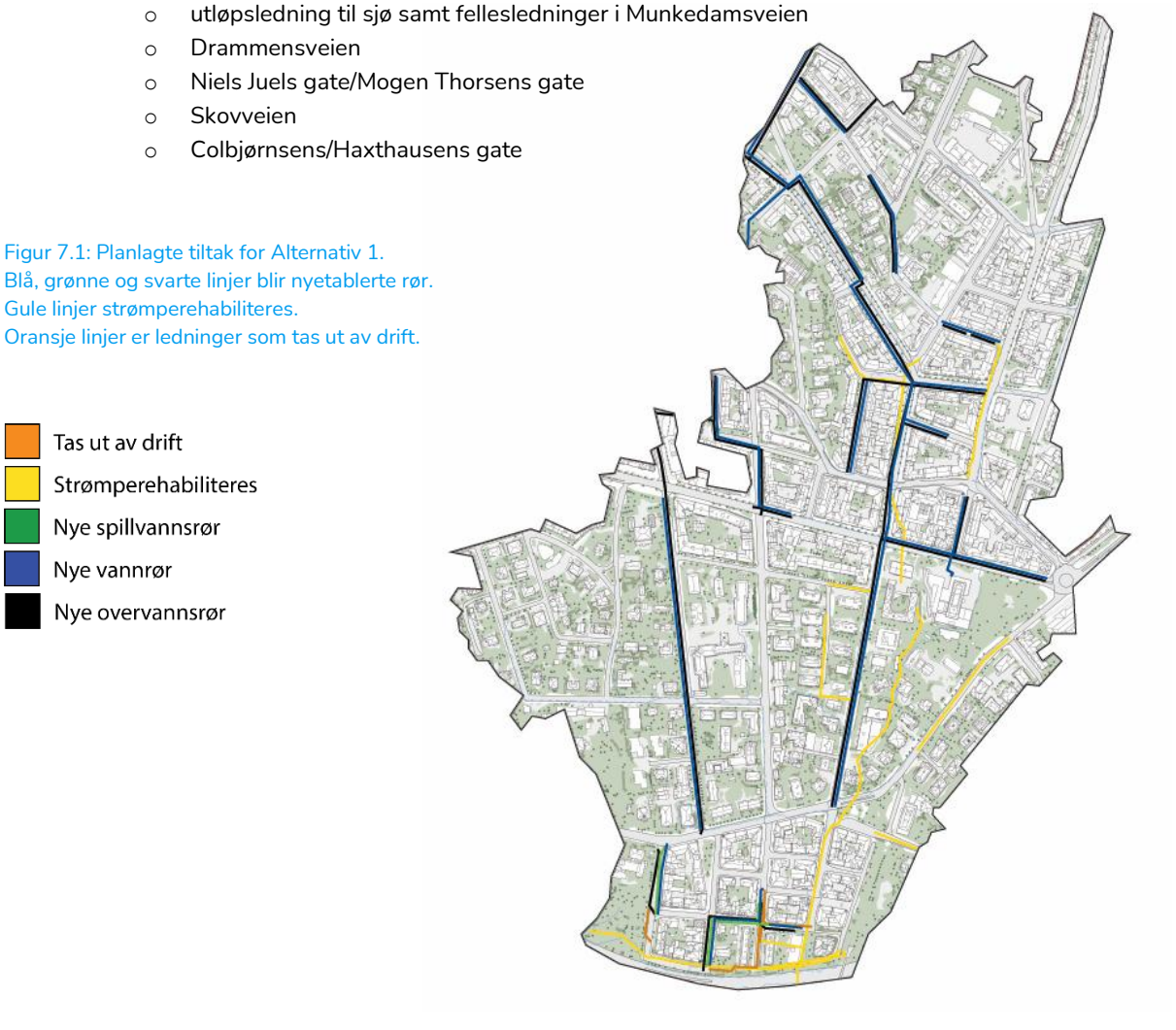
Alternativ 1 innebærer at overvannet kobles fra fellessystemet og ledes i egne overvannsledninger, mens spillvannet beholdes på et rent spillvannsnett. Dette reduserer tilførselen av overvann til avløpsnettet, og dermed både overløpsdrift til Frognerkilen og risiko for kjelleroversvømmelser.

Tiltaket omfatter rehabilitering og nyanleggelse av totalt ca. 4 km vann-, spillvanns- og overvannsledninger, gjennomført som en kombinasjon av to hovedmetoder:

- **Nyanlegg ved graving** der separering krever ny overvanns- og vannledning. Tiltakene fordeler seg på flere gateløp i nedbørsfeltet, blant annet:
    - Professor Dahls gate/Eilert Sundts gate
    - President Harbitz gate
    - Gyldenløves gate
    - Lille Frogner Allé
    - Haxthausens gate/Colbjørnsens gate
    - Niels Juels gate/Behrens gate
    - Bygdøy Allé/Skovveien
    - Fredrik Stangs gate
    - Skillebekk sør (Leiv Erikssons gate, Bjørn Farmanns gate, Gabels gate og Svoldergata)

    Der det er hensiktsmessig kobles nye overvannsledninger til eksisterende fellesledning via mengderegulator for å sikre kontrollert avlastning.

- **Strømperehabilitering (gravefri metode)** av eksisterende ledninger med tilfredsstillende dimensjon, men svekket rørstyrke. Dette omfatter blant annet:
    - pumpespillvannsledningen fra Skillebekk pumpestasjon
    - sentrale strekninger i Skillebekken (overvann og fellesavløp)
    - utløpsledning til sjø samt fellesledninger i Munkedamsveien
    - Drammensveien
    - Niels Juels gate/Mogen Thorsens gate
    - Skovveien
    - Colbjørnsens/Haxthausens gate



Figur 7.1: Planlagte tiltak for Alternativ 1.
Blå, grønne og svarte linjer blir nyetablerte rør.
Gule linjer strømperehabiliteres.
Oransje linjer er ledninger som tas ut av drift.

I tillegg inngår aktivering av eksisterende, i dag inaktivt separatsystem i deler av Fredrik Stangs gate, samt koordinering med tilstøtende prosjekter (BYM Løvenskiolds gate og Gyldenløves gate, VAV Bygdøy/Skillebekk gravefri rehabilitering, samt sykkel- og trikkeprosjekter i nærområdet).

Det skal gjennomføres kapasitetsoptimaliserende tiltak i tilknytning til Sentrumstunnelen som en del av alternativ 1. Forlengelse av pumpeledningene fra Skillebekk og Frognerstranda pumpestasjoner direkte inn på Sentrumstunnelen (gjennomført 2025) har muliggjort ombygging av Skillebekk pst. og økt maks pumpekapasitet fra 160 l/s til 350 l/s. Ombygging av Observatoriegatapåslippet (2025/2026) øker teoretisk kapasitet fra ca. 2,6 m^3/s til ca. 4 m^3/s ved et simulert 10-årsregn. I tillegg planlegges utretting av svanke på Ø700-ledning nedstrøms fordelingskum i 2026, og det er identifisert fem punkter i nettet hvor avløpsvann kan fordeles mellom Skarpsno- og Observatoriegatapåslippet for bedre å utnytte tunnelvolumet. I områder der rørsystemet er fornyet, men sandfang er tilkoblet avløp fellessystemet er det behov for å mengderegulere påslipp for å minimere belastningen på eksisterende avløpsnett.

Enkelte tiltak er foreløpig usikre og avhenger av tilstøtende prosjekter: oppdimensjonering av utløpsrør i vest/ved Leiv Erikssons gate og tiltak i Lilleparken er knyttet til BYM sine overflatetiltak og en mulig reetablering av parken.

Forventet funksjon og effekt
Hydrauliske analyser viser at separering av ledningsnettet, kombinert med de kapasitetsoptimaliserende tiltakene, har størst effekt på overløpsdrift, utslipp av urenset avløpsvann til fjorden og oppstuving av avløpsvann opp og ut på terreng:

- Overløpsdrift med urenset kloakk fjernes for et 2-årsregn og minimeres for større nedbørhendelser, noe som bidrar til bedre vannkvalitet i Oslofjorden og støtter VAVs resultatmål 7.
- Risiko for kjelleroversvømmelser som skyldes overbelastning i fellesledningene reduseres.
- Belastningen på Skillebekk pumpestasjon reduseres, med positive effekter for renseprosess, slamkvalitet og energiforbruk i avløpssystemet (jf. effektmål E2).
- Tunnelvolumet i Sentrumstunnelen utnyttes bedre ved mindre nedbørhendelser, slik at lokal overløpsdrift forårsaket av flaskehalser reduseres.

Modellresultatene viser samtidig at Alternativ 1 har mer begrenset effekt på vann på terreng ved større styrtregn. Reduksjonen i vanndybder i nordre del av Skillebekk er beskjeden (i størrelsesorden 1–3 cm), og tiltakene fjerner ikke behovet for trygge flomveier, fordrøyning og økt utløpskapasitet nederst i nedbørsfeltet. Alternativ 1 vurderes derfor som nødvendig, men ikke tilstrekkelig alene, og må sees i sammenheng med tiltakene i Alternativ 2.

7.3 Alternativ 2

Alternativ 2 er utviklet med utgangspunkt i 3-trinnsstrategien slik den er beskrevet i Oslo kommunes handlingsplan [3] og overvannsveileder [5]. Tiltakene kombinerer lokal håndtering, fordrøyning og trygg avledning på terreng, og er utformet for å redusere avrenning, forsinke vannføringen og lede overskytende vann mer kontrollert gjennom området.

Hovedgrepene omfatter etablering av grønne veier, lokal og sentral fordrøyning, tiltak på privat grunn, sammenhengende flomveier og utvalgte tekniske tiltak som understøtter den overordnede overvannshåndteringen.

På bakgrunn av alternativets omfang og kompleksitet presenteres dette i et eget kapittel.

8. ALTERNATIV 2 - BLÅGRØNN VISJON FOR OMRÅDET

Den blågrønne visjonen bygger på prinsippene om flerfunksjonell gateutforming, der overvann, vegetasjon, ferdsel, opphold og teknisk infrastruktur vurderes samlet. Dette er i tråd med Gatenormal for Oslo [6], Oslo kommunes overvannsveileder [5] og Designveileder for flomveier i vei og gate [7]. I arbeidet er gaten vurdert både som byrom, mobilitetsareal og del av et samlet flom- og overvannssystem.

Visjonen for alternativ 2 er å utvikle et mer robust og helhetlig blågrønt system som reduserer belastningen på ledningsnettet, håndterer vannet lokalt der det er mulig og leder overskuddsvann trygt gjennom området når regnhendelsene blir større. Løsningen bygger på en kombinasjon av tiltak fordelt gjennom hele nedbørsfeltet, der infiltrasjon, fordrøyning, forsinkelse og trygg overflateavledning virker sammen som ett samlet system.

Et sentralt mål er å gjøre overvann til en integrert del av bylandskapet, fremfor å håndtere det utelukkende gjennom tekniske løsninger under bakken. Ved å ta utgangspunkt i vannets naturlige bevegelse gjennom terrenget kan gater, byrom og landskapselementer utformes slik at de både håndterer vann og tilfører nye kvaliteter til området. Åpne blågrønne løsninger kombineres med eksisterende flomveier og målrettede tekniske tiltak for å skape et system som er robust, synlig og tilpasset stedets forutsetninger.

Visjonen bygger samtidig videre på områdets eksisterende kvaliteter. Niels Juels gate og de omkringliggende gatene har allerede en tydelig grønn karakter, med gatetrær, vegetasjon, forhager og byrom som bidrar til områdets identitet. Den blågrønne strukturen søker å bevare og videreutvikle disse kvalitetene, samtidig som nye landskapselementer tilfører økt vegetasjon, bedre overvannshåndtering og et mer sammenhengende grønt bymiljø.

Tiltakene er utformet som multifunksjonelle løsninger som skal ha verdi både i hverdagen og under kraftige regnhendelser. I tillegg til å redusere flomrisiko og avlaste eksisterende overvannssystem skal løsningene bidra til bedre lokalklima, styrket biologisk mangfold og mer attraktive byrom for beboere og brukere av området. Alternativ 2 representerer dermed en helhetlig tilnærming der klimatilpasning, landskap, teknisk funksjon og byliv sees i sammenheng.

Løsningen i Alternativ 2 ble utviklet gjennom en tverrfaglig arbeidsprosess med analyser, befaringer og workshops med relevante interessenter. Prosessen tok utgangspunkt i et felles sett av tiltakstyper (Cloudburst Toolkit) som beskriver ulike hydrauliske funksjoner og designprinsipper. Disse tiltakstypene danner et felles språk for utvikling og vurdering av løsninger i workshopene. I delkapittel 8.1 beskrives tiltakstypene generelt, mens delkapittel 8.2 viser hvordan de er anvendt og videreutviklet i masterplanen for Skillebekk. Forslaget om grønnere gateprofil bygger på prinsippene i Gatenormal for Oslo, der overvann, vegetasjon og bykvalitet skal vurderes som integrerte funksjoner i gateutformingen

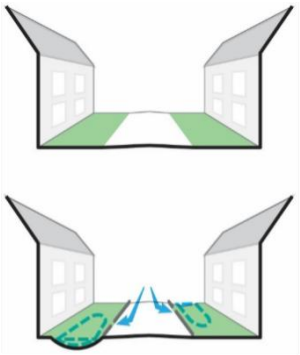


8.1 Tiltakstyper

Alternativ 2 bygger på fem hovedgrep for overvannshåndtering. Disse beskrives i de følgende delkapitlene og danner grunnlaget for masterplanen og de foreslåtte tiltakspakkene. Tiltakene omfatter både landskapsmessige grep på overflaten og tekniske løsninger under bakken, og er plassert der de gir størst effekt for overvannshåndtering, flomveier og lokal fordrøyning. Hver tiltakstype kan løses på flere ulike måter avhengig av lokale forhold. Kapittel 8.2 viser hvordan disse tiltakstypene er videreutviklet og tilpasset Skillebekk gjennom konkrete tiltak og prosjektspesifikke løsninger.

8.1.1 Grønne veier

Grønne veier er et sentralt grep i den blågrønne strategien og utgjør det sammenhengende grønne nettverket gjennom prosjektområdet. Tiltaket bygger videre på eksisterende vegetasjon og gatetrær, og styrker disse gjennom nye grønne elementer integrert i gateprofilet. Grønne veier kan bestå av regnbed, plantefelt, permeable dekker, grønne sidearealer og andre vegetasjonsbaserte løsninger som bidrar til lokal overvannshåndtering.



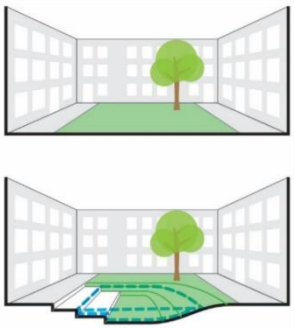
Figur 8.1: Grønne veier.

Tiltakene håndterer overvann gjennom infiltrasjon, forsinkelse og lokal fordrøyning, samtidig som de tilfører nye kvaliteter til gate- og byrom. Grønne veier bidrar til økt vegetasjon, bedre lokalklima, styrket biologisk mangfold og et mer sammenhengende grønt preg i området. Tiltakene kan etableres i ulike skalaer – fra mindre grønne lommer og kryssutvidelser til større sammenhengende gategrep.

Grønne veier har også en tydelig kobling til Oslo kommunes arbeid med parkgater. Begge grepene bygger på en omdisponering av gateareal fra ensidig trafikk- og parkeringsformål til flerfunksjonelle gaterom med mer vegetasjon, bedre forhold for gående og lokal overvannshåndtering. I forprosjektet vurderes grønne veier primært som overvanns- og klimatilpasningstiltak. Parkgateperspektivet er særlig relevant der tiltakene samtidig kan gi økt byromskvalitet og mer sammenhengende grønnstruktur og tryggere ferdsel.

8.1.2 Fordrøyning

Fordrøyningstiltakene er plassert i strategiske punkter i nedbørsfeltet og har som mål å holde tilbake overvann midlertidig ved regnhendelser. Tiltakene bidrar til å forsinke avrenningen og redusere belastningen på eksisterende ledningsnett og nedstrøms områder.



Figur 8.2: Fordrøyning.

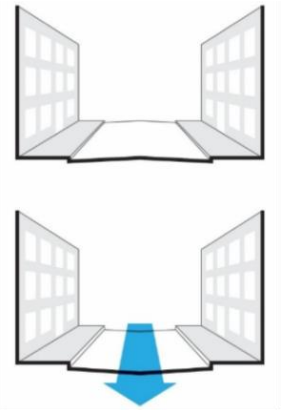
Fordrøyning kan etableres både som lokale tiltak i mindre skala og som større sentrale fordrøyningsvolumer i naturlige lavpunkter. Dette kan være regnbed, nedsenkede grøntarealer, åpne bassenger eller terrengformede landskapselementer som gir plass til vann i perioder med mye nedbør.

8.1.3 Tiltak på privat grunn

Tiltak på privat grunn inngår som et supplement til tiltakene i offentlig gategrunn og bidrar til helhetlig overvannshåndtering i nedbørsfeltet. Dette kan omfatte tiltak i bakgårder, forhager, takflater og andre private utearealer, der overvann kan infiltreres, forsinkes eller holdes tilbake lokalt før det når gate- eller ledningssystemet. Tiltakene er særlig viktige for å redusere samlet avrenning i nedbørsfeltet og kan gjennomføres gradvis over tid, både som del av fremtidig utvikling og ved oppgradering av eksisterende eiendommer.

8.1.4 Flomvei

Flomveiene viser hvordan overvann ledes kontrollert gjennom området ved større regnhendelser når kapasiteten i øvrige tiltak overskrides. De følger i hovedsak eksisterende terrengfall og gateforløp, og er utformet for å føre vannet trygt gjennom området uten skade på bygninger, infrastruktur eller viktige ferdselsarealer.



Figur 8.3: Flomvei.

Tiltakene kan bestå av åpne renner, justering av gatefall, kantstein, terrengforming eller andre grep som styrer vannets retning og sikrer kontrollert overflateavrenning.

8.1.5 Teknisk/anlegg

Tekniske tiltak supplerer de blågrønne løsningene på overflaten og bidrar til helhetlig overvannshåndtering i området. Dette omfatter blant annet flomrør, pumpestasjoner, nye ledningsforbindelser og andre tiltak knyttet til overvanns- og VA-systemet.

Tiltakene etableres der topografi, eksisterende infrastruktur eller kapasitetsbehov gjør det nødvendig med tekniske løsninger for å sikre transport og avledning av vann ved større regnhendelser.

8.2 Masterplan med foreslåtte tiltak

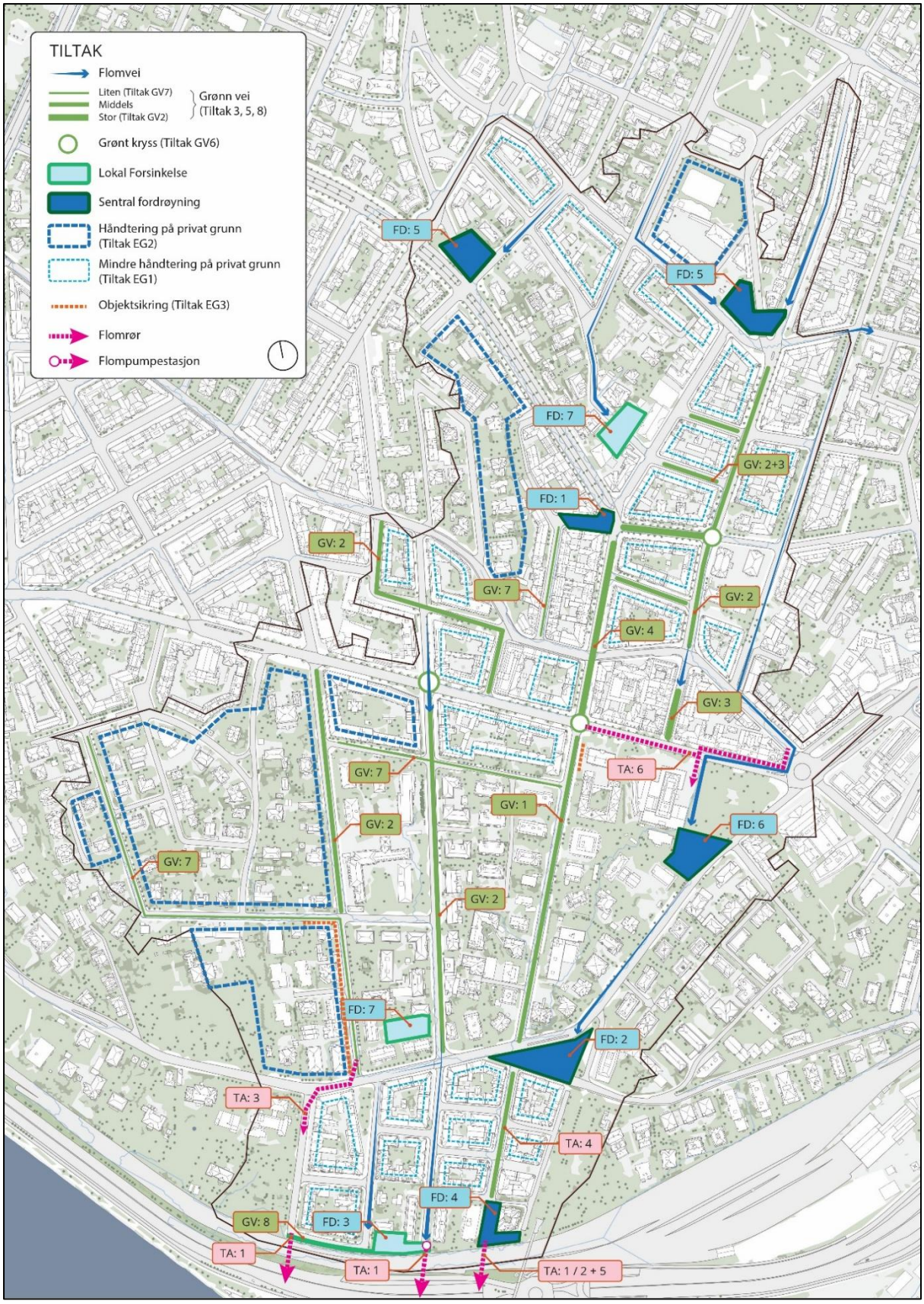
Figur 8.4 viser masterplanen for Alternativ 2. Masterplanen sammenstiller de foreslåtte tiltakene innenfor kategoriene grønne veier, fordrøyning, tiltak på privat grunn, flomveier og tekniske tiltak, og illustrerer hvordan disse kan virke sammen som et helhetlig system for overvannshåndtering i nedbørsfeltet.

De innledende workshopene tok utgangspunkt i de overordnede tiltakstypene beskrevet i kapittel 8.1. Gjennom de påfølgende workshopene ble disse konkretisert til prosjektspesifikke tiltak innenfor hver tiltakstype. Disse tiltakene er samlet i nettolisten (Tabell 8.1: Nettoliste.), som gir en oversikt over de prosjektspesifikke tiltakene, deres funksjon og tilhørende tiltakskoder benyttet i masterplanen.

Masterplanen og nettolisten skal leses som en samlet strategi for hvordan ulike tiltak kan kombineres og fordeles gjennom nedbørsfeltet for å redusere flomrisiko og styrke den blågrønne strukturen. Planen representerer et samlet mulighetsrom av tiltak som senere er vurdert gjennom hydrauliske analyser, multikriterieanalyse og kostnadsvurderinger.

Tiltakenes plassering er basert på en sammenstilling av funn fra analysearbeidet, inkludert terrengforhold, flomveier, hydrauliske beregninger, eksisterende grønnstruktur, tilgjengelige arealer, tekniske forutsetninger og stedlige begrensninger. I tillegg har innspill fra befaringer, fagressurser og workshops vært viktige for å identifisere mulige tiltakslokasjoner og vurdere gjennomførbarhet.

I en ideell situasjon ville overvann håndteres lokalt der det faller – også ved større regnhendelser – gjennom en kombinasjon av infiltrasjon, fordrøyning og lokal oppsamling. I praksis gjør størrelsen på nedbørsfeltet, overvannsmengdene ved ekstreme regnhendelser og de bymessige rammene i Skillebekk at dette ikke er mulig overalt. Dette innebærer at enkelte tiltak nedstrøms må håndtere større vannmengder som samles opp fra områdene ovenfor. Når kapasiteten i oppstrøms tiltak overskrides, må vannet kunne ledes kontrollert videre til neste del av systemet.



Figur 8.4: Masterplan.

Tabell 8.1: Nettoliste.

TEMA	NR	TILTAK	BESKRIVELSE	EFFEKT
GRØNNE VEIER	GV1	Flytte biler til en side av gaten i Niels Juels gate for å gjøre gaten grønn	Samle parkering på én side av gaten for å frigjøre plass til grønt.	Økt infiltrasjon og forsinkelse med mer sammenhengende grøntareal.
	GV2	Langsgående blågrønt system i gateløp (terskler/styring)	Etablere et sammenhengende blågrønt system langs gateløpet med bruk av terskler, åpne renner og forsenkede grøntarealer som styrer, forsinker og infiltrerer overvann	Sammenhengende håndtering og transport av overvann i gater. Økt infiltrasjon og forsinkelse langs hele gateløpet.
	GV3	Planter med kassetter under jorden	Bruke plantekassetter med magasinering under bakken for å kombinere vegetasjon og vannlagring	Økt infiltrasjon og vannlagring under bakken.
	GV4	Niels Juels gate (mellom Colbjørnsens gate og Bygdøy allé) - bred og veldig grønn. Fortsettelse av grøntdrag i hele Niels Juels gate (særlig sør for Drammensveien)	Videreutvikle eksisterende grøntdrag i midtre del av gaten som del av blågrønn struktur.	Øke infiltrasjon og styrke grønne kvaliteter i gaten.
	GV5	Permeabelt dekke på parkeringsplasser	Permeabelt dekke på parkeringsplasser, kan suppleres med kassetterr (GV3)	Noe mindre tett dekke/ flater.
	GV6	Kryssinnstramminger og innsnevringer med blågrønne tiltak	Bruke overskuddsareal i kryss og gateutvidelser til regnbed, grøntarealer og overvannstiltak.	Økt grøntareal, redusert asfaltareal og lokal overvannshåndtering.
	GV7	Regnbed og mindre blågrønne tiltak i gate	Etablere regnbed og mindre infiltrasjonstiltak i fortau, sidearealer og mindre gateprofiler.	Lokal infiltrasjon og forsinkelse av overvann i småskala tiltak.
FORDRØYNING	FD1	Fordrøyning ved eksisterende regnbed / utbedre eksisterende regnbed (i sørlig ende av Gyldenløvesgate).	Oppgradere eksisterende regnbed eller etablere nytt fordrøyningsbasseng.	Økt kapasitet for infiltrasjon og fordrøyning.
	FD2	Olaf Bulls plass/park - forsenkingsareale	Etablere forsenkning og utvikle området som et blågrønt kryss for overvannshåndtering.	Samle og forsinke vann i kryssområde.
	FD3	Wadi / fordrøyningsområde sør for bebyggelsen langs jernbane	Kan sees i sammenheng med ny flompumpestasjon (TA1)	Redusere avrenning og avlaste VA-system.
	FD4	Lage forsenkning i parken helt nederst i Niels Juels gate (Svoldergata lekeplass)	Heve terreng ved bygg, lage forsenkning midt i	Forsinke og lagre overvann lokalt.
	FD5	Oppstrøms forsinkelse (tidlig i systemet) i øvre del av feltet	(Gyldenløves gate / Bygdøy Allé) – egen tiltakspakke	oppstrøms tiltak kan redusere belastning nedstrøms, og nevner muligheter i øvre deler (Gyldenløves gate)
	FD6	Fordrøyning i Hydroparken	Lave forsenkning i grønt område, se i sammenheng med TA6	Samle og forsinke stor mengde vann fra oppstrøms
	FD7	Fordrøyning i privat gårdsrom	Etablere forsenkning i gårdsrom som overløpsareal for overvann fra nærliggende grønn gate.	Forsinke og lagre overvann lokalt.
TILTAK PÅ PRIVAT GRUNN	EG1	Regnbed ifbm private taknedløp	Koble taknedløp til regnbed for lokal håndtering og infiltrasjon av takvann.	Redusere belastning på VA-nett ved å håndtere takvann lokalt.
	EG2	Lokal håndtering i forhager og bakgårder (infiltrasjon/regnbed)	Tydelig potensial i private arealer (forhager/bakgårder)	Øke kapasitet for infiltrasjon og fordrøyning
	EG3	Objektsikring	Etablere hevet terreng eller barrierer rundt utsatte objekter og eiendommer	Hindre vanninntrenging ved kraftig nedbør og oversvømmelse
FLOMVEI	FV1	Kanal	Etablere en åpen kanal for å lede og synliggjøre overvann gjennom området.	Synlig håndtering av overvann og økt vannføringer.
	FV2	Renne	Etablere renner i gateprofilet for å lede vann langs definerte flomveier.	Lede overvann kontrollert gjennom gaten.
	FV3	Endre fall på vei og heve kantsteiner	Justere fall på vei og øke kantsteinhøyde for bedre vannstyring. Ble observert forhøyninger og "lokale" tilpasninger på befaring.	Styre vann bort fra bygg og fortau, mot ønskede flomveier.
	FV4	V-fall på gater	Snu fra takfall til V-profil	Kan senke gaten, holde mer vann og føre vann i midten av gaten lenger bort fra bygninger. Økt vannføringer.
	FV5	Smale drensløsninger (line drain eller box drain)	Overflatebaserte drensløsninger som leder vann via smale renner eller fall i dekker.	Avledning av overvann fra harde flater
	FV6	Sammenhengende flomvei mot sjø	Etablere sammenhengende flomvei og kryssing av barrierer mot sjø/resipient.	Øke kapasitet for overvannshåndtering/flom ved større hendelser
TEKNISK / ANLEGG	TA1	Ny flompumpestasjon, plassering Lilleparken/Gabels gate/Skarpsnogata. Borre ny ledning til sjø / henge opp ledning under gangbro / ledning via OV1200 / OV300 Leiv Erikssons gate.	Etablere ny flompumpestasjon med utløpsledning til sjø for å ta unna 20 årsflom.	Øke kapasitet for håndtering av overvann/flom.
	TA2	Ny utløpsledning på selvfall fra bunn av Niels Juels gate, borre ny ledning til sjø.	Etablere ny utløpsledning, med inntaksarrangement, til sjø for å ta unna 20 årsflom.	Øke kapasitet for håndtering av overvann/flom.
	TA3	Avskjære avrenning fra Thomas Heftyes gate mot vest, nye ledninger	Etablere nye ledninger for å avskjære overvann fra Thomas Heftyes gate. Bygge ut sammenhengende overvannsnett og oppdimensjonere utløpsledning i bunn av Leiv Eriksons gate	Redusere belastning på Niels Juels gate. Dele opp nedbørsfelt slik at mindre vann renner til Niels Juels gate. Øke kapasitet for håndtering av overvann/flom. Direkte avledning av overvann til sjø.
	TA4	Oppgradere bekkelukking skillebekken fra Drammensveien, økt kapasitet	Oppgradere bekkelukking og øke kapasitet i eksisterende system.	Bedre avledning av overvann.
	TA5	Lage OV1200 kulvert tett, med strømpe, trykksette for å få opp kapasitet	Rehabilitere kulvert med strømpe og trykksetting for økt kapasitet.	Øke kapasitet i eksisterende system.
	TA6	Lede vann fra kryss Niels Juels gate/Bygdøy Alle til hydroparken. Lede overløpsvann videre til Olaf bulls plass /Tinkern, lede overløpsvann videre til sjøen ved Hjortneskaia.	Lede overvann fra gate til eksisterende grøntområde for infiltrasjon og fordrøyning i Hydroparken ved større nedbørshendelser. Overløp ned Drammensveien, kan ledes til Olaf Bulls plass / Tinkern og overløp herifra kan videreføres ut mot sjøen via gangbro.	Avlaste eksisterende system og lede vann til egnet mottak. Dele opp nedbørsfelt slik at mindre vann renner til Niels Juels gate.

8.2.1 Masterplan

Masterplanen kan oppsummeres i fem hovedgrep, basert på hvordan ulike tiltakstyper tas i bruk innenfor nedbørsfeltet.

Desentraliserte, naturbaserte tiltak som første forsvarslinje

Størstedelen av overvannet i nedbørsfeltet faller på private eiendommer og gatearealer, som samlet utgjør mer enn 75 % av overflaten. Dette tilsier en strategi der småskala tiltak, som håndterer vannet så nær kilden som mulig, prioriteres gjennom hele området.

- Håndtering på privat grunn (EG1, EG2)
- Grønne veier (GV2, GV3, GV5, GV7, GV8)

Dette er tiltak som fordeles over hele nedbørsfeltet og samlet bidrar til å redusere avrenningen.



Figur 8.5: Regnbed på privat grunn (EG2) - Gartenstadt Flensburg. Bilde: Neil Goring.



Figur 8.6: Regnbed som vei innsnevring (GV7) - Kong Hans Alle, Danmark. Bilde: Neil Goring.

Sentral blågrønn korridor

Selv om de desentraliserte tiltakene vil dempe avrenningen, vil topografien føre til at store vannmengder naturlig samles i Niels Juels gate. Masterplanen foreslår derfor denne gaten som områdets primære blågrønne korridor. Utformingen må balansere hensynet til det eksisterende, verdifulle gatebildet med behovet for økt robusthet mot fremtidige overvannshendelser.

- Grønne veier (GV1, GV4)



Figur 8.7: Sammenhengende vadi på én side av gaten (GV1) – Klimakvarter, Danmark. Bilde: Neil Goring.



Figur 8.8: Langsgående blågrønt system midt i gateløpet (GV4) – Sankt Annæ Plads, Danmark. Bilde: Neil Goring.



Figur 8.9: Grøft og med tverrgående terskler som kan fungere som energi- og forsinkelseselement, Malerhaugveien, Oslo. Foto: Jakob Myking.

Flomveier for trygg avledning og omfordeling

Det vil ikke alltid være mulig å holde tilbake overvann lokalt. Det er derfor avgjørende å sikre trygge flomveier som kan transportere større vannmengder gjennom nedbørsfeltet. Dette gjelder særlig der eksisterende infrastruktur, begrenset gatebredde eller terrengforhold gjør grønne gateløsninger utfordrende.

- Lineære tiltak langs vei, som kanaler, renner og drensløsninger (FV1, FV2, FV5)
- Reprofilering av gateprofil for å øke kapasitet eller styre vannet (FV3, FV4)
- Barrierer i kritiske punkter for å redusere lokal oversvømmelse (EG3)



Figur 8.10: Kanal/vannrenne langs vei (FV1/FV2)– Freiburg, Tyskland. Bilde: Neil Goring.



Figur 8.11: Senking og omprofilering av vei for å styre vann (FV4) - Passeig de Sant Joan, Barcelona. Bilde: Neil Goring.

Større fordrøyningstiltak som mottak i delnedbørsfeltene

Flomveiene leder vannet videre, men holder det ikke tilbake. Derfor er fordrøyningsområdene avgjørende som mottakspunkter i de ulike delnedbørsfeltene. Ved større regnhendelser vil heller ikke oppstrøms småtiltak være tilstrekkelige alene, og behovet for større fordrøyningsvolumer blir tydelig.

- Oppstrøms fordrøyning for delnedbørsfelt (FD5, FD1)
- Lokal fordrøyning på semi-private arealer (FD3, FD7)
- Større fordrøyningsområder i parker og grøntområder (FD2, FD4, FD6)



Figur 8.12: Lokale fordrøyning i en lommepark (FD5) – Tåsingeplads, Danmark. Bilde: Neil Goring.



Figur 8.13: Fordrøyning på gårdsplass (FD7) – Askøgade, Danmark. Bilde: Neil Goring.



Figur 8.14: Vanngrøft og fordrøyningsbassin i en historisk park (FD2/FD6) – Klosterlunden Ringsted, Danmark. Bilde: Neil Goring.

Supplerende ledningsnett og tekniske tiltak
Masterplanen prioriterer overflatebaserte og naturbaserte løsninger der det er mulig. Samtidig vil tekniske tiltak fortsatt være nødvendige i enkelte områder, og omfanget av disse vil avhenge av hvor mange av de øvrige tiltakene som realiseres. Økt bruk av overflatebasert fordrøyning vil redusere behovet for underjordiske løsninger.

I noen tilfeller kan fordrøyningsområder også fungere bedre dersom vann tilføres via rør, særlig der terreng og eksisterende infrastruktur begrenser naturlig avrenning.

- Skalerbare supplerende tekniske løsninger (TA1, TA2, TA4, TA5)
- Omfordelende ledningsnett (TA3, TA6)

Samlet etablerer disse fem grepene et hierarkisk system for overvannshåndtering på tvers av skalaer. Mindre regnhendelser kan i stor grad håndteres av de desentraliserte tiltakene, mens flomveier og fordrøyningsområder ivaretar større vannmengder når belastningen øker.

8.2.2 Grønne veier (GV)
Et tydelig særtrekk ved Skillebekk er den høye andelen gateparkering kombinert med relativt romslige gateprofiler. Samtidig som det er viktig å sikre god adkomst for beboere, nødetater og kollektivtrafikk, ligger det et betydelig potensial i å omdisponere utvalgte parkeringsplasser og underutnyttede gatearealer til blågrønn infrastruktur (GV1, GV2, GV4, GV6). En slik tilnærming åpner for å integrere overvannshåndtering i det eksisterende gatenettet, samtidig som nye kvaliteter tilføres bymiljøet.

Det er lagt særlig vekt på å ivareta og styrke områdets landskapsmessige og kulturhistoriske særpreg. Eldre trær, grønne boulevarder og historiske gateløp utgjør viktige kvaliteter i nedbørsfeltet og bør bevares der det er mulig. Fremtidige tiltak bør bygge videre på og forsterke disse verdiene gjennom ny vegetasjon, trafikkdempende grep og forbedrede gangarealer, samtidig som de inngår som en del av den overordnede skybruddsstrategien (GV3, GV6, GV7). Dette gir tiltakstypen en strategisk merverdi ved at den kan samordnes med arbeidet med parkgater, der overvannshåndtering, grønnstruktur, byromskvalitet og prioritering av gående kan utvikles som del av samme gategrep.

8.2.3 Fordrøyning (FD)
Mange av de foreslåtte fordrøyningsområdene ligger i eksisterende parker, grøntområder og landskap med kulturhistorisk verdi. Fremtidige tiltak bør derfor utformes slik at områdenes karakter og funksjon i størst mulig grad bevares. Samtidig kan mindre terrengbearbeiding, terrassering og lokale forsenkninger bidra til midlertidig lagring av overvann ved kraftige nedbørshendelser (FD2, FD4, FD6). Det er særlig viktig å ta hensyn til eksisterende trær, vegetasjon og landskapets kulturhistoriske kvaliteter.

Masterplanen peker også på muligheter for fordrøyning innenfor semi-private og private utearealer (FD3, FD7). Selv om slike tiltak kan være mer krevende å realisere, ligger de i strategisk viktige deler av nedbørsfeltet og kan gi betydelig hydraulisk effekt. Målet er i mange tilfeller ikke å endre arealenes funksjon, men å tilpasse terreng og overflater slik at de midlertidig kan ta imot vann ved større regnhendelser. Et særlig aktuelt eksempel er det eksisterende regnbedet i Gyldenløves gate (FD1), hvor tilgrensende gatearealer gir en unik mulighet til å utvide både omfanget og funksjonen til tiltaket.



Figur 8.15: Tilleggsfordeler.

8.2.4 Tiltak på privat grunn (EG)

Tiltak på privat grunn er tilpasset den varierte bystrukturen i nedbørsfeltet. I de tettere kvartalsstrukturene begrenser små gårdsrom og eksisterende bebyggelse muligheten for større infiltrasjons- og fordrøyningstiltak. Her kan småskala løsninger, som regnbed koblet til taknedløp (EG1), være en hensiktsmessig måte å håndtere overvann nær kilden på, samtidig som de bidrar til grønnere gårdsrom og gateløp.

I villaområdene gir større private hager bedre forutsetninger for lokal overvannshåndtering (EG2). Aktuelle tiltak kan omfatte regnbed, infiltrasjonsområder og underjordiske magasiner integrert i eksisterende hager og forarealer. Hensikten er ikke å endre områdenes karakter, men å utnytte tilgjengelige grønne flater til økt lokal fordrøyning og redusert avrenning til offentlig gategrunn.

Der overvann ikke kan håndteres tilstrekkelig gjennom fordrøyning og avledning alene, kan det også være behov for lokale objektsikringstiltak (EG3). Dette kan inkludere lave murer, barrierer og andre grep som bidrar til å redusere flomrisikoen for enkeltbygg og særlig utsatte områder.

Gjennomføring av tiltak på privat grunn vil være avhengig av dialog og samarbeid med grunneiere. Sammenlignet med tiltak i offentlig gategrunn vil slike tiltak normalt ha større usikkerhet knyttet til gjennomførbarhet, kostnadsfordeling og ansvarsforhold. Samtidig finnes det støtteordninger som kan bidra til å gjøre tiltakene mer attraktive for private grunneiere. Vann- og avløpsetaten (VAV) sender ut informasjonsbrev til alle beboere på Skillebekk om tilgjengelige støtteordninger, blant annet 3 000 kroner per taknedløp ved frakobling av takvann, inntil 3 000 kroner for faglig råd og veiledning til eneboliger (6 000 kroner for flerboligbygg) og inntil 10 000 kroner per etablerte regnbed. Tiltakene bør derfor ses som et viktig supplement til de offentlige tiltakene, med potensial for betydelig effekt dersom de kan realiseres gjennom frivillige avtaler eller framtidige utviklingsprosjekter.

Fra 1. januar 2024 er plan- og bygningsloven styrket med nye bestemmelser om overvannshåndtering. Etter pbl. § 31-14 kan kommunen, når det er nødvendig for å avverge fare for skade eller vesentlig ulempe på person, eiendom eller miljø, pålegge eier eller fester av bebygd eiendom å sørge for forsvarlig håndtering eller avledning av overvann på egen eiendom. Pålegg forutsetter at tiltaket kan gjennomføres uten uforholdsmessig stor kostnad, og må vurderes konkret i hvert enkelt tilfelle. For nye tiltak stiller pbl. § 28-10 krav om at tiltakshaver i størst mulig grad skal infiltrere eller fordrøye overvann på egen eiendom og sikre forsvarlig avledning. Bestemmelsen gir kommunen et kontrollgrunnlag i byggesaker, men gir ikke i seg selv hjemmel til å kreve bestemte løsninger eller håndtering av overvann fra andre eiendommer. Konkrete overvannsløsninger, arealer, flomveier og systemtiltak må derfor ved behov sikres gjennom plan, avtaler, rettigheter eller andre juridiske virkemidler. Reguleringsrisiko og eiendomsjuridiske forhold er nærmere omtalt i Vedlegg 10 – Reguleringsrisiko og eiendomsjuridiske vurderinger.

8.2.4.1 EG1 – Småskala overvannstiltak i tette gårdsrom og bakgårder

EG1 omfatter småskala overvannstiltak i bakgårder, gårdsrom og ved taknedløp. Det kan være regnbed, mindre fordrøyningsvolumer eller frakobling av takvann der forholdene ligger til ette for det. Effekten av hvert enkelt tiltak er begrenset, fordi arealene ofte er små og bebyggelsesstrukturen tett. Samlet kan slike tiltak likevel gi en relevant reduksjon i avrenning dersom de gjennomføres i stort omfang. Tiltakstypen vurderes derfor som positiv særlig ved små og middels store regnhendelser. Ved større styrtregn vil volumene raskt kunne fylles.

8.2.4.2 EG2 – Lokal fordrøyning og infiltrasjon i private hager og forhager

Større hager og forhager gir bedre muligheter for infiltrasjon, fordrøyning og lokal terrengtilpasning. Aktuelle løsninger kan være regnbed, terrengforsenkninger eller mindre underjordiske magasiner integrert i eksisterende hage- og utearealer. Tiltaket kan bidra til å holde tilbake vann høyere oppe i feltet og redusere avrenning til gategrunn. Den hydrauliske effekten vil avhenge av hvor mange eiendommer som gjennomfører tiltak, grunnforholdene og tilgjengelig areal samt hvordan takvann og overvann kobles til tiltakene. Tiltaket har størst verdi dersom det inngår i et bredere program for lokal overvannshåndtering på privat grunn.

8.2.4.3 EG3 – Objektsikring av utsatte bygg og innstrømningspunkter

EG3 skal hindre at vann trenger inn i utsatte bygg, kjellere, garasjeanlegg og private arealer. Aktuelle grep kan være lave murer, terskler, kantoppbygging, lokale barrierer, tilpasning av innganger, fartshumper og andre punktvise sikringstiltak. Tiltaket kan gi høy lokal skadebegrensende effekt, særlig der risikoen er knyttet til kjente innstrømningspunkter. Samtidig må objektsikring vurderes med varsomhet, fordi tiltaket kan flytte vann og skape problemer andre steder.

8.2.5 Flomvei (FV)

Den tette bystrukturen på Skillebekk gir flere utfordringer knyttet til håndtering av store overvannsmengder på overflaten. Korte kvartaler, hyppige kryss, trikkeinfrastruktur og begrensede gatebredder reduserer ofte muligheten for infiltrasjons- og fordrøyningstiltak i gategrunn. Flomveiene utgjør derfor et viktig sikkerhets- og avledningstiltak i Alternativ 2, og skal sikre at overvann kan transporteres kontrollert gjennom nedbørsfeltet når kapasiteten i øvrige tiltak overskrides.

Der forholdene ligger til rette for det, kan flomveiene utformes som synlige elementer i overflaten, for eksempel i form av kanaler, renner eller lineære drensløsninger (FV1, FV2, FV5). Disse tiltakene bidrar først og fremst til å sikre tilstrekkelig kapasitet for avledning av overvann ved større regnhendelser, men kan samtidig tilføre kvaliteter til byrommet og synliggjøre vannets rolle i området.

Der åpne løsninger ikke er gjennomførbare, kan overvannet i stedet ledes ved hjelp av mindre justeringer i gateprofil og kantsteinslinjer (FV3, FV4). Slik kan vannet føres kontrollert bort fra sårbare bygninger og kritisk infrastruktur, og videre mot egnede fordrøyningsområder eller nedstrøms mottak.

Samlet bidrar disse tiltakene til å sikre trygg transport av overvann gjennom nedbørsfeltet og mellom delnedbørsfeltene når lokal lagrings- og fordrøyningskapasitet er overskredet (FV6).

For flomveitiltak er ikke måloppnåelsen nødvendigvis at alt vann fjernes fra terreng, men at vannet ledes kontrollert gjennom arealer hvor skadepotensialet er lavere. Lokalt økt vannføring eller vanndybde kan derfor være akseptabelt dersom vannet styres bort fra bygg, kjellere og kritiske innstrømningspunkter, og dersom vannhastighet, dybde og trafikksikkerhet vurderes som akseptable.

8.2.6 Tekniske anlegg (TA)

8.2.6.1 TA1 – Flompumpestasjon

TA1 innebærer å etablere en flompumpestasjon i sørlige del av Skillebekk, som ved store nedbørhendelser pumper overvann ut i fjorden. Tre alternative plasseringer er vurdert: Skarpsnogata, Gabels gate eller nederst i Lilleparken. Pumpestasjonen kobles til en ny utløpsledning til fjorden, som etableres ved gravefrie metoder (styrt boring). Sammenlignet med TA2 kan utløpsledningen ha mindre dimensjon, fordi pumpene gir nødvendig trykk.

Foreløpig dimensjonering tar utgangspunkt i en vannføring på 1 m^3/s gjennom en utløpsledning av typen PE100 Ø630. Dette gir et nødvendig pumpetrykk på 15 mVs og et effektbehov på 300 kW. Det er behov for et sumpvolum på ca. 100 m^3. Endelig dimensjonering må gjøres opp mot kostnader til etablering og drift av både pumper, sump og utløpsledning.

To alternative løsninger uten boring av ny utløpsledning er vurdert:

- Pumpestasjon i Skarpsnogata/Leiv Erikssons gate som trykksetter eksisterende OV300. Kapasiteten begrenses her av dimensjonen på eksisterende utløpsledning.
- Pumpestasjon i Lilleparken med utløpsledning langs eksisterende gangbro fra Tinkern til Framneskaia. Kapasiteten begrenses her av hvilken rørdimensjon som kan henges under gangbroen.

En pumpestasjon kan plasseres slik at innløpet ligger på terrengets laveste punkt, og hindrer dermed oppstuving på terrenget. Løsningen gir også større fleksibilitet i plassering og åpner for at overvann kan samles inn fra flere punkter i et nytt overvannsnett. Ulempen er at en pumpestasjon utgjør et betydelig driftspunkt, med løpende kostnader til strøm, vedlikehold av pumper og drift av installasjoner både over og under bakken.

8.2.6.2 TA2 – Utløpsledning på selvfall

TA2 innebærer å etablere en ny utløpsledning på selvfall fra Skillebekk-området til fjorden. Hoveddelen av overvannet i en flomsituasjon kommer ned Niels Juels gate, og det foreslås derfor å etablere et inntaksarrangement i området der Niels Juels gate møter Lilleparken.

Ledningen foreslås etablert med gravefrie metoder (styrt boring) som en PE100 Ø900 OV-ledning.
Med innløpskote på +3 og utløpskote på –5 vil ledningen ha en kapasitet på ca. 1 m^3/s, også ved et 100-årshøyvann (stormflo).

Inntaket må plasseres i bunnen av Niels Juels gate eller i nordre ende av Lilleparken for å beholde tilstrekkelig høyde på innløpet. To utforminger er aktuelle:

- Et ristarrangement i gatenivå
- Et nedsenket innløpsarrangement i begynnelsen av Lilleparken.

Begge løsninger forutsetter at veigeometri og terreng utformes slik at vannet ledes mot inntaket ved store nedbørhendelser. Inntaket bør utformes slik at normalregn fortsatt føres til ordinære sluk og sandfang for å oppnå renseeffekt før utslipp til fjorden, mens kun overvann fra større regnhendelser ledes til den nye utløpsledningen.

8.2.6.3 TA3 – Avskjære avrenning fra Fredrik Stangs gate

TA3 innebærer separering av Fredrik Stangs gate ved å etablere et inntaksarrangement i bunnen av Fredrik Stangs gate og en ny overvannsledning som leder vann mot Leiv Erikssons gate. Tiltaket reduserer mengden overvann som ledes til utløpsledningen ved Lilleparken, og deler dermed opp og reduserer nedbørsfeltet til denne. Dette tiltaket vil virke avbøtende under mindre regnhendelser, men vil være begrenset under et 100 årsregn.

Tiltaket innebærer kryssing av Drammensveien, som har trikketrasé. Kryssingen vurderes som teknisk krevende og må gjennomføres slik at trikkedriften ivaretas både i anleggsperioden og permanent. Gravefrie metoder bør vurderes.

8.2.6.4 TA4 – Oppgradere bekkelukking av Skillebekk ved Drammensveien

TA4 innebærer oppgradering av bekkelukkingen av Skillebekken der den krysser Drammensveien. I dag går en 900 mm avløp fellesledning (AF) over i en 450 mm spillvannsledning (SP), for så å gå ned til en 380 mm. Ved større nedbørhendelser går overskytende vann i overløp til en 700 mm overvannsledning (OV), slik at en blanding av spillvann og overvann ledes til fjorden.

Ved å oppgradere den hydraulisk kapasitet i bekkelukkingen ved hjelp av strømpekjøring helt fram til pumpestasjonen på Framnes reduseres hyppigheten av overløp, og dermed mengden urenset spillvann som slippes til fjorden. Tiltaket har dermed både en flomdempende og en vannkvalitetsmessig effekt. Dette tiltaket vil virke avbøtende under mindre regnhendelser, men vil være begrenset under et 100-årsregn.

8.2.6.5 TA5 – Tetting og trykksetting av OV1200-utløpsledningen

TA5 innebærer å utbedre eksisterende OV1200-utløpsledning ved å tette og trykksette den. Dette gir bedre hydrauliske egenskaper og økt kapasitet i ledningen ved at den kan utnyttes som en trykkledning ved flomhendelser, fremfor å fungere som ren selvfallsledning. Gjennomføring av dette må samkjøres mot eksisterende kommunalt overvannsanlegg på Skillebekk og Hjortneskaia, og med BaneNor og Statens vegvesen som har påslipp til denne ledningen i dag. Tiltaket vil øke kapasiteten til utløpsledningen noe, men vil være begrenset under et 100-årsregn.

8.2.6.6 TA6 – Avledning fra Niels Juels gate/Bygdøy allé til Hydroparken

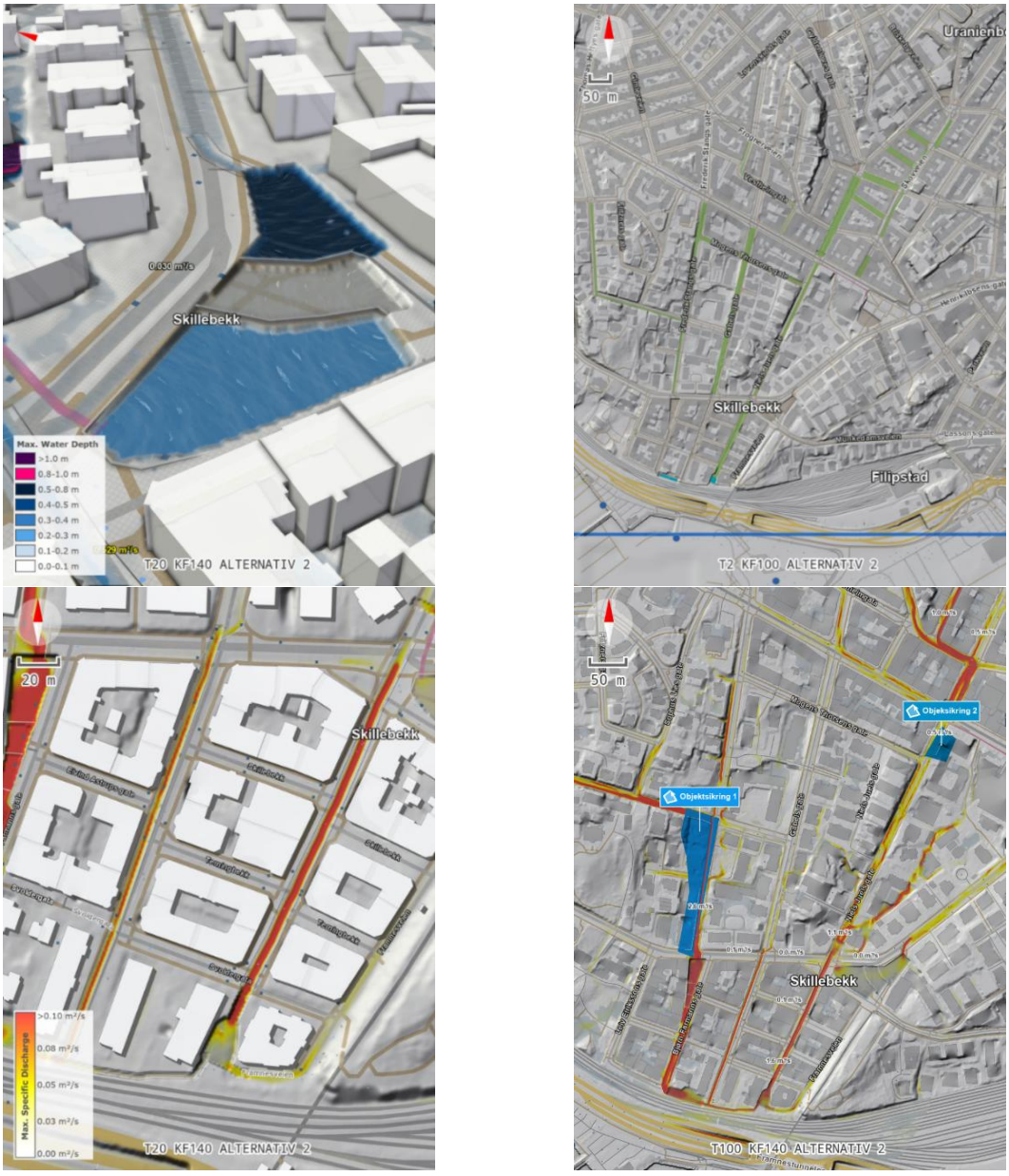
TA6 har som formål å dele opp nedbørsfeltet som drenerer mot Niels Juels gate, og å lede vannet til DF6 (fordrøyning i Hydroparken). Når vannstanden i krysset Niels Juels gate / Bygdøy allé blir høy nok, ledes overskytende overvann via en ny, avledende overvannsledning til et planlagt fordrøyningsanlegg i Hydroparken (tiltak FD6 i denne planen). Ledningen utnytter den tilgjengelige vannhøyden og kan legges med lite fall. Tiltaket avlaster både gate og overvannsanlegg nedstrøms krysset, og kan også samle opp overvann fra Frognerveien.

9. EFFEKTVURDERING

9.1 Hydraulisk effekt

Effektvurderingen sammenligner dagens situasjon, Alternativ 1 og Alternativ 2. Alternativ 1 består i hovedsak av VAVs foreslåtte separerings- og ledningstiltak, mens Alternativ 2 omfatter tiltak fra nettolisten, inkludert grønne veier, fordrøyning, tiltak på privat grunn, flomveier og tekniske tiltak. Beregningene viser at alternativene har ulike styrker og virker på ulike deler av overvannsproblemet. For utdypende informasjon om hydraulisk effekt, så henvises det til kapittel «Effektvurdering» i Vedlegg 9 – Hydrauliske beregninger.

Modellresultatene må tolkes som et beslutningsgrunnlag på forprosjektnivå. Det er usikkerhet knyttet til blant annet lokal terrengoppløsning, sluk- og inntakskapasitet, eventuell tilstopping, ruhetsforutsetninger, faktisk driftsstatus i ledningsnettet og private innstrømningspunkter. Resultatene er derfor best egnet til å sammenligne alternativer og identifisere kritiske områder, mens endelig dimensjonering og dokumentasjon av tiltak må gjøres i videre prosjektering.



Figur 9.1: Figurene viser modellerte tiltak i modell.
ØV: Fordrøyning. ØH: Grønne veier. NV: Flomveier. NH: Objektsikring og flomveier.

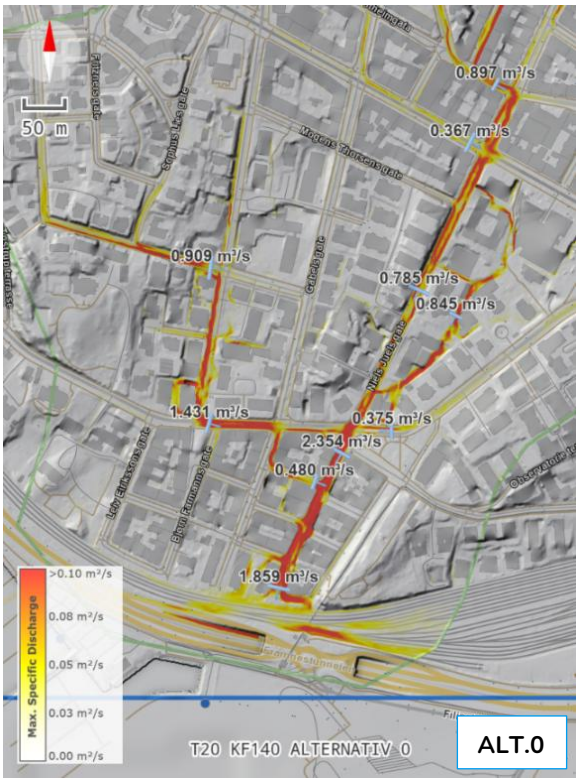
Alternativ 1 har størst effekt på overløpsdrift og reduksjon av forurensningsutslipp. Beregningene viser at overløpet ved hovedoverløpet OF14 blir tilnærmet null ved 2-årsregn, og at overløpsmengdene reduseres kraftig også ved 5- og 20-årsregn. Effekten på vann på terreng ved styrtregn er derimot mer begrenset.

Det oppnås enkelte reduksjoner i vanndybder og flomveier, særlig nederst i feltet, men Alternativ 1 løser i begrenset grad utfordringene med store vannmengder på overflaten ved kraftige regn.

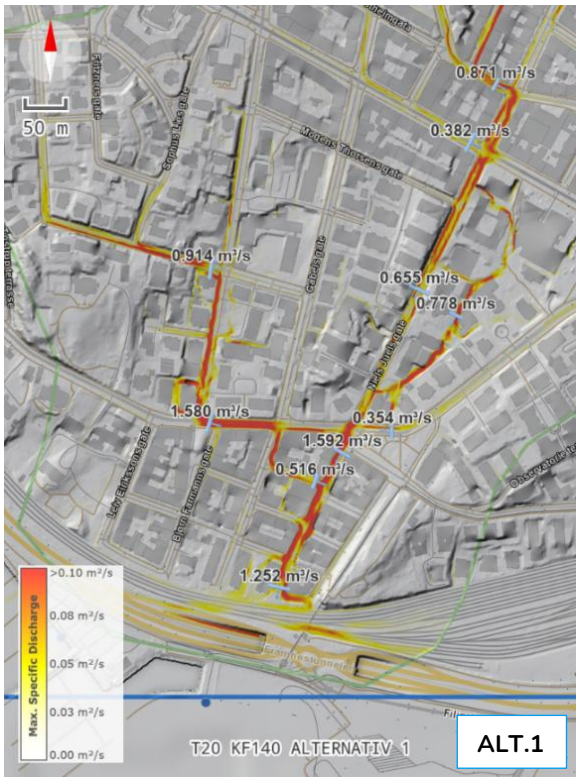
Alternativ 2 gir en betydelig bedre effekt på flomveier, vanndybder og vannføring på terreng. Tiltakene bidrar til å redusere og forsinke avrenning, fordrøye vann i sentrale områder og lede overskytende vann mer kontrollert gjennom området.

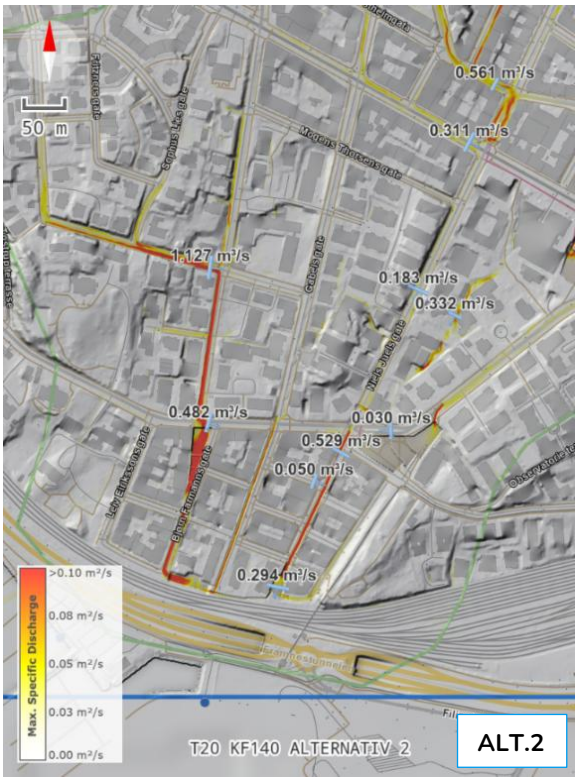
Effekten er særlig tydelig i midtre og søndre del av nedbørsfeltet, der store områder får redusert vanndybde, og flere flomveier reduseres eller nesten elimineres.

Samtidig viser beregningene at enkelte områder kan få økt vannmengde der vann ledes kontrollert til fordrøyningsarealer eller holdes i gateareal for å redusere risiko for skade på bygg.

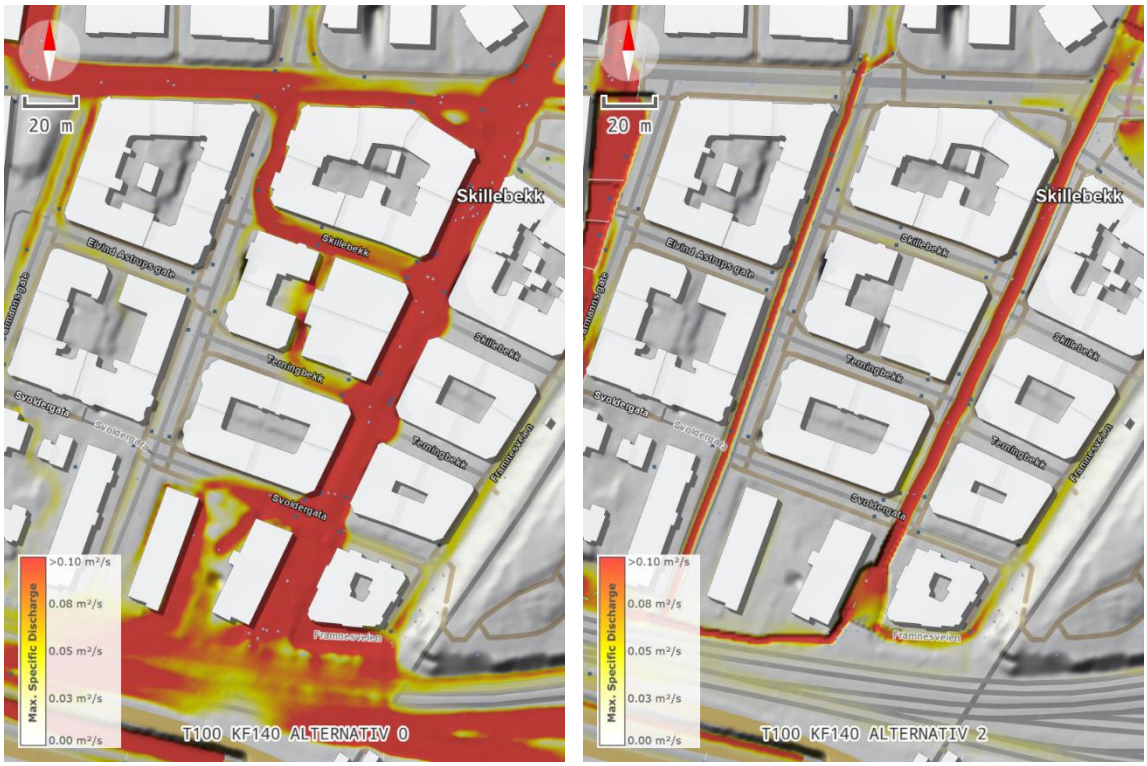


Figur 9.2: Flomveier i søndre del og endringen i vannføring gjennom utvalgte snitt for statussituasjon og Alternativ 1 og Alternativ 2.





De ulike tiltakstypene har komplementære funksjoner. Grønne veier og tiltak på privat grunn reduserer og forsinker avrenningen lokalt, men har begrenset effekt alene ved de største hendelsene. Fordrøyningstiltakene er blant de mest effektive tiltakene for å redusere avrenningstopper og vannføring nedstrøms. Flomveitiltakene styrer overskytende vann mer kontrollert gjennom området, mens tekniske tiltak er nødvendige der overflatebaserte tiltak ikke gir tilstrekkelig kapasitet.



Figur 9.3: Venstre viser flomveien før tiltak (Alt. 0) og høyre etter tiltak (Alt. 2) for et 100-årsregn med klimafaktor.

Beregningene viser samtidig at Alternativ 2 ikke alene fjerner behovet for økt kapasitet nederst i systemet. Selv etter at fordrøyning, grønne tiltak, tiltak på privat grunn og flomveier er lagt inn, er det fortsatt behov for økt rørkapasitet eller pumpeløsning for å føre flomvann til sjø. Det er også enkelte bygg som fortsatt kan være utsatt for vann, og objektsikring bør derfor vurderes som et supplerende tiltak i videre arbeid.

Samlet viser effektvurderingen at Alternativ 1 har størst målrettet effekt på reduksjon av overløp og forurensningsutslipp, mens Alternativ 2 har størst effekt på flomveier, vann på terreng og lokal skadeforebygging. Resultatene peker derfor mot behovet for en kombinert strategi, der VAVs separerings- og ledningstiltak sees i sammenheng med blågrønne tiltak, fordrøyning, trygge flomveier, tekniske kapasitetstiltak og objektsikring.

For utdypende informasjon om hydraulisk effekt, så henvises det til kapittel «Effektvurdering» i Vedlegg 9 – Hydrauliske beregninger.

9.2 Multikriterieanalyse

Det er gjennomført en multikriterieanalyse for å vurdere og sammenligne aktuelle overvannstiltak på tvers av faglige, tekniske, bymessige og gjennomføringsmessige hensyn. Analysen bygger på en trinnvis prosess der mulige tiltak først er identifisert gjennom en bruttoliste, som deretter er silt og videreført i en nettoliste som grunnlag for Alternativ 2. En utfyllende beskrivelse av metode, kriterier, vekting og vurdering av enkelttiltak er gitt i Vedlegg 07 – Multikriterieanalyse MKA.

Formålet med multikriterieanalysen har vært å gi et transparent og etterprøvbart beslutningsgrunnlag for hvilke tiltak som bør videreføres, prioriteres eller vurderes nærmere i videre arbeid. Analysen supplerer de hydrauliske beregningene og nytte-kostnadsanalysen ved å synliggjøre forhold som ikke fullt ut fanges opp gjennom modellresultater eller prissatte virkninger, blant annet gjennomførbarhet, drift, mobilitet, blågrønne kvaliteter, reguleringsrisiko og fleksibilitet.

9.2.1 Vurderingskriterier

Som del av vurderingen av tiltakene er det etablert et sett med vurderingskriterier som skal bidra til en helhetlig og etterprøvbar prioritering av aktuelle overvannstiltak. Kriteriene dekker både tiltakenes flomreduserende effekt, tekniske og praktiske gjennomførbarhet, konsekvenser for byrom og mobilitet, samt mulighet for drift, vedlikehold og trinnvis gjennomføring.

I workshop 4 ble deltakerne bedt om å diskutere hvordan de ulike vurderingskriteriene bør vektlegges ved prioritering av tiltak. Innspillene viste at flere kriterier ble vurdert som særlig viktige på tvers av gruppene. Hydraulisk effekt ble gjennomgående trukket frem som det mest sentrale kriteriet, ettersom tiltakene først og fremst skal bidra til redusert flomrisiko, trygg vannhåndtering og avlastning av VA-systemet. I tillegg ble drift og vedlikehold, mobilitet og juridisk/prosessuell gjennomførbarhet fremhevet som særlig viktige hensyn for å sikre at tiltakene både fungerer over tid og lar seg realisere i praksis.

Workshopen synliggjorde også at tiltakene må vurderes i sammenheng. Samtidig ble det understreket at tiltak som har høy faglig verdi, kan være krevende å gjennomføre dersom de berører privat grunn, krever omfattende avklaringer eller medfører konflikt med eksisterende bruk av gateareal.

På bakgrunn av workshopinnspillene anbefales det derfor å bruke en vekting som gir størst vekt til tiltakets primære funksjon, men som samtidig sikrer at gjennomførbarhet, drift og konsekvenser for byen blir tillagt vesentlig betydning. Vektingen bør ikke forstås som en matematisk fasit, men som et beslutningsstøtteverktøy for å strukturere vurderingene og gjøre prioriteringene mer transparente.

Multikriterieanalysen bruker kriteriesettet med vekting i Tabell 9.1 på neste side.

Tabell 9.1: Vurderingskriterier

Nr.	Hovedkriterium	Henter elementer fra bruttolisten	Begrunnelse	Vekting
K1	Hydraulisk effekt og flomveifunksjon. Avlastning av VA-systemet	Trygge flomveier, fordrøyning, sammenhengende flomvei, hydraulisk effekt	Kriteriet bør vektes høyest fordi det er direkte knyttet til prosjektets hovedformål: redusert flomrisiko, trygg flomvei og avlastning av eksisterende VA-system. Workshop 4 viste tydelig at deltakerne ønsket bedre synliggjøring av både enkelttiltakenes og den samlede hydrauliske effekten. Direkte kobling til prosjektets hovedformål og effektmål E1/E2.	Høy (25%)
K2	Teknisk/ systemmessig samordning og realiserbarhet mot VA-infrastruktur	Grensesnitt mot VA-nett, overløp/utslipp, ledningsanlegg, driftstilgang, konflikt med annen infrastruktur, koordinering mot eksisterende og planlagte tiltak.	Tiltakene må fungere sammen med eksisterende og planlagt VA-system og annen teknisk infrastruktur. Kriteriet er viktig for å sikre helhetlige løsninger. Kobling mot effektmål E2.	Middels (12%)
K3	Bruk i normalsituasjon	Helse, rekreasjon, estetikk, merverdi i normalvær, identitet og kulturminner	Sikrer at tiltak ikke bare løser flom, men også gir bedre bymiljø. Kobling mot effektmål E3.	Lav (5%)
K4	Mobilitet	Gående, sykkel, kollektiv, trafikk, nødetater	Tiltakene må ikke svekke fremkommelighet, trafikksikkerhet eller tilgjengelighet for gående, syklende, kollektivtrafikk og nødetater. Kobling mot effektmål E3.	Middels (14%)
K5	Natur, trær og blågrønne kvaliteter	Trær/rotsoner, naturmangfold, synlig vann, lokal takvannshåndtering	Kriteriet synliggjør om tiltakene bidrar til å bevare eller forbedre blågrønne kvaliteter, inkludert trær, naturmangfold og synlig håndtering av vann.	Lav (8%)
K6	Drift, vedlikehold og helårsfunksjon	Vinterdrift, tilstoppingsrisiko, robusthet over tid, driftskostnader	Kriteriet er viktig fordi drift og vedlikehold har stor betydning for tiltakets faktiske effekt, levetid og helårsfunksjon	Middels (15%)
K7	Juridiske/ regulatoriske/ prosessuelle avhengigheter	plan, regulering, jus, grunnerverv og eksterne avhengigheter (f.eks. gatenormal)	Kriteriet synliggjør om et tiltak forutsetter omfattende avklaringer, dispensasjoner, grunnerverv eller samordning med andre prosesser	Middels (14%)
K8	Fleksibilitet og trinnvis gjennomføring	Fleksibilitet/adaptivitet, trinnvis gjennomføring, rekkefølgeeffekt	Mulighet for tilpasning og fleksibilitet i senere faser	Lav (7%)

9.2.2 Resultat av analysen

Resultatet etter vurderingen av tiltakene er vist i Tabell 9.3 på neste side. Tabellen viser score per kriterium og samlet vektet resultat, og gir en indikasjon på tiltakenes relative egnethet. Resultatene er ment som beslutningsstøtte og må tolkes i sammenheng med faglig skjønn og samspill mellom tiltakene.

Analysen viser at flere tiltak innenfor kategoriene grønne veier, fordrøyning og enkelte tekniske/anleggsmessige tiltak kommer godt ut samlet sett. Dette skyldes særlig at disse tiltakene kombinerer god hydraulisk effekt med relativt høy fleksibilitet, positive bidrag til natur/blågrønne kvaliteter og begrensede negative konsekvenser for mobilitet eller drift.

9.2.2.1 Skala

På lik linje med «Forenklet KVU for Lassons gate, Munkedamsveien & Niels Juels gate» gjøres det en skjønnsmessig vurdering av tiltakene på en skala fra -3 til +3 sammenlignet med dagens situasjon, dvs. at 0-alternativet (dagens situasjon) gis verdien 0.

Tabell 9.2: Skala

Beskrivelse	
Oppfyller vurderingskriteriet svært godt	3
Oppfyller vurderingskriteriet godt	2
Oppfyller vurderingskriteriet noe	1
Nøytral / Ingen endring	0
Svak negativ oppfyllelse av vurderingskriteriet	-1
Moderat negativ oppfyllelse av vurderingskriteriet	-2
Sterk negativ oppfyllelse av vurderingskriteriet	-3

Tabell 9.3: Multikriterieanalyse (MKA).

			K1 Hydraulisk effekt	K2 Samordning med VAV	K3 Bruk i normalsituasjon	K4 Mobilitet	K5 Natur	K6 Drift	K7 Regulerings -risiko	K8 Fleksibilitet	Samlet og vektet
	Vekting	Beskrivelse	25%	12%	5%	14%	8%	15%	14%	7%	100%
Grønne veier	**GV1**	Grønn gate - Flytte biler til en side av gaten i Niels Juels gate	2	2	2	1	3	-1	-2	3	**1**
	GV2	Langsgående blågrønt system i gateløp (terskler/styring)	2	1	2	-1	3	-1	-2	2	**0.53**
	GV3	Planter med fordrøyningsmulighet under jorden	1	1	3	0	3	-1	-1	3	**0.68**
	GV4	Fortsettelse av grøntdrag i hele Niels Juels gate	2	2	2	-1	3	-1	-1	2	**0.79**
	GV5	Permeabelt dekke på parkeringsplasser	1	1	3	0	0	-1	-1	0	**0.23**
	GV6	Kryssinnstramminger og innsnevringer med blågrønne tiltak	2	1	1	1	3	-1	-1	2	**0.9**
	GV7	Regnbed og mindre blågrønne tiltak i gate	1	1	2	-1	3	-1	-1	2	**0.42**
Fordrøyning	**FD1**	Fordrøyning ved eksisterende regnbed / utbedre eksisterende regnbed	3	0	3	0	2	-2	-1	2	**0.76**
	FD2	Olaf Bulls plass/park - forsenkingsareal	3	0	2	0	1	-1	-2	2	**0.64**
	FD3	Wadi / fordrøyningsområde sør for bebyggelsen langs jernbane	3	0	1	0	3	-1	-2	2	**0.75**
	FD4	Lage forsenkning i parken helt nederst i Niels Juels gate	3	-1	3	0	3	-1	-2	3	**0.8**
	FD5	Oppstrøms forsinkelse (tidlig i systemet) i øvre del av feltet	3	-1	2	1	1	-2	-2	2	**0.51**
	FD6	Fordrøyning i Hydroparken	3	0	2	1	2	-1	-2	3	**0.93**
	FD7	Fordrøyning i privat gårdsrom	2	0	1	0	2	-1	-3	2	**0.28**
Tiltak på privat grunn	**EG1**	Regnbed ifbm private taknedløp	1	3	2	0	2	0	-2	3	**0.8**
	EG2	Lokal håndtering i forhager og bakgårder (infiltrasjon/regnbed)	1	2	2	0	1	0	-2	3	**0.6**
	EG3	Objektsikring	3	0	-1	0	0	-1	-1	0	**0.41**
Flomvei	**FV1**	Kanal	3	0	-1	-1	1	-1	-2	1	**0.28**
	FV2	Renne	3	0	-1	-1	0	-1	-2	1	**0.2**
	FV3	Endre fall på vei og heve kantsteiner	3	0	-1	0	0	0	-3	1	**0.35**
	FV4	V-fall på gater	3	-1	0	0	0	0	-3	1	**0.28**
	FV5	Smale drensløsninger (line drain eller box drain)	2	0	-1	0	1	-1	-2	1	**0.17**
	FV6	Sammenhengende flomvei mot sjø	3	0	0	1	1	0	-3	1	**0.62**
Teknisk / anlegg	**TA1**	Ny flompumpestasjon, med ny ledning til sjø	3	2	-1	1	0	-3	-3	-3	**0**
	TA2	Ny utløpsledning på selvfall fra bunn av Niels Juels gate med ny ledning til sjø.	2	2	0	1	0	-1	-3	-2	**0.17**
	TA3	Avskjære avrenning fra Thomas Heftyes gate mot vest, nye ledninger	3	1	0	1	0	0	-2	-1	**0.66**
	TA4	Oppgradere bekkelukking skillebekken fra Drammensveien, økt kapasitet	3	1	0	1	0	1	-2	-2	**0.74**
	TA5	Lage OV1200 kulvert tett, med strømpe, trykksette for å få opp kapasitet	3	2	0	1	0	1	-2	-2	**0.86**
	TA6	Lede vann fra kryss Niels Juels gate/Bygdøy Allé til Hydroparken	2	2	0	1	1	-1	-2	1	**0.6**

Analysen viser at tiltak med høy samlet verdi typisk kombinerer god hydraulisk effekt med gjennomførbarhet, driftbarhet, fleksibilitet og positive bymiljøeffekter. Grønne veitiltak og fordrøyningstiltak kommer gjennomgående godt ut, særlig der de både reduserer avrenning, styrker blågrønn struktur og kan inngå i et samlet system for overvannshåndtering. Enkelte tekniske tiltak kommer også relativt høyt ut, særlig der de bidrar til økt kapasitet, bedre funksjon i eksisterende system eller samordning med nedstrøms avledning. Slike tiltak gir i mindre grad merverdi i normalsituasjon, og kan ha større regulerings- eller gjennomføringsrisiko, men kan likevel være viktige som del av en samlet systemløsning.

Tiltak på privat grunn vurderes som relevante supplementer til tiltak i offentlig gate-, park- og byromsareal. Enkelte slike tiltak kan ha god lokal effekt og bidra til redusert tilførsel til avløpssystemet, men samlet gjennomføring er mer usikker fordi tiltakene avhenger av ansvar, eierskap, lokal aksept, drift og juridiske/prosessuelle avklaringer. Slike tiltak inngår derfor ikke som del av en bredere tiltaksstrategi, men behandles som supplerende tiltak eller tiltak som krever særskilt oppfølging og dialog med grunneiere.

Flomveitiltakene har gjennomgående god hydraulisk effekt og er viktige for å sikre robust håndtering av større nedbørhendelser. Flere av tiltakene har likevel begrensede bidrag til bruk i normalsituasjon, natur og byromskvalitet, og enkelte kan gi utfordringer for mobilitet, drift eller reguleringsrisiko.

På bakgrunn av den samlede vurderingen peker særlig grønnere gateprofil i Niels Juels gate (GV1), fordrøyning i Hydroparken (FD6), kryssinnstramminger og innsnevringer med blågrønne tiltak (GV6), forsenkning i parken nederst i Niels Juels gate (FD4), videreutvikling av grøntdrag i Niels Juels gate (GV4), fordrøyning ved eksisterende regnbed (FD1) og wadi/fordrøyningsområde sør for bebyggelsen langs jernbanen (FD3) seg ut som aktuelle tiltak å prioritere videre. I tillegg er enkelte tekniske tiltak som styrker nedstrøms kapasitet og avledning inkludert som viktige supplementer i den samlede systemløsningen.

Multikriterieanalysen skal ikke forstås som en matematisk fasit eller som en direkte rangering av hvilke tiltak som skal gjennomføres først, men som et beslutningsstøtteverktøy. Resultatene må derfor tolkes sammen med hydrauliske analyser, nytte-kostnadsanalyse, investeringskostnader, reguleringsmessige vurderinger og faglig skjønn. Dette er særlig viktig fordi flere tiltak virker best i kombinasjon, og fordi enkelte tiltak har begrenset verdi isolert sett, men er viktige fordi de kobler sammen delområder eller utløser effekten av andre tiltak. Rekkefølge, samordning med VAV og tilgrensende prosjekter, samt videre teknisk detaljering vil derfor påvirke den endelige prioriteringen.

9.3 Investeringskostnader

Det er utarbeidet et overordnet investeringskostnadsestimat for tiltakene i nettolisten. Estimatene er utarbeidet på KVU-nivå og skal forstås som grove investeringsanslag til bruk for sammenligning, prioritering og videre beslutningsgrunnlag. Kostnadene er ikke å anse som endelige byggekostnader, og må videreutvikles i senere prosjektfaser gjennom mer detaljert prosjektering, mengdeberegning, vurdering av grunnforhold, anleggsgjennomføring, grensesnitt mot eksisterende infrastruktur og eventuelle reguleringsmessige avklaringer.

Samlet prosjektkostnad for de vurderte tiltakene er beregnet til 496,9 mill. kr, avrundet til om lag 500 mill. kr. Kostnaden omfatter alle tiltak, men innebærer ikke at samtlige tiltak nødvendigvis skal gjennomføres samlet eller samtidig.

Kostnadsbildet i Tabell 9.4 viser at de største investeringene er knyttet til grønne veier, fordrøyning, flomveier og tekniske/anleggsmessige tiltak. Tiltak på privat grunn utgjør en betydelig mindre del av den samlede investeringskostnaden.

Tabell 9.4: Kostnader fordelt på tiltakskategorier.

Tiltakskategori	Antall tiltak	Samlet investeringskostnad	Andel av total
Grønne veier	7	ca. 151 mill. kr	ca. 30 %
Fordrøyning	7	ca. 109 mill. kr	ca. 22 %
Tiltak på privat grunn	3	ca. 6 mill. kr	ca. 1 %
Flomvei	6	ca. 108 mill. kr	ca. 22 %
Teknisk/anlegg	5	ca. 123 mill. kr	ca. 25 %
Sum	28	ca. 497 mill. kr	100 %

De grønne veitiltakene utgjør den største enkeltkategorien i kostnadsoversikten, med en samlet investeringskostnad på om lag 151 mill. kr. Dette skyldes blant annet at tiltakene omfatter ombygging og omdisponering av gateareal, etablering av blågrønne elementer, tilpasning til eksisterende trær og infrastruktur, samt behov for fysisk opparbeidelse av gaterom. Kostnadene varierer mellom tiltakene, fra mindre lokale grep til større sammenhengende ombygginger.

Fordrøyningstiltakene har en samlet investeringskostnad på om lag 109 mill. kr. Tiltakene omfatter både lokale og større sentrale fordrøyningsvolumer, og kostnadene påvirkes særlig av nødvendig terrengbearbeiding, volum, teknisk utforming, eventuelle innløps- og utløpsarrangementer, samt tilpasning til eksisterende park-, gate- eller grøntarealer.

Flomveitiltakene er samlet estimert til om lag 108 mill. kr. Kostnadene er knyttet til etablering eller tilpasning av overflatebaserte vannveier, kanaler, renner, gateprofilering og andre tiltak som skal lede overvann kontrollert gjennom området.

Tekniske og anleggsmessige tiltak er samlet estimert til om lag 123 mill. kr. Dette omfatter blant annet pumpeløsninger, avskjærende ledninger, oppgradering av eksisterende bekkelukking og tekniske forbindelser for avledning eller omfordeling av overvann.

Tiltak på privat grunn utgjør en samlet kostnad på om lag 6 mill. kr. Disse tiltakene har relativt lave investeringskostnader sammenlignet med tiltak i offentlig gate- og parkgrunn.

9.3.1 Kostnadsnivå for enkelttiltak

Tiltakene er klassifisert med kostnadsnivåene lav, middels og høy. Denne klassifiseringen gir en overordnet indikasjon på tiltakenes relative kostnadsnivå (Tabell 9.5). Samlet sett utgjør tiltak klassifisert som middels kostnad den største delen av investeringsrammen, med om lag 284 mill. kr, tilsvarende over halvparten av totalen. Tiltak klassifisert som høy kostnad utgjør om lag 173 mill. kr, mens tiltak klassifisert som lav kostnad utgjør om lag 40 mill. kr.

Tabell 9.5: Kostnadsoversikt og fordeling per kostnadskategori.

Kostnadskategori	Antall tiltak	Samlet investeringskostnad	Andel av total
Lav < 10 mill.	9	ca. 40 mill. kr	ca. 8 %
Middels - 10-30 mill.	14	ca. 284 mill. kr	ca. 57 %
Høy > 30 mill.	5	ca. 173 mill. kr	ca. 35 %

Kostnadsoversikten viser at et begrenset antall høykostnadstiltak står for en stor del av den samlede investeringskostnaden.

9.4 Estimering av skadeverdier

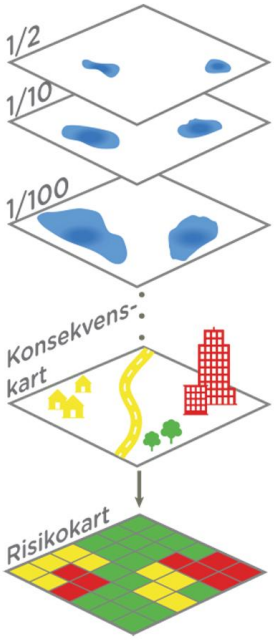
Det er gjennomført en risikoanalyse for å kartlegge mulige skadekostnader ved skybrudd innenfor prosjektområdet. Bygninger og veinett kobles mot resultatene fra de hydrauliske simuleringene utført i Scenarify for å vurdere eksponerte verdier og skadekostnader ved ekstremnedbør. Det er benyttet *ExploRisk*, et internt databehandlingsverktøy utviklet av Rambøll bygd på programmet FME (Feature Manipulation Engine). Verktøyet kombinerer flomkart, verdi-/konsekvenskart, definerte terskelverdier og enhetspriser for ulike skader for å anslå kostnader for hver skadetype, og kartlegge hvilke eiendeler som berøres ved ekstremnedbør.

9.4.1 Risikobegrepet

Risiko beskriver de årlige, gjennomsnittlige kostnadene ved ekstremnedbør. Den beregnes ut fra tre faktorer: hvor ofte en hendelse skjer (sannsynlighet), hvor stort område som blir berørt (eksponering) og størrelsen på skaden for de berørte verdiene (konsekvens).

Risikoanalysen ser på flere nedbørshendelser for å estimere forventet årlig skadekostnad: 2, 5, 20 og 100-års gjentaks-intervall, med og uten klimafaktor (40%). Hvert gjentaksintervall viser hvor ofte en hendelse med en viss intensitet og varighet statistisk sett forekommer. Skadekostnadene beregnes kun per hendelse og tar derfor ikke hensyn til at flere hendelser og relaterte skader kan skje samme år.

For å finne total risiko summeres skadene for hver hendelse og vektes med sannsynligheten for at hendelsen inntreffer. Resultatet er en samlet risiko oppgitt i kroner per år. Skaden i det oversvømte området beregnes for hver hendelse og integreres over sannsynlighet og areal for å gi total risiko.



Figur 9.4: risikoanalysen kombinerer flom- og konsekvenskart for å beregne risiko.

9.4.2 Konsekvenskartlegging

Risikoanalysen bygger på statistikk og erfaringer fra «Skybruddsplan Skien sentrum» [8] og «Ekstremnedbør Oslo – Skadeomfang og kostnader» [9]. Sammenlignet med Skien-planen er metoden forenklet, slik at analysen gir et effektivt anslag over de kostnadspostene som har størst innvirkning på totalsummen. Kartlegging av bygnings- og vegskader er prioritert, da de ofte utgjør hoveddelen av de samlede skadekostnadene. Modellen bak analysen er forbedret i områder som de hydrauliske simuleringene vurderer som særlig utsatt for mer presise skadeberegninger.

En fullstendig kartlegging av bygningstyper og samtlige veglenker forutsetter tilgang til presise og detaljerte GIS-data, noe som ikke var tilgjengelig innenfor rammene for risikoanalysen. Som nevnt i kapittel 6.5 er området dominert av boligbebyggelse, hovedsakelig kvartalsbebyggelse og leiegårder på 3-6 etasjer. Det er derfor benyttet en generell skadekostnad per m^2 for alle bygg, basert på skadeverdier for boligblokker, fremfor å skille mellom ulike bygningstyper eller skadekategorier. Det er usikkert hvor mange bygninger som har kjeller; det antas her at 80% har kjeller og enhetsprisen for «Flomskade bygg – kjeller» er derfor justert tilsvarende.

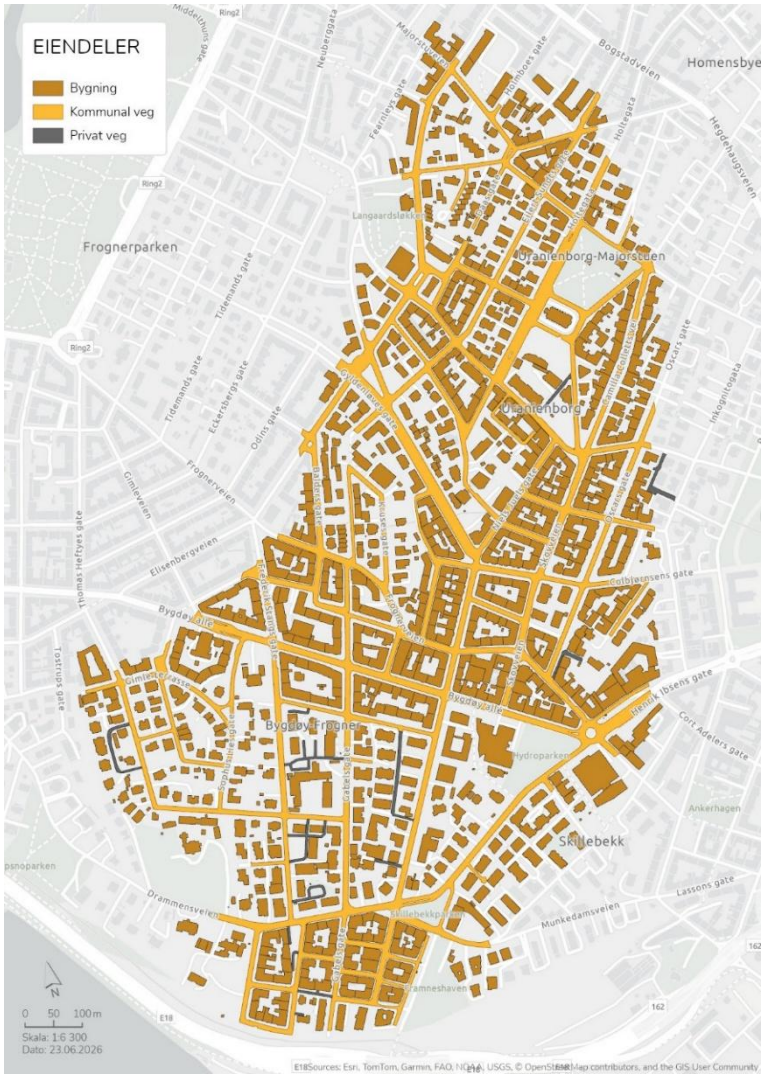
Vegnettet er delt inn i kommunal og private veger, og beregningene omfatter både flomskader og erosjonstap. Mindre private atkomstveger og interne veglenker er ekskludert, trafikkforsinkelser er ikke medregnet. Veg-objektet i modellen er ikke oppdelt i vegstrekninger og analysen vil dermed ikke kunne vurdere antall strekninger som blir berørt.

Tabell 9.6: Terskelverdier for dybde og hastighet på flom samt tilhørende enhetspriser for kostnader.

	Kategori	Dybde	Hastighet	Enhetspris 2025 NOK	Enhet	Ref.
BYGG	Flomskade bygg – kjeller	10 cm	-	1230	NOK/m^2 bygg	[8], [9], [10]
	Flomskade bygg	30 cm	-	2520	NOK/m^2 bygg	[8], [9], [10]
	Gjenhusing	30 cm	-	142 450	NOK/bygg	[8], [9]
VEG	Flomskade privat veg	10 cm	-	12	NOK/m^2 veg	[8], [9], [10]
	Flomskade kommunal veg	10 cm	-	140	NOK/m^2 veg	[8], [9], [10]
	Erosjonstap veg	10 cm	2 m/s	27 480	NOK/m^2 veg	[8], [9], [10]

Tabell 9.6: Terskelverdier for dybde og hastighet på flom samt tilhørende enhetspriser for kostnader.angir terskelverdier og enhetspriser som brukes i risikoanalysen for å beregne skadekostnader fra flom. For bygg beregnes kjellerskade fra 10 cm vanndybde, mens øvrig bygningsskade og gjenhusing beregnes fra 30 cm vanndybde. For veg beregnes flomskade fra 10 cm vanndybde, med ulike enhetspriser for privat og kommunal veg. Erosjonstap på veg beregnes først når både vanndybden overstiger 10 cm og vannhastigheten er minst 2 m/s. Tabellen danner dermed grunnlaget for hvordan modellert vanndybde og hastighet omsettes til økonomiske skadeverdier i risikoanalysen.

Figur 9.5 viser alle verdier som benyttes i risikoanalysen. Selv om prosjektområdet sannsynligvis vil endre seg over tid, brukes de samme verdiene, konsekvensene og kartlegging i alle alternativene, med og uten klimafaktor. Dette følger standard praksis i riskoanalyse.



Figur 9.5: Bygninger og veger inkludert i risikoanalysen.

9.4.3 Resultat fra risikoanalyse

Resultatene viser at dagens situasjon har utfordringer med flomvann, som beskrevet i kapittel 5. I enkelte områder oppstår skadekostnaden allerede ved 2- og 5-års nedbørshendelser. Figur 9.7 illustrerer risikotettheten for nedbørshelsene i alle alternativene, og brukes til å vurdere hvilke hendelser som forventes å bidra mest til skadekostnadene over tid.

I dagens situasjon er det de mindre nedbørshendelsene som står for den største andelen av de årlige kostnadene (Figur 9.7). Det kan derfor være gunstig å tilpasse tiltakene slik at skader først oppstår ved et 5- eller 10-årsregn. Alternativ 2 gir en betydelig reduksjon i skadekostnadene for de ulike regnhendelsene, spesielt for 2-årsregn, og dermed også for *estimert årlige skadekostnader* (EAD).

Tabell 9.7 viser at EAD reduseres noe i Alternativ 1 sammenlignet med dagens situasjon, mens Alternativ 2 gir en klart større effekt.

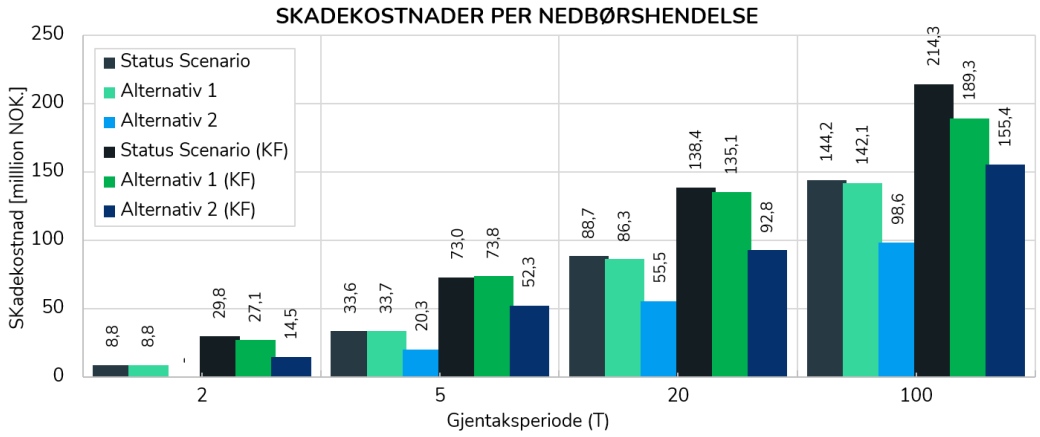
Skadekostnadene per nedbørshendelse øker betydelig med klimafaktor, og dette gir tilsvarende effekter på EAD for alle alternativene. Dette er som forventet, ettersom økte nedbørsmengder som følge av klimaendringer antas å medføre både større eksponering og skadeomfang.

Tabell 9.7: Skadekostnader og estimert årlig skade (EAD) tilknyttet til hver nedbørshendelse.

	Regn (T)	Status (mill. NOK)	Alternativ 1 (mill. NOK)	Alternativ 2 (mill. NOK)
Uten klimafaktor	2	8,8	8,8	0
	5	33,6	33,7	20,3
	20	88,7	86,3	55,5
	100	144,2	142,1	98,6
	EAD:	*22,2*	*21,9*	*11,8*
Med klimafaktor	2	29,8	27,1	14,5
	5	73,0	73,8	52,3
	20	138,4	135,1	92,8
	100	214,3	189,3	155,4
	EAD:	*45,1*	*43,2*	*29,2*

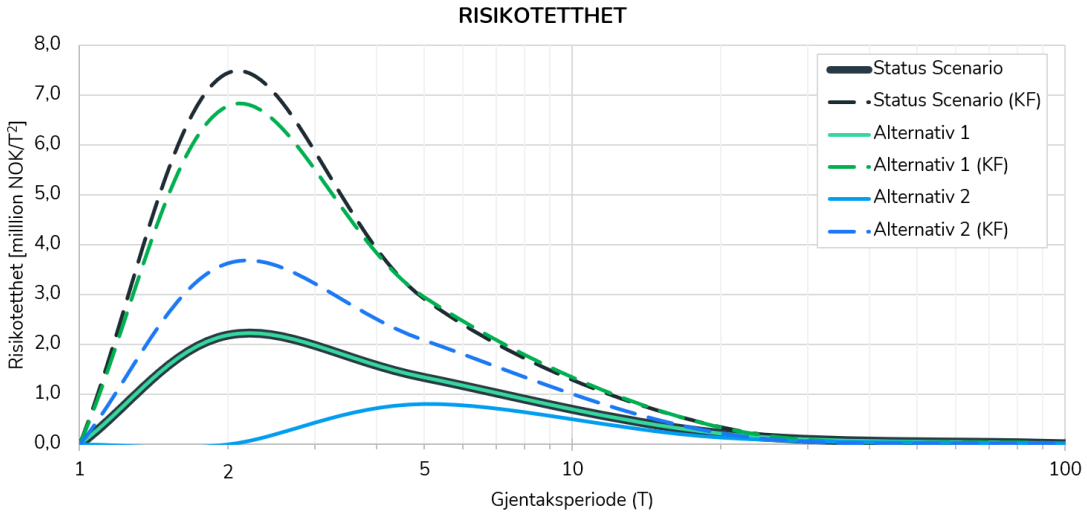
Alternativ 2 gir den største reduksjon i beregnede skadekostnader og estimert årlig skade (EAD), både med og uten klimafaktor. Alternativ 1 har begrenset effekt på EAD, mens Alternativ 2 reduserer EAD fra 22,2 til 11,8 mill. kr uten klimafaktor og fra 45,1 til 29,2 mill. kr med klimafaktor. Samtidig viser resultatene at skadekostnadene øker betydelig ved større nedbørshendelser og med klimafaktor, og at restskader fortsatt vil kunne oppstå etter tiltak.

Tabellen understøtter behovet for en mer målrettet og kostnadsoptimalisert tiltakspakke, hvor tiltakene prioriteres etter størst effekt på samlet risiko og forventede skadekostnader over analyseperioden.



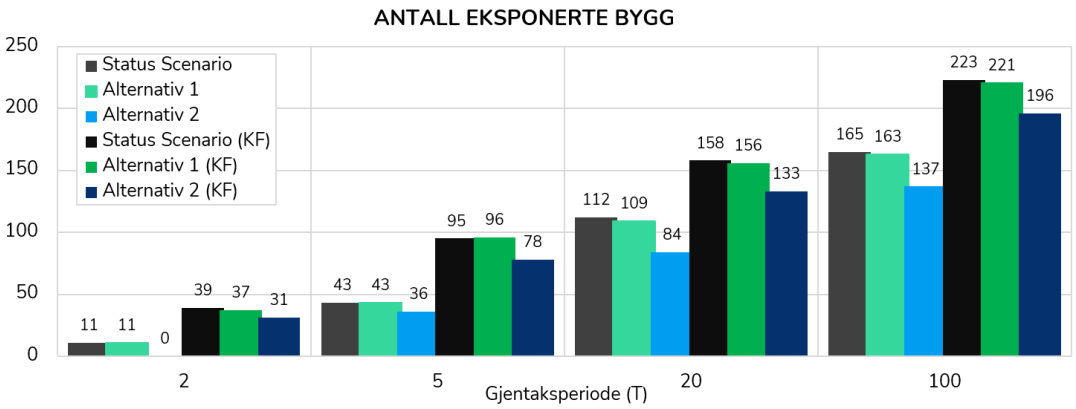
Figur 9.6: Skadekostnader tilknyttet til hver nedbørshendelse. Kostnadene øker naturligvis ved større nedbørshendelser, og Alternativ 2 reduserer mest skadekostnadene sammenlignet med status og Alternativ 1.

Figur 9.6 viser beregnede skadekostnader for de analyserte nedbørhendelsene i dagens situasjon, Alternativ 1 og Alternativ 2. Skadekostnadene øker med større gjentaksintervall og med klimafaktor, som forventet. Alternativ 2 gir en tydelig reduksjon i skadekostnader sammenlignet med dagens situasjon og Alternativ 1, særlig for mindre og mellomstore regnhendelsene. Slike hendelser inntreffer oftere og har derfor stor betydning for den samlede risikoen over analyseperioden.



Figur 9.7: Risikotetthetskurve for de ulike scenariene. Kurven viser at mindre regnhendelser bidrar mest til de årlige kostnadene, og at det kan være gunstig å tilpasse tiltak slik at skader ikke oppstår før 5- eller 10-årsregn.

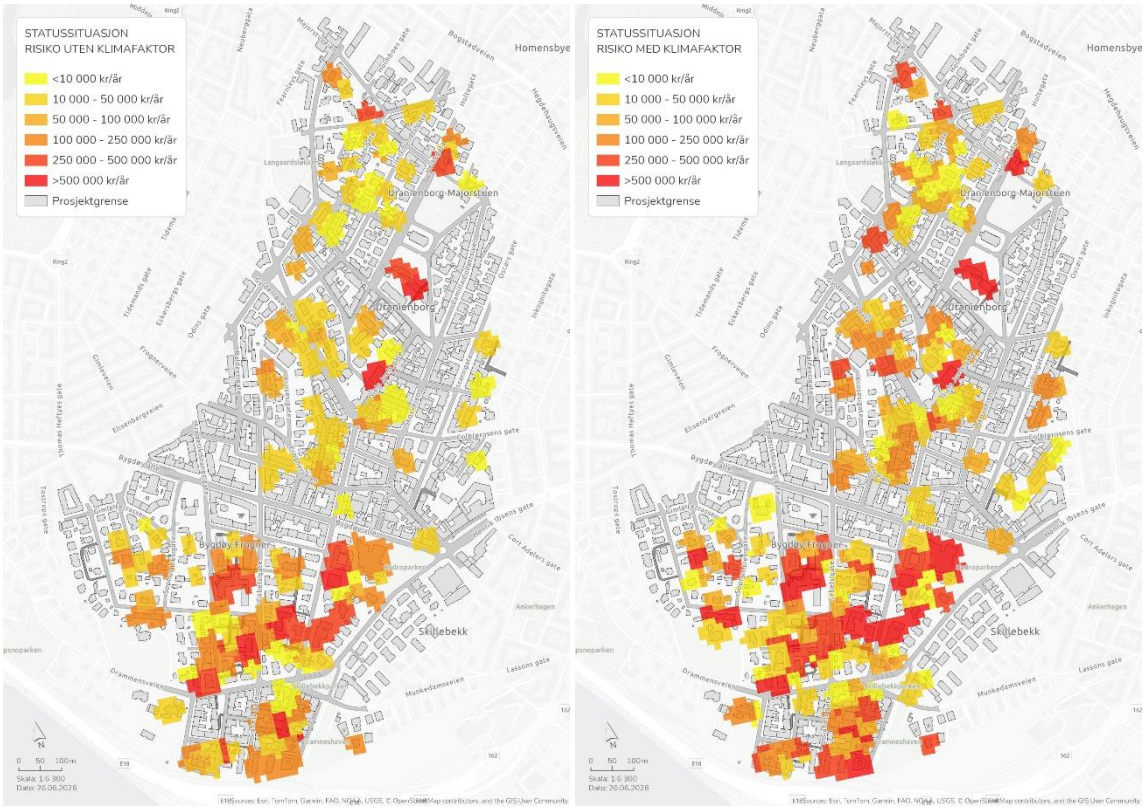
Risikotetthetskurven i Figur 9.7 viser hvilke nedbørhendelser som bidrar mest til den samlede forventede risikoen over tid. Selv om de største regnhendelsene gir høyest skade per enkeltstående hendelse, utgjør de mindre og hyppigere regnene en vesentlig del av den samlede risikoen i området. Dette innebærer at tiltakspakken ikke bare bør vurderes ut fra effekt ved ekstreme hendelser, men også ut fra hvor godt den reduserer skader ved regn som opptrer oftere. Resultatet støtter en risikobasert tilnærming til videre prioritering, der tiltak som gir stor reduksjon i forventede årlige skadekostnader prioriteres høyt.



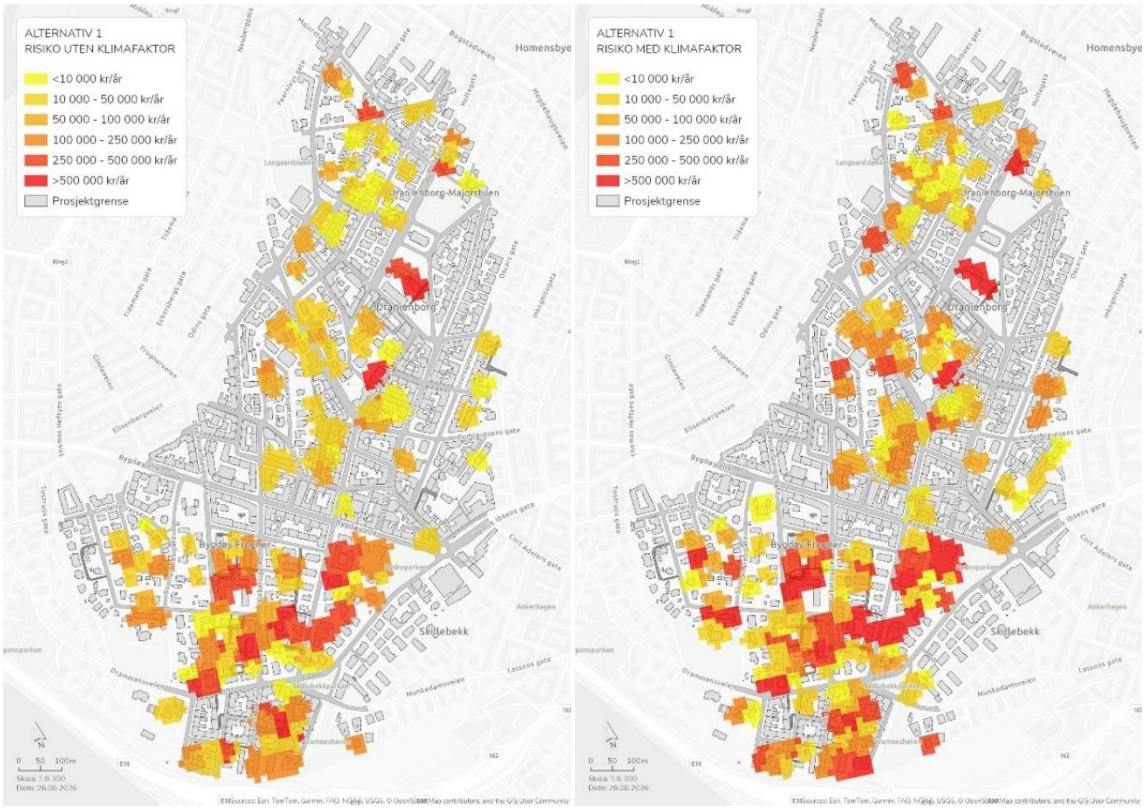
Figur 9.8: Antall eksponerte bygg ved de ulike scenariene. Antallet øker naturligvis ved større nedbørshendelser, og Alternativ 2 reduserer mest eksponeringen sammenlignet med status og alternativ 1.

Figuren viser antall bygg som eksponeres for flom ved ulike nedbørhendelser i dagens situasjon, Alternativ 1 og Alternativ 2. Antall eksponerte bygg øker med større nedbørhendelser, men Alternativ 2 reduserer eksponeringen sammenlignet med dagens situasjon og Alternativ 1. Dette viser at blågrønne og overflatebaserte tiltak kan bidra til å redusere skadepotensialet for bebyggelsen. Figuren viser samtidig at det fortsatt vil være eksponerte bygg ved større hendelser, noe som understreker behovet for videre optimalisering av tiltakspakken og vurdering av lokale objektsikringstiltak for særlig utsatte bygg.

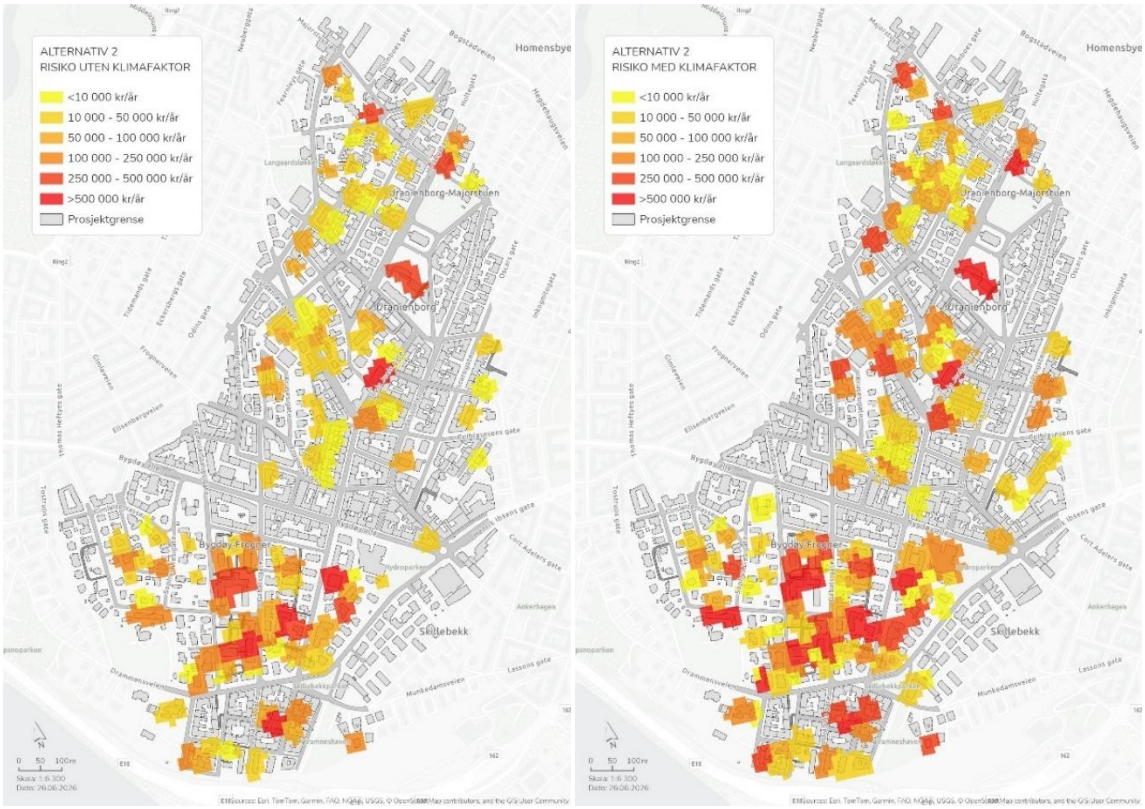
Figur 9.9, Figur 9.10 og Figur 9.11 viser risikokartene for statussituasjon, Alternativ 1 og Alternativ 2, basert på estimert årlig skade (EAD) fra *ExploRisk*. Områder uten farge har ikke verdi fordi terskler for flomskade ikke ble nådd i de hydrauliske simuleringene, men risiko foreligger fortsatt. Rasteret/rutene tar utgangspunkt i bygninger og vegnettet er ikke inkludert. Risiko-områdene får generelt høyere årlig skadekostnad med klimafaktor.



Figur 9.9: Risikokart for statussituasjon, uten og med klimafaktor.



Figur 9.10: Risikokart for Alternativ 1, uten og med klimafaktor.



Figur 9.11: Risikokart for Alternativ 2, uten og med klimafaktor.

9.5 Nytte-kostnadsanalyse

En nytte-kostnadsanalyse (NKA) skal gi et klart og oversiktlig grunnlag for å vurdere om et flomsikringstiltak er lønnsomt for samfunnet og inngår som en del av beslutningsunderlaget før investeringsbeslutning. Hovedideen er å sammenligne alle relevante kostnader ved å bygge og drifte tiltaket med den nytten tiltaket gir, først og fremst gjennom reduserte skader fra flom. Analysen samler disse effektene over tiltakets levetid og regner dem om til én felles verdi (nåverdi) slik at ulike alternativer kan sammenlignes.

For å sammenligne prissatte virkninger som oppstår på ulike tidspunkter brukes en kalkulasjonsrente/diskonteringsrate. Denne raten uttrykker hvor mye en krone i framtiden er verdt i dag. Analysen benytter diskonteringsrate iht. til Finansdepartementets rundskriv r/109 og er avhengig av analyseperioden. For offentlige prosjekter må man også vurdere at skattefinansiering har en ekstra samfunnskostnad, som kalles skattefinansieringskostnad.

Investeringene i tiltaket føres som engangskostnader når de påløper underveis i investeringsperioden. Løpende drifts- og vedlikeholdskostnader legges inn som årlige poster. Alle kostnader og nytte er i samme prisnivå (faste kroner) slik at man unngår blanding av nominelle og reelle beløp.

Denne analysen inkluderer både prissatte direkte virkninger av tiltakene som investeringskostnader og reduserte skadekostnader som følge av flom, samt prissatte indirekte virkninger som for eksempel CO_2-lagring og bedre byrom (eksternaliteter) i tillegg til en omtale av enkelte ikke-prissatte virkninger. Det er en rekke egenskaper ved de vurderte alternativene som ikke inkluderes i analysen. Flere av disse egenskapene, slik som gjennomførbarhet, fleksibilitet og juridiske avhengigheter er omtalt iblant annet multikriterieanalysen.

9.5.1 Sentrale forutsetninger

Følgende forutsetninger ligger til grunn for analysen. Vi legger til grunn at oppstart for både investeringsperioden og analyseperioden er 2027, med 15 års investeringsperiode. Dette fordi investeringene i begge alternativene vil gjøres trinnvis og over lang tid, men genererer nytte fra første investering og gradvis økende til alle tiltakene er ferdig. Vi har en analyseperiode frem til 2100, men med diskontering og nåverdiberegning vil virkninger langt ut i analyseperioden ha liten verdi i dag.

Skattefinansieringskostnad legges til grunn for alle kostnadsvirkninger som finansieres over offentlig budsjetter. Skattefinansieringskostnaden settes til 20% og skal hensynta effektivitetstapet som oppstår ved at investeringen finansieres med skatteinntekter og at det blir et avvik mellom pris og marginalkostnad i de markedene hvor det pålegges en skatt. Det er ikke detaljert ut en konkret investeringsplan i alternativene, men det er lagt til grunn en gradvis gjennomføring av tiltakene over en 15 års periode. Investeringskostnadene er derfor lineært økende i denne perioden.

Tabell 9.8: Sentrale forutsetninger for beregningene i nytte-kostnadsanalysen

Beskrivelse	Forutsetning
Analyseperiode	2027-2100
Anleggsperiode	15 år
Kalkulasjonsrente	4% fra 0-40 år, 3% fra 40-75 år
Skattefinansieringskostnad	20%
Klimafaktor	40%
Personer per husholdning	1,9
Nedbørhendelser	2-, 5-, 20- og 100-årsregn, med og uten klimafaktor
Realprisjustering	0,5%
Påslag for uspesifisert på investeringskostnad	10%
Påslag for forventet tillegg på investeringskostnad	20%
Endring i driftskostnader som andel av investeringen	Alt 1: 0% Alt 2:1 %

I Nytte-/kostnadsanalysen inngår følgende samfunnsøkonomiske virkninger som prissatte (PV) eller ikke-prissatte virkninger (IPV):

- Investeringskostnader, driftskostnader og skattefinansieringskostnader (PV)
- Unngåtte skadekostnader (PV)
- Arealbruk (PV)
- Trafikksikkerhet (PV)
- Luftkvalitet (PV)
- Karbonlagring (PV)
- Byromskvalitet (PV)
- Habitat (PV)
- Spillvann til renseanlegg (IPV)
- Spillvann til sjø (IPV)

Det er i tillegg ytterligere egenskaper ved alternativene som vil kunne påvirke deres samfunnsøkonomiske lønnsomhet, men som ikke dekkes her. Den samfunnsøkonomiske analysen må derfor vurderes som del av det totale underlaget. Det er for eksempel i kapittel 9.2 gjort en multikriterieanalyse hvor relevante faktorer som reguleringsrisiko, ansvarsforhold og gjennomførbarhet er vurdert.

Det er også usikkerhet i anslagene og verdsettingen av både nytte- og kostnadsvirkninger. For eksempel vil en usikkerhetsanalyse av investeringskostnadene gi et mer presist anslag på sannsynlig investeringskostnad. I denne analysen er det antatt et påslag på basiskostnaden for å estimere sannsynlig prosjektkostnad (forventningsverdi).

9.5.2 Anleggs- og driftskostnader

Tabell 9.9 gir en samlet oversikt over de estimerte investeringskostnadene for de to vurderte alternativene, samt tilhørende skattefinansieringskostnader og nåverdi av totale kostnader. Tabellen viser først de direkte estimerte investeringskostnadene, deretter en beregnet økning i skattefinansieringskostnad som reflekterer finansieringskostnader knyttet til offentlig investering, summen av disse som totalt estimerte kostnader, og til slutt nåverdien av de samlede kostnadene.

Tabell 9.9: Oversikt over investeringskostnader, NOK, 2025.	*Alternativ 1*	*Alternativ 2*
Estimerte investeringskostnader	744 041 719	496 865 975
Økt skattefinansieringskostnad	148 808 344	99 373 195
Totalt estimerte og skattefinansiering	892 850 063	596 239 170
Nåverdi samlede investeringskostnader	636 349 546	424 949 878

Beløpene er kostnader og inngår som negative verdier i det samfunnsøkonomiske regnskapet. Investeringskostnadene er summen av en rekke tiltak både i alternativ 1 og alternativ 2. Det er ikke gjort en optimalisering av hvilke tiltak, eller kombinasjoner av tiltak, som har størst effekt sett opp mot investeringskostnaden for de ulike tiltakene. Dette vil være verdifullt arbeid i en videre detaljeringsfase for å optimalisere samfunnsøkonomisk lønnsomhet. I videre detaljering av tiltak og investeringsplan

Investeringskostnadene i samfunnsøkonomiske analyser skal reflektere sannsynlig kostnad inkludert forventet tillegg som følge av usikkerhet. Kostnadsestimatene er bygget opp primært på erfaringstall for enhetspriser (for eksempel pr. løpemeter, kvadratmeter eller antall enheter) multiplisert med anslåtte mengder for hver post. I tillegg er det lagt inn komponenter for kjente, men ikke fullt detaljerte elementer (uspesifisert) og forventet tillegg.

Antagelser og usikkerhetsmarginer For å fange opp uspesifiserte og fremtidige usikkerheter er følgende prosentsatser lagt til som forutsetninger i beregningen:

- Uspesifisert tillegg: 10 % - dekker kjent manglende detaljering, mindre poster og uforutsette mindre arbeid.
- Forventet tillegg: 20 % - reflekterer sannsynlige endringer i omfang, prisendringer eller behov for ekstra tiltak ved gjennomføring.
- Alternativ 2 forberedende tiltak/generelle arbeider: 25 % - dekker kostnader for arbeid knyttet til usikre kostnader i oppstart og rigg av overflatetiltakene.

De estimerte driftskostnadene knytter seg til løpende vedlikehold og drift av overflateelementene i Alternativ 2 for hele analyseperioden. Dette omfatter blant annet rensing og fjerning av sedimenter, spyling og/eller mekanisk rensing av permeable dekker, pleie og utskifting av vegetasjon i regnbed og grønne elementer. Kostnadsposten dekker de ordinære tiltakene som er nødvendige for å opprettholde infiltrasjons- og fordrøyningseffekten over tid.

Vi legger til grunn 0% økning i driftskostnader for Alternativ 1. Dette er som følge at det er knyttet stor usikkerhet til om driftskostnadene øker og det er argumenter for både en økning og reduksjon. Ettersom alternativet innebærer investering i nye rør og området har bra fall, vil det være lite sannsynlig at de nye rørene vil ha behov for ytterligere drift- og vedlikeholdsressurser i analyseperioden. Videre kan tiltaket føre til mindre brudd som er en vesentlig driver for vedlikeholdskostnader.

Grunnlag og forutsetninger for beregningene av driftskostnader for Alternativ 2:

- Driftskostnadene er beregnet som 1% av investeringskostnaden for de etablerte overflateanleggene. Dette er basert på erfaringstall fra tilsvarende overflateløsninger i Danmark, og gir en praktisk tilnærming når detaljprosjektering ikke foreligger.
- Det er lagt til grunn at driftskostnader begynner å påløpe fra starten av anleggsperioden, ettersom enkelte elementer tas i bruk fortløpende etter ferdigstillelse. Nåverdien i Tabell 9.10 reflekterer diskontering av de antatte økte driftskostnadene i anleggsperioden, men selve direkte driftsestimater er ikke detaljert eller periodisert over hele analyseperioden i denne utgaven av analysen.

Tabell 9.10: Driftskostnader, NOK, 2025.

	Alternativ 2
Estimerte driftskostnader, NOK	399 480 244
Nåverdi av driftskostnader, NOK	118 133 605

9.5.3 Endring i arealbruk

I alternativ 2 vil det som beskrevet tidligere gjennomføres en rekke tiltak over bakken, inkludert etablering av grønne veier. Detaljert utforming av disse grønne veiene er ikke utredet enda, men beplanting og etablering av trær og bed vil gjøre krav på areal.

Arealet som brukes for tiltakene har en alternativ bruksverdi som inngår som en samfunnsøkonomisk kostnad av tiltakene. Ettersom arealene som brukes til de grønne tiltakene ikke ville vært ubrukt areal, vet vi at arealet har en verdi i en annen anvendelse som ikke lenger blir mulig dersom trær og bed plantes.

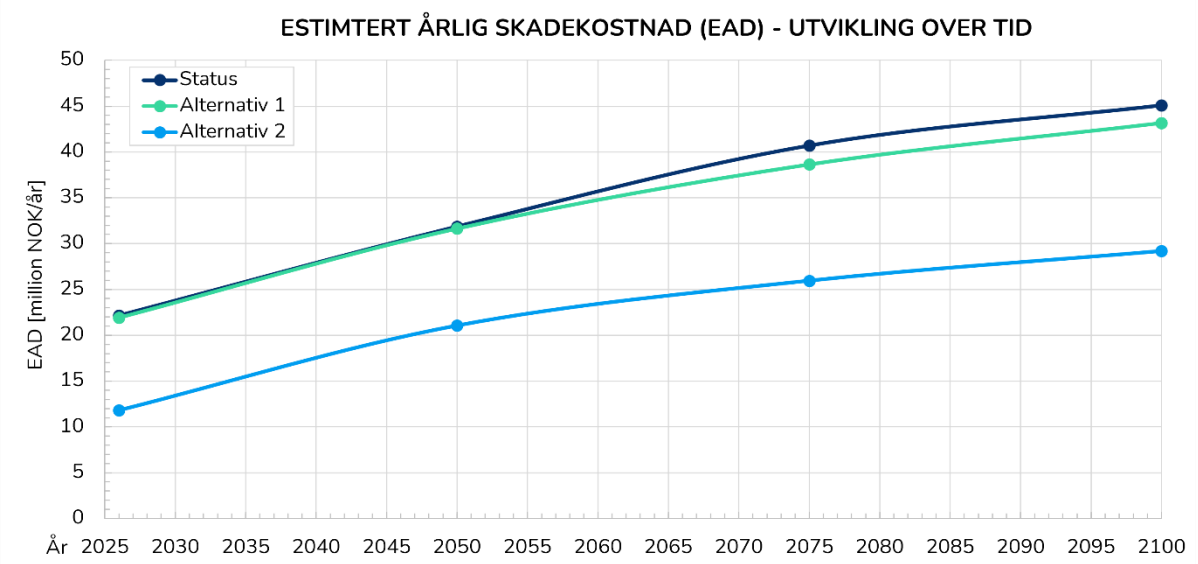
For å inkludere denne kostnaden har vi lagt til grunn at det i hovedsak er bilparkering som er den beste alternative anvendelsen av disse arealene. For arealet brukt til lokal og sentral fordrøyning, vil det være mulig å utforme disse slik at dagens anvendelse av disse arealene i en normalsituasjon fortsatt vil være mulig. Som for eksempel en grønn park.

Videre har vi estimert at arealbruken ved de grønne veiene er i underkant av 2 400 m^2 og at gjennomsnittlig markedspris for parkeringsplasser i Oslo vest er 34 500 kr/m^2. Det samfunnsøkonomiske kostnaden av arealbruken til tiltakene er dermed estimert til ca. 82 mill. kr for Alternativ 2.

9.5.4 Endring i skadekostnader

Under dette punktet omtales de økonomiske fordelene ved tiltakene som de skadekostnadene som faktisk unngås når tiltakene gjennomføres. Den samfunnsøkonomiske nyttevirkningen er dermed verdsettingen av differansen i skader mellom nullalternativet (dagens situasjon) og tiltaksalternativene som følge av at tiltakene i Alternativ 1 og Alternativ 2 reduserer flom og overvann i området.

Basert på risikoanalysen estimeres forventet årlig skadekostnad ved 2, 5, 20 og 100-års gjentaks-intervall, med og uten klimafaktor. Hvert gjentaksintervall viser hvor ofte en hendelse med en viss intensitet og varighet statistisk sett forekommer. Skadekostnadene beregnes kun per hendelse og tar derfor ikke hensyn for at flere hendelser og relaterte skader kan skje samme år. Endringer i skadekostnader i analysen er estimat og fanger kun deler av flomrisikoen. Redusert vann på terreng, bedre kontroll på flomveier, lavere belastning på utsatte lavpunkter og redusert sannsynlighet for hendelser med store konsekvenser kan også ha betydning for robusthet og beredskap, selv der virkningene ikke fullt ut prissettes.



Figur 9.12: Endring i utviklingen til årlige skadekostnader over tid ved status, Alternativ 1 og Alternativ 2.

9.5.4.1 Alternativ 1

I Alternativ 1 som i hovedsak omfatter tiltak i ledningsnettet og estimerer endringer i flom- og overvann og de medfølgende samfunnsøkonomiske skadekostnadene gitt gjennomføring av disse tiltakene. Skadekostnadene sammenlignes mot nullalternativet (dagens situasjon) for å estimere nytten av tiltakene gjennom reduksjonen i skadekostnader. Samlet sett er skadekostnadene om lag 143 mill. kroner lavere etter at tiltakene i Alternativ 1 er gjennomført. Dette gir en gjennomsnittlig årlig reduksjon i skadekostnader som følge av flom og overvann på nesten 2 mill. kroner hvert år. Ettersom nyttevirkningene er spredt over lang tid er nåverdien betydelig lavere på 28 mill. kr.

Tabell 9.11: Oversikt over skadekostnader, og unngåtte skadekostnader, estimert og diskontert for Alternativ 1.

	Alternativ 1
Estimerte endrede skadekostnader, NOK	- 143 054 017
Nåverdi endrede skadekostnader, NOK	- 28 206 801

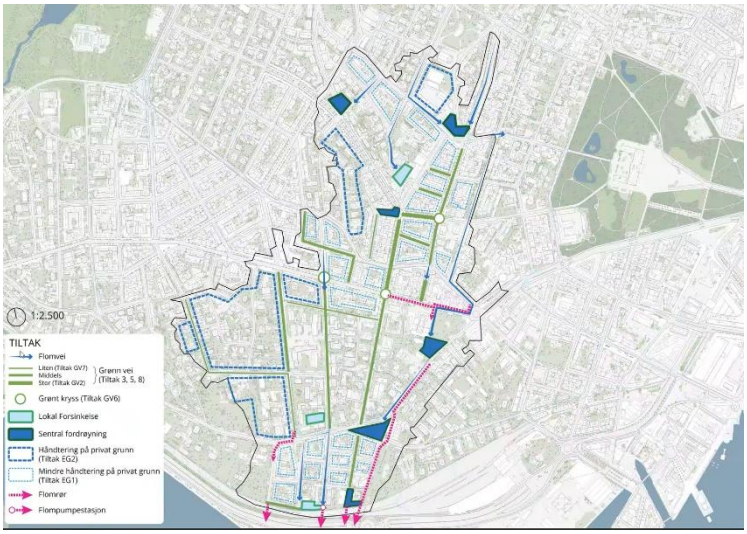
Beløpene reflekterer en reduksjon i skadekostnader, men inngår som positive verdier i det samfunnsøkonomiske regnskapet ettersom reduksjon i skadekostnader er en samfunnsøkonomisk nyttevirkning av tiltaket

9.5.4.2 Alternativ 2

Alternativ 2 omfatter tiltak fra nettolisten, med hovedvekt på blågrønne og overflatebaserte tiltak for å forsinke, fordrøye og lede overvann mer kontrollert gjennom området. Tiltakene handler om lokale, bakkenære grep for å håndtere nedbørsavrenning før vannet når kritiske lavpunkter i gatenettet, og omfatter ingen omfattende underjordiske eller systemiske ombygninger.

Samlet sett er skadekostnadene om lag 900 mill. kroner lavere etter at tiltakene i Alternativ 2 er gjennomført. Dette gir en gjennomsnittlig årlig reduksjon i skadekostnader som følge av flom og overvann på om lag 12 millioner kroner.

Ettersom nyttevirkningene også for Alternativ 2 er spredt over lang tid er nåverdien en del lavere på ca. 262 mill.kr.



Figur 9.13: Illustrasjon og kart som viser overflateløsningene på Skillebekk ved Alternativ 2

Tabell 9.12: Skadekostnad og unngått skadekostnad, estimert og diskontert, for Alternativ 2.

	Alternativ 2
Estimerte endrede skadekostnader, NOK	- 852 385 231
Nåverdi endrede skadekostnader, NOK	- 261 772 574

Beløpene reflekterer en reduksjon i skadekostnader, men inngår som positive verdier i det samfunnsøkonomiske regnskapet ettersom reduksjon i skadekostnader er en samfunnsøkonomisk nyttevirkning av tiltaket

9.5.5 Indirekte virkninger fra naturbaserte løsninger

Eksterne virkninger er positive eller negative virkninger som én aktør påfører en annen aktør, men som ikke hensyntas i aktørens markedstilpasning. Ettersom samfunnsøkonomiske analyser skal se på de samlede kostnad- og nyttevirkningene ved et tiltak er også slike eksterne virkninger relevante for beslutningsunderlaget. Eksterne virkninger kan være positive og negative. Det klassiske eksempelet på en positiv ekstern virkning er reduksjon i CO_2 utslipp ved et transporttiltak. Et eksempel på en negativ ekstern virkning er utslipp i fjorden fra et oppdrettsanlegg.

I analyser av flomsikringstiltak kalles disse virkningene også merverdier, fordi det er samfunnsøkonomiske virkninger ut over den direkte nytten av å redusere skadekostnadene ved flom. Typiske eksempler på eksterne virkninger innenfor flomsikringstiltak er knyttet til bruk av naturbaserte løsninger som for eksempel CO_2-lagring i trær, rekreasjonsverdi og helsegevinster fra parker og grønt-områder, habitat som legger til rette for biomangfold og bedre byrom med flere. Dette er virkninger av naturbaserte løsninger som har en samfunnsøkonomisk verdi og bør inkluderes i beslutningsunderlag ved valg av tiltaksalternativ finansiert gjennom offentlige midler. Felles for virkningene er at den private nytten ikke gjenspeiler samfunnets nytte og samlede betalingsvillighet for disse virkningene.

Den samfunnsøkonomiske analysen sier bare noe om de positive og negative konsekvensene ved et tiltak. Dersom den samlede nytten av tiltaket er større enn de samlede kostnadene ved det samme tiltaket, vurderes tiltaket som samfunnsøkonomisk lønnsom (Kaldor-Hicks-prinsippet). Dette prinsippet legger altså til grunn at de som taper på et tiltak i teorien kan kompenseres av de som tjener på det, og at samfunnet i sum går i overskudd. Lønnsomhetsprinsippet forutsetter altså ikke at en slik omfordeling faktisk skjer.

I denne analysen er det analysert en rekke eksternaliteter knyttet til tiltak som typisk har betydelige eksterne virkninger utover effekten på reduserte skadekostnader ved flom. Dette gjelder Alternativ 2, som er det eneste alternativet som har tiltak over bakken.

9.5.5.1 Trafikksikkerhet

Nedenfor presenteres de estimerte merverdiene knyttet til trafikksikkerhet for Alternativ 2. Disse verdiene reflekterer samfunnsøkonomiske gevinster fra redusert ulykkesrisiko som følge av lavere hastighet i gater og kryss med innsnevringer. Vi legger til grunn at hastigheten i gatene med grønne tiltak reduseres på tilsvarende måte som en reduksjon i hastighet ved å gå fra en normalgate til en miljøgate og at dagens hastighet i de ulike gatene er lik skiltet hastighet. I analysen har vi derfor lagt til grunn at hastigheten i disse gatene reduseres fra 30 km/t til 25 km/t i gjennomsnitt. Det legges til grunn at tiltakene utformes på en slik måte at krav til fremkommelighet for nødetatene ivaretas.

Tabell 9.13: Positive eksternaliteter, estimert og diskontert for trafikksikkerhet i Alternativ 2. For hele analyseperioden.

	Alternativ 2
Estimerte merverdier, NOK	16 288 319
Nåverdi merverdier, NOK	4 977 049

9.5.5.2 Luftkvalitet

Nedenfor presenteres de estimerte merverdiene knyttet til forbedret luftkvalitet for Alternativ 2. Verdiene reflekterer samfunnsøkonomiske gevinster fra redusert lokal forurensning og partikkelbelastning som følge av økt vegetasjon. Luftforurensning påvirker menneskers helse og forårsaker sykdommer som luftveissykdommer og lungekreft, som reduserer livskvaliteten. Disse helseeffektene skaper økonomiske kostnader som medisinsk behandling og tapt produktivitet.

Verdiene tar utgangspunkt i antall trær og beregnet på grunnlag av forventet endring i eksponering og monetære enhetsverdier for helse- og miljøkonsekvenser.

Tabell 9.14: Positive eksternaliteter, estimert og diskontert for luftkvalitet i Alternativ 2. For hele analyseperioden.

	Alternativ 2
Estimerte merverdier, NOK	97 512 547
Nåverdi merverdier, NOK	29 795 671

9.5.5.3 Habitat

Nedenfor presenteres de estimerte merverdiene knyttet til forbedret habitat for Alternativ 2. Disse verdiene fanger opp samfunnsøkonomiske gevinster ved at økt habitat legger til rette for økt biologisk mangfold som følge av grønne elementer, regnbed og sammenkoblede grøntarealer.
Effektene omfatter økt pollinering, bedre levevilkår for insekter og fugl, økt økologisk funksjonalitet i urbane miljøer og de økosystemtjenestene dette gir.

Habitatverdiene er beregnet ut fra forventet areal og kvalitet på vegetasjonsvolumer, graden av sammenheng mellom grønne elementer og anvendte verdsettingsparametere for urbane naturgevinster.

Tabell 9.15: Positive eksternaliteter, estimert og diskontert, for habitat i Alternativ 2. For hele analyseperioden.

	Alternativ 2
Estimerte merverdier, NOK	57 585 105
Nåverdi merverdier, NOK	17 595 671

9.5.5.4 Bedre byrom

Bedre byrom omfatter de estetiske og bruksmessige kvalitetene som tiltaket tilfører gatebildet, og inkluderer forbedret tilgjengelighet, økt attraktivitet for opphold og handel, samt økt trivsel og stedstilknytning.
I Alternativ 2 oppnås disse effektene gjennom grønne elementer, sammenhengende oppholdsflater, regnbed og en mer oversiktlig og trygg gateutforming som samlet endrer innbyggeropplevelsen av byen. Verdien beregnes basert på betalingsvilje som oppnås ved hjelp av preferansestudier.

Verdsettingen tar utgangspunkt i typen grøntområde tiltakene fører til (grønne gater, regnbed og fordrøyningsområder), størrelse på arealene og om den er bygget for å styrke biologisk mangfold med utgangspunkt i enhetssatser for bedre byrom per husholdning, multiplisert med antall husholdninger innenfor 100 meter av de grønne tiltakene.

Merverdiene for bedre byrom er vurdert ut fra forventet areal og kvalitet på oppgraderte byromselementer, brukerinteresser og erfaringstall for hvordan slike forbedringer påvirker bruk og betalingsvillighet.

Tabell 9.16: Positive eksternaliteter, estimert og diskontert, for bedre byrom for Alternativ 2. For hele analyseperioden.

	Alternativ 2
Estimerte merverdier, NOK	224 167 928
Nåverdi merverdier, NOK	68 496 622

9.5.5.5 Karbonbinding

Karbonbinding refererer til opptak og lagring av CO_2 i plantebiomasse og jord som følge av etablering av vegetasjon i byrommet, for eksempel trær, busker og jordvolumer i regnbed. Slike naturbaserte tiltak bidrar til å redusere netto klimagasskonsentrasjon ved å binde karbon over tid, og representerer dermed en positiv eksternalitet med samfunnsøkonomisk verdi utover flom- og byromseffekter.

Merverdiene for karbonbinding er beregnet ut fra forventet volumutvikling av plantet biomasse og jordkarbon i de planlagte vegetasjonselementene, sammenholdt med standardiserte verdier for karbonpris/nytte ved redusert utslipp. Det er tatt hensyn til at karbonlagring i urbane trær og jord er relativt lav per arealenhet, samt at varigheten av lagringen avhenger av skjøtsel, treslag og risiko for utslipp ved avgang av biomasse.

Tabell 9.17: Positive eksternaliteter, estimert og diskontert, for bedre byrom, for Alternativ 2. For hele analyseperioden.

	Alternativ 2
Estimerte merverdier, NOK	8 059 897
Nåverdi merverdier, NOK	2 462 777

9.5.5.6 Totale merverdier

Totalt estimeres de indirekte merverdiene til like over 431 millioner, i 2025-kroner. Ettersom merverdiene er nyttevirkninger som er avledet av kalkulasjonspriser knyttet til liv og mental og fysisk helse realprisjusterer vi merverdiene med forventet fremtidig BNP-vekst på 0,5%. Samlet er nåverdien av fremtidige realprisjusterte merverdier på om lag 150 mill. kr.

Tabell 9.18: Samlede merverdier, estimert og diskontert, for Alternativ 2. For hele analyseperioden.

	Alternativ 2
Estimerte merverdier, NOK	403 613 795
Nåverdi merverdier, NOK	143 054 017

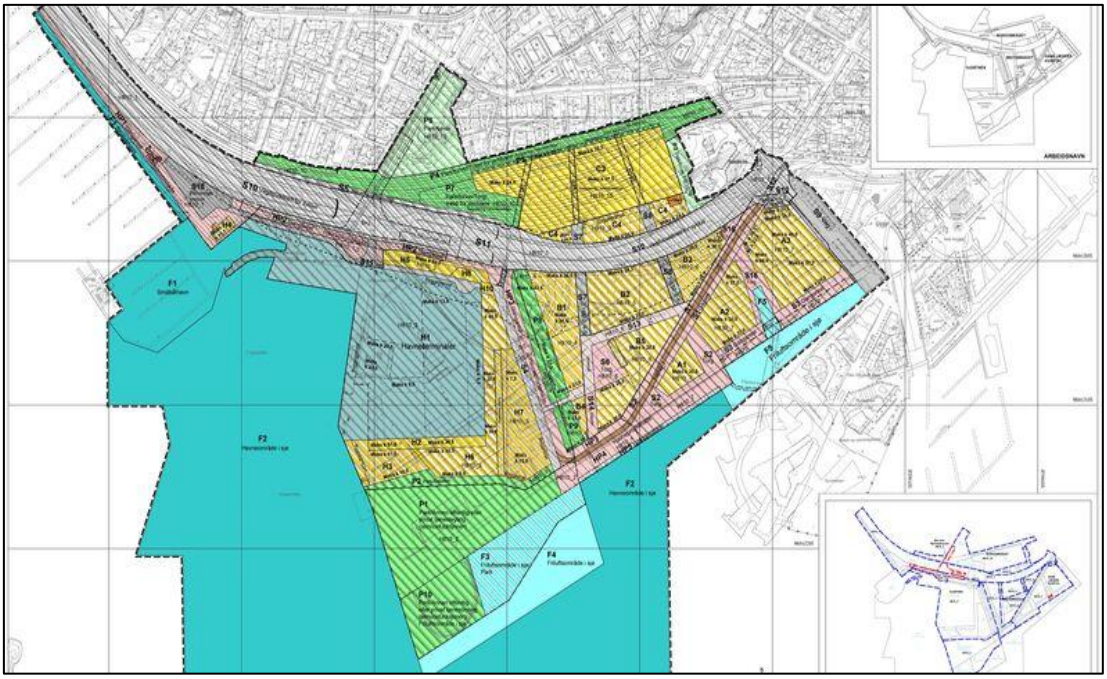
9.5.6 Ikke-prissatte virkninger

Enkelte virkninger ved tiltakene er ikke estimert i kroner og øre. Noen av disse er ikke estimert fordi størrelsen på tiltakene er for små til å kunne legge til grunn at de har en vesentlig effekt, som for eksempel helsegevinster ved fysisk aktivitet, ettersom de nye grøntarealene er spredt utover området, samt at det er i stor grad mye tilgjengelig grøntarealer i området allerede (f.eks. Slottsparken).

Andre virkninger er ikke inkludert som følge av usikkerhet i effektene av tiltakene og verdsettingen av virkningen. I denne analysen har vi valgt å inkludere to slike virkninger i analysen som ikke-prissatte virkninger som vi analyserer ved hjelp av *verdimatrisemetoden*. Dette gjelder spillvann til renseanlegg og spillvann til sjø og i tilknytning til boligutvikling på Filipstad. Vi har inkludert disse virkningene da de er særlig relevante for formålet med tiltakene og har spesielt fokus for de lokale hensynene ved tiltakene.

9.5.6.1 Spillvann til sjø og utvikling på Filipstad

Filipstad er i dag et havne- og logistikkområde. Området grenser til Aker brygge og Tjuvholmen i øst, mot Frognerstranda i vest og mot Skillebekk og Frogner i nord (se kartutsnitt nedenfor). Gjennom analysen har det fremkommet at flom- og sikringstiltakene på Skillebekk vil kunne ha en positiv effekt for den planlagte utviklingen av dette området. Det er planlagt opptil 3000 nye boliger, 9000 arbeidsplasser, ny grunnskole og flere barnehager i området.



Figur 9.14: Områderegulering for Filipstad, vedtak i Oslo bystyre 24.06.2020. Kilde: Oslo kommune.

Effekten til tiltakene i Alternativ 1 er at de reduserer spillvann til sjø og forurenset vann til fjorden. Dette kan analyseres ut ifra samfunnets betalingsvillighet for badevannskvalitet i fjorden som har en positiv verdi for befolkningen i Oslo i stort, men spesielt for fremtidig beboere i området som utvikles på Filipstad.

Tar vi utgangspunkt i byutviklingen som gjøres i området så vil en betalingsvillighet for badevannskvalitet i sitt eget nærområde gjøre utslag i verdien av boligene som bygges ut, når tiltakene reduserer antall hendelser hvor badekvaliteten forringet som følge av flom, øker betalingsvilligheten for disse boligene og den samfunnsøkonomiske verdien av tiltakene.

Overordnet legger vi til grunn at betalingsvilligheten for befolkningen i Oslo i stort for badevannskvalitet i de dagene med hendelser er liten og at antall berørte er høy, men at tiltakenes påvirkning per berørt er lav. Det legges til grunn at tiltakene ikke har effekt på badevannskvalitet i normalsituasjon, men at virkningen knyttes til badekvalitet ved hendelser, og at tiltakenes grad av påvirkning derfor er begrenset av dette.

For fremtidig beboere ved Filipstad vil derimot betalingsvilligheten være betydelig høyere, men dette vil gjelde et lite antall personer i et samfunnsøkonomisk perspektiv.

Vi vurderer samlet at nytten av tiltakene mht. badekvalitet til å være *liten positiv*.

Enhetsverdi / Kvantum	*Liten*	*Middels*	*Stor*
Stort negativt	Middels negativt	Stor negativ	Meget stor negativ
Middels negativt	Liten negativ	Middels negativt	Stor negativ
Lite negativt	Ubetydelig / ingen	Liten negativ	Middels negativt
Verken positivt eller negativt	Ubetydelig / ingen	Ubetydelig / ingen	Ubetydelig / ingen
Lite positivt	Ubetydelig / ingen	Liten positiv	Middels positiv
Middels positivt	Liten positiv	Middels positiv	Stor positiv
Stort positivt	Middels positiv	Stor positiv	Meget stor positiv

9.5.6.2 Spillvann til renseanlegg

Tiltakene i både alternativ 1 og i alternativ 2 bidrar til å redusere spillvann til renseanlegg. Dette har en samfunnsøkonomisk nytte ved at det reduserer driftskostnadene ved renseanlegg når det blir mindre vann for anleggene å håndtere og ved at det er lettere å rense det vannet som går inn til renseanlegget, ettersom det ikke påvirkes av lavere temperatur på spillvannet.

Den samfunnsøkonomiske nytten kan estimeres med endringer i driftskostnader ved renseanlegget med og uten tiltakene. Vi har mottatt informasjon om at dette kan være mellom 1 og 2 kroner per kubikk.

Vi har ikke grunnlag for å si noe om hvor mye endringen i spillvann vil utgjøre i de ulike alternativene, men at den er negativ (mindre spillvann til renseanlegg) i begge alternativene og at effekten er størst i alternativ 1. Samtidig er det naturlig å legge til grunn at effekten av de lokale tiltakene på Skillebekk har en relativt liten effekt, når den samlede rensekapasiteten ved renseanlegget er dimensjonert for befolkningen i Oslo og omegn. VEAS renseanlegg behandler i gjennomsnitt ca. 3 m3/s og opp til 11m3/s ved regnvær.

Skulle tiltakene ha en effekt på 10% av dette ville estimatet for virkningen vært mellom 95 000 og 190 000 kr i de døgnene med hendelser.

Vi vurderer derfor virkningen til å være *liten positiv* i begge alternativer.

Enhetsverdi / Kvantum	*Liten*	*Middels*	*Stor*
Stort negativt	Middels negativt	Stor negativ	Meget stor negativ
Middels negativt	Liten negativ	Middels negativt	Stor negativ
Lite negativt	Ubetydelig / ingen	Liten negativ	Middels negativt
Verken positivt eller negativt	Ubetydelig / ingen	Ubetydelig / ingen	Ubetydelig / ingen
Lite positivt	Ubetydelig / ingen	Liten positiv	Middels positiv
Middels positivt	Liten positiv	Middels positiv	Stor positiv
Stort positivt	Middels positiv	Stor positiv	Meget stor positiv

9.6 Resultater

Tabell 9.19: Samlede samfunnsøkonomiske nytte- og kostnadsvirkninger for dagens situasjon, Alternativ 1 og Alternativ 2 for flomsikring av Skillebekk i Oslo, NOK, 2025.

	Alternativ 1	Alternativ 2
Investeringskostnader (P50-estimat) inkl. skattefinansieringskostnad	- 636,4	- 425,0
Nåverdi driftskostnader	-	- 118,1
Arealbruk	-	- 82,0
Nåverdi unngåtte skadekostnader	28,2	261,8
Nåverdi merverdi (positive eksterne virkninger)	-	143,1
Spillvann til sjø og Filipstad	*Liten positiv*	-
Spillvann til renseanlegg	*Liten positiv*	*Liten positiv*
Netto nåverdi (NNV)	**-608**	**-220**
NNB	**-0,96**	**-0,41**

Alle tall er relativt til referansescenarioet (dagens situasjon). Positive tall er netto samfunnsøkonomisk nytte og negative tall er netto samfunnsøkonomisk kostnad.

Resultatene viser at det er høyest investeringskostnader knyttet til Alternativ 1, som er om lag 200 mill. kr høyere enn i Alternativ 2. Samtidig er det høyest nytte i Alternativ 2, både høyest direkte nytte ved unngåtte skadekostnader, men også i form av merverdier som følge av positive eksternaliteter ved tiltakene.

Merverdiene av tiltakene i Alternativ 2 er verdsatt til sammen 143 mill.kr i nåverdi. Både alternativ 1 og 2 antas å ha en liten positiv konsekvens mht. reduksjon av spillvann til renseanlegg. Kun alternativ 1 er vurdert til å ha en liten positiv konsekvens mht. reduksjon av spillvann til sjø.

Både alternativ 1 og alternativ 2 beregnes til å ha en negativ netto nåverdi (høyere totale kostnader enn nytte). Alternativ 1 har størst negativ netto nåverdi. Alternativ 2 har størst samfunnsøkonomisk nytte og lavest investeringskostnad og derfor høyest netto nytte per budsjettkrone i absolutte termer (NNB).

10. SAMLET VURDERING OG ANBEFALING

Samlet viser analysene at Alternativ 1 og Alternativ 2 bidrar til ulike deler av prosjektets effektmål, og at ingen av alternativene alene gir en fullstendig løsning på overvanns- og flomutfordringene i Niels Juels gate og nedbørsfeltet Skillebekk. Alternativ 1 har særlig betydning for effektmål E2, ved å redusere tilførselen av overvann til fellessystemet, redusere overløpsdrift, avlaste Skillebekk pumpestasjon og redusere risikoen for utslipp av fortynnet, urenset spillvann til fjorden. Alternativ 2 har størst betydning for effektmål E1, ved å redusere vannmengder og vanndybder på terreng, styre vannet mer kontrollert i flomveier og redusere skadepotensialet i utsatte områder. Alternativ 2 kan også bidra til effektmål E3 gjennom tiltak som gir bedre byromskvalitet, mer grønnstruktur og tryggere ferdsel, men endelig måloppnåelse for E3 må vurderes nærmere gjennom detaljering av gateutforming, mobilitet, drift og brukskvalitet.

Medvirknings- og workshopprosessen har vært viktig for å teste tiltakene mot praktiske, tekniske og forvaltningsmessige hensyn. Innspill fra kommunale etater, infrastruktureiere, berørte aktører og beboerrepresentanter har tydeliggjort at tiltakene ikke bare må ha hydraulisk effekt, men også må fungere innenfor eksisterende bystruktur og hensyn til drift, beredskap, kulturmiljø, mobilitet og eiendomsforhold. Prosessen har særlig synliggjort behovet for samordning med VAVs VA-tiltak, hensyn til kulturhistoriske gater og byrom, fremkommelighet for nødetater, avklaringer mot jernbane, E18 og Filipstad, samt dialog med private grunneiere der tiltak eller flomveier berører privat grunn. Dette ligger til grunn for anbefalingen om en trinnvis og kostnadsoptimalisert tiltakspakke, fremfor én samlet gjennomføring av alle tiltak i nettolisten.

Det anbefales derfor at VAVs tiltak under bakken og BYMs tiltak på terreng utvikles som ett samordnet system. Hovedutfordringen i området handler både om manglende kapasitet i avløpssystemet, overløpsdrift og forurensning til fjorden, og om store vannmengder på terreng ved kraftig nedbør. Overflatebaserte tiltak, lokal fordrøyning og flomveier reduserer og forsinker avrenningen før vannet når ledningsnettet, mens separering og kapasitetsøkende VA-tiltak forbedrer håndteringen av vann som fortsatt tilføres systemet. Samspillet mellom tiltakene er derfor avgjørende for å redusere tilførselen av overvann til AF-nettet, redusere overløpsdrift og oppfylle effektmål E2 om avlastning av Skillebekk pumpestasjon.

Nytte-kostnadsanalysen viser at full gjennomføring av alle analyserte tiltak gir negativ netto nåverdi. Dette bør ikke tolkes som at det ikke finnes samfunnsøkonomisk fornuftige tiltak i feltet, men som at hele nedbørsfeltet ikke bør behandles som ett stort samlet investeringsprosjekt uten prioritering. Når kostnadene samles i én stor tiltakspakke, mens nytten fordeles på mange skadepunkter, hendelsestyper og aktører, kan bildet bli skjevt. Tiltakene bør derfor deles inn i mindre og mer målrettede pakker, der effekt, kostnad, gjennomførbarhet og restproblem vurderes samlet.

Nytte-kostnadsanalysen vurderer tiltakene som selvstendige investeringer, men fanger i begrenset grad opp at det uansett vil være behov for fornyelse og oppgradering av gater, VA-anlegg og annen teknisk infrastruktur i området frem mot 2100. Videre arbeid bør derfor særlig vurdere hvordan overvanns- og flomtiltak kan samordnes med planlagte eller nødvendige investeringer. I slike tilfeller er det ikke alltid total anleggskostnad som er det mest relevante beslutningsgrunnlaget for overvannstiltaket. Det bør skilles tydeligere mellom grunnkostnaden for nødvendige VA-, gate- eller infrastrukturarbeider og merkostnaden ved å bygge inn flom-, fordrøynings- eller blågrønn funksjon. Merkostnaden ved klimatilpasning kan være vesentlig lavere dersom tiltaket gjennomføres samtidig med andre nødvendige arbeider, og dette kan øke den samlede samfunnsnytten.

Skala blir dermed et sentralt beslutningstema i neste fase. Tiltakene må være store nok til å påvirke de systemkritiske problemene, men samtidig små nok til å kunne finansieres, prosjekteres og gjennomføres med akseptabel risiko. For lokale tiltak kan ha begrenset betydning for restproblemet nedstrøms, mens for omfattende tiltak kan gi høy kostnad, stor usikkerhet og økt gjennomføringsrisiko. Videre prioritering bør derfor styres av hvilket problem som gjenstår etter tiltak, og ikke bare av beregnet effekt av enkelttiltak isolert. Et tiltak kan gi stor lokal reduksjon i vanndybde uten å påvirke de mest kritiske skadepunktene, mens et annet tiltak kan ha mer moderat lokal effekt, men likevel være viktig fordi det avlaster et sårbart punkt i avløpssystemet eller reduserer belastningen i nedre del av feltet.

Multikriterieanalysen supplerer nytte-kostnadsanalysen ved å vise hvilke tiltak som samlet sett kommer best ut når hydraulisk effekt, samordning, bymiljø, drift, reguleringsrisiko og fleksibilitet vurderes sammen. Analysen viser særlig at det er stor gevinst ved å samordne tiltakene til BYM og VAV. Dette gjelder spesielt i områder der det uansett er behov for tiltak under bakken, og der gate- og overflatetiltak kan bygges samtidig. Slik samordning kan redusere kostnader, gi mindre anleggsulemper og gi bedre samlet effekt.

Den viktigste tekniske utfordringen ligger nederst i nedbørsfeltet. Store vannmengder samles i nedre del av Niels Juels gate og Skillebekk, samtidig som vannet har begrenset utløpsmulighet. Så lenge vannet ikke har tilstrekkelig trygg avledning ut av området, vil oppstrøms tiltak først og fremst redusere belastningen og kjøpe tid. Dette kan være svært verdifullt, men løser ikke hele systemutfordringen alene. Samtidig vil en nedstrøms løsning uten oppstrøms avlastning kunne bli større, dyrere og mer sårbar enn nødvendig. Den faglige hovedoppgaven i videre arbeid blir derfor å finne riktig balanse mellom oppstrøms reduksjon og nedstrøms kapasitet.

Det anbefales at det arbeides videre med en kapasitetsøkende nedstrøms løsning ved Lilleparken, med dimensjonert inntak og trygg avledning videre mot sjø. Løsningen må samordnes med VAVs tiltak for separering, oppgradering av ledningsnett og redusert belastning på Skillebekk pumpestasjon samt grensesnitt mot Filipstad infrastruktur, BaneNOR og Statens vegvesen. Samtidig må vannmengdene som når lavpunktet reduseres gjennom oppstrøms avskjæring og fordrøyning. Særlig bør TA6 i kombinasjon med FD6 videreføres, der vann fra Niels Juels gate/Bygdøy allé ledes mot fordrøyning i Hydroparken. Dette tiltaket kan dele opp nedbørsfeltet, redusere belastningen nedstrøms og gi bedre kontroll med vannføringen mot Skillebekk. Det bør også vurderes om vann fra Frognerveien kan inngå i samme system.

Eksisterende grøntarealer og parker bør brukes målrettet til fordrøyning der dette gir god effekt uten urimelige inngrep. FD4 og eventuelle tilknyttede fordrøyningstiltak bør derfor inngå i anbefalt tiltakspakke. Slike tiltak bør utformes slik at de både kan holde tilbake vann ved kraftig regn og fungere som gode byrom og grøntarealer i normalsituasjon.

I Niels Juels gate anbefales det å videreføre en blågrønn hovedkorridor med grønne gate- og krysstiltak, særlig GV1/GV4 og GV6. Disse tiltakene bør ikke bare vurderes som estetiske byromsgrep, men som en del av overvannssystemet. Formålet er å forsinke og fordrøye overvann, redusere avrenning til ledningsnettet, styre vannet tryggere på terreng og samtidig forbedre ferdsel, opphold og grønnstruktur i gaten.

Lokale flomveigrep og objektsikring anbefales som supplerende tiltak i kjente skadepunkter. Dette gjelder særlig eiendommer, kjellere, garasjeanlegg og innstrømningspunkter som er dokumentert gjennom innspill fra beboere og modellresultater. Objektsikring løser ikke nedbørsfeltets hovedproblem, men kan gi rask og målrettet skadereduksjon for særlig utsatte bygg. Parallelt med videre planlegging bør det vurderes målrettede driftstiltak og midlertidige avbøtende tiltak i områder der modellresultater og lokale innspill viser gjentakende problemer, særlig knyttet til tette sluk, vannansamling, tilbakeslag og utsatte kjellere eller innstrømningspunkter.

Tiltak på privat grunn, som regnbed, frakobling av taknedløp og lokal fordrøyning i bakgårder eller forhager, anbefales ikke som hovedgrep i tiltakspakken. Effekten av enkelttiltak er usikker, og gjennomføring krever avtaler, eierskap og lokal oppfølging. Slike tiltak bør likevel videreføres som supplement der grunneiere er positive, og der tiltakene kan redusere tilførsel til AF-nettet eller bidra til lokal skadereduksjon.

Forprosjektet bør også vurdere opsjonsverdi for enkelte større tiltak. Det kan være riktig å forberede løsninger som ikke nødvendigvis bygges i første fase, men som gjør det mulig å utvide kapasiteten senere dersom videre modellering, klimaendringer eller tilgrensende prosjekter viser behov. Dette er særlig relevant for kostbare eller teknisk krevende nedstrøms tiltak. Slike tiltak bør ikke avvises kun fordi de er dyre nå, men de bør heller ikke inngå ukritisk i første tiltakspakke dersom tilleggseffekten ikke er tydelig dokumentert.

10.1 Anbefalt tiltakspakke

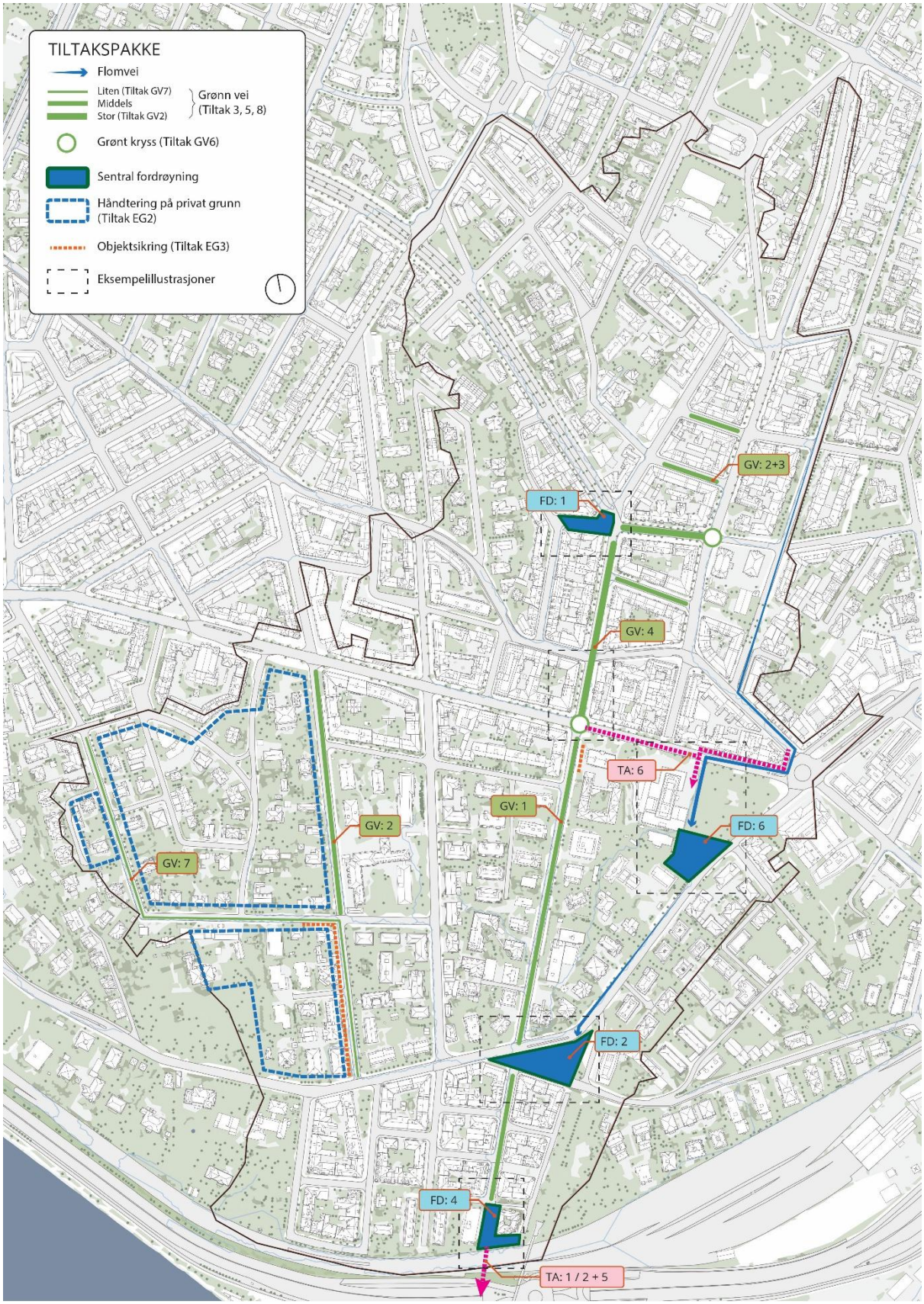
Under følger en anbefalt tiltakspakke som bør legges til grunn for videre vurdering, optimalisering og eventuell prosjektering. Tiltakene er valgt ut med utgangspunkt i hydraulisk effekt, samlet vurdering i multikriterieanalysen, gjennomførbarhet og behov for samordning med VAV og tilgrensende infrastruktur.

Forslaget skal ikke forstås som en endelig byggeplan, men som et beslutningsgrunnlag for videre prioritering og bearbeiding.

Tiltak	Anbefaling	Hovedbegrunnelse
Samordnede VA-tiltak fra VAV (ihht. KVU)	Videreføres som del av samlet tiltakspakke	Reduserer tilførsel av overvann til AF-nettet, overløpsdrift, belastning på Skillebekk pumpestasjon og risiko for forurensning til fjorden.
Kapasitetsøkende nedstrøms løsning ved Lilleparken (TA1/2+5)	Videreføres som nødvendig hovedgrep	Hovedproblemet på terreng er at store vannmengder samles nederst i feltet uten tilstrekkelig kapasitet.
TA6+FD6, avskjæring mot Hydroparken	Videreføres med høy prioritet	Reduserer belastning mot nedre del av feltet og gir mulighet for strategisk fordrøyning oppstrøms.
FD4 og andre egnede fordrøyningstiltak i grøntarealer	Videreføres der tiltakene kan innpasses med akseptable inngrep	Gir fordrøyningsvolum, reduserer videreført vannmengde og kan kombineres med grøntstruktur og byromskvalitet.
GV1/GV4 og GV6 i Niels Juels gate	Videreføres som del av blågrønn hovedkorridor	Gir lokal forsinkelse, tryggere vannføring på terreng og bedre gate- og byromskvalitet
Lokale flomveigrep	Videreføres i tilknytning til anbefalt hovedtiltak	Sikrer kontrollert avledning til dimensjonert mottakspunkt og reduserer risiko for skade langs veiene
Objektsikring i kjente skadepunkter	Videreføres som supplement	Kan gi rask skadereduksjon for utsatte bygg og kjellere
Driftstiltak, slukrens og forbedret vedlikehold	Iverksettes uavhengig av investeringstiltakene	Kan bedre situasjonen på kort sikt og redusere gjentakende lokale vannproblemer ved små hendelser

Anbefalt tiltakspakke vurderes å svare ut effektmålene på ulike måter: Nedstrøms kapasitetsløsning, flomveier og fordrøyning bidrar særlig til E1 om trygg avledning ved ekstreme nedbørhendelser. Grønne veier, lokal fordrøyning og tiltak på privat grunn bidrar særlig til E2 om oppsamling og forsinkelse av overvann ved små og middels store regn. Tiltak som grønnere gateprofil, kryssinnstramminger og byromstiltak bidrar samtidig til E3 gjennom bedre byrom, økt trafikksikkerhet og bedre forhold for ferdsel og opphold.

Samlet anbefales det ikke å gjennomføre hele nettolisten. Rapporten anbefaler i stedet en begrenset tiltakspakke bestående av de tiltakene som samlet gir størst risikoreduksjon, best hydraulisk effekt og størst sannsynlighet for gjennomføring. Øvrige tiltak bør ses som mulige supplementer eller alternativer som kan vurderes videre dersom det oppstår behov, nye rammebetingelser eller muligheter for samordning med andre prosjekter. Dette gjelder særlig større tekniske avledningstiltak og tiltak med høy kostnad eller stor reguleringsmessig kompleksitet. Endelig tiltaksomfang bør fastsettes gjennom videre prioritering og bearbeiding av den anbefalte tiltakspakken.



Figur 10.1: Anbefalt tiltakspakke.

10.1.1 Colbjørnsens gate

Forslaget viser hvordan Colbjørnsens gate kan utvikles som et sentralt område for oppsamling, fordrøyning og infiltrasjon av overvann. Gaten er identifisert som et nøkkelområde i nedbørsfeltet, og krysningspunktet mellom Gyldenløves gate og Niels Juels gate har allerede i dag et mindre fordrøyningsbasseng.

Med utgangspunkt i dette utforsker forslaget hvordan gatearealet kan omdisponeres for å gi plass til et større, naturlig utformet fordrøyningsbasseng. Bassenget er tenkt å samle opp overvann fra nærliggende gater, samtidig som det kan bidra til rensing og tilbakeholdelse av vann ved større regnhendelser.

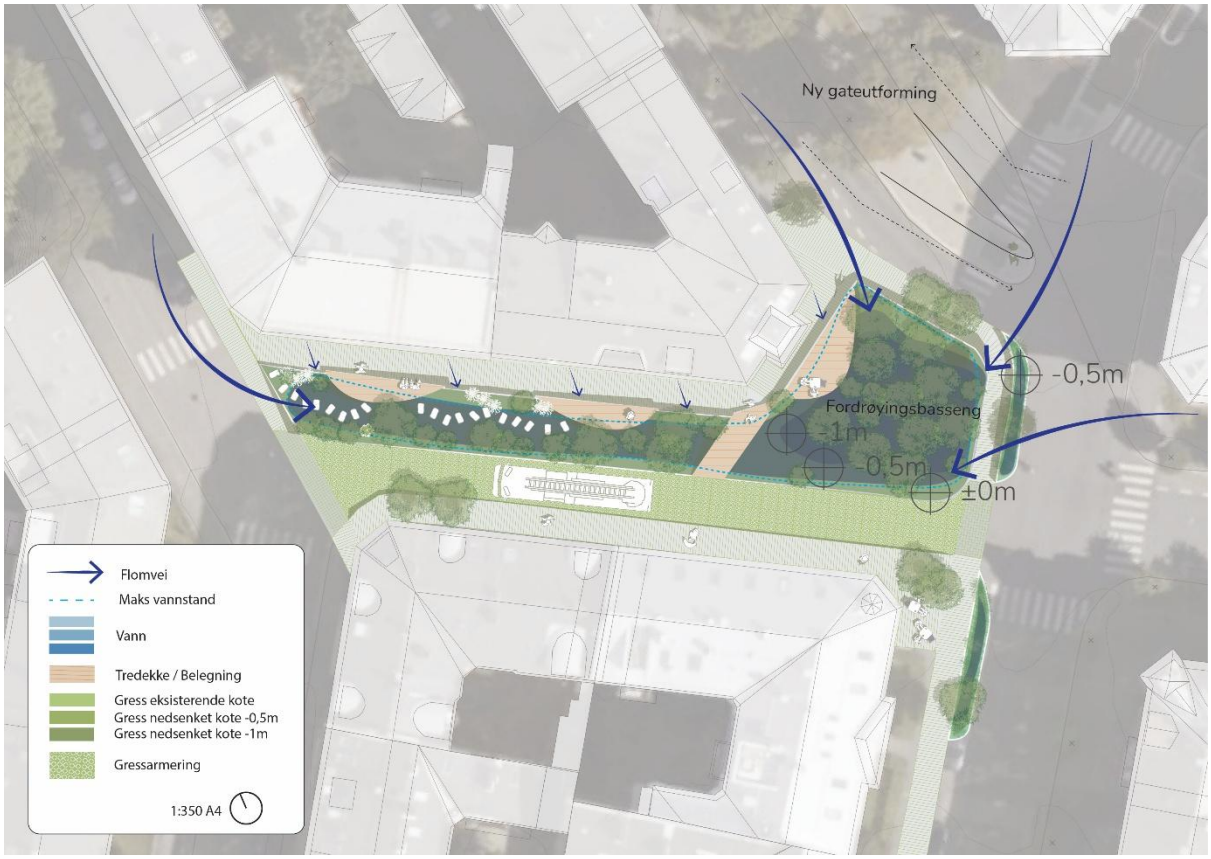
Rundt bassenget foreslås større sammenhengende arealer med permeabel belegning, som legger til rette for infiltrasjon og reduserer andelen tette flater. Samlet sett viser forslaget hvordan gaten kan få en tydeligere blågrønn funksjon, der arealer som i dag er dominert av bilbruk i større grad kan omformes til permeable flater, vegetasjon og overvannstiltak.

Planen er veiledende og ment som et eksempel på hvordan tiltaket kan utformes.

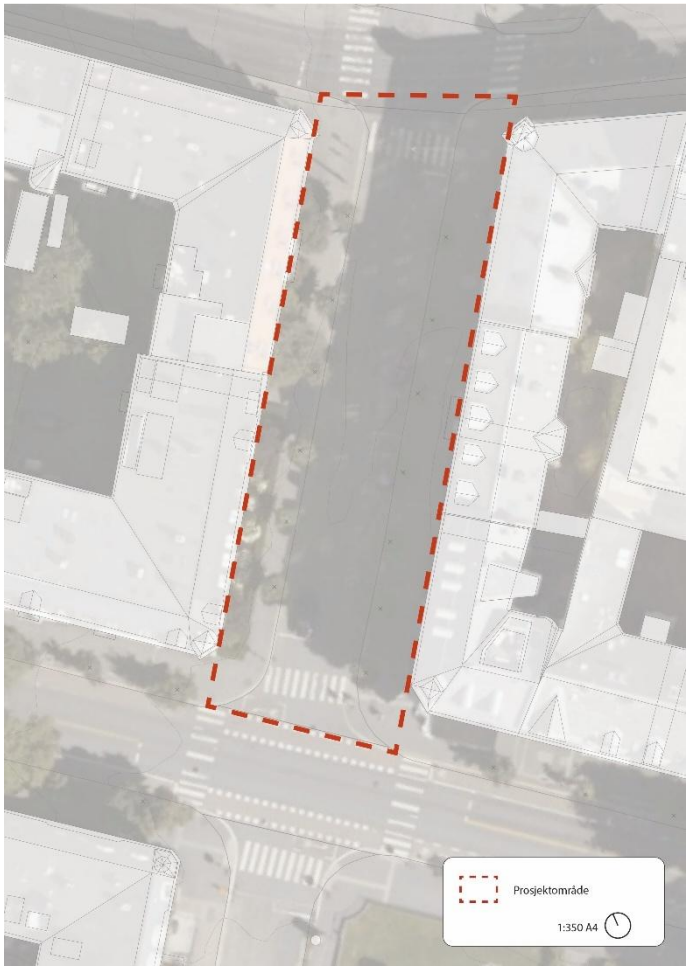
Se *Vedlegg 03 – Illustrasjoner av eksempeltiltak* for større illustrasjoner.

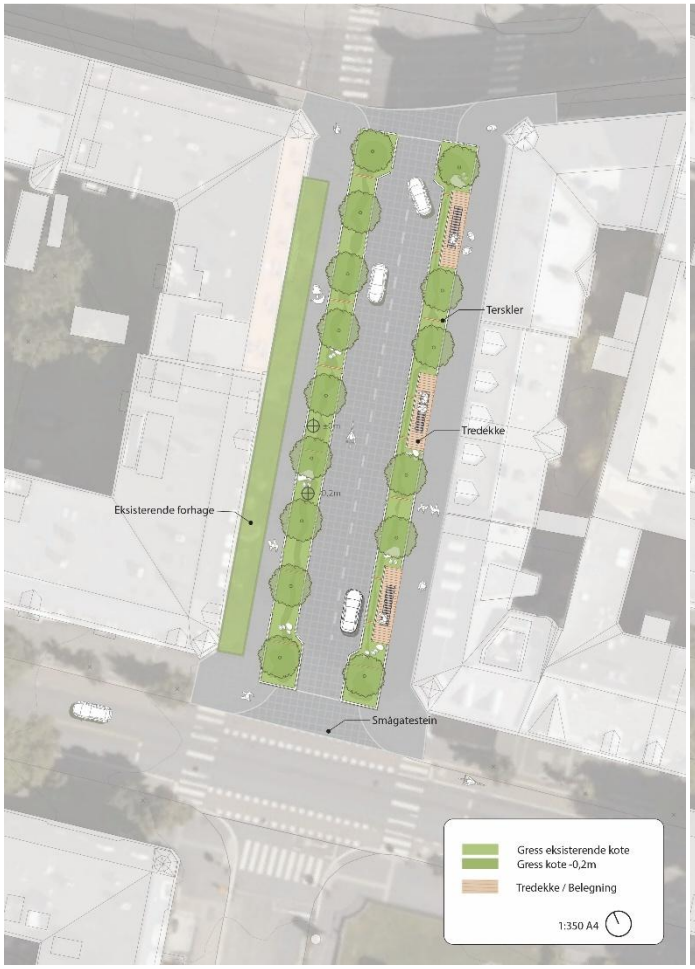



Ny gateutforming
-0,5m
Fordrøyingsbasseng
-1m
-0,5m
±0m
4m vei
Tredekke / Belegning
Gress eksisterende kote
Gress nedsenket kote -0,5m
Gress nedsenket kote -1m
Gressarmering
1:350 A4


Ny gateutforming
-0,5m
Fordrøyingsbasseng
-1m
-0,5m
±0m
Flomvei
Maks vannstand
Vann
Tredekke / Belegning
Gress eksisterende kote
Gress nedsenket kote -0,5m
Gress nedsenket kote -1m
Gressarmering
1:350 A4

10.1.2 Grønne veier







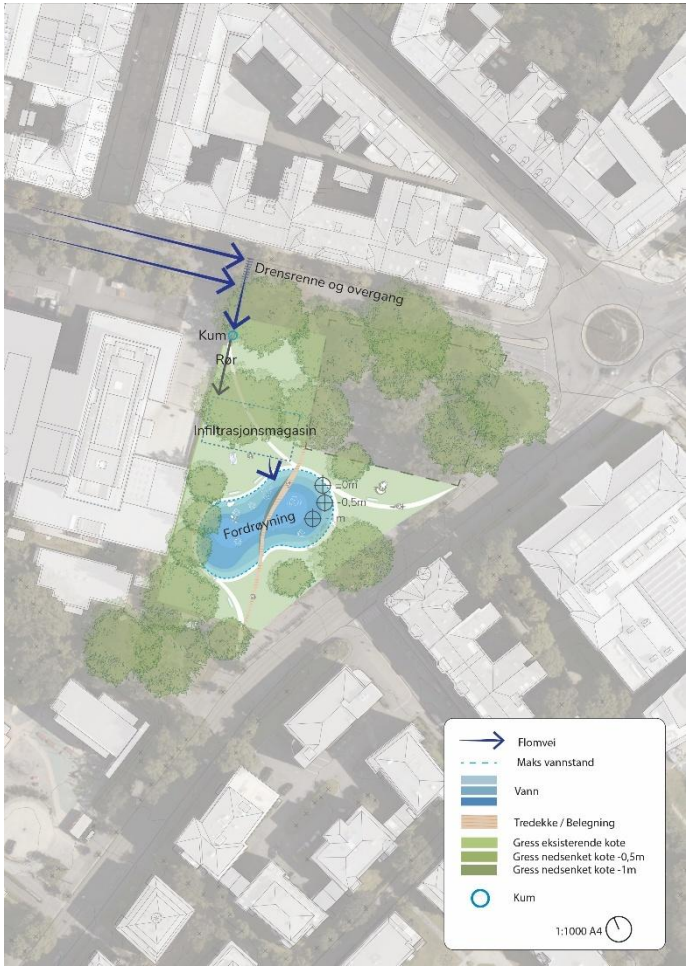
Grønne veier er et grep som kan benyttes på tvers av hele nedbørsfeltet. Ved å omdisponere gateareal fra tette flater og bilarealer til vegetasjon, permeabel belegning og mindre fordrøyningstiltak, kan gatene bidra til lokal håndtering av overvann. Tiltaket bremser og infiltrerer vann nær der det faller, samtidig som overskytende vann kan ledes kontrollert videre mot større tiltak nedstrøms. Grønne veier kan dermed fungere både som overvannstiltak og som et romlig grep som styrker grønnstruktur, bynatur og opplevelseskvaliteter i området.

Planen er veiledende og ment som et eksempel. Se *Vedlegg 03 – Illustrasjoner av eksempeltiltak* for større illustrasjoner.

10.1.3 Hydroparken



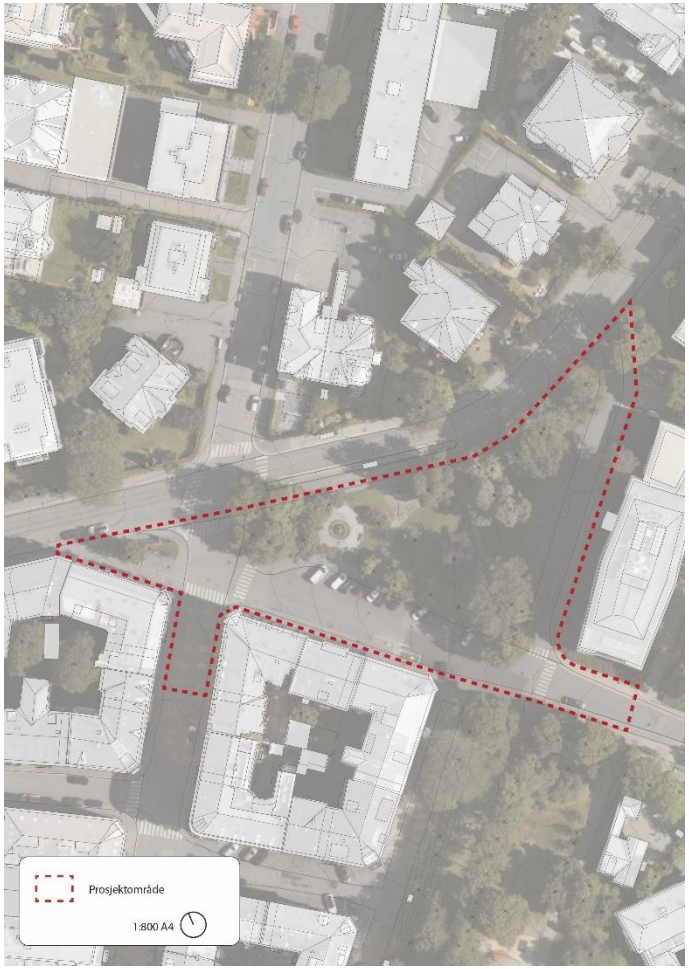




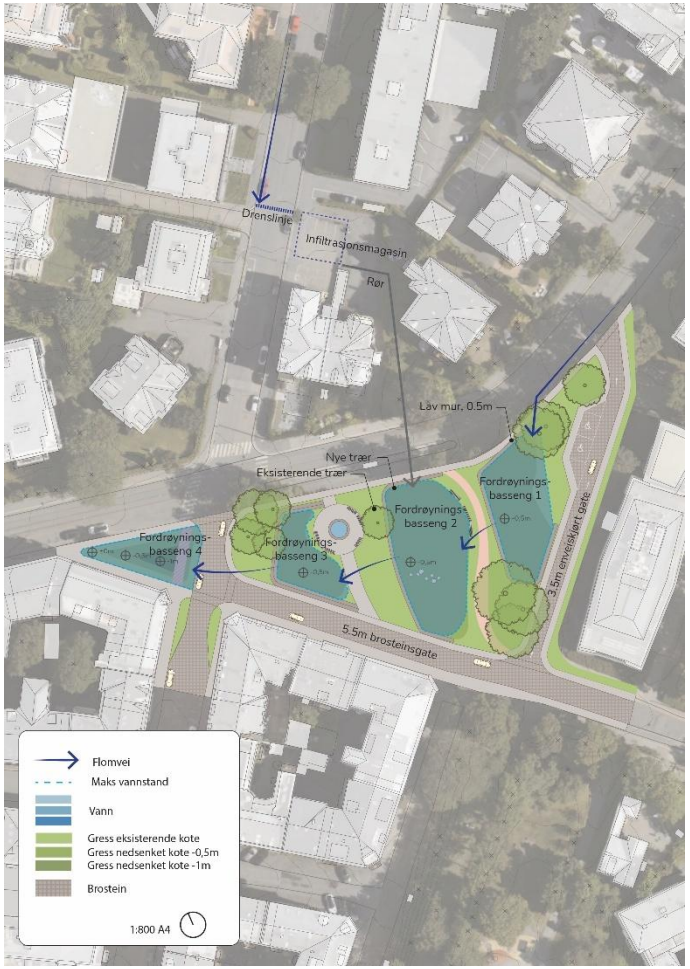
Hydroparken er identifisert som et mulig oppstrøms fordrøyningspunkt i nedbørsfeltet. Ved å holde tilbake overvann her kan avrenningen forsinkes og belastningen på utsatte områder nedstrøms reduseres. Prinsippet som vises, innebærer at overvann fra Frognerveien samles opp gjennom linjedrener som krysser gaten. Vannet føres videre til en brønn og ned i et infiltrasjonsmagasin under bakken, hvor det kan infiltreres og holdes midlertidig tilbake. Ved større vannmengder kan overskytende vann ledes videre til et oppsamlingsbasseng med rensefunksjon.

Planen er veiledende og ment som et eksempel. Se *Vedlegg 03 – Illustrasjoner av eksempeltiltak* for større illustrasjoner.

10.1.4 Olaf bulls plass



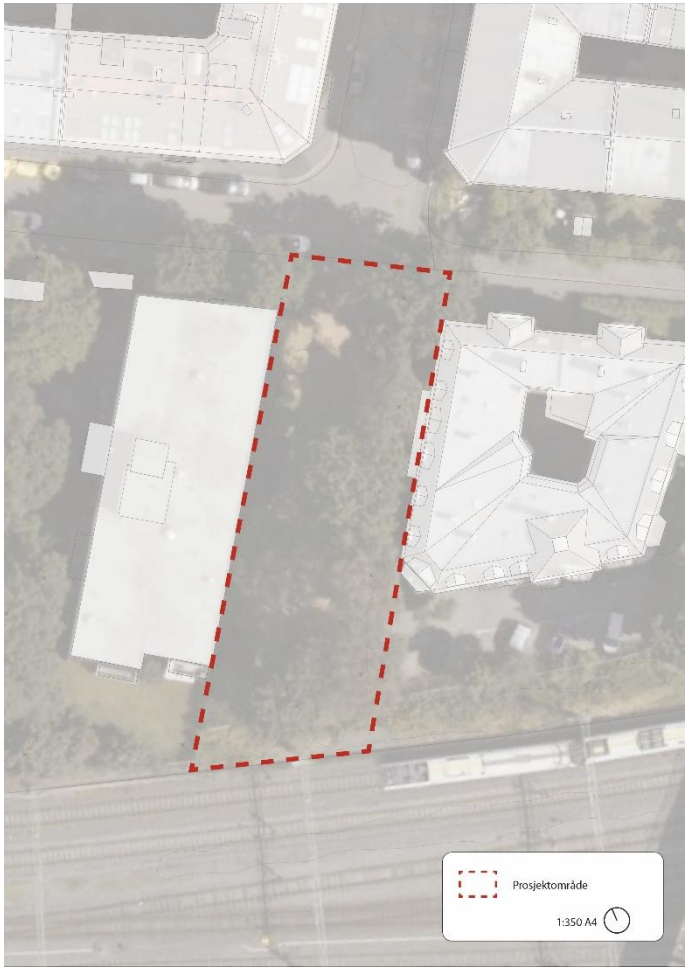




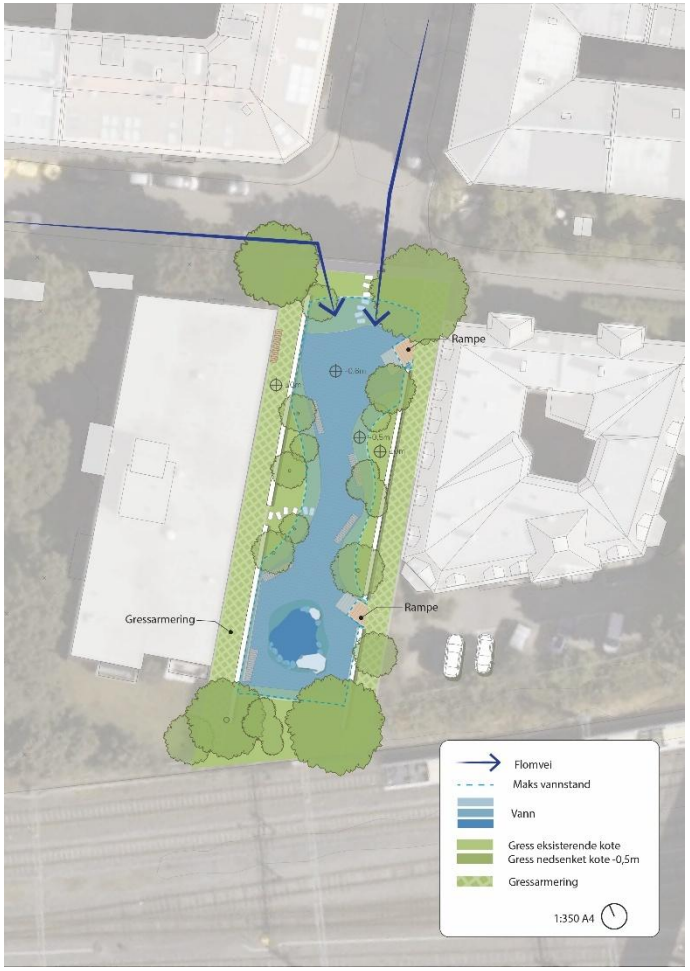
Olaf Bulls plass er identifisert som et område med potensial for lokal fordrøyning av overvann. Forslaget viser hvordan deler av plassrommet kan senkes og utformes som åpne, grønne fordrøyningsbasseng, kombinert med infiltrasjonsmagasin og kontrollerte overløp. Overvann fra nærliggende gater ledes inn i området via drenslinjer og fordeles mellom flere nedsenkede grøntarealer. I normalsituasjon fungerer plassen som et grønt byrom med eksisterende og nye trær, mens den ved større regnhendelser kan holde tilbake vann og redusere belastningen på områder nedstrøms.

Planen er veiledende og ment som et eksempel. Se *Vedlegg 03 – Illustrasjoner av eksempeltiltak* for større illustrasjoner.

10.1.5 Lilleparken







Lilleparken, helt sør i Niels Juels gate, er identifisert som et av områdene med størst overvannsutfordringer i nedbørsfeltet. Forslaget viser hvordan parken kan omformes til et nedsenket grøntareal som kan samle opp og holde tilbake vann ved større regnhendelser. I normalsituasjon fungerer området som en grønn nabolagspark, mens det ved kraftig nedbør kan fylles midlertidig med vann. På denne måten kan parken bidra til å forsinke avrenningen og redusere belastningen på omkringliggende gater.

Planen er veiledende og ment som et eksempel. Se *Vedlegg 03 – Illustrasjoner av eksempeltiltak* for større illustrasjoner.

11. ANBEFALT INNRETNING FOR PROSJEKTERING

Videre arbeid må modne tiltakene fra mulighetsnivå til prosjekterbare løsninger. Det betyr at hvert tiltak må beskrives med en tydelig funksjon i det samlede systemet. For hvert tiltak bør prosjekteringen vise hvor tiltak skal ligge, hvilke vannmengder tiltaket skal håndtere, hvordan vannet ledes inn i tiltaket, hvordan vannet ledes videre ut av tiltaket. Det bør prosjekteres hvilken sammenheng tiltak har med øvrige tiltak både på terreng og i VA-systemet. Dette er viktig for å unngå at tiltakene blir stående som generelle prinsipper.

11.1 Et samlet vannsystem

Videre faser bør beskrive anbefalt løsning som ett samlet vannsystem, fra oppstrøms arealer til nedstrøms avledning mot sjø. Det må komme tydelig frem hvordan tiltakene virker sammen, og ikke bare hvordan de fungerer hver for seg. Dette innebærer at arbeidet bør dokumentere hvor vannet kommer fra, hvilke vannmengder som skal holdes tilbake oppstrøms, hvor vannet skal fordrøyes, hvordan vannet skal ledes videre, hvordan overvann til AF-nettet reduseres og hvordan tiltakene bidrar til redusert overløpsdrift og redusert belastning på Skillebekk pumpestasjon.

Hovedutfordringen i nedbørsfeltet er at store vannmengder samles i nedre del av feltet, samtidig som vannet har begrenset utløpsmulighet. Videre arbeid må derfor ha særlig oppmerksomhet på sammenhengen mellom oppstrøms fordrøyning, flomvei på terreng og nedstrøms kapasitetstiltak.

Der det er hensiktsmessig bør videre prosjektering ta utgangspunkt i sammenhengende delnedbørfelt, slik at tilhørende flomveier, fordrøyning og tekniske tiltak utvikles samlet. Dette gir robuste delsystemer som kan gjennomføres trinnvis.

11.2 Nedstrøms løsning som styrende premiss

Den nedstrøms løsningen ved Lilleparken bør behandles som et styrende premiss i forprosjektet. Dette er ikke bare ett av flere tiltak, men et hovedgrep som påvirker effekten av tiltakene oppstrøms. Dersom nedstrøms løsning ikke avklares tydelig, vil det være vanskelig å dimensjonere og prioritere tiltakene oppstrøms. Videre faser bør derfor vise hva som er anbefalt hovedløsning her nede, og hvilke tekniske alternativer som eventuelt beholdes som opsjoner.

11.3 Samordning mellom BYM og VAV

Videre arbeid bør vise hvor BYM og VAV må bygge samtidig. Dette er et sentralt poeng i prosjektet, fordi tiltakene skal løse ulike deler av samme problem. Det bør utarbeides en samlet oversikt over strekninger og områder der det er sammenfallende behov for separering eller rehabilitering av avløpssystemet, kapasitetsøkende tiltak i VA-systemet og nye blågrønne gate- og byromstiltak og fordrøyning i gate, park eller grøntareal. For disse områdene bør forprosjektet vise hvilke tiltak som bør prosjekteres og bygges samlet. Dette reduserer kostnader, anleggsulemper og risiko for at gaten må graves opp flere ganger. Det gir også bedre mulighet til å optimalisere høyder, slukplassering, ledningstraseer, fordrøyningsvolum og flomveier i en samlet løsning.

11.4 Samordning med Filipstad Infrastruktur, SVV og BaneNOR

Videre arbeid må samordnes tett med planene for Filipstad, Statens vegvesens anlegg langs E18 og Bane NORs infrastruktur i nedre del av Skillebekk. Dette er særlig viktig fordi den nedstrøms avledningen fra Niels Juels gate og Skillebekk er avhengig av løsninger som berører flere eiere, forvaltere og pågående utviklingsprosesser. Området nederst i nedbørsfeltet grenser mot jernbanearealer, E18 og den fremtidige byutviklingen på Filipstad, og disse strukturene påvirker både muligheten for flomvei på terreng, teknisk avledning mot sjø og bruk av eksisterende eller nye overvannsanlegg.

I videre prosjektering bør det derfor etableres en felles avklaring av hvordan flomvann fra Skillebekk og Niels Juels gate skal ledes trygt videre mot sjø. Dette må ses i sammenheng med planlagt utvikling av Filipstad, der det er forutsatt nye grøntdrag, parkarealer og flomveier, samt mulig kulvert under E18 for bortføring av

flomvann. Dersom en slik nedstrøms løsning ikke avklares, vil det være krevende å dimensjonere tiltakene oppstrøms og vurdere hvilken restbelastning som fortsatt må håndteres i Niels Juels gate, Lilleparken og tilgrensende lavpunkter.

Samordningen bør særlig avklare om anbefalt nedstrøms løsning ved Lilleparken skal baseres på ny utløpsledning, pumpeløsning, oppgradering av eksisterende OV1200/OV900-system eller en kombinasjon av disse. Valg av løsning må vurderes opp mot kapasitet, eierskap, drift, teknisk gjennomførbarhet, reguleringsbehov og avhengigheter mot Filipstad, E18 og Bane NORs arealer. Det må også avklares hvilke eksisterende påslipp og dreneringsfunksjoner som berøres, og hvordan eventuelle kapasitetsøkende tiltak kan gjennomføres uten å skape uakseptabel risiko for jernbane, vegsystem eller fremtidig byutvikling.

Videre bør det etableres en felles grensesnittmatrise mellom BYM, VAV, Filipstad Infrastruktur, Statens vegvesen og Bane NOR. Matrisen bør vise hvilke tiltak som berører de ulike aktørene, hvilke tekniske avklaringer som gjenstår, hvem som har ansvar for beslutninger, og hvilke forhold som må være avklart før detaljprosjektering. Dette gjelder særlig kryssing av eller tilknytning til E18, bruk eller oppgradering av eksisterende overvannsledninger, mulige flomveier gjennom fremtidige grøntdrag på Filipstad, samt tiltak nær jernbanearealer og hensettingsområde.

Samordningen bør også omfatte gjennomføringsrekkefølge. Enkelte tiltak i Niels Juels gate og Skillebekk kan gi effekt uavhengig av Filipstad-utbyggingen, mens andre tiltak først får full funksjon dersom nedstrøms avledning og mottakskapasitet er avklart. Videre arbeid bør derfor skille mellom tiltak som kan prosjekteres og gjennomføres som selvstendige klimatilpasnings- og overvannstiltak, og tiltak som bør avvente eller koordineres med større infrastruktur- og byutviklingsprosesser på Filipstad.

Det anbefales at samordningen med Filipstad Infrastruktur, Statens vegvesen og Bane NOR løftes tidlig i neste fase. Målet bør være å avklare en robust hovedretning for nedstrøms avledning, samtidig som prosjektet beholder tilstrekkelig fleksibilitet til å tilpasse løsningene til fremdrift, reguleringsprosesser og tekniske rammebetingelser i tilgrensende prosjekter. Dette er en forutsetning for at tiltakene i Niels Juels gate og Skillebekk skal fungere som del av ett samlet vannsystem, fra oppstrøms fordrøyning og flomveier til trygg avledning mot sjø.

11.5 Modellering og dokumentasjon av effekt

Videre faser bør bruke hydraulisk modellering til å dokumentere samlet effekt av anbefalt tiltakspakke. Modelleringen bør ikke bare vise at enkelttiltak har positiv effekt, men hvordan systemet fungerer etter at tiltak er etablert. Man bør dokumentere vannmengder inn mot nedre del av feltet før og etter tiltak, endring i vanndybde og vannhastighet i utsatte gater, reduksjon i vannmengde på terreng i kjente problemområder og effekt på kjente skadepunkter fra beboerinnspill og tidligere hendelser.

Det bør også gjennomføres en enkel robusthetsvurdering. Det betyr at arbeidet bør vise hvordan systemet fungerer dersom enkelte deler får lavere kapasitet enn forutsatt, for eksempel ved tette sluk, redusert inntakskapasitet, manglende drift eller dersom tiltak ikke blir gjennomført. Dette er viktig fordi et overvannssystem i tett by må tåle at alle deler ikke fungerer perfekt til enhver tid.

12. REFERANSER

[1] Noregs Vassdrags- og Energidirektorat (NVE), «NVE Veileder nr. 4/2022. Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar. Korleis ta omsyn til vassmengder?,» NVE, 03 2022. [Internett]. Available: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_04.pdf.

[2] Oslo kommune, «Strategi for overvannshåndtering i Oslo,» Oslo kommune, 02 2014. [Internett]. Available: https://www.oslo.kommune.no/get-file/976283/542b640143402d536fa84866cb21d62cf785d89a2f3ff12f7cc2849668167fdc.

[3] Byrådet i Oslo, «Handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo,» Oslo kommune, 08 2019. [Internett]. Available: https://www.oslo.kommune.no/get-file/976284/6962ea0c4788fa0d23fa687de4f8aef80bbf5b78d3820ab470817d27c234ac94.

[4] K. Tvedalen, I. Storteig, A. K. Flei, O. F. Holt og T. B. Pedersen, «NVE Veileder nr. 2/2023. Kartlegging av fare fra overvann.,» NVE, 09 2023. [Internett]. Available: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2023/veileder2023_02.pdf.

[5] Oslo kommune, «Overvannsveileder - Retningslinjer og veiledning for overvannshåndtering i Oslo kommune,» 09 2023. [Internett]. Available: https://www.oslo.kommune.no/get-file/282459/b106815ac7b30cfbe7427383fc7edf79577e3edf7162b3e31d67a12797f2391a.

[6] Bymiljøetaten, Oslo kommune, «Gatenormal for Oslo,» 2021.

[7] Rambøll, «Designveileder for utforming og dimensjonering av trygge flomveier i veier og gate,» Rambøll, 2023.

[8] Rambøll, «Skybruddsplan Skien sentrum: modell- og risikorapport for statussituasjon,» Rambøll Norge, 2022.

[9] Rambøll, «Ekstremnedbør Oslo - Skadeomfang og kostnader,» Rambøll Norge, Alta, 2019.

[10] Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE), «Nytte/kost-verktøy for prioritering av tiltak mot naturfare,» NVE, Oslo, 2018.

13. DOKUMENT- OG VEDLEGGSOVERSIKT

Vedlegg …

01 – Kart over Alternativ 2
02 – Kart over foreslått Tiltakspakke
03 – Illustrasjoner av eksempeltiltak
04 – Metode
05 – Felles problemforståelse
06 – Stedsanalyse
07 – Multikriterieanalyse MKA
08 – Kost nytte analyse NKA
09 – Hydrauliske beregninger
10 – Reguleringsrisiko og Eiendomsjuridiske vurderinger
11 – Dokumentasjon fra WS1-4
12 – Bruttoliste
13 – Nettoliste