

Overvannskartlegging Nadderud



Kunde: Bærum Kommune

Prosjekt: Overvannskartlegging Nadderud

Prosjektnummer: 51594001

Dato: 16.03.2018

Sammendrag:

Bærum kommune har opplevd flere kraftige regn den siste tiden. Blant annet den 6. august 2016 og 19. august 2017. Bærum kommune, v/ vann og avløp har gjennomført et prosjekt for å kartlegge flomproblematikk i Nadderudområdet. Sweco og DHI har samarbeidet om å løse prosjektet for Bærum kommune.

Det ble laget en kombinert overflate- og ledningsnettmodell i Mike Flood over Nadderud. Regnet 6. august 2016 ble brukt som grunnlag for å kalibrere modellen, videre ble det simulert regn av ulike gjentakintervaller. Resultatene viser hvilke områder som er spesielt sårbare, og konsekvenser for områdene.

Prosjektet har identifisert problemområder og foreslått og modellert tiltak for å redusere konsekvensene ved kraftige regn i følgende problemområder:

- Gamle Ringeriksvei 43 – 53
- Nadderudbekken (fra Hosleveien til Nadderud Stadion)
- Gjønnnes stasjon
- Bekkestua sør
- Nordveien/Hagabråten

Resultatene er presentert i rapporten og på vedlegg, samt i GIS-filer som ble oversendt til Bærum kommune.

Rapporteringsstatus:

- ☒ Endelig
☐ Oversendelse for kommentar
☐ Utkast

Utarbeidet av: Torbjørn Friborg Gjermund Deggerdal	Rapporten er kontrollert av: Halvor Hardang
Prosjektleder: Torbjørn Friborg	Modellen er kontrollert av: Halvor Hardang
Prosjekteier: Ole Einar Garder	Kontaktperson hos Bærum kommune: Reidar Kveine

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
2	16.03.2018	Endelig utgave	Torbjørn Friborg	Halvor Hardang
1	12.03.2018	Andreutkast	Torbjørn Friborg	Halvor Hardang
	26.02.2018	Førsteutkast	Torbjørn Friborg	Halvor Hardang

Innholdsfortegnelse

Definisjoner	7
1 Innledning	9
1.1 Prosjektbeskrivelse	9
1.2 Anvendelse av dette dokumentet.....	10
2 Modellbeskrivelse	11
2.1 Grunnlag.....	11
2.2 Nedbørsfelt for prosjektområdet	11
2.3 Hydraulisk modell.....	12
3 Scenarioer	14
4 Resultater og diskusjon	16
4.1 Anvendelse og tolkning av resultater	17
4.1.1 Leverte filer.....	19
4.2 Usikkerhet	19
4.2.1 Følsomhetsanalyse	20
4.2.2 Konklusjon følsomhetsanalyse.....	21
4.2.3 Andre usikkerhetselementer i modellen.....	21
5 Problemområder og tiltaksanalyse.....	23
5.1 Tiltaksvurdering 1: Gamle Ringeriksvei 43 – 53	23
5.1.1 Omlegging av overvannsledning fra Gravsbekken til Nadderudbekken	24
5.1.2 Omlegging av både Gravsbekken og Hoslebekken.....	27
5.1.3 Oppsummering Tiltaksvurdering 1: Gamle Ringeriksvei 43 – 53.....	28
5.2 Tiltaksvurdering 2: Nadderudbekken fra Hosleveien til Nadderud Stadion	28
5.2.1 Åpen flomvei gjennom Nadderud Stadion-området.....	28
5.2.2 Fordrøyning på flerbruksarealer.....	31
5.2.3 Oppsummering Tiltaksvurdering 2: Nadderudbekken fra Hosleveien til Nadderud Stadion	31
5.3 Tiltaksvurdering 3: Gjønnnes stasjon.....	32
5.3.1 Ekstra bekkeinntak på oversiden av T-banen	35
5.3.2 Nye inntak i undergangene, beholde dagens OV-ledninger	38
5.3.3 Ny kulvert under T-banen og oppgradert ledning til basseng	39
5.3.4 Oppsummering Tiltaksvurdering 3: Gjønnnes stasjon	41
5.4 Tiltaksvurdering 4: Bekkestua sør.....	41
5.4.1 Inntak til eksisterende OV-ledning	42
5.4.2 Flomvei på terreng	43
5.4.3 Oppsummering Tiltaksvurdering 4: Bekkestua sør	45
5.5 Tiltaksvurdering 5: Nordveien/Hagabråten	45
5.5.1 Flomvei på terreng:	46
5.5.2 Oppsummering Tiltaksvurdering 5: Nordveien/Hagabråten.....	47
5.6 Andre problemområder	48

5.6.1	Problemområde 1: Granåsen 68 – 76.....	50
5.6.2	Problemområde 2: Lijordveien	51
5.6.3	Problemområde 3: Bispeveien 76-82.....	51
5.6.4	Problemområde 4: Lavbrekket mellom Prost Christies vei og Prost Holsviks vei	53
5.6.5	Problemområde 5: Lavbrekket mellom Prost Holsviks vei og Wilh. Wilhelmsens vei	53
5.6.6	Problemområde 6: Øygardsveien 80 og nederst i Kappelanveien	54
5.6.7	Problemområde 7: Nadderudveien 86-90.....	54
5.6.8	Problemområde 8: Fagertunveien 117 – 193	55
5.6.9	Problemområde 9: Fagertunveien 63 – 92	55
5.6.10	Problemområde 10: Gimleveien 17 m.fl.....	56
5.6.11	Problemområde 11: traseen for Gravsbecken	56
5.6.12	Problemområde 12: Nadderudveien 25	57
5.6.13	Problemområde 13: Kirkedalsveien/Krumveien.....	57
5.6.14	Problemområde 14: Tvettermyra	58
5.6.15	Problemområde 15: Bjørnemysveien 27-83	59
5.6.16	Problemområde 16: Kirkeveien 59.....	59
6	Referanser	60
7	Vedlegg	60
	Vedlegg 1: Teknisk modellbeskrivelse.....	61
	Programvare	61
	Koordinat og høydesystem.....	61
	Grunnlag	61
	Innmålinger	61
	Modellgeometri og avgrensning	61
	Høydemodell	62
	Infiltrasjon	64
	Ruhet, tidssteg, viskositet, «flooding and drying»	66
	Ledningsnettmodell	66
	Simuleringer	70
	Vedlegg 2: Oversikt over leverte filer	71

Definisjoner

Begrep	Forklaring
20/50/200-årsregn	For ekstreme nedbørshendelser er det vanlig å oppgi størrelsen på regnet som et gjentakintervall for hvor ofte det er sannsynlig at slike ekstreme hendelser inntreffer (10, 25, 50, 100, 200 år osv.). Eksempelvis vil det i det lange løp være ett regn som overskrider nivået for 200-årsregn i en 200-årsperiode (sagt med andre ord er sannsynligheten for et 200-årsregn 1/200 i løpet av ett år).
Drenslinje	Linje i terrenget hvor overvann samles i terrenget og renner videre. Sier ikke noe om vannmengde. Fungerer som en flomvei.
Flom	Oversvømmelse på terreng som vanligvis er tørt.
Flomvei	Trasé som leder flomvann til resipient. Kan være naturlig eller planlagt.
Fordrøyning	Tiltak som forsinker avrenning gjennom å samle opp vann og bare slippe ut en liten mengde om gangen.
Gjentaksintervall	Tidsintervall i antall år (gjennomsnittlig over en lang periode) mellom regnhendelser over en viss intensitet.
Høydemodell/ Terrengmodell	Beskrivelsen av terrenghøyder i et rutenett, der hver rute har én verdi. Til denne modellen er det brukt ruter med 4x4 oppløsning
Klimafaktor	For å ta hensyn til fremtidige endringer i klimaet (mer ekstremnedbør) multipliseres verdiene for regnet med en faktor. I denne utredningen er det brukt klimafaktor på 1,5, som tilsvarer 50 % kraftigere regn i fremtiden.
Nedbørsfelt	Arealet som leder vann til det aktuelle punktet.
Overflatemodell	Med overflatemodell menes det i denne utredningen den modellen som har beregnet hvordan regn transporteres på overflaten.
Overvann	Overflateavrenning som følge av nedbør eller smeltevann. Kan etter hvert samles opp i ledningsnett. Kan også kalles overflatevann så lenge det befinner seg på overflaten.

1 Innledning

1.1 Prosjektbeskrivelse

Klimaet er i endring. Det forventes stadig mer ekstremvær, med økte nedbørsmengder og mer intense nedbørhendelser, og dermed økt avrenning av overvann og flere overvannsflommer. Endringene stiller kommunesektoren overfor utfordringer som har innvirkning på flere ansvarsområder. Kunnskap om klimaendringenes potensielle konsekvens, og hvilke tilpasningstiltak som kan og bør gjennomføres, er således viktig som beslutningsgrunnlag for blant annet arealplanlegging, vannforsyning og avløpshåndtering.

Bærum kommune har opplevd flere kraftige regn den siste tiden. Blant annet den 6. august 2016 og 19. august 2017. Basert på data fra Meteorologisk institutt er disse regnhendelsene klassifisert som henholdsvis 200-årsregn og 50-årsregn lokalt i Bærum. Bærum kommune, v/ vann og avløp har gjennomført et prosjekt for å kartlegge flomproblematikk i Nadderudområdet. Sweco og DHI har samarbeidet om å løse prosjektet for Bærum kommune. Prosjektet har simulert regn av ulike gjentakintervaller, og viser hvilke områder som er spesielt sårbare, og konsekvenser for områdene. Bærum kommune har som mål å sikre trygge flomveier for overvann ved kraftige regnhendelser, og prosjektet inngår som en viktig del av dette arbeidet.

Prosjektet har bestått av flere deler:

- Etablere overflatemodell og kombinert modell (basert på eksisterende ledningsnettmodell) for Nadderud
- Presentere mulige problemområder hvor vann enten kan bli stående på terrenget eller flomme ukontrollert på overflaten og skape problemer. Her er det også viktig å påpeke eksisterende «barrierer» i flomveisystemet
- Foreslå mulige tiltak for å løse flomproblematikken i problemområdene, og simulere effekten av disse.

Prosjektgruppen har bestått av

Navn	Organisasjon	Rolle i prosjektet
Reidar Kveine	Bærum kommune	Prosjektleder Bærum kommune
Frode Berteig	Bærum kommune	
Galip Øzkara	Bærum kommune	
Torbjørn Friborg	Sweco	Prosjektleder Sweco, Modellør
Halvor Hardang	DHI	Kvalitetskontroll
Gjermund Deggerdal	Sweco	Modellør
Tobias Ericson	Sweco	Medarbeider tiltaksvurdering

1.2 Anvendelse av dette dokumentet

Rapporten beskriver først kort den tekniske oppbyggingen av modellen (kapittel 2) og scenarioene som er simulert i modellen (kapittel 3). De viktigste forutsetningene for modellen er også gjentatt i relevante avsnitt senere i rapporten. En fullstendig modellbeskrivelse er gitt i Vedlegg 1.

Analyse og kommentarer til resultatene finnes i kapittel 4 Resultatene og modellen overleveres til Bærum kommune i digital form. Rapporten gir råd om hvordan resultatene kan studeres videre på egenhånd, for å øke forståelsen av ledningsnettets funksjon og flom på overflaten ved kraftige regn (kapittel 4.1). En sammenfatning av leverte filer finnes i vedlegg 2.

Utredning av problemområder og vurdering av tiltak kommer i kapittel 5. Problemområder hvor Bærum kommune ønsket å se på tiltak i modellen er beskrevet i kapittel 5.1 – 5.5. I kapittel 5.6 er det videre beskrevet flere områder hvor overflatevann skaper problemer.

Ettersom modellområdet er stort, er det ikke plass til å kommentere og vise figurer fra alle områder i rapporten. Det er laget vedlegg til rapporten i høy oppløsning, som kan studeres for å se på hele modellområdet. Mer spesifikke resultater for andre områder kan fås ved å kontakte Vann og Avløp i Bærum kommune.

2 Modellbeskrivelse

Regnet er modellert i programvaren Mike Flood fra DHI. Modellen består av en ledningsnettmodell utarbeidet av ROSIM AS (levert august 2017) og en overflatemodell laget av Sweco (høsten 2017). Under gis det et sammendrag av de viktigste punktene i modellen. Fullstendig modellbeskrivelse er gitt i vedlegg 1.

2.1 Grunnlag

I Tabell 1 er grunnlagsdata som ble benyttet i utredningen listet opp.

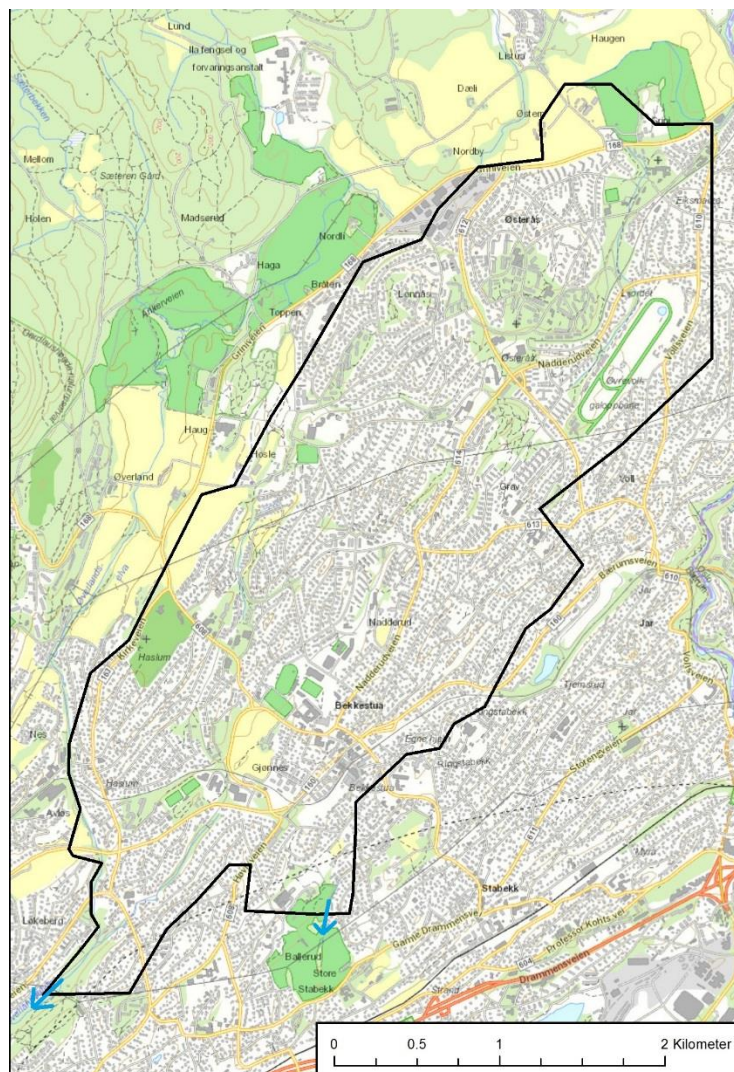
Tabell 1: Grunnlagsdata som er benyttet til utredningen.

Grunnlag	Leverandør	Dato
Terrengmodell	Bærum kommune	Basert på laserdata fra 2013
FKB	Bærum kommune	August 2017
IVF-kurver	Meteorologisk institutt	August 2017
Nedbørsdata for 2016 og 2017	Bærum kommune	September 2017
Ledningsnett og veisluk	Bærum kommune	August 2017
Ledningsnettmodell	Bærum kommune / ROSIM	August 2017
Ortofoto og grunnkart (brukt som bakgrunnskart i figurer)	Geodata	Februar 2018
Omregningstabell for rørdiametre	DHI / Ulike rørleverandører	September 2017
Punkter med registrerte hendelser 6. august 2016	Bærum kommune	August 2017
Løsmassekart	NGU	September 2017

2.2 Nedbørsfelt for prosjektområdet

Modellområdet for prosjektet (også kalt Nadderudfeltet) er vist med svart i Figur 1. Regn som faller i modellområdet vil renne mot sørvest, og ut av området i de to bekkene vist med blå piler (Øverlandselva i vest og Stabekken i øst). Modellområdet er avgrenset av nedbørsfeltet til områdene som har avrenning i ledningsnettet i overvannssonen Nadderud samt områder som har avrenning på terreng inn i overvannssonen.

Modellområdet omfatter deler av Bekkestubekkens nedbørsfelt, dette feltet vil bli gjenstand for en egen utredning sommeren 2018.



Figur 1: Modellområdet for den hydrauliske modellen, Nadderudfeltet. Vannet tar to veier ut av området, vist med blå piler.

2.3 Hydraulisk modell

Den hydrauliske modellen er en kombinasjon av to modeller; overflatemodellen og ledningsnettmodellen, den kan også kalles en «kombinert modell».

Modellen er bygd opp slik at det regner på overflatemodellen, og vannet renner i den retningen som har størst fall. Dersom vannet passerer ledningsnettet som er koblet til overflatemodellen og ledningsnettet har kapasitet til å ta imot vannet, vil det gå inn i ledningene, gjennom en såkalt kobling. Dersom ledningene er fulle og det er trykk i ledningene, kan vann komme tilbake opp på overflaten og strømmer videre i overflatemodellen. I bekker renner vannet på overflaten (overflatemodellen), i bekkelukkinger/kulverter i rør (ledningsnettmodellen).

Overflatemodellen tar utgangspunkt i høydemodellen som Bærum kommune har utviklet, men oppløsningen ble nedjustert til 4x4 m, det vil si at hver rute på 4x4 m har én høyde. Dette er nødvendig for å kunne sette opp en stabil modell, men gjør at detaljer i terrenget (som grøfter, kantstein med mer) ikke kommer med. Større grøfter og bekker blir også litt utydelige i høydemodellen. Modellen er basert på laserdata fra 2013; terrenget kan ha forandret seg etter den

tid, spesielt i områder som har blitt utbygd. Høydemodellen ble justert slik at bruer og gangbare kulverter ble «åpnet».

En del av nedbøren infiltreres i bakken. Ved normale regn er andelen regn som infiltreres betydelig, men ved ekstreme regn vil mye av regnet renne av flatene. For å beskrive de ulike områdenes avrenning ble det satt opp ulike verdier for infiltrasjon basert på arealbruk og løsmasser. Bygninger og veger ble satt til tette flater, med null infiltrasjon. Infiltrasjon benyttes i denne modellen i stedet for avrenningsfaktor for å si hvor mye av regnet som renner av.

Modellen ble først satt opp med tabellverdier for infiltrasjon. For å kalibrere modellen (bestemme infiltrasjonsparametere og utveksling mellom ledningsnett og overflate) ble det regnet som falt den 6. august 2016 simulert flere ganger. Modellert scenario ble sammenlignet med bilder og erfaringer fra 6. august 2016. Prosjektgruppen i Bærum kommune bidro med tilbakemeldinger. Infiltrasjonsegenskapene til de ulike jordartene ble justert for å tilpasse mengden vann i modellen mot den observerte hendelsen. Den dominerende arealtypen i området er bebygde områder, hvor det ble satt en infiltrasjonshastighet på 12 mm/t for plen. De andre parameterne er diskutert i Vedlegg 1.

Ledningsnettmodellen er utviklet av Rosim for Bærum kommune. Den er basert på data fra Gemini VA. I arbeidet med dette prosjektet har det blitt gjort mindre endringer i modellen for å rette opp feil og mangler som ble avdekket. Plastledninger har blitt endret slik at innvendig dimensjon er brukt i modellen, i stedet for ytre dimensjon.

Gate- og grøftesluk er ikke med i modellen, da dette ikke er vanlig å modellere i en ledningsnettmodell og ville tatt svært lang tid å legge inn. Dette medfører at det er en del steder hvor det samler seg vann i lavpunkter som i virkeligheten ville blitt drenert av sluk, for eksempel på veier, grøfter og parkeringsplasser. Men vær oppmerksom på at der hvor ledningsnettet går fullt, vil ikke flere sluk i modellen føre til en lavere vannstand på overflaten.

Ledningsnettmodellen inneholder heller ikke ledningsnett, sluk eller fordrøyningsmagasiner tilhørende andre enn Bærum kommune (f.eks. Statens vegvesen, Sporveien og private anlegg).

Vannet kan bare gå fra overflaten til ledningsnettet dersom det passerer over en kum. Tilsvarende vil vann fra ledningsnettet bare komme opp på overflaten fra kummer eller utløp. **Kun kummer tilknyttet OV- og AF-nettet ble koblet.** Det er antatt 30 l/s begrensning for hvor mye vann som kan gå inn/ut av ledningsnettet i hvert koblingspunkt. Grensen ble satt etter en sammenligning av antall sluk og antall kummer, samt antagelsen om at hvert sluk kan ta unna 20 l/s. Det var ca. 1,5 sluk pr. kum, som resulterte i grensen 30 l/s. Den samme grensen ble brukt til alle kummene, selv om antall sluk varierer mye mellom områdene. I bekkeinntak-/utløp er det fri utveksling mellom modellene. Bekkeinntak er modellert slik at det er kapasiteten på ledningen som bestemmer hvor mye som kan gå inn i ledningsnettet. Ved utløp fra ledninger til terreng renner vannet videre på overflaten.

3 Scenarioer

For å se på overvannsflommen er det simulert et sekstimersregn. I tillegg simuleres det én time avrenning etter det slutter å regne for å la vannet samle seg og renne ut av området. Maksimal vannstand oppstår i alle deler av området i løpet av disse syv timene, og simuleringen kan derfor avsluttes uten at man går glipp av vesentlige resultater.

Fem scenarioer har blitt simulert. Disse er:

- 20-årsregn
- 50-årsregn
- 200-årsregn
- 200-årsregn med klimafaktor 1,5
- Regnhendelsen 6. august 2016

Regn med ulike gjentakintervall har blitt konstruert med data fra Meteorologisk institutt. Det ble hentet inn IVF-kurver fra Blindern målestasjon. Denne ble valgt fordi den har lengre og bedre måleserier enn måleren på Øvrevoll (jf. e-post fra Meteorologisk institutt v/ Lars Grinde 30.11.2017). Regnene ble bygd opp som symmetriske regnhyetogram, det vil si at regnintensiteten varierer med tiden, med en topp halvveis i regnforløpet. Dette er en standard metode å bygge opp regn på, blant annet beskrevet i Norsk vann rapport nr. 193. På denne måten kan man simulere det regnet som gir størst flom, uavhengig av om det skyldes svært korte regn (eksempelvis flom i et boligområde langt oppe i nedbørsfeltet) eller lange regn (flom der vannet trenger tid for å samle seg, f.eks. nederst rundt Gjønnnes stasjon). Det ble ikke benyttet arealreduksjonsfaktor.

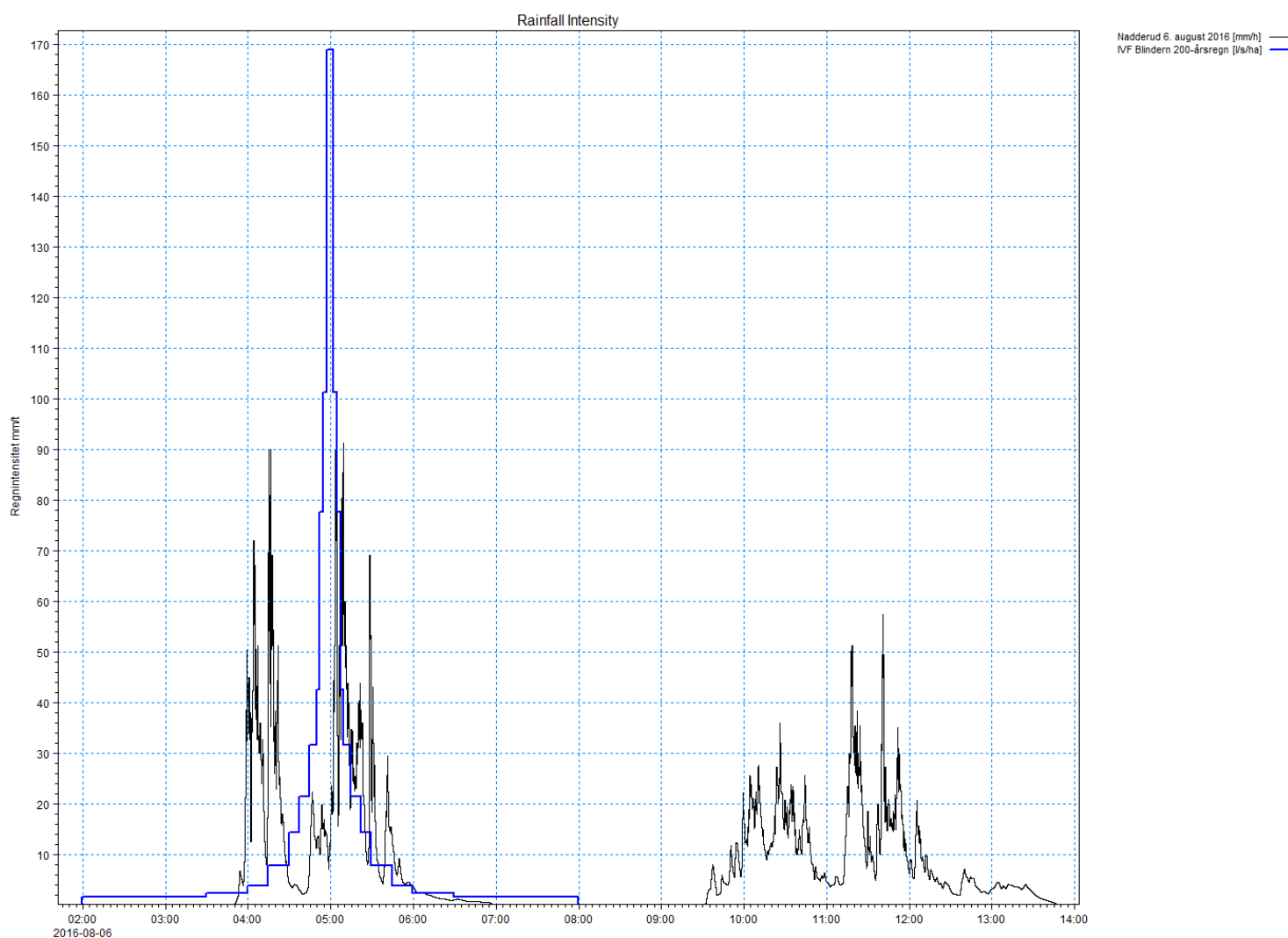
For å simulere regnet 6. august 2016 ble det benyttet data fra måleren på Nadderud (Øvrevollveien 49).

Det er verdt å merke seg at regnet som falt 6. august 2016 var langt og volummessig stort. Spissintensiteten i regnet var ikke så høy, anslagsvis et 5-årsregn. **De konstruerte regnene har en mye høyere spissintensitet enn regnet 6. august, dette medfører at den lokale flommen kan bli større for et konstruert 200-årsregn enn det som ble observert 6. august.** Det kom mer regn den 6. august 2016 enn det som ble modellert i 200-årsregnet, men regnet kom over en lang periode. Figur 2 (neste side) viser oppbyggingen av et 200-årsregn og regnet 6. august 2016.

Det forventes økt nedbørsintensitet både for korte og lange regn i fremtiden. Det er for tiden vanlig å dimensjonere med klimafaktor 1,4 – 1,5 for å ta hensyn til økte nedbørsmengder. Dette er basert på forskningen som er gjort på området. Blant annet har Førland, Mamen, Dyrrdal, Myrabø, & Grinde i rapporten *Dimensjonerende korttidsnedbør* (2015) beregnet klimafaktorer for ulike klimascenarioer for ulike regnvarigheter. Det er i Norsk vann rapport nr. 162 side 14 vist til flere slike undersøkelser. En undersøkelse av nedbørsdata fra Blindern viste at nedbørsintensitetene har økt med 40 – 50 % fra 1968 til 2000. Norsk klimaservicesenter (2017) anbefaler en klimafaktor på minst 40 % for Oslo og Akershus.

Forventede klimaendringer gjør regnene mer intensive. Dette betyr at fremtidens 20-/25-årsregn er på størrelse med dagens 200-årsregn. For å spare simuleringstid og arbeid, er det derfor bare simulert ett regn med klimafaktor, som er 200-årsregnet med klimafaktor 1,5. Dersom man ønsker å se effekten av klimaendringer og et 20-årsregn anbefales det å se på resultatene for dagens 200-årsregn.

Bærum kommune dimensjonerer kommunalt ledningsnett for et 25-årsregn med klimafaktor 1,4. Dette tilsvarer ganske nøyaktig dagens 200-årsregn.



Figur 2: Regnintensitet for regnet 6. august 2016 (målt på Nadderud) i svart og et konstruert 200-årsregn i blått. Enheten er mm/t.

4 Resultater og diskusjon

I de videre kapitlene kommenteres resultatene av simuleringene og bruksområder. Da det er de enkelte områdene som er mest interessante, kommenteres resultatene for enkeltområder, og ikke så mye samlet. Flom på overflaten vises med en blå fargeskala, der mørkere blåfarge indikerer høyere vannstand. Fargeskalaen er den samme på vedlegg og figurer i rapporten.

For å se detaljer om områder som oversvømmes anbefales det å studere resultatene i GIS eller vedleggene. Ettersom modellområdet er stort, vil figurer som viser resultater for hele området ha liten oppløsning og være vanskelig å lese ut resultater fra. Det er derfor laget vedlegg til rapporten i høy oppløsning, som kan studeres for å se på hele modellområdet. Mer spesifikke resultater for andre områder kan fås ved å kontakte Vann og Avløp i Bærum kommune.

Det må påpekes at det i figurene og vedleggene er vist maksimalvannstand som opptrer i løpet av den simulerte perioden for hver celle i modellen. Dette betyr at det ikke er et øyeblikksbilde som studeres, men den verste situasjonen med tanke på flomvannstand for hvert område. Det samme gjelder resultater for vannføring, vannhastighet og tilstanden i ledningsnettet.

Årsakene til flom kan være sammensatte. Ulike kombinasjoner av høy andel tette flater, ugunstig flomvei og ledningsnett som ikke tar unna kan påvirke resultatet. Resultatene fra ulike modeller og undersøkelser må sees i sammenheng, og det bør settes av god tid til å forstå hvorfor det er flomproblemer i et område slik at de rette tiltakene planlegges.

Flom på overflaten på grunn av kraftig regn skyldes som regel én eller flere av disse årsakene:

- Elv eller bekk i området som flommer over
- Ledningsnett som ikke tar unna vannet
- Ledningsnett som fører vann opp på overflaten
- Lavpunkt i terrenget (grop)
- Veier eller andre terrengformasjoner som demmer vann
- Flomvei som samler mye vann
- Terreng med lite fall
- Bygninger i flomveien

Flomtoppen vil opptre på ulike tidspunkter i nedbørsfeltet. Øverst vil det være en flomtopp kort tid etter spissen på regnet, mens det lenger nede, f.eks. rundt Gjønnnes stasjon, tar ca. en-to timer før vannet samler seg slik at flomtoppen nås.

Flomvannet som ikke går i ledningsnettet vil gå på overflaten (enten fordi det ikke er plass i ledningsnettet, eller fordi vannet ikke kommer seg ned i ledningsnett på grunn av for få sluk). Vannet vil alltid velge minste motstands vei. Både erfaringene fra de ekstremregnene som har vært og modellresultatene viser at vannet mangler gode flomveier en del steder (blant annet belyst i problemområdene som vises i kapittel 5.6). **Det er viktig å sikre gode flomveier for å unngå skade på bygninger og annen infrastruktur.** Der hvor det ikke kan avsettes et eget areal til flomvei (som en grønn grøft eller åpen bekketrasé), vil veier, turveier og gangveier på enkelte steder måtte inngå som en del av flomveiene. Dette berører både eksisterende, utbygde arealer og fremtidige utbygginger. Flomveiene tas sjeldent i bruk, og i områder hvor det er høyt press på arealutnyttelse er det mulig å kombinere flomvei med arealer som normalt vil ha et annet formål enn flomvei. Det er spesielt viktig å huske på flomveier ved regulering og utbygging av nye områder, da det er lettere å tilrettelegge for flomvei jo tidligere i prosessen man er.

4.1 Anvendelse og tolkning av resultater

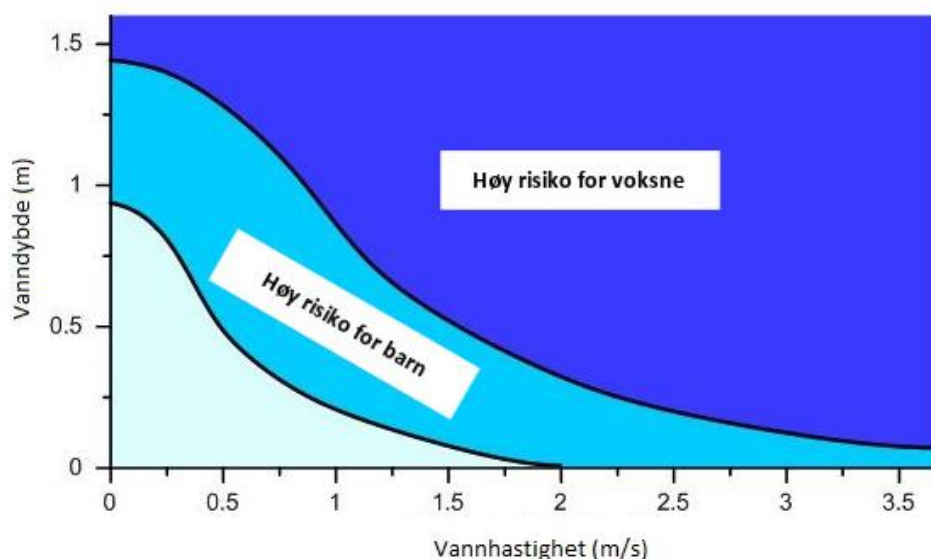
Høy vannhastighet opptrer hovedsakelig på veier med godt fall i lengderetningen. De beregnede vannhastighetene er under 0,5 m/s i de fleste boligområdene, men kan komme opp i 1 m/s på mange gater i boligstrøk. På hovedveier og gangveier som har godt fall er vannhastigheten over 2 m/s flere steder, høyeste maksimalhastighet ligger rundt 3,5 m/s på de bratteste veiene. Noen steder er det høy hastighet inntil en bygning, dette skyldes at simuleringen gir vannet høy hastighet i horisontalplanet på vei ned fra bygningen, selv om dette ikke er tilfelle. Hastigheter kan sees på resultatfilene som leveres i GIS, for eksempel for å utrede områder som er sårbare for erosjon ved ekstremregn. Ved utbygging av flomveier vil det være spesielt interessant å se på hastigheter for å kunne erosjonssikre flomveiene.

Hva som er en «høy» vannhastighet vil variere etter type underlag og vannstand. Statens vegvesens håndbok N200 har blant annet en tabell som viser vannhastighet uten fare for erosjon i ulike typer grøfter (Tabell 2). Det finnes grenseverdier for ulike fareklasser (fare for barn og voksne) ved ulike kombinasjoner av høy vannstand og vannhastighet. Et eksempel fra USA er vist i Figur 3. Et annet eksempel finnes i Norsk vann rapport nr. 204. Resultatene for vannhastighet er ikke bearbeidet videre i dette prosjektet.

Tabell 2: Vannhastighet uten fare for erosjon i ulike typer grøfter.

Utdrag fra figur 405.8 i Statens vegvesens håndbok N200, side 147.

Kledningsmateriale i grøft	Vannhastighet uten fare for erosjon m/s
Betongkledning	2,5 – 5,0
Asfaltert dekke	2,0 – 5,0
Steinsetting (jevnt utlagt)	2,0 – 5,0
Grus	1,0 – 1,5
Småstein	1,2 – 2,0
Jord uten vegetasjon	0,5 – 0,8
Jord med lett vegetasjon	0,5 – 1,2
Ujevn steinkledning	1,5 – 3,0
Jord med kraftig vegetasjon	1,0 – 2,0
Naturlig bekk og elv	–



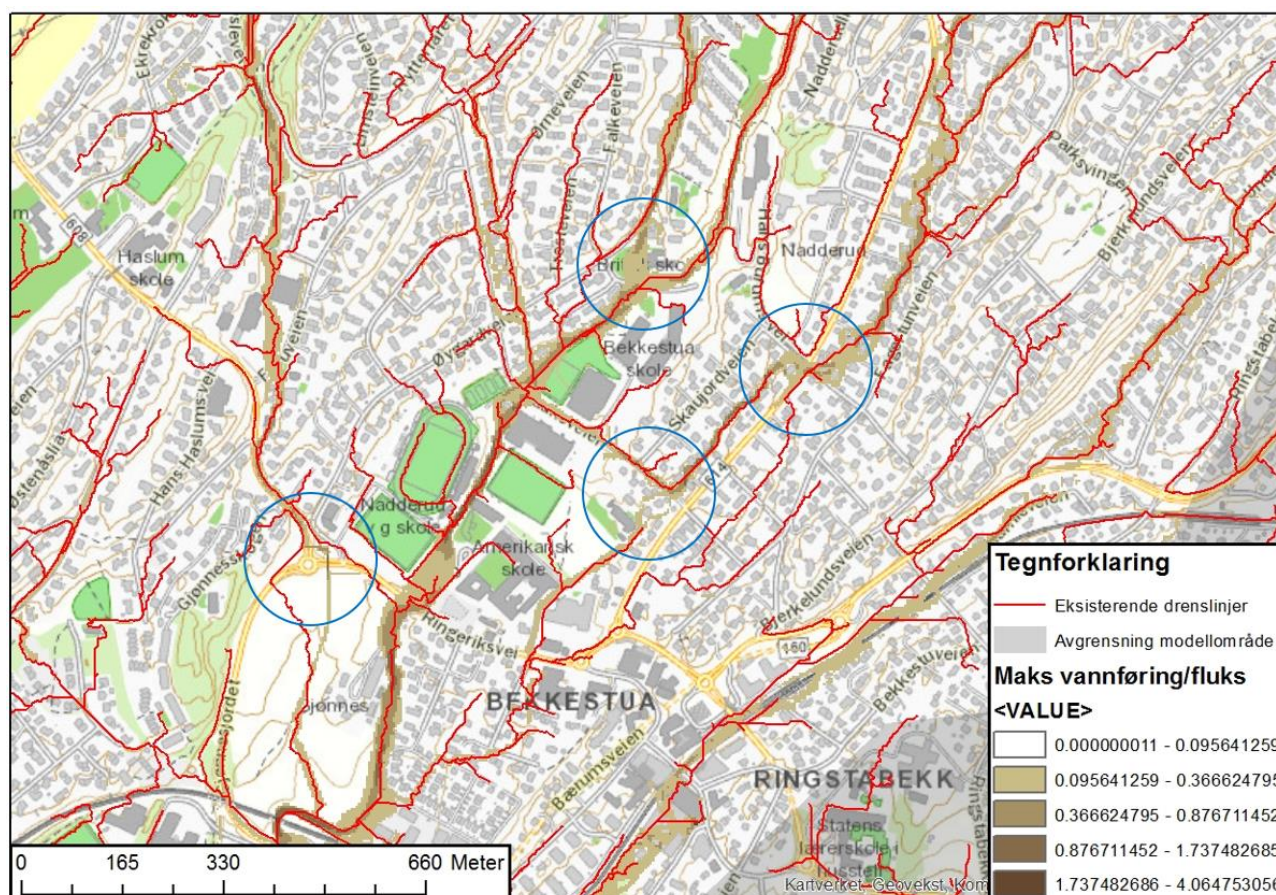
Figur 3: Grunnlag for risikokart (USBR 1988)

Flomveiene (Bærum kommunes skybruddskartlegging) er laget basert på en GIS-analyse, hvor vannet beveger seg videre til den cellen som gir størst høydeforskjell i hvert steg. Denne metoden gir ingen beskrivelse av utbredelse av flomveien, men gir en indikasjon på hvilken vei vannet tar. Dersom det er mye vann kan vannet ta flere veier. I arbeidet med skybruddskartleggingen ble ikke alle underganger åpnet opp, slik at flomveien kan være beskrevet feil om høydemodellen ikke er tilpasset de stedene vannet kan gå gjennom.

Ved simulering med regn på terreng tar vannet hovedsakelig de samme flomveiene som i GIS-analysen. Dersom det er mye vann vil vannet bre seg utover, og ved oppstuvning på grunn av lite fall kan vannet også finne alternative veier. Kartlaget (GIS) som viser maksimal vannføring i cellene (maksimal fluks) viser hvordan vannet beveger seg i terrenget ved et gitt gjentaksintervall. Det anbefales derfor å sjekke flomveiene opp mot kartet som viser maksimal vannføring for å se utbredelsen av flomveiene, og om vannet går på flere steder.

Det er også laget GIS-lag som viser hvilke maksimalvannføringer (maksimal fluks) som kan oppstå i flomveiene. Verdien er i enheten m^3/s pr. meter cellekant. **Ettersom cellene i denne modellen har lengde 4 m, må verdiene multipliseres med 4 m for å få enheten m^3/s pr celle.**

Resultatene er kun levert i GIS-format. Disse resultatene kan benyttes til å utbredelsen av eksisterende flomveier og finne avvik mellom drenslinjer (fra skybruddskartleggingen) og modellen (se for eksempel vedlegg 8). Eksempler på avvik er vist i Figur 4.



Figur 4: Eksempel på hvordan eksisterende Skybruddskartlegging (drenslinjer i rødt) kan sammenstilles med modellresultater (mørkere brunfarge viser høyere vannføring i cellene) for å finne ut mer om flomveiene. Noen aktuelle forskjeller mellom resultatene er markert med blå sirkler.

4.1.1 Leverte filer

I Vedlegg 2 gis det en oversikt over filene som leveres til Bærum kommune. Disse kommer i tillegg til de øvrige vedleggene (se kapittel 7), og er en del av utredningen men ikke en del av rapporten. Disse filene er modell- og resultatfiler (MIKE og GIS).

Det leveres dynamiske resultatfiler for ledningsnett, slik at Bærum kommune kan sette seg bedre inn i prosessene som skjer i ledningsnett ved ekstremregn. Resultatene er fra sekstimersregn i sentrum. Disse filene kan vises i Mike View, et gratisprogram for visning av resultater fra Mike-modeller. Modellene kan videreutvikles om ønskelig, blant annet kan det simuleres flere scenarioer. Dette krever lisens på Mike Urban og Mike 21. Det er mulig å få en gratis 30-dagerslisens for å prøve ut programvaren.

Resultatfilene for ledningsnett kan være til hjelp for å se hvordan ledningsnett reagerer på nedbøren som kommer. Resultatfiler fra ledningsnett kan studeres i Mike View, et gratis visningsprogram for resultatfiler fra flere typer Mike-programvare. Her kan man hente ut vannføringskurver, ta ut lengdeprofiler og se hvordan vannføring og vannstand i rørene varierer utover i scenarioet. Kommunen kan benytte resultatene til å se behov for oppgradering av ledningsnett i forbindelse med regulering.

Resultatene kan legges ut som kart i kommunens kartportal. Det anbefales da å legge ved informasjon om hvordan resultatene er fremkommet.

4.2 Usikkerhet

Den største usikkerheten i modellen ligger i hvordan regn omgjøres til avrenning når det treffer bakken, og hvordan avrenningen fordeler seg mellom ledningsnett og overflate. For å redusere usikkerheten rundt disse parameterne har modellen blitt kalibrert mot hendelsen 6. august 2016, som tidligere beskrevet. Parameterne ble justert for at modellen skal etterligne den observerte hendelsen best mulig. Hvordan disse parameterne påvirker resultatet er vist i følsomhetsanalysen

Hvordan vannstanden varierer med ulike regnhendelser kan til en viss grad studeres ved å se på resultatene fra de ulike regnene, så det anbefales å konferere disse resultatene for en følsomhetsanalyse rundt mengden regn.

Det er ikke gjort følsomhetsanalyse rundt oppbyggingen av regnet (hvordan påvirkes flommen av at intensiteten varierer i løpet av regnet). Det antas at et langt regn med en nokså konstant intensitet gjennom hele regnet vil føre til en lavere flom i områder som er høyt oppe i nedbørsfeltet. Flommen i områder langt nede i nedbørsfeltet forventes å bli den samme med det simulerte regnet som ved et langt, jevnt regn, fordi området har lang konsentrasjonstid og reagerer saktere på regn enn områder lengre oppe i nedbørsfeltet.

4.2.1 Følsomhetsanalyse

Kalibreringen og simuleringen med ulike infiltrasjonsparametere viser hvilken usikkerhet som ligger i valg av infiltrasjonsparametere og utveksling med ledningsnett. Det har blitt simulert både høyere og lavere infiltrasjonskapasitet enn det som ble valgt som den endelige verdien, samt høyere utveksling med ledningsnett.

Usikkerheten i modellen illustreres her ved at vannstanden i fem forskjellige punkter oppgis for tre scenarier. Scenariene er med endelige parametere (12 mm/t infiltrasjon for utbygde områder og maks 30 l/s/kum), lavere infiltrasjonshastighet men samtidig noe høyere utveksling (9 mm/t infiltrasjon og maks 100 l/s/kum) og høyere infiltrasjonshastighet og ingen begrensning i utveksling mellom overfalte/ledningsnett (18 mm/t infiltrasjon). De fem punktene er vist på Figur 5.

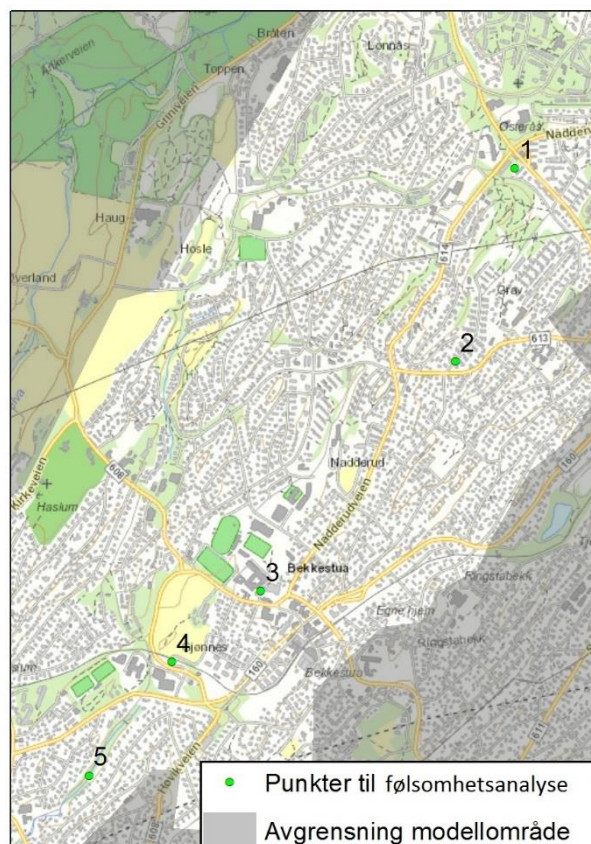
Punkt 1, Parkeringsområde Hagaveien er et lavpunkt høyt i nedbørsfeltet, og påvirkes ikke så mye av de ulike parameterne. Her var det flere problemer 6. august, og resultatene antas å stemme bra.

Punkt 2, Fagertunveien, er flomvei for vann som ikke går i ledningsnett. Langs denne veien er det mange sluk, mye tettere enn gjennomsnittet som la grunnlaget for grensen på 30 l/s mellom kummer og ledningsnett. I denne gaten var det ikke observert problemer 6. august. Modellen viser økende vannstand i gaten jo mindre vann som kan gå til ledningsnett, og usikkerheten her er stor.

Punkt 3, Gamle Ringeriksvei 45-47, fylles opp med vann fra både ledningsnett og terreng. Oversvømmelsen blir mindre når utvekslingen strupes, dette antas å være korrekt.

Punkt 4, Undergang Gjønneshagen, er et lavpunkt, vannmengden nokså den samme. I modellert scenario har det rent over høybrekket i rundkjøringen, noe det ikke gjorde 6. august 2016. Det er derfor for mye vann her i modellen, men kalibreringen viser samme vannstand med de ulike parameterne.

Punkt 5, Gangvei, er flomvei fra Gjønnnes stasjon, her er forskjellen stor i maksimalverdi, når mindre vann går i ledningsnett går mer på overflaten.



Figur 5: Punkter i følsomhetsanalysen.

Tabell 3: Vannstand i ulike punkter i modellen ved tre ulike parameterverdier.

Punkt (1-5):	Endelige parametere Maks 30 l/s/kum	Lavere infiltrasjon Maks 100 l/s/kum	Høyere infiltrasjon Ingen grense for utveksling
1: Parkeringsområde Hagaveien	0.41	0.41	0.46
2: Fagertunveien nord for Hosleveien	0.69	0.33	0.07
3: Gamle Ringeriksvei 45-47	0.41	0.74	0.71
4: Undergang Gjønnesheien	1.57	1.56	1.48
5: Gangvei	0.76	0.75	0.31

4.2.2 Konklusjon følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalysen viser at flommen i områder høyt i nedbørsfeltet ikke påvirkes så veldig av valg av de undersøkte parameterne. Infiltrasjonen utgjør en liten del av det totale regnet. Flommen i områder langt nede i nedbørsfeltet er mest påvirket av utvekslingen mellom ledningsnett og overflaten, da dette påvirker hvor mye vann som blir værende på overflaten.

Reduksjon i vannføringen som tillates til ledningsnettet fra overflaten i hver kum medfører økning av vannstand på terreng, men en reduksjon av oversvømmelsen i områder der vann kommer opp av ledningene. Det er ikke mulig å sette forskjellige verdier for inn- og utstrømning av ledningsnettet.

Selv om modellen er justert etter erfaringene 6. august 2016, bør det jobbes med videre justeringer for å få en enda bedre modell. Dette kan gjøres ved å gå grundigere gjennom materialet fra 6. august, og justere inn ulike verdier for parameterne i forskjellige områder. Usikkerheten er for høy i enkelte områder, spesielt gjelder dette Fagertunveien, der det ikke var registrerte problemer 6. august, men modellen viser mye vann og flere oversvømte bygninger.

4.2.3 Andre usikkerhetselementer i modellen

Høydemodellen har en oppløsning på 4x4 m. Det vil si at hver rute på 4x4 m har én høyde. Dette er nødvendig for å kunne sette opp en stabil modell, men gjør at detaljer i terrenget (som grøfter, kantstein med mer) ikke kommer med. Større grøfter og bekker blir også litt utydelige i høydemodellen. Vannets strømning på overflaten kan bli feil dersom det er små høydeforskjeller i terrenget som virker inn på vannets ferd (eksempelvis kupert terreng som fordrøyer vann i små groper). Den vanligste oppløsningen i tilsvarende utredninger og modeller er 4x4 m som her, og usikkerheten rundt terrenget i denne modellen er derfor ikke spesielt stor sammenlignet med andre.

Terrenget er bygd med laserdata fra 2013, mens bygningene er hevet 3 m med fotavtrykk fra FKB-data hentet inn i 2017. Siden 2013 kan det ha blitt gjort endringer i terrenget i forbindelse med byggingen av de nyeste bygningene, slik at det kan være feil terreng rundt noen bygninger. For eksempel vil en bygning som er oppført der det var en byggegrop da laserdataene ble hentet inn kunne få betydelige lavpunkter i terrenget rundt seg. Dette vil igjen føre til feilaktig mye vann inntil bygningen når flommen modelleres. Bærum kommune skal laserscannes på nytt i løpet av 2018,

og ved fremtidig vedlikehold av modellen er det anbefalt å bytte til oppdaterte data for høydemodellen.

Ledningsnett er lagt inn med kommunale ledninger, og vann fra overflaten kan bare komme inn i kummer. Kapasiteten på ledningsnett anses som godt beskrevet i ledningsnettmodellen. Det kan fremdeles være mindre feil i modellen, men disse antas å ikke påvirke kapasiteten i ledningsnett i særlig grad.

Sluk og mindre ledninger enn 160 mm er ikke med. Denne begrensningen i modellen kan føre til at modellen overestimerer vann på overflaten som ellers ville blitt drenert bort av sluk. Spesielt i lavpunkter i bebygde områder er dette en stor usikkerhet. Der hvor det er ledningsnett i nærheten, og ledningsnett er fullt likevel, kan man anta at slukene ikke ville tatt unna noe særlig vann, og resultatene er derfor i nærheten av det som kan forventes også for disse områdene.

5 Problemområder og tiltaksanalyse

Alle tiltak og problemområder er modellert/beskrevet med dagens 200-årsregn (tilsvarer et fremtidig 25-årsregn).

I tiltaksvurderingen er det utelukkende sett på konsekvenser for ledningsnett og flom på overflaten. Det er forsøkt å tilpasse tiltakene til gjeldende utbyggingsplaner, men da vi ikke har hatt full oversikt over planene, vil det være enkelte tiltak som ikke er gjennomførbare slik de er modellert. Det er da viktig å se konsekvensen av tiltaket, og vurdere om tiltaket kan utformes på en annen måte for å oppnå en tilsvarende, eller bedre, effekt. Økonomiske konsekvenser og konsekvenser for annen infrastruktur er i liten grad vurdert. Tiltak bør gjennomføres sammen med annen utbygging eller andre tiltak i området, for eksempel ombygging av veger eller separering av fellesavløpssystemer.

5.1 Tiltaksvurdering 1: Gamle Ringeriksvei 43 – 53

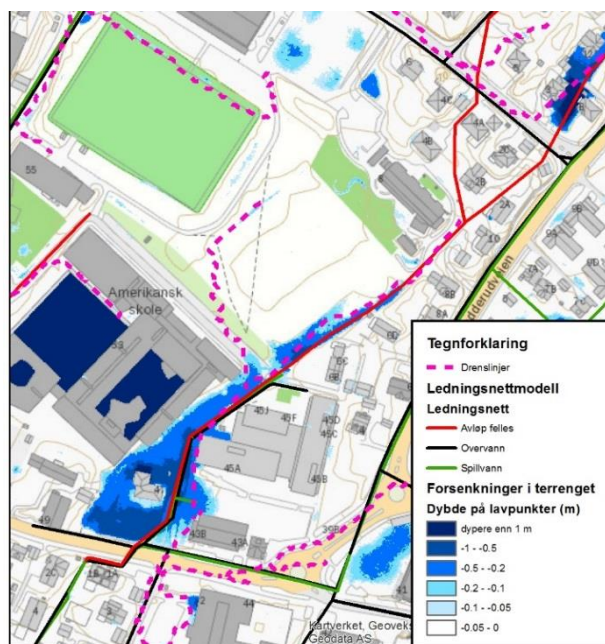
Områdebeskrivelse:

Området rundt Gamle Ringeriksvei 43 – 53 er et kjent problemområde, og opplevde store problemer den 6. august 2016, da vann fra overflaten rant inn i kjelleren på nr. 45. Området er et lavpunkt nord for Gamle Ringeriksvei, og vannet kan stå opp mot 70 cm på terreng (ved nr. 47) før det renner over Gamle Ringeriksvei. Dette gjør området spesielt utsatt for flom.

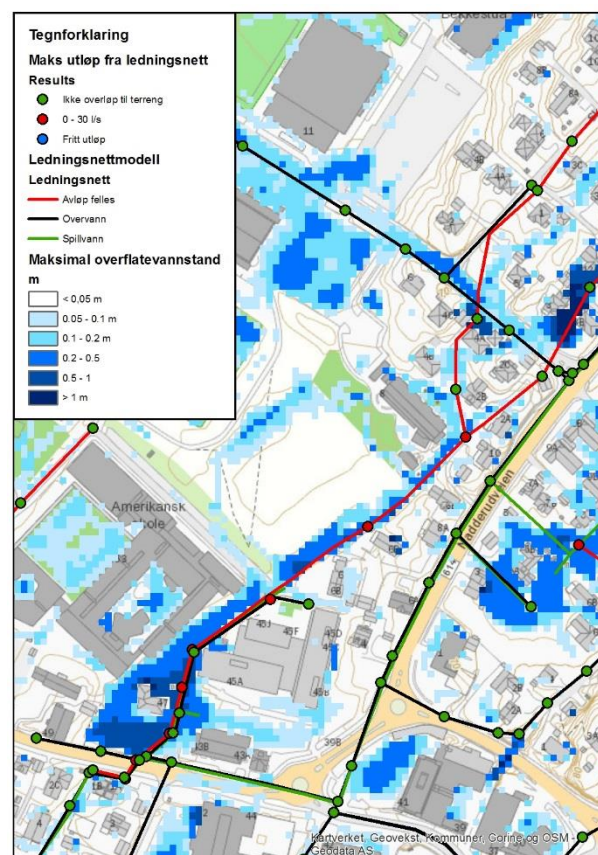
Gamle Ringeriksvei demmer opp vannet, og med tanke på flomsituasjonen i området bør den senkes. Dette vil imidlertid føre til en kraftigere flom i flomveien gjennom boligområdet på nedsiden. Flomveien bør derfor avskjæres ovenfor av det aktuelle problemområdet, og ledes til Nadderudbekken, hvor det er lettere å etablere gode flomveier nedstrøms. Ved utbygging av området vil flomvannføringen nedstrøms avta til tross for utbyggingen dersom anbefalingene i denne rapporten følges.

Drenslinjene som Bærum kommune har laget indikerer at vannet fra nedbørsfeltet til området er begrenset. Modellen viser at vann fra Haukeveien renner ned mellom nr. 2 og 8, som kommer ned til problemområdet. Ved kraftig regn er kapasiteten i ledningsnett ved Gamle Ringeriksvei for liten. Dette medfører overtrykk i ledningsnett, og vann kommer opp på overflaten.

Ledningen som kommer hit i dag er en 900 AF i betong. Denne har dimensjon 900 mm eller 1000 mm opp til Hosleveien, hvor den er koblet sammen med overvannsnett i krysset Fagertunveien/Hosleveien. I kummen som forbinder de to systemene er det en luke som kan lukkes for å hindre vann i å renne ned i AF-ledningen mot Gamle Ringeriksvei 43 – 53. I forbindelse med separering av AF-nettet i Gravsbekken vil denne ledningen kobles fra. Ledningen som forbinder ledningsnett i Hosleveien med AF-systemet ble derfor tatt vekk i modellen. Likevel kommer det mye vann i ledningsnett ned til problemområdet.



Figur 6: Drenslinjer og forsenkninger i terrenget rundt Gamle Ringeriksvei 43 – 55.



Figur 7: Flom på terreng rundt Gamle Ringeriksvei 43 – 55.

5.1.1 Omlegging av overvannsledning fra Gravsbecken til Nadderudbekken

Beskrivelse av tiltaket:

Bærum kommune gjennomfører for tiden et forprosjekt for å separere AF-ledningene som går fra Gamle Ringeriksvei 43 – 53 og oppover traseen til Gravsbecken, til Hosleveien i nord. I den forbindelse er det aktuelt å legge den nye overvannsledningen fra Gravsbecken bak Oslo internasjonale skole og inn på eksisterende overvannsledning for Nadderudbekken i stedet for i dagens trasé (Figur 8).

Detaljene rundt dimensjoner og fall på ny overvannsledning ovenfor problemområdet er ikke avklart på dette tidspunktet, men forutsetningene for ny OV-ledning til Nadderudbekken er nokså fastlagt. Det er laget et lengdeprofil i forbindelse med forprosjektet. Det vil sannsynligvis bli en 1200 mm ledning bak skolen. Ledningen må ligge grunt for å komme inn på Nadderudbekken. Det blir da ingen videreføring av overvann i ledningsnett ned til problemområdet. I forbindelse med omlegging av ledningen kan det være aktuelt å øke overdekningen over ledningen med en flomvoll, som også vil fungere avskjærende på flomveiene på terreng (de som er vist i Figur 6), slik at vann på terreng går mot Nadderudbekken (dette ble ikke lagt inn i modellen).

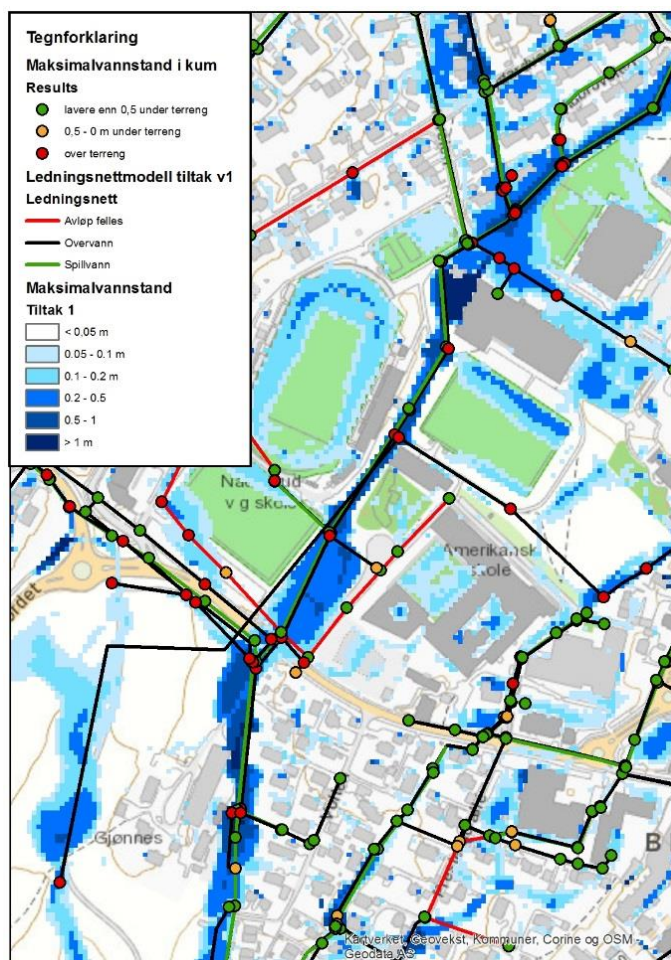
Effekt av tiltaket:

Omleggingen av Gravsbekken løser problemet med at ledningsnettett gjennom området Gamle Ringeriksvei 43 – 53 ledet vann opp på terreng. Dette reduserer vannstanden på terreng vesentlig sammenlignet med dagens situasjon. Ny flomvannstand etter tiltaket er vist på Figur 9.

Det er fremdeles en del vann på terrenget, men dette må forventes, da området er et lavpunkt, og regnvann som ikke finner veien inn i ledningsnettett vil renne hit, jf. flomveiene/drenslinjene i Figur 6, side 24.

Det kan fremdeles komme noe vann opp av enkelte kummer i Gravsbekken, ettersom det blir trykk i ledningen fordi Nadderudbekken ikke har kapasitet til å ta unna alt vannet (kulverten var full allerede før omleggingen). Omleggingen fører til at det blir mer vann som skal gå i samme ledningen, dette resulterer i oppstuvning i ledning til terreng. Omleggingen fører til mer vann på terreng i traseen for Nadderudbekken, både oppstrøms og nedstrøms samløpet. Vannstanden på terreng øker om lag 6 cm opp til og med Haukeveien 10. Nedstrøms samløpet øker vannstanden på terreng om lag 3 cm fra samløpet og i flomveien helt ned til Gjønnnes stasjon og flombassenget ved Gjønneshallen.

Tiltaket løser altså problemet ved Gamle Ringeriksvei 43 – 53, men fører til økt belastning på flomveiene ned til Rv160 Bærumsveien. Dette er et allerede hardt presset område, og for å gjøre tiltak i Gravsbekken må det også gjøres tiltak lenger nedstrøms, deriblant at flomløpet mellom Gamle Ringeriksvei og Gjønnnes stasjon sikres.



Figur 9: Maksimal flomvannstand og vannstand i kummer etter omlegging av Gravsbekken mot Nadderudbekken.

5.1.2 Omlegging av både Gravsbekken og Hoslebekken

Beskrivelse av tiltaket:

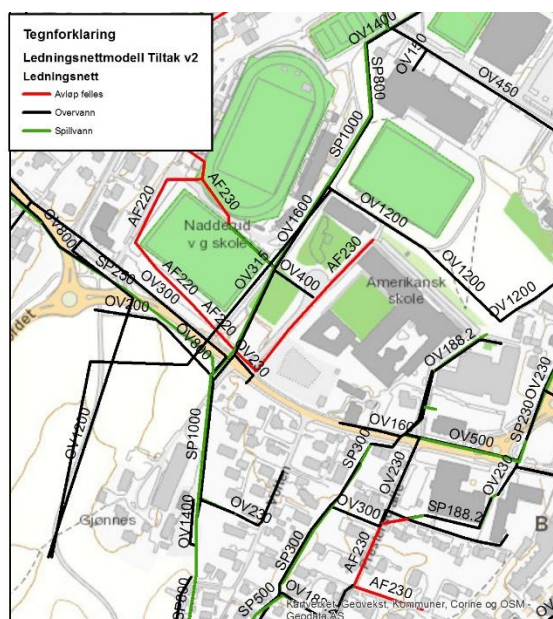
Hoslebekken kommer inn og har samtløp med Nadderudbekken i Gamle Ringeriksvei ved Nadderud Stadion. Hoslebekken renner i en 800 mm betongledning fra Gamle Ringeriksvei 73. Ved fremtidig etablering av park på Gjønnesjordet kan denne ledningen tas ut i dagen på nedsiden av Gamle Ringeriksvei. Ledningen kommer nokså dypt, og for å komme ut i dagens terreng må ledningen legges halvveis ned i parken. Ved etablering av åpen bekk kan terrenget senkes, slik at bekken kan starte øverst i parken. Alternativt kan bekken/ledningen avskjæres nordvest for rundkjøringen og ny kulvert etableres under veien. Da vil det være lettere å få vannstrømmen ut i terrengnivå i parken.

Formålet med tiltaket er å redusere vannmengdene i kulverten som går på østsiden av Gjønnes gård («frigi» plass til Gravsbekken) og skape et levende parkmiljø. For å simulere effekten av tiltaket på flommen ble Hoslebekken frakoblet Nadderudbekken, og i stedet ført til parken i en lang ledning (1200 mm for å ikke være begrensende på vannføringen). Ledningen ble lagt ned til midten av parken, da formålet ikke var å se på parkens utforming.

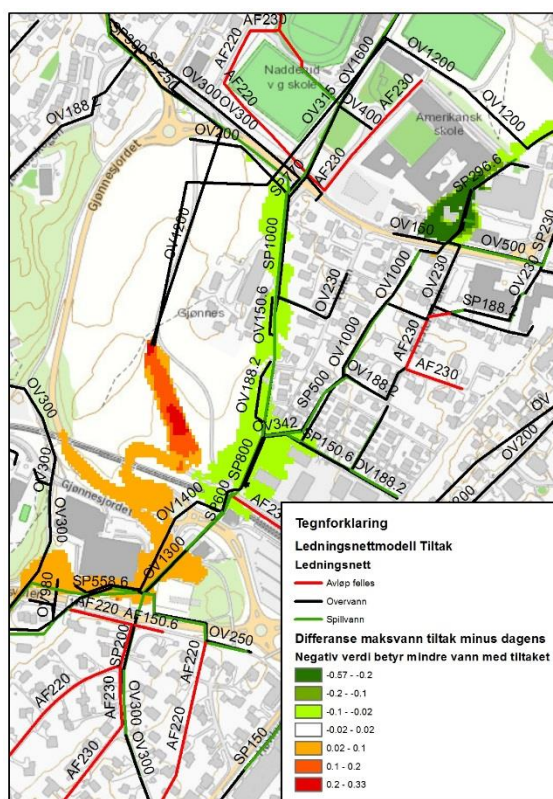
Gravsbekken forutsettes omlagt bak Oslo internasjonale skole og til Nadderudbekken som beskrevet i kapittel 5.1.1.

Effekt av tiltaket:

Omlegging av Hoslebekken reduserer vannføringen til Nadderudbekken omtrent like mye som Gravsbekken øker den. **Det å ta Hoslebekken ut i Gjønnesparken kan derfor kompensere for den økte belastningen omlegging av Gravsbekken fører til på Nadderudbekken under Nadderud Stadion.** Omleggingen av de to bekkene fører til en høyere vannstand ned mot Gjønnes stasjon på mellom 5 og 8 cm. Vannstanden i Gjønnesparken øker rundt 20 cm, dette anses ikke som problematisk da det i forbindelse med tiltaket må tilrettelegges en trygg flomvei.



Figur 11: Omlegging av Gravsbekken til Nadderudbekken og en delstrøm til Gjønnesparken sammen med omlegging av Hoslebekken til Gjønnesparken.



Figur 10: Endring i maksimalvannstand ved tiltaket sammenlignet med 200-årsregn (dagens situasjon).

5.1.3 Oppsummering Tiltaksvurdering 1: Gamle Ringeriksvei 43 – 53

Det ble modellert å legge fremtidig overvannsledning fra Gravsbekken bak Oslo internasjonale skolen og til Nadderudbekken. Dette resulterte i en vesentlig reduksjon av flommen for området Gamle Ringeriksvei 43 – 53, men noe høyere flom på terreng i Nadderud-Stadion-området.

Ved å tillegg ta ut Hoslebekken i Gjønnsparken reduseres presset på Nadderudbekken omtrent like mye som omleggingen av Gravsbekken øker den. Det anbefales å utføre de to tiltakene sammen.

5.2 Tiltaksvurdering 2: Nadderudbekken fra Hosleveien til Nadderud Stadion

For de videre vurderingene i dette kapittelet forutsettes det at Gravsbekken blir lagt om til Nadderudbekken slik som beskrevet i kapittel 5.1.1, men uten ledningen fra Gravsbekken som gir en delstrøm til Gjønnsparken. Det er ikke forutsatt omlegging av Hoslebekken til Gjønnsparken.

Områdebeskrivelse:

Området rundt Nadderudbekken er flomvei for vann fra Hosle/Eikeli ned til Nadderud Stadion og videre ned til Gjønnnes stasjon. Området oversvømmes fordi den eksisterende bekkelukkingen ikke har kapasitet til å ta unna flomvannet.

Spesielt viktig vil det være å legge til rette for at flomvannet kan krysse Gamle Ringeriksvei uten å først måtte fylle opp området nord for veien (slik det skjer i dag). Enten må veien senkes, eller terrenget heves. I dag vil vannstanden på parkeringsplassen rett nord for veien være opp mot 40 cm ved et 200-årsregn.

Barnehagen i Øygardveien 45 oversvømmes fordi terrenget/flomveiene fra nordøst og nordvest har fall inn på barnehagetomta. Flomveiene fra Skybruddskartleggingen viser at vannet i Øygardveien ikke går inn på barnehagetomten, men vår modell viser at vannet gjør det likevel (se Figur 4). Området er et lavpunkt i terrenget, og vannet kan potensielt stå 1,5 m over terreng før det renner videre over Falkeveien. Ved et 200-årsregn er den beregnede vannstanden 1,8 m. Den 6. august 2016 var det ikke så mye vann der, simuleringen av det regnet viser en modellert maksimalvannstand på 1,2 m.

En del av punktene som fremkommer i dette kapittelet er også tatt i opp i notatet «Overvannsløsninger Nadderud Arena» som Sweco skrev i forbindelse med regulering av Nadderud Stadion. Notatet har som tema viktigheten av å sikre gode flomløsninger i området. Notatet er utarbeidet som en del av prosjektet forprosjekt Gravsbekken, og er datert 13.02.2018.

5.2.1 Åpen flomvei gjennom Nadderud Stadion-området

Beskrivelse av tiltaket:

Det er forsøkt å modellere en flomvei på terreng gjennom Nadderud Stadion i flommodellen for Nadderud. Dette er gjort ved å senke terrenget 1 m fra dagens situasjon i den utstrekningen som er vist (Figur 12). Omfanget og nedsenkningen på 1 m er nok i overkant av det som kan gjøres, men det ble valgt å gjøre omfanget så omfattende for å se forskjell i modellresultatene.

Nederst i flomveien, rett før Gamle Ringeriksvei, ble et større område senket, som et forsøk på å etablere et flombasseng. Det ble ikke laget overløp over veien eller ny ledning ut i Gjønnsparken. Det ble i stedet modellert et inntak nederst i flombassenget hvor vannet fritt kunne strømme inn i ledningsnettets dersom det var kapasitet. I etterkant har det fremkommet at utbyggingsplanene for dette området gjør det vanskelig å få til en slik løsning. Det anbefales derfor heller å vurdere

muligheten for et flombasseng i parkanlegget som kanskje skal etableres mellom Gamle Ringeriksvei 55 og Haukeveien 10–12, som vist på Figur 12.

I tillegg ble vann fra overvannstunellen langs med Hosleveien tatt ut på terreng ved parkeringsplassen øst for Hosleveien 52. Det ble lagt inn en ny 1400 mm ledning fra tunellen til parkeringsplassen (ender på terreng).

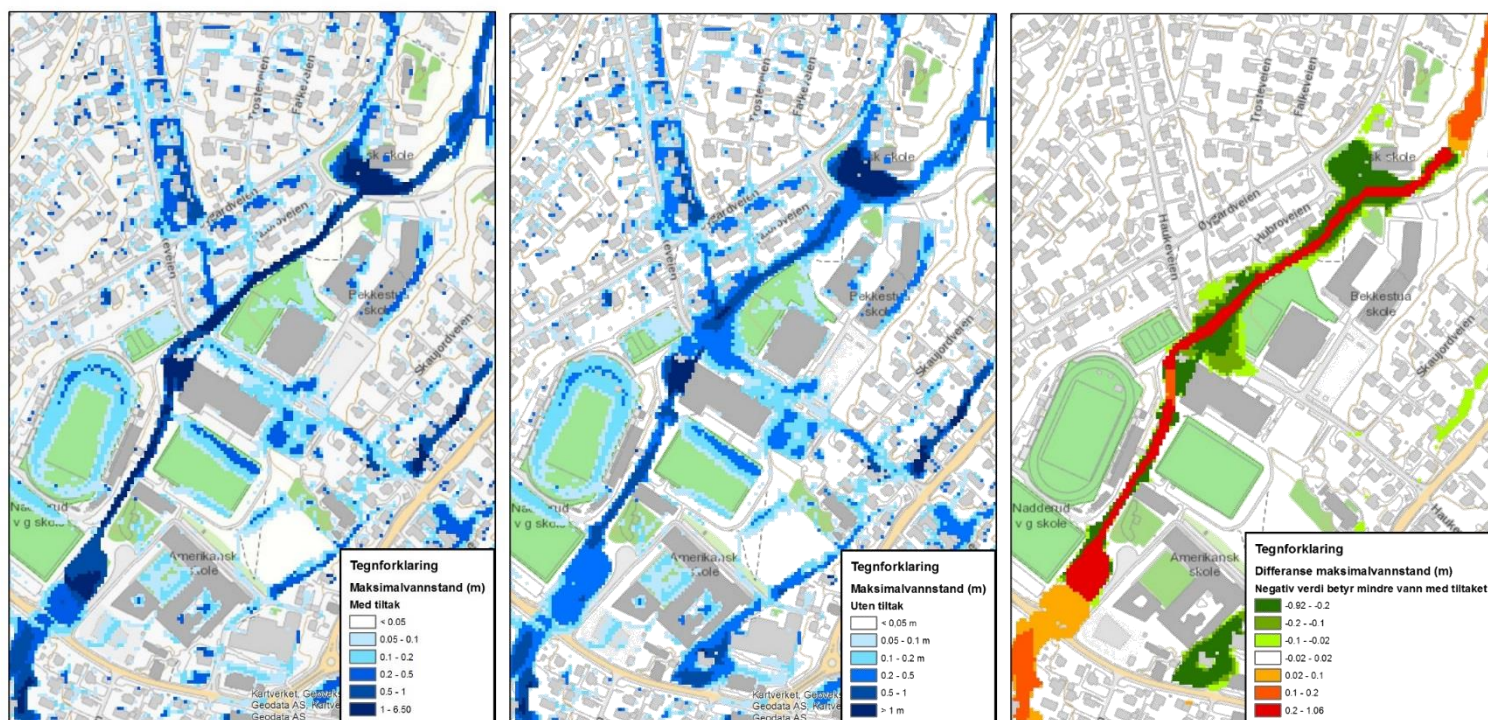
Det er ikke vurdert hvorvidt flomveien bør utvikles som en åpen bekk som har en nokså konstant vannføring (det som i dag går i bekken) eller om den kun skal være i bruk som flomvei. For flomutredningen vil det være den totale kapasiteten på systemet kulvert+flomvei som er interessant, og det var denne som det var ønskelig å se effekten av.



Figur 12: Senkning av flomvei gjennom Nadderud Stadion som utgangspunkt for simuleringen (lyseblått), og foreslått flombasseng (ikke modellert).

Effekt av tiltaket:

Ved å senke terrenget i flomveien samles vannet mer markant, og flommens utbredelse reduseres. Flom inntil boligene i Hubroveien kan unngås ved en enda bedre tilrettelegging av flomveien enn det som er modellert i denne omgang.



Figur 13: Maksimalvannstand på terreng med (til venstre) og uten (i midten) tiltaket flomvei gjennom Nadderud Stadion. Differanse i maksimalvannstand før og etter tiltak (til høyre)

Den modellerte flomveien evnet ikke å lede vannet vekk fra tomten til barnehagen. Det anbefales å lage en flomvei som tar vannet fra gangveien øst for barnehagen og leder dette over Falkeveien på en slik måte at barnehagen ikke oversvømmes. Dette vil kreve inngrep i tomten til Bekkestua skole/Falkeveien 16. Denne skolen skal bygges om, og det er knapt med utearealer på nordsiden. Det er likevel mulig å etablere trygg flomvei dersom utearealene tilrettelegges slik at de kan benyttes som flomvei de få hendelsene der dette er aktuelt.

Det kan være problematisk både å senke veien og å legge nye ledninger under veien med tanke på eksisterende infrastruktur i Gamle Ringeriksvei, det er ikke undersøkt/vurdert i denne utredningen.

Selv om tiltaket ikke vil bli utført akkurat slik som det ble modellert, er det svært viktig å sikre en trygg flomvei gjennom området, dette gjelder også kryssing av Gamle Ringeriksvei (ved å senke veien). Videre modellering av flomveien kan gjøres i denne modellen, men man kan også med fordel benytte et program som modellerer 1D-strømning (f.eks. Hec-Ras), siden flomveien er tydelig definert. Flomvannføring ved ulike scenarier kan hentes ut av resultatfilene for modellen.

For å redusere flomproblemene lenger nedstrøms bør det vurderes å etablere et flombasseng i området. Dette vil sannsynligvis ikke dempe den fremtidige 200-årsflommen, men kan redusere sannsynligheten for flom og konsekvensene av at rørene går fulle, slik at skadene reduseres.

5.2.2 Fordrøyning på flerbruksarealer

Park og fotballbane med gress kan senkes i terrenget, slik at det fungerer som mulig fordrøyningsvolum ved flom. Arealene kan senkes eller demmes opp slik at vannet fra ledningen fra Gravsbekken kommer opp på overflaten dersom Nadderudbekken går full. Med én meter høyde tilgjengelig kan potensielt flomvolum være i størrelsesorden 7000 m³. Effekten av dette kan simuleres for å se hvordan det påvirker vannføringen nedover. Da bør det også tas med en senkning av Gamle Ringeriksvei for å unngå utilsiktet fordrøyning nord for veien.

I forbindelse med omlegging av overvannet fra Gravsbekken, bør det også lages en voll som fører flomvann på terreng fra Gravsbekken bort til Nadderudbekken i samme trasé. Gangveien kan kanskje legges oppå vollen, og skråningen kan fungere som tribune for fotballbanen.

Disse tiltakene er ikke modellert.

5.2.3 Oppsummering Tiltaksvurdering 2: Nadderudbekken fra Hosleveien til Nadderud Stadion

Det ble modellert en flomvei som var en meter dypere enn dagens terreng. Resultatene viser god lokal effekt, men det må gjøres mer for å dimensjonere denne for å lede vannet trygt gjennom området. Det er viktig å lage en god kryssing av Gamle Ringeriksvei som ikke fører til oppstuvning i områder som ikke er tilrettelagt for fordrøyning, og en flomvei som ikke leder vann i sårbare lavpunkter langs traseen (f.eks. Barnehagen i Øygardveien 45). Vannføring i flomveien ved ulike scenarier kan hentes ut fra modellen som dimensjoneringsgrunnlag.

5.3 Tiltaksvurdering 3: Gjønneshagen stasjon

For de videre vurderingene i dette kapittelet forutsettes det at Gravsbekken blir lagt om til Nadderudbekken slik som beskrevet i kapittel 5.1.1, men uten ledningen fra Gravsbekken som gir en delstrøm til Gjønneshagen. Det er ikke forutsatt omlegging av Hoslebekken til Gjønneshagen.

Områdebeskrivelse:

Bygningene nord for Gjønneshagen T-banestasjon er utsatt for flom på terreng. Den 6. august kom vann opp av ledningsnettene her, og rant inn i kjelleren til Gjønneshagen 5. Området er også svært flomutsatt, fordi flomveien fra Nadderud Stadion kommer ned til Gjønneshagen.

Se flommen i Figur 14.

Ungangen i veien Gjønneshagen under T-banen er et lavpunkt. I ungangen er det to pumper med til sammen 40 l/s pumpekapasitet. Den 6. august 2016 ble disse pumpene oversvømt fordi de ikke kunne ta unna vannet. Maksimalvannstand i ungangen ved et 200-årsregn er beregnet til 2,0 m. Ved et fremtidig 200-årsregn (klimafaktor 1,5) øker vannstanden i veien til 2,3 m.

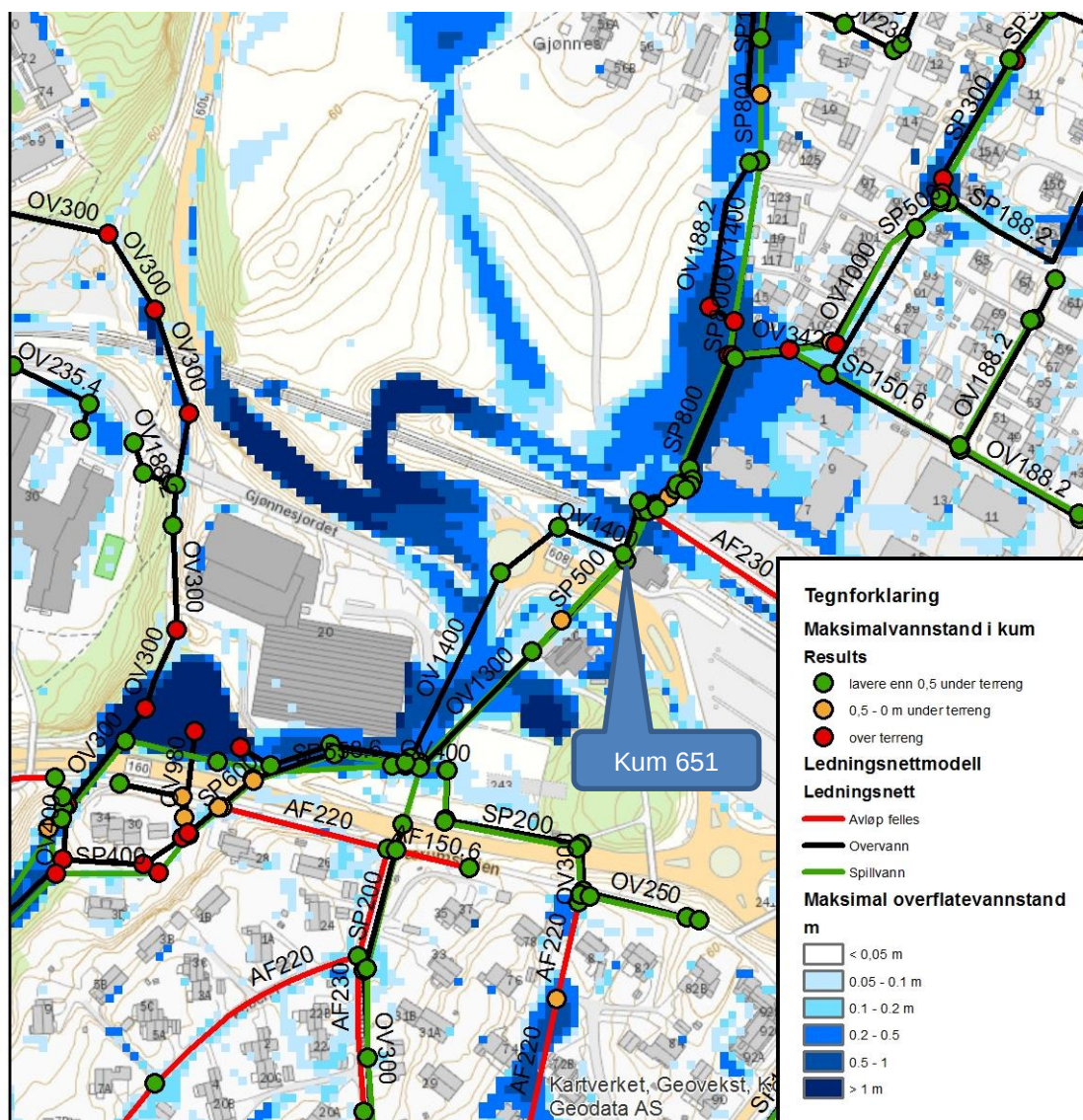
I modellen ble det gjort «vannføringsmåling» for å finne hvor mye vann som kommer til ungangen ved ulike hendelser, se Tabell 4. Merk at de konstruerte regnene er mye mer intensive i de mest intensive periodene enn regnet 6. august 2016. Dette forklarer hvorfor vannføringen ved et konstruert 200-årsregn er mye høyere enn 6. august 2016, selv om dette regnet også var et 200-årsregn. Vannføringen ved sjeldne regn (f.eks. et 200-årsregn) øker mye mer enn det økningen i antall mm regn skulle tilsi. Dette skyldes at en vesentlig del av 20-årsregnet infiltreres, men mindre av et 50-årsregn og enda mindre av et 200-årsregn.

Tabell 4: Modellert vannføring ned til ungang i Gjønneshagen ved ulike regnhendelser.

Scenario	Vannføring
6. august 2016 (modellert)	0,3 m ³ /s
20-årsregn	0,4 m ³ /s
50-årsregn	1,2 m ³ /s
200-årsregn	4,2 m ³ /s
200-årsregn med 1,5 klimafaktor	15,5 m ³ /s

Lavpunktet i veien Gjønneshagen (Fv. 608) sørøst for T-banebraa oversvømmes også.

I utgangspunktet er nedbørsfeltet til dette lavpunktet svært begrenset (~1 ha), men veien fylles når vannstanden i ungangen i Gjønneshagen stiger. Vann fra Gjønneshagen vil fylle ungangen i Gjønneshagen før vannstanden stiger så høyt at vannet kan renne videre sørover. Dette gjør det enda viktigere å løse problemene i området på en god måte. Maksimalvannstand i ungangen ved et 200-årsregn er beregnet til 1,7 m. Ved et fremtidig 200-årsregn (klimafaktor 1,5) øker vannstanden i veien til 2,0 m.



Figur 14: Flom på grunn av et 200-årsregn, området rundt Gjønnestasjonen.

Området på oversiden av T-banestasjonen ligger inne i modellen med gammelt terreng (se Figur 15). Det har vært stor utbygging i området, og selv om fotavtrykket til bygningene er hevet 3 m for å få vannet til å strømme rundt de, kan det være at det er gjort terrengendringer som hindrer vann i å oversvømme bygningene (f.eks. heving av terreng sammenlignet med omkringliggende områder). Flommen rundt bygningene kan derfor være feil, men den kan også være riktig dersom terrenget ikke er endret nevneverdig. Bærum kommune skal laserscannes på nytt i løpet av 2018, og ved fremtidig vedlikehold av modellen er det anbefalt å bytte til oppdaterte data for høydemodellen.



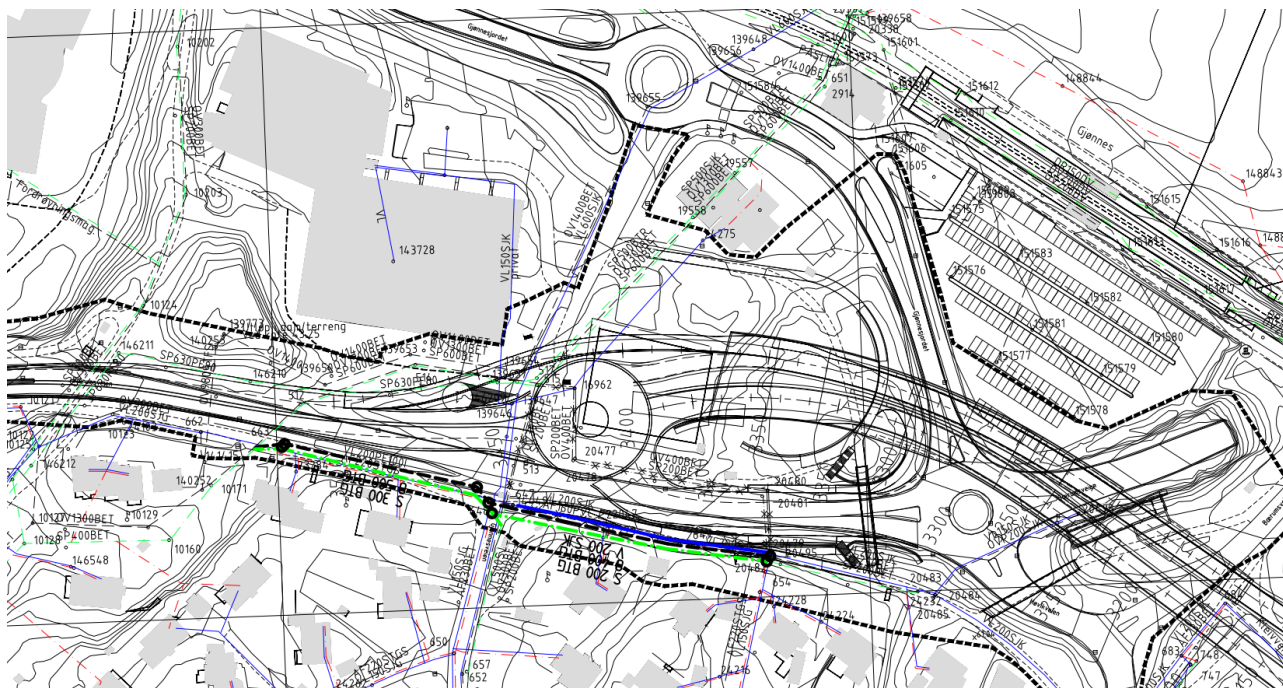
Figur 15: Illustrasjon av laserdata og terrengmodell for området rundt Gjønnnes stasjon. Illustrasjon fra hoydedata.no/Kartverket.

Kulverten under T-banen (2000 mm) ender i kum 651 (markert på Figur 14). Herfra går det to overvannsledninger. En 1300 mm er hovedledningen, denne går lukket videre. En 1400 mm ligger ca. 60 cm høyere, og går rundt Gjønneshallen til et åpent basseng sørvest for Gjønneshallen. De to ledningene har til sammen omtrent samme kapasitet som kulverten under T-banen.

Ut fra bassenget går det en ledning med diameter 1 m. Denne har ikke kapasitet til å ta unna alt vannet som kommer inn om innløpsledningen går full. Dette er gunstig for overvannshåndteringen, da det fungerer som fordrøyning. Ved flom vil flomvannet stuve seg opp i bassenget og renne ut gjennom undergang i vest og videre nedover gangveien mot Kirkeveien (flomveien på terreng). Utløpet av bassenget er i dag omtrent i bunnen av bassenget. **Det anbefales å strupe utløpet i bunn, og etablere ett eller flere utløp lenger oppe, for å utnytte volumet i bassenget fullt ut.**

Sør for Gjønnnes stasjon kommer det en ny rundkjøring i forbindelse med etableringen av tunellen Bærumdiagonalen (Figur 16). Det vil være svært viktig at rundkjøringen og området rundt tilpasses slik at flomvannet kan renne forbi uten at det staves opp eller renner inn i tunellen.

Ledningsnett dimensjoneres normalt ikke for flomvannføring, da dette vil resultere i svært store rør. Dagens ledningsnett har heller ikke kapasitet til å ta unna flomvannet ved ekstremregn. **Det er derfor helt avgjørende å sikre en flomvei på terreng som kan lede vannet trygt ut av området.** Som nevnt er dette også viktig for Statens vegvesen som skal bygge ny rundkjøring og tunell.



Figur 16: Ny rundkjøring i forbindelse med Gjønnesdiagonalen i midten av bildet, og eksisterende rundkjøring som knytter sammen de to undergangene med Gjønnesjordet og avkjøringen til Gjønneshallen helt øverst.

Det er utredet tre tiltak for å skape bedre flomveier, på den måten redusere flomvannmengden i undergangene. Alle tiltakene er ulike versjoner av nytt ledningsnett, da det sannsynligvis ikke er mulig å gjøre noe med lavpunktene og terrenget ut fra lavpunktene. Tiltakene vil kreve omfattende graving/sprenging i vei og tett på T-banen, med tilhørende forstyrrelser for trafikken.

I og med at det er usikkerhet rundt fremtidig terreng i forbindelse med utbyggingen av rundkjøringen, ble endringer i terrenget ikke modellert. Det anbefales at den nye rundkjøringen legges inn i modellen for å se på hvordan denne påvirker systemet, og hvordan den kan tilrettelegges som flomvei.

5.3.1 Ekstra bekkeinntak på oversiden av T-banen

Beskrivelse av tiltaket:

Kulverten under T-banen (2000 mm betong) har noe ledig kapasitet ved et 200-årsregn fordi ledningsnettet oppstrøms begrenser hvor mye vann som kan komme til kulverten. Ved et 200-årsregn med klimafaktor går kulverten full. Det er likevel liten forskjell i vannføringen i kulverten i de to hendelsene, maksimalvannføring er 9,4 m³/s for 200-årsregn og 9,8 m³/s for 200-årsregn med klimafaktor. Det er mye vann på terreng i begge tilfeller. Det ble undersøkt om det var mulig å lede mer vann gjennom kulverten ved et 200-årsregn ved å ta inn mer vann på oppsiden av T-banen.

To «bekkeinntak», ett i hver flomvei som kommer ned mot T-banen, ble satt inn på terreng. Disse ledet vannet til eksisterende kulvert under T-banen (se tiltaket og resultater i Figur 17). Ved hvert inntak senkes terrenget 40 cm slik at vannet skal stoppe opp og gå inn i ledningen. Ledningene som legges er 1400 mm store, dette ble valgt for å ikke begrense vannføringen. Disse trenger egentlig ikke å være så store (men det ble ikke undersøkt hvilken dimensjon som er nødvendig, da tiltaket ikke hadde tiltenkt effekt).

I tillegg ble det lagt inn et inntak i lavpunktet i Gjønneshagen (Fv. 608) for å ta unna vann derfra. Dette vannet går til eksisterende 1400 mm «overløpsledning» på nedsiden av T-banen (samløp i kum 139655).

For å få en mer realistisk modellering av ledningsnettets ble det satt på hydrauliske tap i kummer som hadde flere ledninger og retningsforandring i området rundt Gjønneshagen. I ledningsnettmodellen fra Rosim var det ingen tap i kummene (dette var innstillingen som ble benyttet i simuleringen av de konstruerte regnene). Dette kan ha ført til noe høyere vannstand i kummer i ledningsnettets, men er samtidig mer realistisk enn ingen tap.

Effekt av tiltaket:

Tiltaket medfører noe mindre vann i undergangene, men dette er bare 7 cm i Gjønneshagen og 9 cm i Gjønneshagen (Fv. 608). Tiltaket har derfor ikke tilstrekkelig effekt. Maksimalvannstanden i kulverten under T-banen øker til 10 m³/s, men vannføringen er noe mer varierende, slik at den totale vannmengden som passerer gjennom kulverten ikke øker vesentlig. Det kan derfor konkluderes med at kulverten ikke kan fungere som eneste flomvei, enten må det etableres en ny kulvert, eller så må vannet renne på terreng til undergangen.

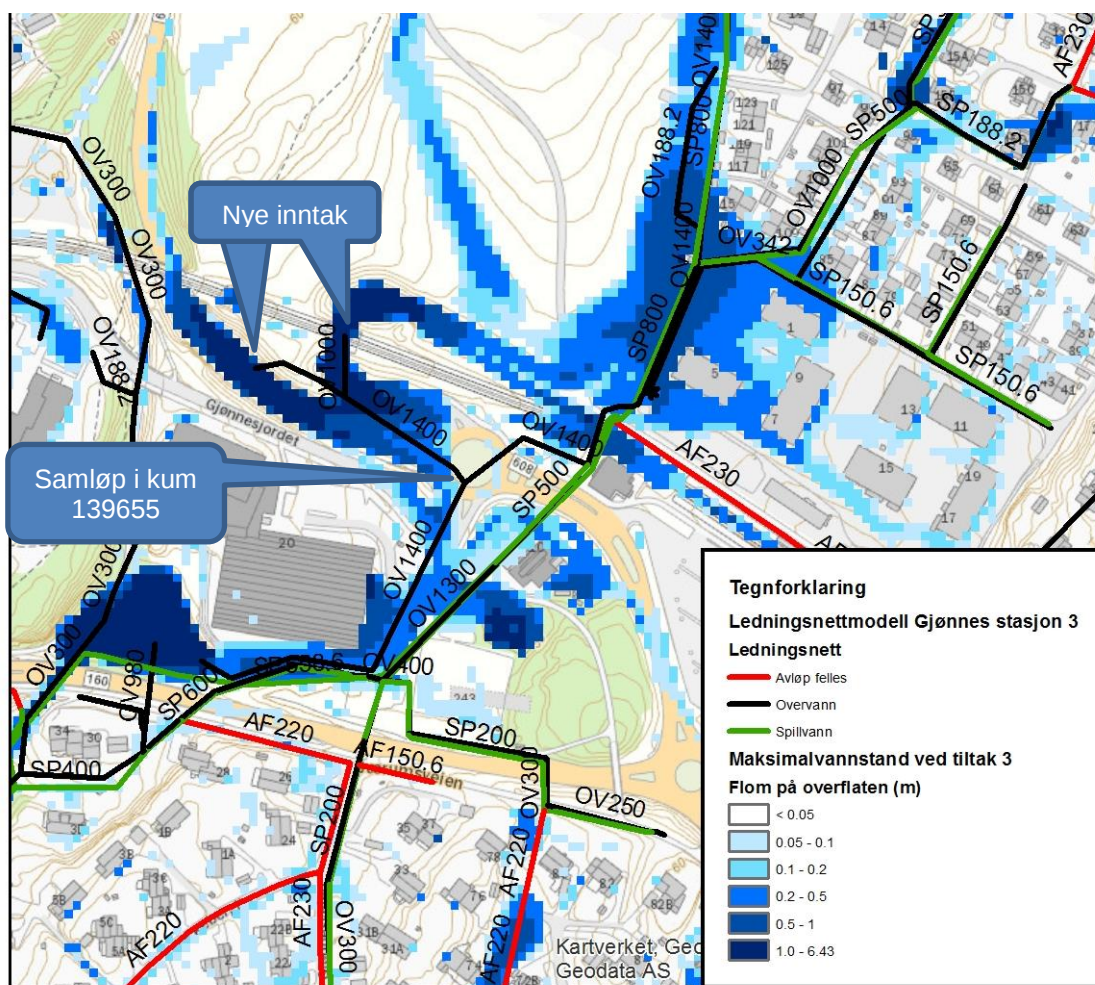
5.3.2 Nye inntak i undergangene, beholde dagens OV-ledninger

Beskrivelse av tiltaket:

Ettersom tiltaket over ikke gav tilstrekkelig effekt, ble det vurdert å la vannet renne på terreng fra Gjønnesparken og boligområdet Gjønneshagen ned til undergangen under T-banen. Det ble altså ikke lagt inn noe nytt ledningsnett nord for T-banen. Derimot ble det satt inn to «bekkeinntak» de to lavpunktene i veiene, og koblet sammen med eksisterende 1400 mm i kum 139655 (se Figur 18).

Effekt av tiltaket:

Tiltaket har omtrent samme effekt som det første tiltaket for Gjønnestasjon, det vil si 7–9 cm lavere vannstand i undergangene. Vannet renner fremdeles over i rundkjøringen. **Dette scenarioet bekrefter at dagens ledningsnett nedenfor rundkjøringen ikke er tilstrekkelig som flomvei for et 200-årsregn.** Dersom det ikke kan aksepteres at undergangene oversvømmes, så må enten ledningsnettet oppgraderes eller så må det etableres flomvei på overflaten. Åpen flomvei kan bli vanskelig på grunn av veinettet, men må inngå som et premiss i den videre planleggingen, for eksempel ved at man anlegger noen dype grøfter eller lager en gangvei som ligger tilstrekkelig lavt for å frakte vannet bort. Kanskje kan det tillattes en viss vannstand i undergangene hvis det er samfunnsmessig lønnsomt (det er utenfor denne utredningens omfang å undersøke det).



Figur 18: Nytt ledningsnett ved tiltaksversjon 2 og flomvannstand på terreng etter tiltaket.

5.3.3 Ny kulvert under T-banen og oppgradert ledning til basseng

Beskrivelse av tiltaket:

Siden tiltakene som ble testet først viste at eksisterende ledningsnett har for liten kapasitet, ble det sett på effekten ved å lage en ny kulvert under T-banen og oppgradere eksisterende 1400 mm fra sørsiden av T-banen til det åpne bassenget til en 2000 mm kulvert.

For å redusere konsekvensene av flomvannet som kommer ned langs Gjønnnes Gård fra Nadderud Stadion, ble terrenget senket med 60 cm i traseen for flomveien. Denne traseen og nytt ledningsnett er vist i Figur 19.

De to nye inntakene på nordsiden av T-banen er de samme som i første tiltak (kap 5.3.1), men disse går nå til en ny 1400 mm kulvert under T-banen i stedet for til eksisterende kulvert (2000 mm). Eksisterende 1400 mm kulvert ble byttet ut med en 2000 mm kulvert fra den nye kulverten kommer inn på eksisterende på nedsiden av T-banen til det åpne bassenget. Den eksisterende kulverten er nokså ny (~10 år gammel). Den går svært tett på Gjønneshallen, så utskiftning av denne kan derfor være vanskelig å gjennomføre.

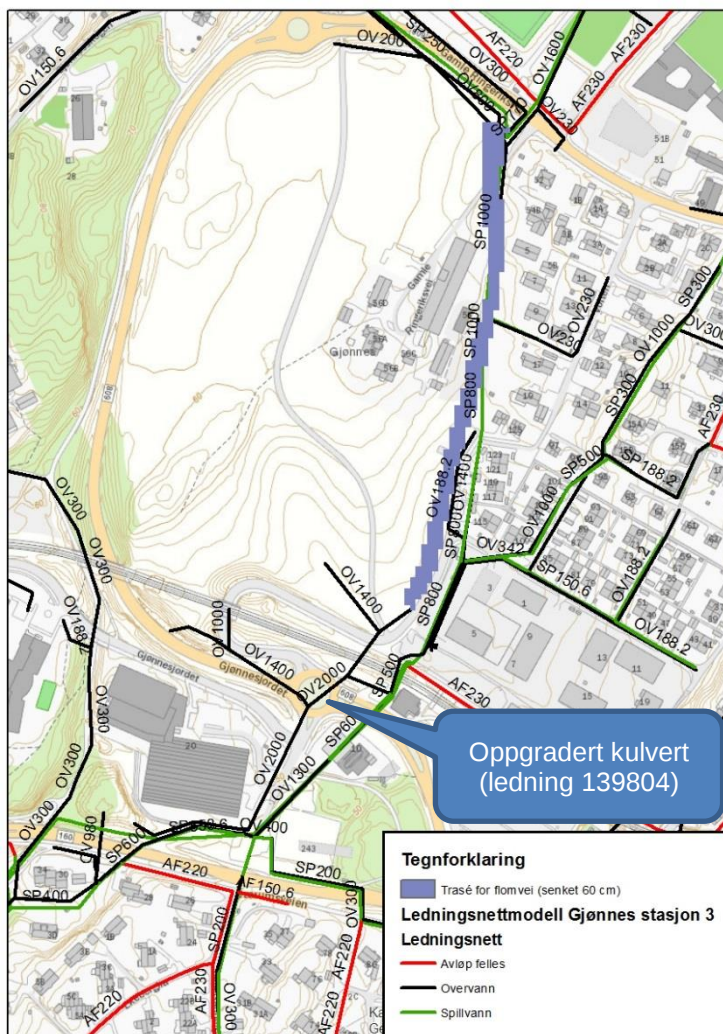
De to inntakene i lavpunktene på veiene er de samme som i andre tiltaket (kap 5.3.2).

Effekt av tiltaket:

Dette tiltaket har svært god effekt, men er også det mest omfattende. **Modellresultatet viser at man kan unngå flom både i veibanen i de to lavpunktene og rundt Gjønneshallen omtrent fullstendig.**

Noe overraskende viser resultatene også at flommen videre nedstrøms fra det åpne bassenget ikke øker mer enn 2 cm noe sted. Dette tyder på at maksimalvannføringen i den åpne flomveien ikke øker vesentlig med tiltaket.

Vannføringen i den nye kulverten under T-banen er om lag 6 m³/s. Det kommer omtrent ikke vann ned til undergangen i Gjønneshagen. Inntaket i lavpunktet har høyeste vannføring på 300 l/s. Dette viser at den nye kulverten sammen med oppgradert ledning kan ta unna vannet ved et 200-



Figur 19: Ledningsnett i dette scenariet og traseen for flomvei som ble senket 60 cm.

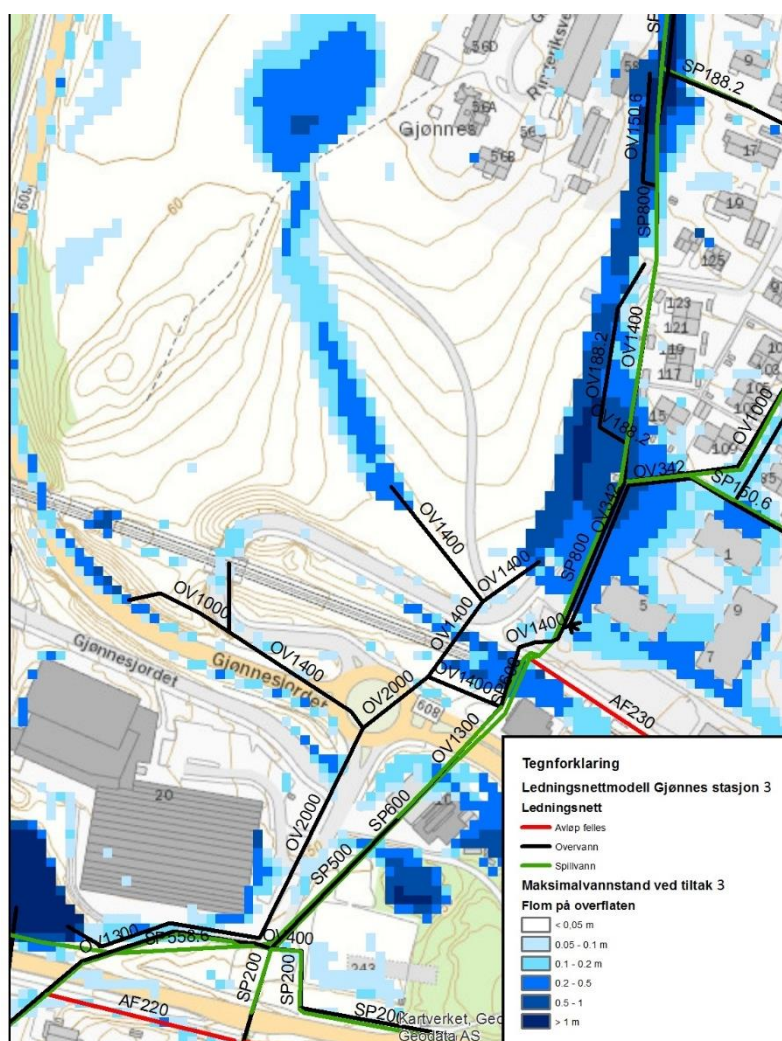
årsregn. Men kulverten går full, så det antas at tiltaket ikke er tilstrekkelig for å sikre flomveien ved et fremtidig 200-årsregn, da vil det komme så mye vann at undergangen likevel oversvømmes.

Vannføringen i ledning 139804 (den første ledningen som er oppgradert fra 1400 mm til 2000 mm) øker fra om lag 5 m³/s til 10 m³/s. Dette er vann som går ut i det åpne bassenget, og vil skape flom på terreng videre sørover. Det er viktig å sikre området rundt bassenget, vannet kommer mye mer konsentrert ut av et rør enn om det kommer på overflaten.

Fordi det går mer vann i ledningsnett, fører tiltaket til et høyere trykk i ledningsnett (om lag 0,5 m vannsøyle) helt opp til Gamle Ringeriksvei. Dette fører til at noen flere kummer for vanntrykk over terreng, så det å skape en trygg flomvei på overflaten blir enda viktigere.

Det er ikke undersøkt hvorvidt dette tiltaket også kan hindre flom ved et fremtidig 200-årsregn (med klimafaktor 1,5). Flomveier bør normalt dimensjoneres for minst 200-årsregn (fremtidig). Det må gjøres videre undersøkelser før man bestemmer seg for å gå for denne løsningen i dette området.

Flomvannstanden ved blokkene i Gjønnesneshagen blir noe redusert, men flomveien bør legges enda lengre vest for å få større flomreducerende effekt.



Figur 20: Nytt ledningsnett ved tiltaksversjon 3 og flomvannstand på terreng etter tiltaket.

5.3.4 Oppsummering Tiltaksvurdering 3: Gjønnnes stasjon

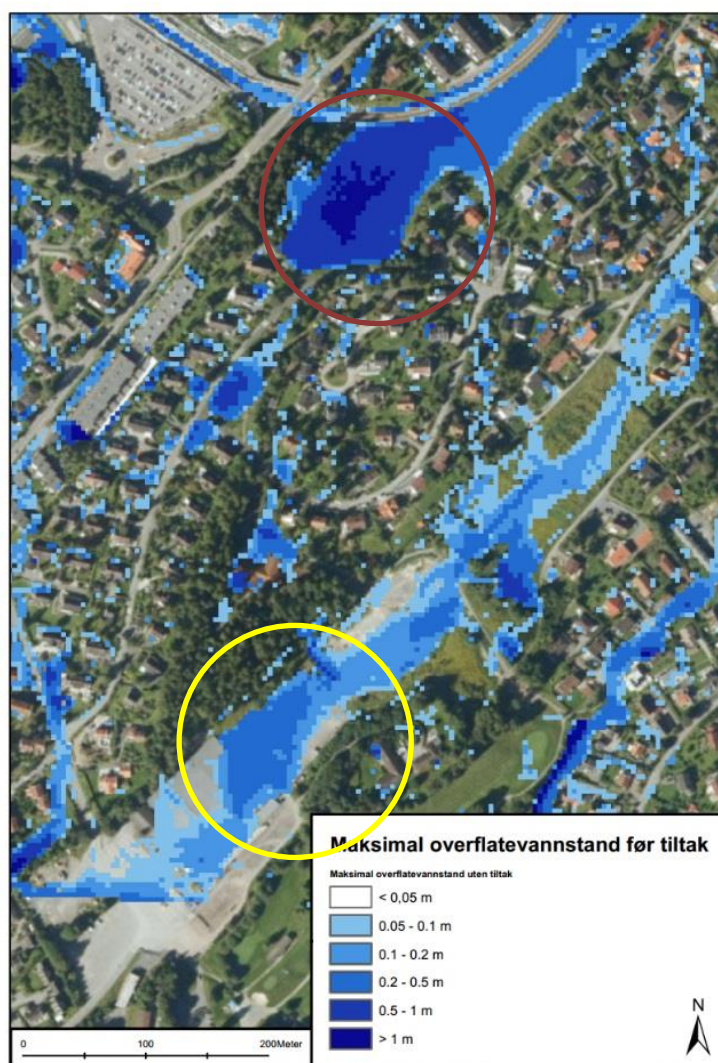
Det ble undersøkt om nye bekkeinntak både på nordsiden av T-banen og i lavpunktene i veiene under T-banen kunne løse flomproblematikken i lavpunktene/undergangen. Resultatene viser at ledningsnettets nedstrøms stasjonen ikke har kapasitet til å ta unna mer enn det som kommer i ledningsnettets ovenfra. For å skape trygg flomvei må enten ledningsnettets oppgraderes vesentlig (kapasiteten dobles), eller så må det gjennomføres tiltak på terreng. Hydraulisk sett vil tiltak på terreng være å foretrekke, ettersom det kan ha større kapasitet enn oppgradering av ledningsnettets.

5.4 Tiltaksvurdering 4: Bekkestua sør

Områdebeskrivelse:

Området markert med rød sirkel i Figur 21, heretter referert til som Bekkestuajordet, er utsatt for store vannmengder som konsekvens av flomveien som følger T-banen ut fra Bekkestua sentrum. Området er et lavpunkt, og laveste punkt for vannet ut av området er opp på T-banesporet og mot Gjønnnes stasjon. Overflatevannstanden på denne gressletten kan komme opp mot 1 m ved 200-årsregn og rundt 30 cm ved et 20-årsregn. Dette er i utgangspunktet ikke et problem, men området reguleres nå for utbygging, noe som er motivasjon for å se hvordan overvannet fra området skal føres videre ved utbygging.

Området markert som gult i Figur 21 er Ballerud-området, som også reguleres for utbygging.



Figur 21: Området Bekkestua sør markert med rødt. Bildet viser maksimalvannstand ved et 200-årsregn på dagens terreng.

5.4.1 Inntak til eksisterende OV-ledning

Beskrivelse av tiltaket:

I kanten av jorden, i sør, går nylig separert ledningsnett ned mot Ballerud og Stabekken. Ved å modellere et bekkeinntak i lavpunktet kan potensialet for å lede vann bort i overvannsledningen kartlegges. Dette er en løsning som ikke krever store inngrep. Når området skal utvikles vil det som vanlig bli stilt krav om lokal overvannshåndtering på tomten, men det kan tillattes at flomvannet også går til ledningen. Dette tiltaket illustrerer effekten av en slik løsning på lokalt nivå, men sier også noe om kapasiteten for ledningsnettet nedstrøms tiltaket.

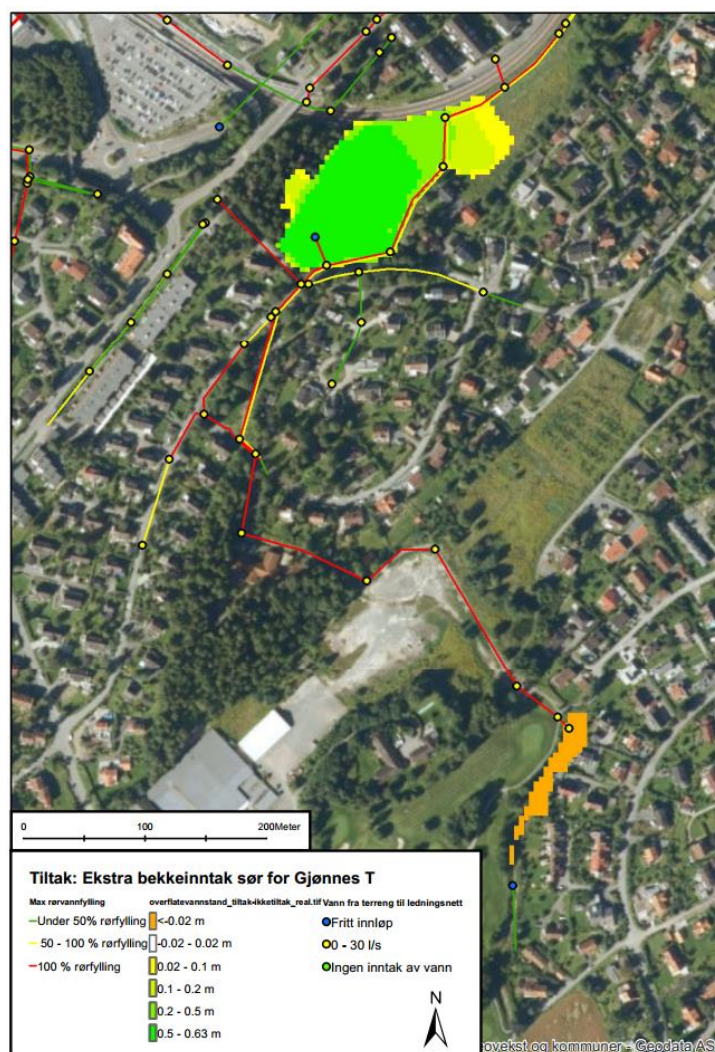
I modellen er det plassert en 1000 mm ledning med et inntak som ikke har begrensning i inntaket, slik at det er ledningens kapasitet som begrenser vannføringen. Når dette tiltaket ble modellert, ble infiltrasjonsegenskapene til Bekkestuajordet værende som grønt areal. Dette er ikke realistisk ved utvikling av området. Ved utbygging vil det derfor være mer overflateavrenning fra området enn det som er beregnet i modellen, men området mottar også mye vann fra arealer oppstrøms, slik at endringen i infiltrasjonskapasitet kan ha mindre betydning for det totale bildet.

Effekt av tiltaket:

I Figur 22 vises resultatet fra tiltaket. Farget areal viser endringene mellom overflatevannstand ved et 200-årsregn før tiltaket subtrahert med overflatevannstanden etter tiltaket. Positiv verdi betyr at tiltaket senker vannstanden og omvendt.

Figuren viser også rørfylling samt noderes/kummenes overføringsmengder. De blå nodene har ingen begrensning i overføringsmengder, mens de gule nodene er begrenset til 30 l/s. Merk at den halvfulle ledningen fra Bekkestuajordet og sørover er spillvannsledningen, overvannsledningen er helt full (rød).

Ved et 200-årsregn vil et slikt tiltak kunne redusere gjennomsnittlig maksimal overflatevannmengde med omtrent 0,5 m ved tiltaksområdet. Dette er en reduksjon av gjennomsnittlig maksimal overflatevannstand på omtrent 50%. Det er fortsatt mye vann på terreng som må håndteres på en annen måte



Figur 22: Endring i vannstand på terreng ved etablering av ny tilkobling fra jorden og til eksisterende ledningsnett. Ledningsnettets fyllingsgrad er vist.

dersom det ikke skal skape flom ved ferdig utbygd område.

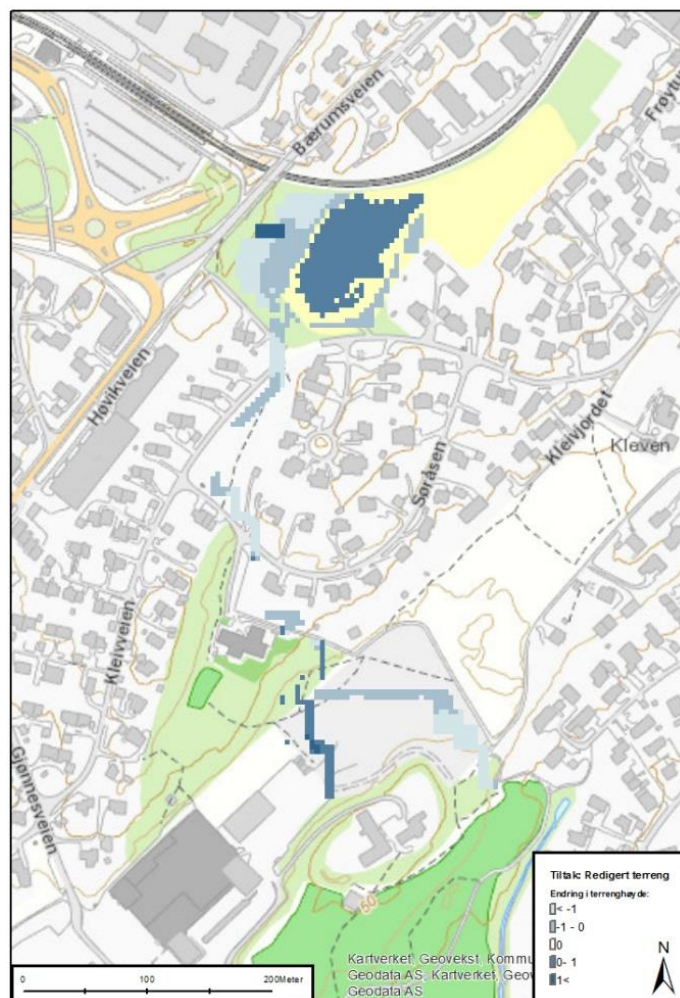
Tiltaket vil også føre til et større utslipp til Stabekken ved Ballerud golfbane. Modellen slutter rett sør for Ballerud golfbane, konsekvenser for områdene lenger nedstrøms er derfor ikke vurdert.

5.4.2 Flomvei på terreng

Beskrivelse av tiltaket:

For å øke kapasiteten på flomveien ut av området ble det modellert hvordan det kan tilrettelegges for en flomvei på terreng, sørover mot Stabekken. Området sørover er delvis utbygd, men det er mulig å få til en flomvei med enkelte terrengendringer.

I dette tiltaket ble terrenget redigert for å legge til rette for en god flomvei. Flomveien vil gå gjennom utbyggingsområdet Ballerud / Johs Faales vei 80-100 (markert med gul sirkel i Figur 21), som for tiden reguleres for utbygging. I forbindelse med reguleringen er det gjort en mulighetsstudie for flomveier gjennom området (av Dronning Landskap). Da området potensielt vil få en stor belastning av flomvann, er det viktig å sikre gode, helhetlige løsninger. **Det er viktig å se de store linjene i flomveiene, og man må unngå å tenke at hver tomt skal ses på for seg selv.** I reguleringen av feltene på Bekkestua Sør og Ballerud må det sikres en gjennomgående flomvei fra Bekkestua sør til Stabekken ved golfbanen. Det modellerte tiltaket er én måte å løse dette på, og det kan gjøres på andre måter. Formålet her var å se effekten av en åpen flomvei mot sør.



Figur 23: Terrengendringer for å skape gjennomgående flomvei ned til Stabekken.

Bekkestuajordet er flatet ut med fall sørover. Østre side av området er senket og vestre side er hevet for å oppnå planering. Det antas at noe tilsvarende vil bli gjort i forbindelse med utbygging. Terrenget ble deretter senket som vist i Figur 23 for å skape gjennomgående flomveier. Hver celle tilsvarer 16 m² (4 m x 4 m). Mørkeblå områder er hevet, lyseblå er senket.

Det er laget en kanal over Kleivveien, dette vil i praksis gjøres med kulvert, men for enkelhetens skyld er det modellert i terrenget her. I sør ble terrenget senket slik at vannet skal passere Søråsen rett etter innkjørselen til barnehagen (Søråsen 20). Flomveien vil så gå nord-øst for barnehagen og over Ballerud-området. I utgangspunktet vil vannet nå renne mot sørvest, så for å få vannet korteste vei til bekken ble det laget en voll rett over Ballerud-området. Terrenget ble senket mot øst for å gi vannet en god vei til Stabekken. Når vannet kommer til golfbanen, følger det terrenget ned mot bekken.

Effekt av tiltaket:

I Figur 24 vises maksimal overflatevannstand ved et 200-årsregn etter tiltaket. På grunn av vår utjevning av terrenget har Bekkestuajordet fått redusert gjennomsnittlig overflatevannstand på øst-siden, men økt overflatevannstand på vest-siden. Terrenget på vestsiden var en liten høyde og ble planert i overflatemodellen, det var derfor ikke vann der før tiltaket. Tiltaket ga en gjennomsnittlig overflatevannstand på omtrent 40 cm. Før tiltaket var gjennomsnittlig overflatevannstand i samme område ca. 85 cm. 10 cm av denne senkningen, kommer fra økt areal når høyden på vest-siden ble senket. Totalt gir tiltaket en reduksjon i gjennomsnittlig overflatevannstand på 40%.

Tiltaket fører også til at det er mindre vann som følger T-banen mot Gjønnnes T-banestasjon, da det ikke renner vann fra jorden tilbake til T-banesporet. T-banesporet fungerer fremdeles avskjærende på vannet som kommer ovenfor T-banen.

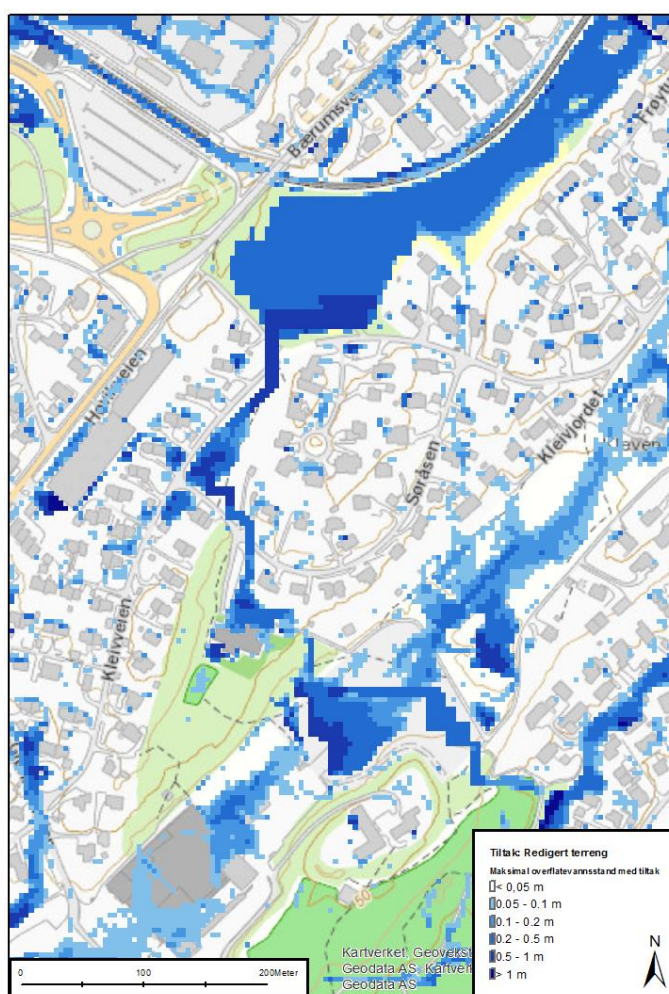
Vannet følger flomveien nedover terrenget og går rundt barnehagen. Tiltaket reduserer vannmengden rundt barnehagen ved at vannet kan følge flomveien.

Ballerud-området øst for flomvollen har fått en økning i gjennomsnittlig maksimal overflatevannstand på omtrent 0,5 m. At vannstanden øker så mye på østsiden av flomvollen tyder på at flomveiene ikke tar unna alt vannet, det blir fanget opp for mye vann av flomvollen. Det kan også tyde på at plasseringen av flomvollen ikke var helt heldig. En flomvoll plassert lengre øst ville minket vannmengden som blir stuvet opp, og avstanden vannet må gå i konstruert kanal til Stabekken blir mindre. Det må undersøkes nærmere hvordan flomveien kan utformes fra Ballerud mot Stabekken slik at dette unngås.

Industriområdet vest for vollen har fått en gjennomsnittlig reduksjon i maksimal overflatevannstand på ca. 20 cm fra 30 cm før tiltaket. Tiltaket vil derfor være positivt for utbyggingsområdet.

Flomveien gir effekt både for Ballerud-området og Bekkestuajordet og er derfor en helhetlig bedre løsning enn å legge inn bekkeinntak som beskrevet i kapittel 5.4.1.

Det bør utredes videre hva som er optimal føringsvei over Ballerud. I modellen er det tatt letteste topografiske og modell-tekniske vei, for å se hvilken effekt tiltaket har, uten å se på hvordan dette best kan løses sammen med planlagt utbygging.



Figur 24: Maksimal flomvannstand på terreng etter tiltaket

5.4.3 Oppsummering Tiltaksvurdering 4: Bekkestua sør

De to tiltakene som er modellert viser hvordan flomveien gjennom området kan utformes. Det anbefales å vurdere tiltakene videre i forbindelse med reguleringen av området. En løsning for tilrettelegging av flomvei krever mye arbeid og god planlegging. Det blir behov for å gå sammen med grunneiere og utbyggere for å realisere prosjektet.

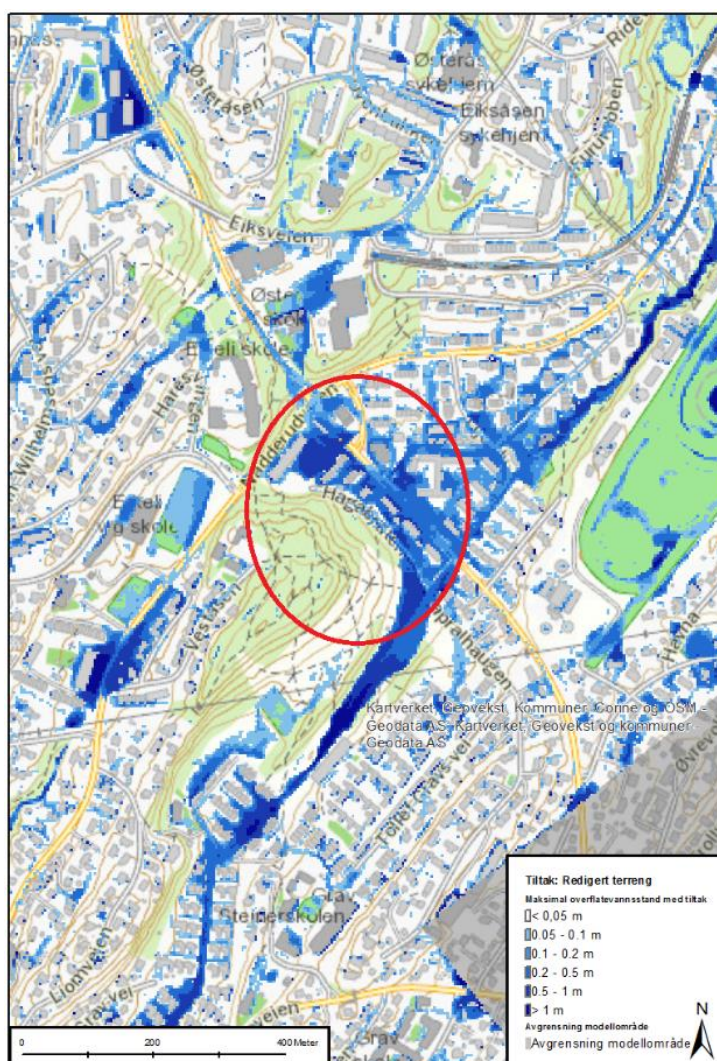
I forbindelse med den nye modellen for Bekkestubekken vil dette området også bli utredet videre, blant annet skal det sees på om vannet fra Bekkestubekken kan ledes i en mer naturlig trasé. Bekken gikk før bekkelukkingen mot sørvest i stedet for ned til Stabekken.

5.5 Tiltaksvurdering 5: Nordveien/Hagabråten

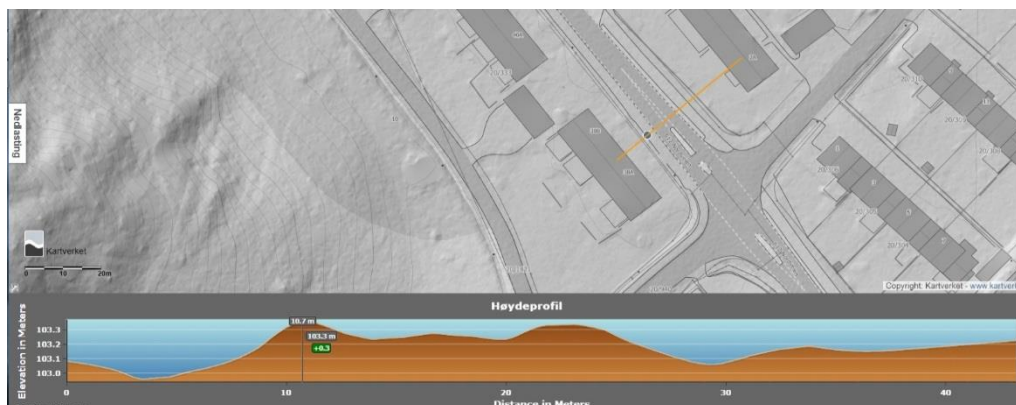
Områdebeskrivelse:

Tiltaksområdet Nordveien/Hagabråten ligger i et flatt område (merket med rød sirkel i Figur 25:). Området ligger i møtet mellom flomvei fra nord-øst og som kommer fra Østerås T-bane og Østerås skole og avrenningen som følger Nordveien nordfra.

Lijordet er et komplekst tilfelle, med flere utfordringer. Flomveien som går gjennom området fører vann fra et stort område, ledningsnettets er overbelastet ved kraftig nedbør og det er lite fall ut av området. Det at Nordveien ligger høyere enn hagene i boligområdene gjør det ytterligere komplisert å frakte bort vannet i en trygg flomvei. I Figur 26 vises et profil av veien (fra venstre til høyre). Tverrprofilet viser tydelig hvordan fortauene ligger høyere enn veien, og veien ligger høyere enn hagene på begge sidene. Det er derfor ikke mulig å bruke veiene som flomvei og vann som ledes inn i området fra veien føres ut mot eiendommene.



Figur 25: 200-årsregn i problemområdet Nordveien/Hagabråten



Figur 26: Tverrprofil av Nordveien. Veien er ligger høyere enn hagene, og demmer derfor opp flommen på begge sider av veien. Veien fungerer ikke som flomvei.

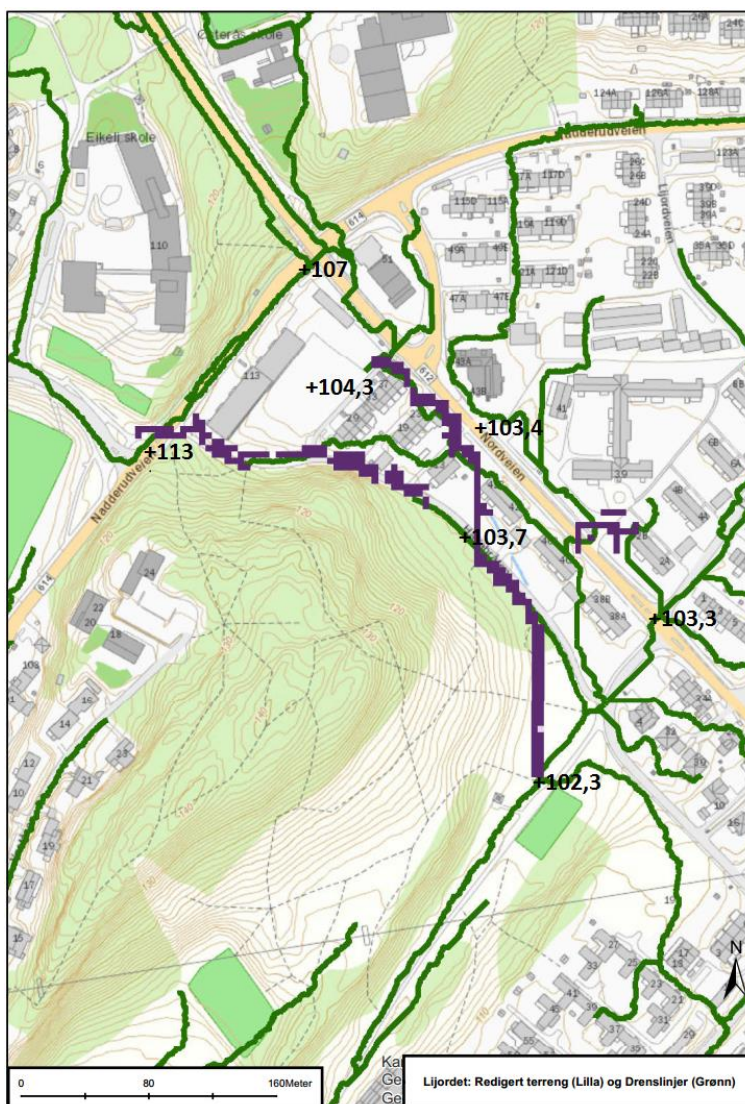
5.5.1 Flomvei på terreng:

Beskrivelse av tiltaket:

Det ble sett på hvordan man kan tilrettelegge for å frakte vann bort fra området ved å ta i bruk gangveien på sørsiden av boligene som flomvei. Gangveien må da senkes betydelig enkelte steder (opp mot 2 m). Det ble modellert en flomvei fra Nadderudveien gjennom Hagabråten sørover til gangveien. Terrenget som måtte senkes for å få dette til er vist i Figur 27.

På grunn av topografiske utfordringer er den konstruerte kanalen modellert med omtrent 4 promille fall (sør mot nord). Kotene som vises i Figur 27 er de uredigerte kotene, men de viser premisset som lå til grunn for kanalen og fallforholdene.

Det er også gjort forsøk på å senke terrenget i et lite område på nordsiden av Nordveien for å lede vannet vekk fra lavbrekkene mot enkelte bygninger.



Figur 27: Områder som er senket for å lage flomvei er vist med lilla.

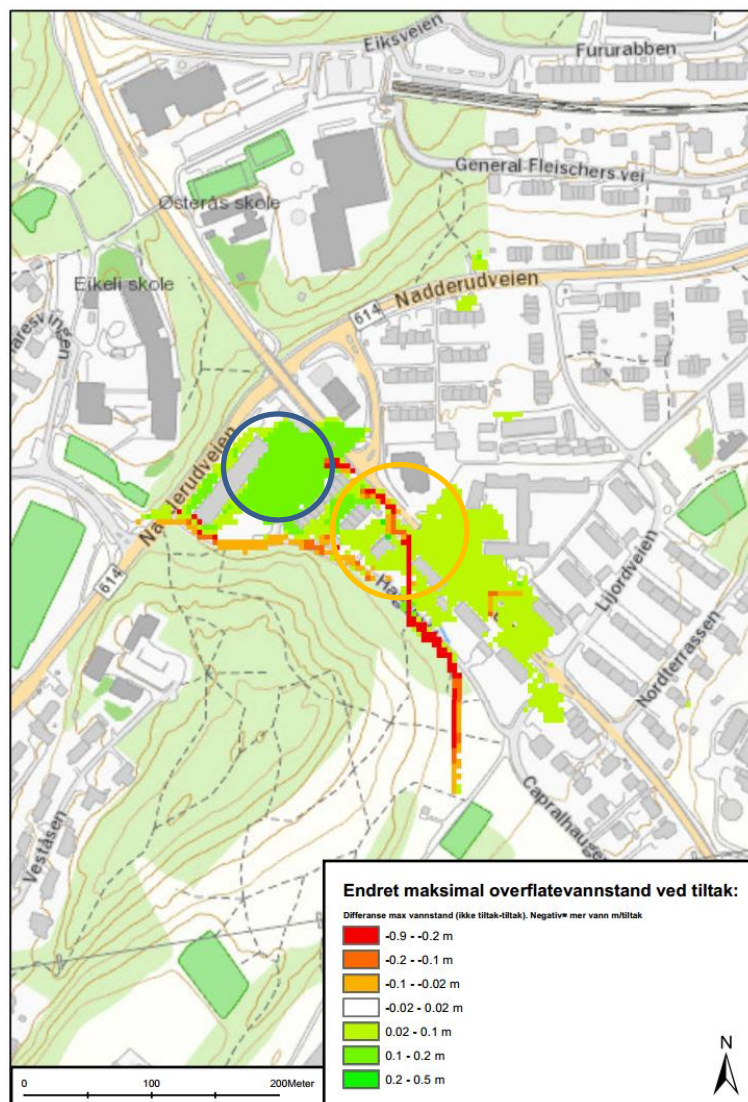
Effekt av tiltaket:

I Figur 28 vises differansen mellom maksimal overflatevannstand før og etter tiltaket. Negativ verdi viser mer vann med tiltaket og positiv viser mindre vann. Den tilrettelagte flomveien blir tydelig fordi maksimal overflatevannstand er mye høyere her enn før tiltaket (Dette er en konsekvens av at terrenget er senket).

På parkeringsplassen nærmest Nadderudveien (blå sirkel i Figur 28) har maksimal overflatevannstand fått en gjennomsnittlig reduksjon på omtrent 20 cm. Maksimal overflatevannstand før tiltaket var gjennomsnittlig 80 cm. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig reduksjon på omtrent 25% ved parkeringsplassen.

Områdene som ligger øst for modellert kanal og mellom bygningene (oransje sirkel i Figur 28) har fått en reduksjon i maksimal overflatevannstand som varierer fra 3 til 10 cm. Gjennomsnittlig reduksjon er omtrent 4 cm. Maksimal overflatevannstand før tiltaket var gjennomsnittlig 25 cm.

Tiltaket viser seg å ha begrenset effekt, men effekten av tiltaket er positiv og resultatet er slikt som formodet. Tiltaket krever store overflateendringer, så det bør gjøres utredninger av enda større omfang på tiltaket for å se om effekten kan økes til et nivå hvor det er hensiktsmessig å gjennomføre tiltak.



Figur 28: Endring i vannstand ved tiltaket, 200-årsregn

5.5.2 Oppsummering Tiltaksvurdering 5: Nordveien/Hagabråten

Nordveien/Hagabråten er et problemområde fordi flomveiene går gjennom et boligområde hvor veien ligger høyere enn private hager. Det er vanskelig å få tilstrekkelig fall og flomvei ut av området. Det bør vurderes enda mer omfattende tiltak for å sikre flomveien enn det som er modellert her, f.eks. å senke Nordveien. Dette vil i så fall medføre store konsekvenser for infrastrukturen under veien.

5.6 Andre problemområder

I det følgende vises et utvalg andre områder hvor det er mye vann i nærheten av bygninger eller viktige veier, ledningsnett som fører til flom på overflaten eller ugunstige flomveier. Da fokuset i utredningen har blitt rettet mot de fem områdene som er diskutert over, vil de øvrige problemområdene kun omtales kort.

Områdene som er presentert er valgt ut med skjønn, det er ikke satt opp spesielle kriterier for utvalg (f.eks. et visst antall bygninger eller en viss vannstand). Det er heller ikke vurdert hvor stort skadepotensialet er på de ulike stedene. Det er mange steder hvor det står vann inntil bygninger. For en del områder hvor vannet står inntil private enkeltbygninger er årsaken lavpunkter på terreng rundt bygningen (f.eks. innkjøring med fall mot huset). Det forutsettes at eierne av bygningen selv er oppmerksomme på dette.

Problemområdene er presentert med resultater fra 200-årsregnet, dette tilsvarer et 25-årsregn med klimafaktor 1,4, som er dimensjoneringsgrunnlaget i Bærum kommune for overvannsløsninger (ikke flomveier). Resultater fra ledningsnettet er tatt med dersom det er aktuelt.

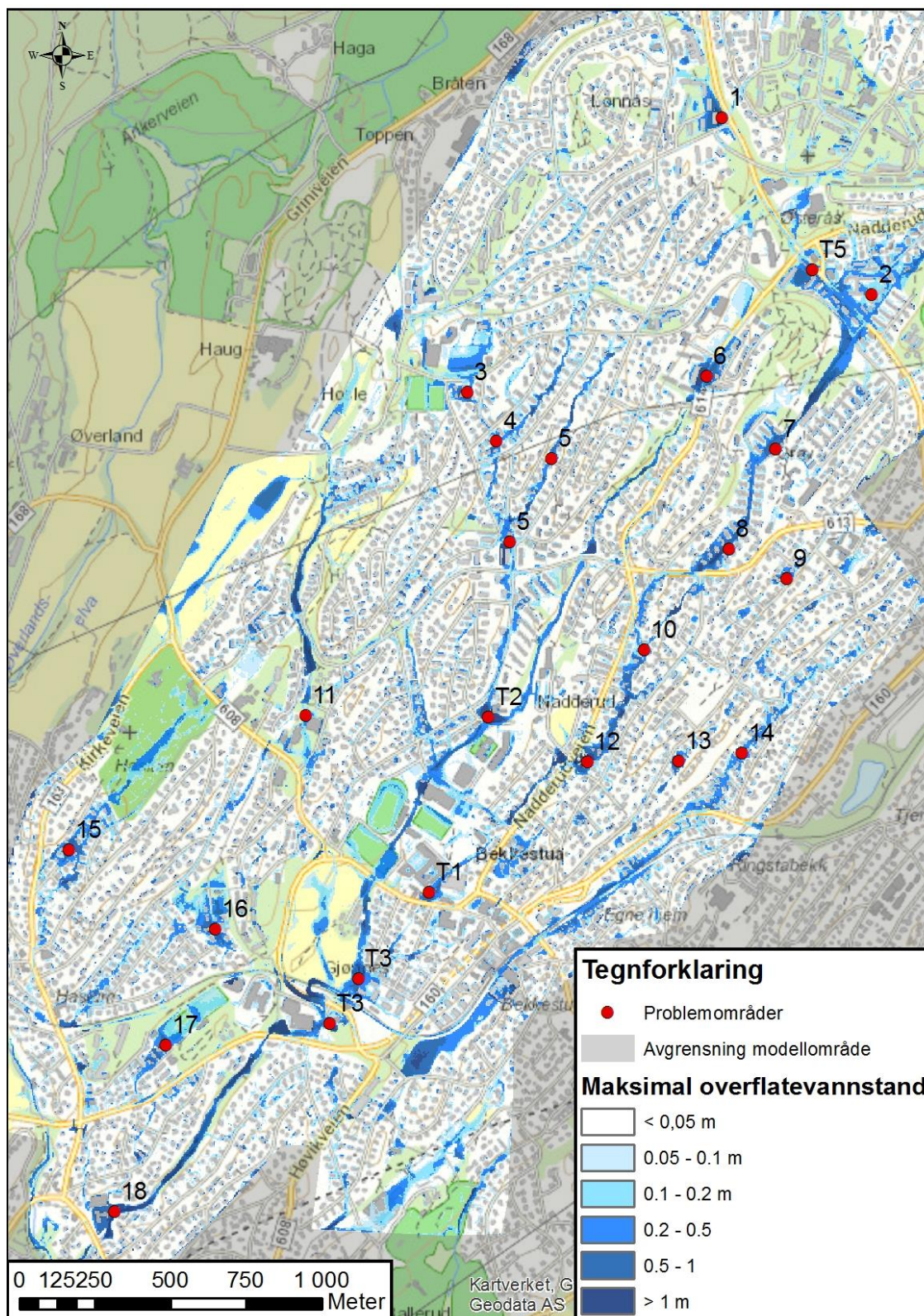
Presentasjonsrekkefølgen er basert på geografisk plassering av områdene (fra nord til sør), ikke skadepotensial eller alvorlighetsgrad. Plasseringen av problemområdene er vist på Figur 29.

Problemområdene som starter med T er allerede utredet i tidligere kapitler (5.1 – 5.5). Det er ikke tatt med problemområder som ligger i nedbørsfeltet til Bekkestubekken; Bærum kommune har initiert et eget prosjekt for å se på dette området.

For noen av problemområde er det foreslått tiltak som kan avbøte på situasjonen. Disse tiltakene er ikke simulert i modellen. Tiltakene som er foreslått til hvert problemområde er ikke ment som en tiltaksplan. Det er ikke gjort dimensjonering av tiltakene eller vurdering av kostnader. Tiltakene er ikke definert ut i fra hvem som eier området og er ansvarlig for utbedring av problemene. Flere av tiltakene berører eksisterende, privat bebyggelse.

For alle tiltak gjelder det at de må utredes, spesielt må konsekvenser nedstrøms belyses. **Generelt anbefales det at tiltak som øker kapasiteten utføres «nedenfra og opp» i vassdraget / flomveien, for å unngå økte skader om kapasiteten økes øverst men ikke nederst.**

Eksempelvis vil reduksjon av flom på overflaten ved å øke kapasiteten på flomveien, i praksis være en reduksjon av fordrøyning av flomvann, slik at vannmengden som renner videre øker. Tiltak som går på å fordrøye vann kan med fordel utføres øverst i nedbørsfeltet først. Effekten av disse tiltakene vil redusere belastningen på hele vannveien (i ledningsnett eller på terreng) ned til resipient.

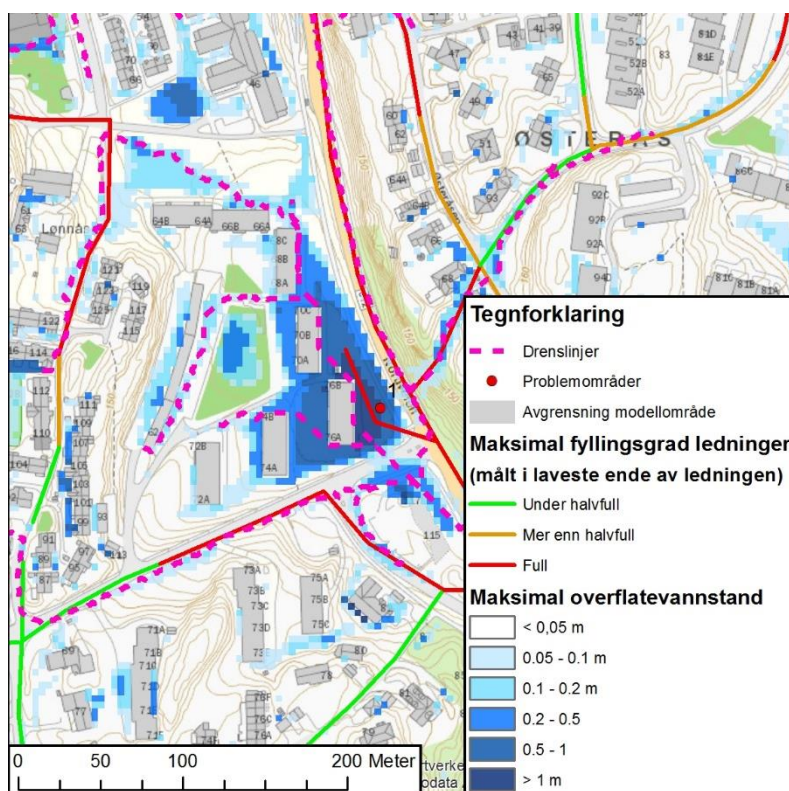


Figur 29: Oversikt over problemområder som er avdekket i modellen.

5.6.1 Problemområde 1: Granåsen 68 – 76

Områdebeskrivelse:

Granåsen 68 – 76 og omkringliggende boliger er plassert i et lavpunkt. Bærum kommunes Skybruddsanalyse viser på det meste 1,3 m lavere enn omkringliggende veier. Vann fra områder nord og øst for boligene kommer inn på området (se drenslinjer i Figur 30). Maksimalvannstand ved et 200-årsregn er beregnet til 1,38 m på tomten, 1,15 m inntil bygningen på østsiden. Det er et overvannsnett i området (diameter 300 mm), men modellen har bare to kummer, som begrenser uttaket til 60 l/s. Det er mulig kapasiteten på ledningsnettets lokalt er høyere dersom total kapasitet på slukene er høyere enn modellert.



Figur 30: Problemområde 1: Granåsen 68 – 76 ved et 200-årsregn.

Forslag til tiltak:

Det bør sees på hvordan vannet kan ledes under veien Granåsen og ut på Nordveien. Dette kan i midlertid skape større problemer for området som er beskrevet i kapittel 5.5. Ledningsnettets nedstrøms er fullt ved ekstremregn, så det vil i så fall kreve en omfattende oppgradering for å ta vannet unna i ledningsnettets.

5.6.2 Problemområde 2: Lijordveien

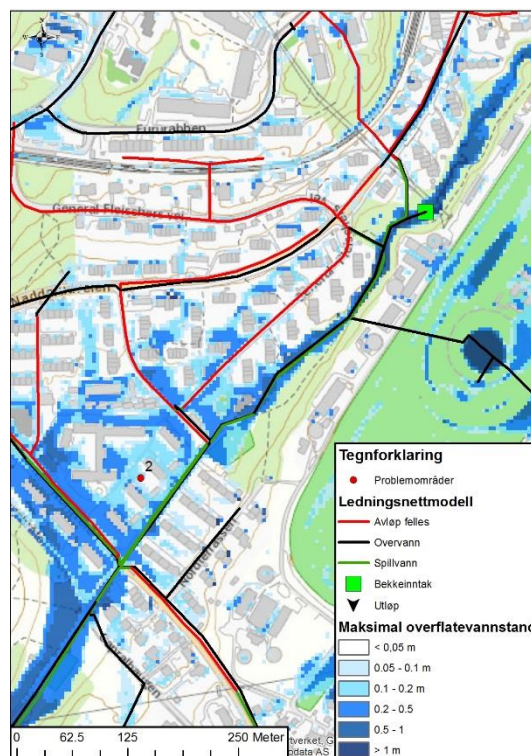
Områdebeskrivelse:

Nederste del av Lijordveien oversvømmes ved ekstremregn når vannføringen i bekken som går langs Øvrevoll Galoppbane er høyere enn ledningsnettets kan ta unna. Bekken går i rør helt herfra og ned til Øverlandselva.

Vannet rundt bygningene er beregnet å stå om lag 25-30 cm på terreng ved et 200-årsregn. Noen steder er det forsenkninger i terrenget som fylles med vann fordi omkringliggende terreng er høyere, men området er også flomutsatt fordi det er flatt og mangler tydelige flomveier.

Forslag til tiltak:

Det er umulig å oppgradere ledningsnettets slik at det tåler alle situasjoner. Derfor bør det heller fokuseres på tiltak på terreng som kan sikre en trygg flomvei, for eksempel ved å ha tydelige vannveier som ligger litt lavere enn resten av terrenget. Krysset Nordveien/Lijordveien er utfordrende fordi dette i stor grad låser hvor lavt man kan få vannet ut av området på, men det må ses på hvordan dette krysset kan fungere bedre som en flomvei. Dette vil også være en del av det videre arbeidet med området Nordveien/Hagaveien (kap 5.5).



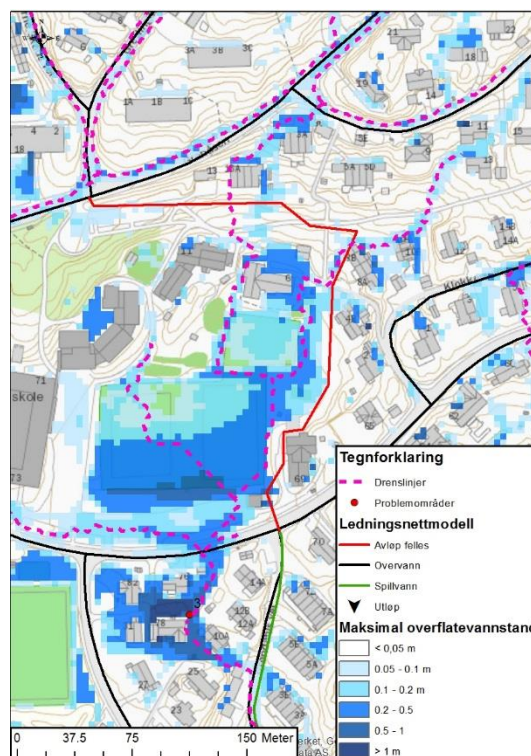
Figur 31: Problemområde 2: Lijordveien ved et 200-årsregn

5.6.3 Problemområde 3: Bispeveien 76-82

Områdebeskrivelse:

Bygningene ved Bispeveien 76-82 er bygd i et lavpunkt, og her går flomveien for området ovenfor. Vannet kommer fra Granåsen, Lønnåskollen og Jegerkollen. I krysset Elgefaret/Granåsen tar vannet to veier: Videre nedover Granåsen og til Bispeveien vest for Hosle skole, eller forbi Hosle barnehage og ned til Bispeveien 76-82. Vannføringen dempes noe ved at fotballbanene på nordsiden av Bispeveien fungerer som fordrøyningsmagasin. Mellom nr. 76 og 78 er maksimalvannstand ved et 200-årsregn beregnet til 1,3 m, selv om lavpunktet bare er 0,8 m dypt. Forskjellen skyldes hvor mye vannet må «stuve seg opp» for å få tilstrekkelig fart for å renne videre.

Vann som renner til boligområdet, renner videre på terreng til problemområde 4, 6 og kommer inn på



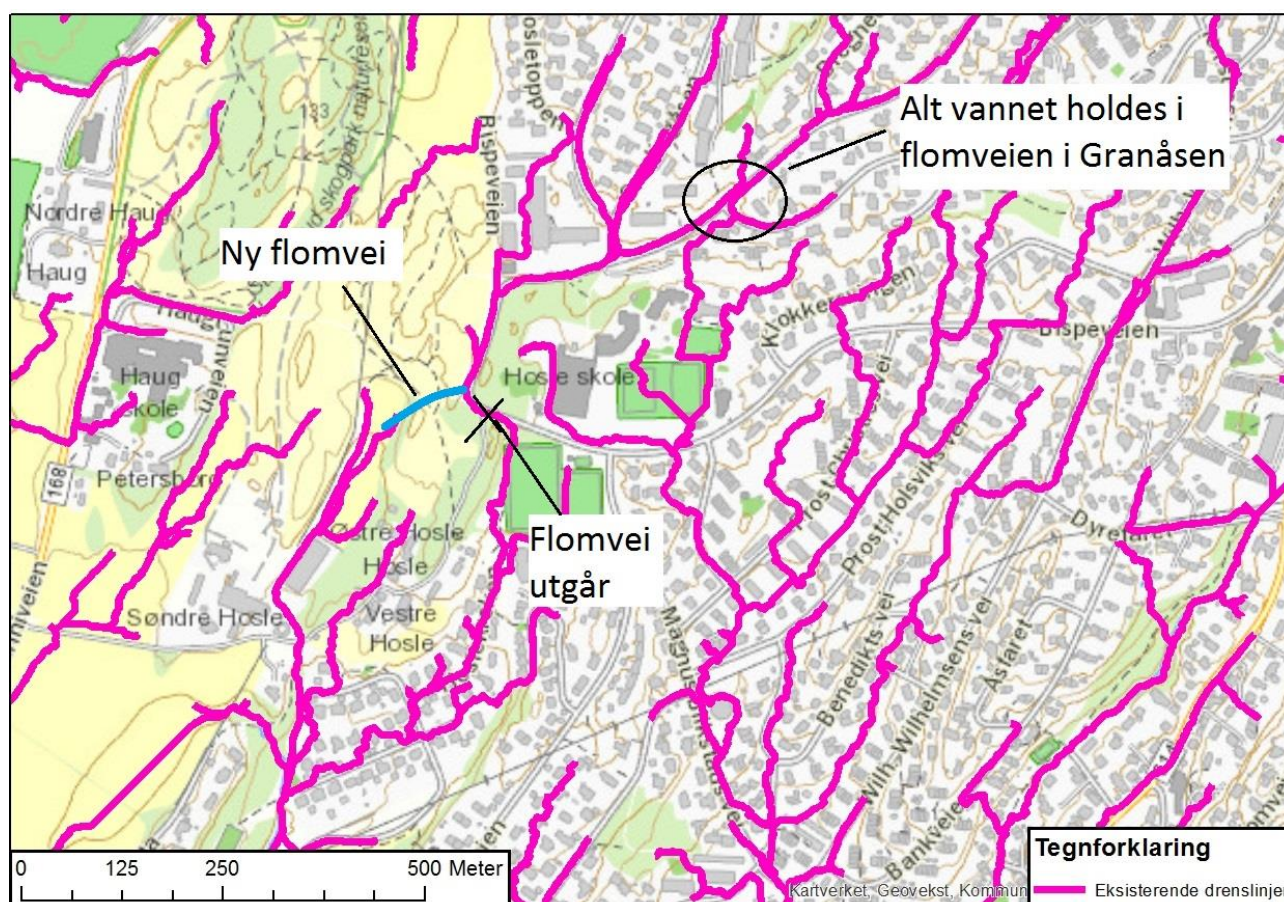
Figur 32: Problemområde 3: Bispeveien 76-82 ved et 200-årsregn.

gangveien fra Hosleveien ned mot Nadderud Stadion (beskrevet i kap 5.2.1). Vannet som renner videre nedover Granåsen og til Bispeveien kommer etter hvert inn i Hoslekroken og Hoslejordet.

Forslag til tiltak:

Ettersom Hoslebekken ikke er langt unna, kan det være mulig å få ledet alt vannet som renner i Granåsen dit, slik at ikke vannet går ned forbi Hosle Barnehage. Dette vil redusere flommen i Bispeveien 76-82 og nedenforliggende boligområder, samt i flomveien gjennom Magnus Blikstads vei og Nadderud Stadion.

Tiltaket vil kreve endringer i jordbruksområdet sørvest for Bispeveien og tilrettelegging av flomvei ned Griniveien til Hoslebekken.



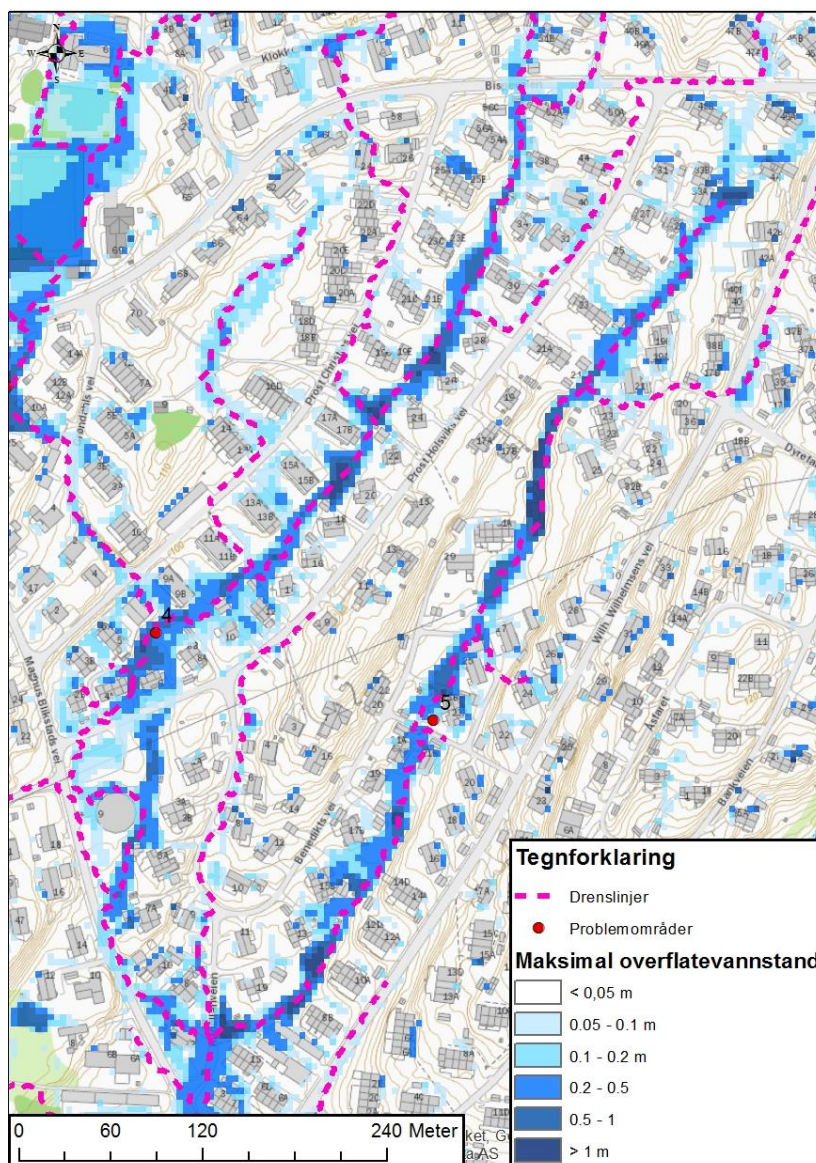
Figur 33: Mulig tiltak på terreng for å lede vannet unna Bispeveien 76-82, og heller til Hoslebekken.

5.6.4 Problemområde 4: Lavbrekket mellom Prost Christies vei og Prost Holsviks vei

Områdebeskrivelse:

Lavbrekket mellom Prost Christies vei og Prost Holsviks vei fungerer som flomvei ved kraftig regn (Figur 34). De fleste husene er bygd slik at dette går bra, men enkelte hus har utfordringer fordi flomveien går mellom bebyggelsen, og det er ikke tilrettelagt for denne. Dette gjelder spesielt boligene nærmest Magnus Blikstads vei. Det er fellesavløp i området, men ledningsnettet er naturligvis ikke dimensjonert for kraftige regn. Modellen viser et overtrykk i ledningsnettet slik at det kommer opp vann til terreng/kjellere.

Norconsult er engasjert av Bærum kommune til å se på tiltak i dette området (også problemområde 5), og lager en tilsvarende modell for dette området. Beskrivelse av disse områdene og tiltak kan leses i denne utredningen når den er klar.



Figur 34: Problemområdene 4 og 5 ved et 200-årsregn.

5.6.5 Problemområde 5: Lavbrekket mellom Prost Holsviks vei og Wilh. Wilhelmsens vei

Områdebeskrivelse:

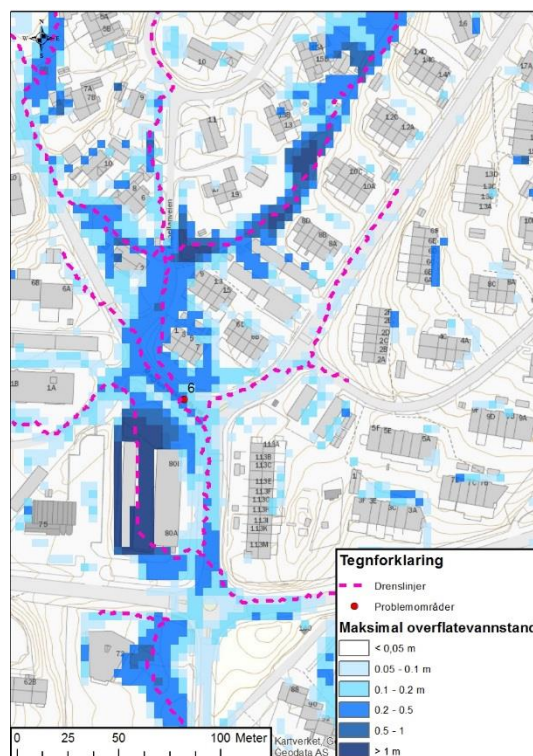
Lavbrekket mellom Prost Holsviks vei og Wilh. Wilhelmsens vei, etter hvert mellom Benedikts vei og Wilh. Wilhelmsens vei, fungerer som flomvei ved kraftig regn (Figur 34). De fleste husene er bygd slik at dette går bra, men enkelte hus har utfordringer fordi flomveien går mellom bebyggelsen, og det er ikke tilrettelagt for denne. Dette gjelder spesielt boligene øst for Benedikts vei. Det er fellesavløp i området, men ledningsnettet er naturligvis ikke dimensjonert for kraftige regn. Modellen viser et overtrykk i ledningsnettet slik at det kommer opp vann til terreng/kjellere.

5.6.6 Problemområde 6: Øygardsveien 80 og nederst i Kappelanveien

Områdebeskrivelse:

Flomveien som går forbi Øygardsveien 80 og nederst i Kappelanveien passerer flere lavpunkter hvor vannet stuver seg opp før det renner videre. Dette gjør boligene utsatt for flom ved kraftige regn.

Norconsult er engasjert av Bærum kommune til å se på tiltak i dette området, og lager en tilsvarende modell for dette området. Beskrivelse av disse områdene og tiltak kan leses i denne utredningen når den er klar.



Figur 35: Problemområde 6: Øygardsveien 80 og nederst i Kappelanveien ved et 200-årsregn

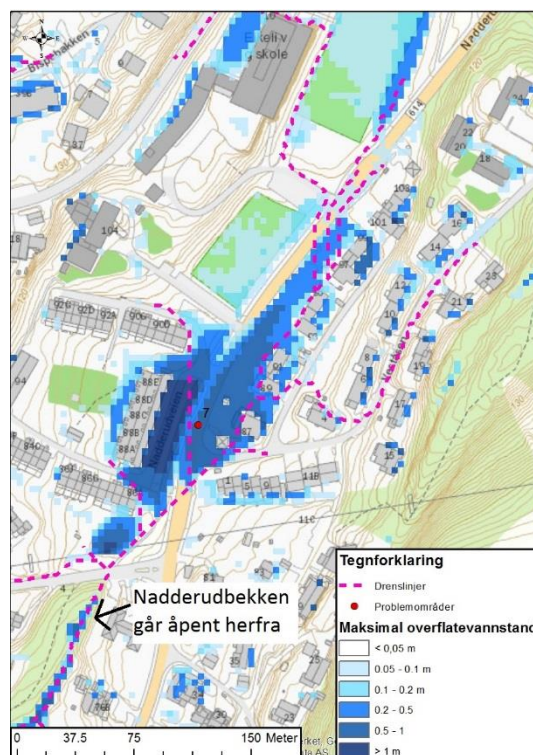
5.6.7 Problemområde 7: Nadderudveien 86-90

Områdebeskrivelse:

Nadderudveien går ned i et dypt lavpunkt ved nr. 86-90. På det meste er Nadderudveien 1,7 m lavere enn omkringliggende terreng, og på begge sider av vegen ligger terrengnivå inntil boliger 1,5 m lavere enn omkringliggende terreng (laveste utløpspunkt). Maksimalvannstand i området ved et 200-årsregn er beregnet til 70 cm i veibanen og 1,0 m inntil nr. 88. Vannet fyller altså ikke opp hele lavpunktet. I Nadderudveien går det to betongledninger for fellesavløp: en 300 mm og en 230 mm. Ledningsnettet er som forventet fullt ved ekstremregn. Det ble registret tilbakeslag inn i boligene på østsiden av Nadderudveien den 6. august 2016.

Forslag til tiltak:

Ledningsnettet oppgraderes i forbindelse med separering (prosjektet er i gang), men bør ikke nødvendigvis dimensjoneres for ekstreme regn. Det er kort vei til Nadderudbekken, denne går åpent fra andre siden av Dyrefaret. Det bør derfor ses på hvordan vannet fra Nadderudveien kan gå til Nadderudbekken, f.eks. i store overvannsledninger som legges ned under veien, eller ved å senke veien Dyrefaret for å slippe vannet ut fra lavpunktet i Nadderudveien.



Figur 36: Problemområde 7: Nadderudveien 86-90 ved et 200-årsregn

5.6.8 Problemområde 8: Fagertunveien 117 – 193

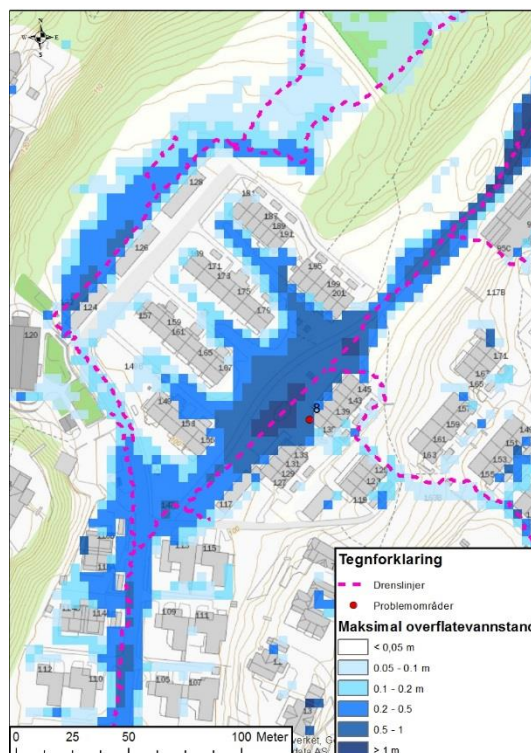
Områdebeskrivelse:

Gangveien mellom Fagertunveien og Nordveien er flomvei for vannet fra nord. Området mellom boligene nr. 117 – 193 er et lokalt lavpunkt, som på det dypeste er 70 cm dypt, men ikke dypere enn 25 cm inntil bygningene. Det er beregnet at ved et 200-årsregn kan vannet stå om lag en halvmeter opp på bygningene, og 1,3 m i det dypeste punktet.

Det er separatanlegg i veien, med en 1300 mm overvannsledning. Denne går helt full ved et 200-årsregn. Det ble rapportert noen problemer med overvann på terreng/grunnvann i dette området den 6. august 2016.

Forslag til tiltak:

Redusere terskelen som skaper lavpunktet, tilrettelegge for flomvei videre nedover i Fagertunveien.



5.6.9 Problemområde 9: Fagertunveien 63 – 92

Områdebeskrivelse:

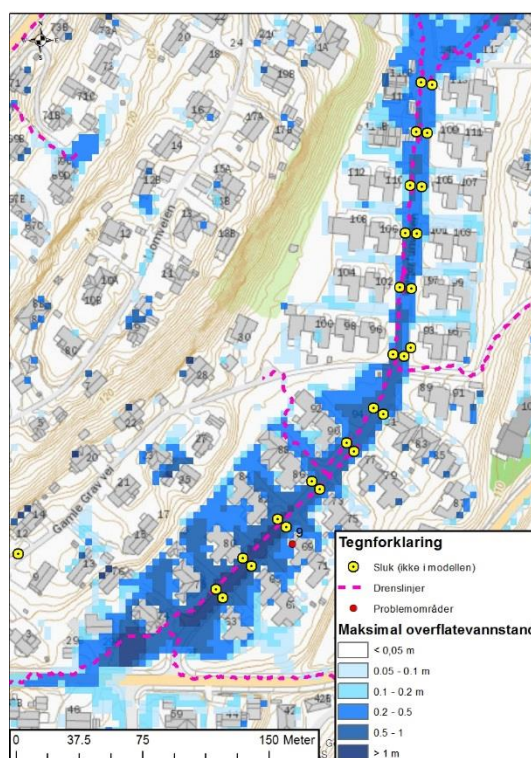
Flomvann er også et problem videre nedover i Fagertunveien. I området mellom boligene i nr. 63 – 92 er oppstuvningen av vann i gata beregnet til rundt én meter i midten av veien nord for Hosleveien. Midten av veien er et lokalt lavpunkt som er 30–40 cm dypt.

I dette området er det mange sluk som ikke er med i ledningsnettmodellen. Det var heller ikke rapportert problemer den 6. august 2016, men modellresultatene for regnet skulle tilsi omfattende problemer i dette området. Det antas derfor at vannmengden til dette området er for stor i modellen, og at slukene tok unna en del vann.

Forslag til tiltak:

Fra nederst i problemområdet går fjelltunnelen for overvann mot Nadderudbekken. Det bør vurderes om det kan etableres et inntak her som tar vannet inn på fjelltunnelen. Flomveien ut av området er over Hosleveien og så ned traseen for Gravsbecken (vannet benytter to traseer til problemområde 11). Gravsbecken har ikke tilrettelagt flomvei, så det er hensiktsmessig å ta dette vannet til Nadderudbekken.

Figur 37: Problemområde 8: Øverst i Fagertunveien ved et 200-årsregn



Figur 38: Problemområde 9: Fagertunveien 63 – 92 ved et 200-årsregn

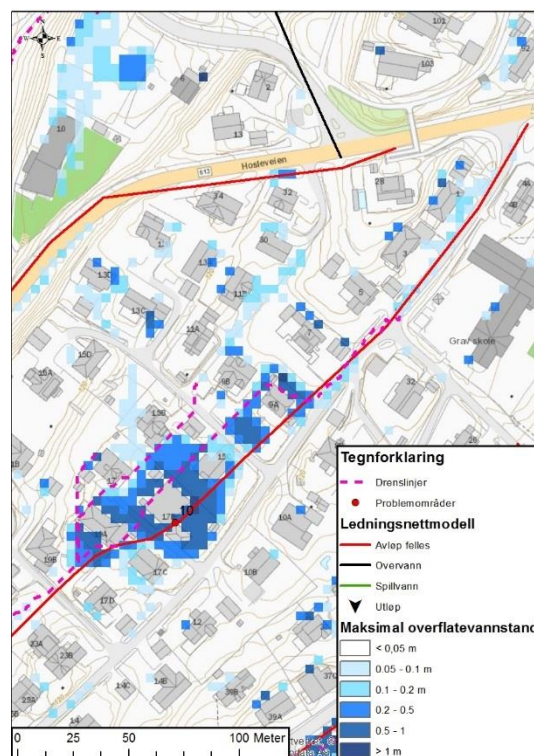
5.6.10 Problemområde 10: Gimleveien 17 m.fl.

Områdebeskrivelse:

Boligene i Gimleveien 17 m.fl. er bygd i et lavpunkt som er opptil 2,8 m dypt. Området har et begrenset nedbørsfelt, men samler likevel flomvann fra 30 dekar sør for Hosleveien. Ved et 200-årsregn fylles gropa omtrent en meter på det dypeste, til 1.8 m under terskelnivå. Ved et 200-årsregn med klimafaktor 1,5 øker vannstanden ytterligere 35 cm.

Forslag til tiltak:

Området har fellesavløp i dag, gjennom en 220 mm avløpsledning. Ved separering av dette ledningsnettet bør dimensjonen økes, og det bør settes ned sluk i lavpunktet som kan ta ekstremavrenningen slik at flomvei ut av området blir i ledningsnettet. Det bør vurderes om noe av lavpunktet kan benyttes til fordrøyning, slik at ikke alt vannet må slippes direkte på ledningen. Tiltakene kan redusere potensialet for flom, men ikke nødvendigvis gjøre området flomsikkert ved fremtidig 200-årsregn.



Figur 39: Problemområde 10: Gimleveien 17 m.fl. ved et 200-årsregn

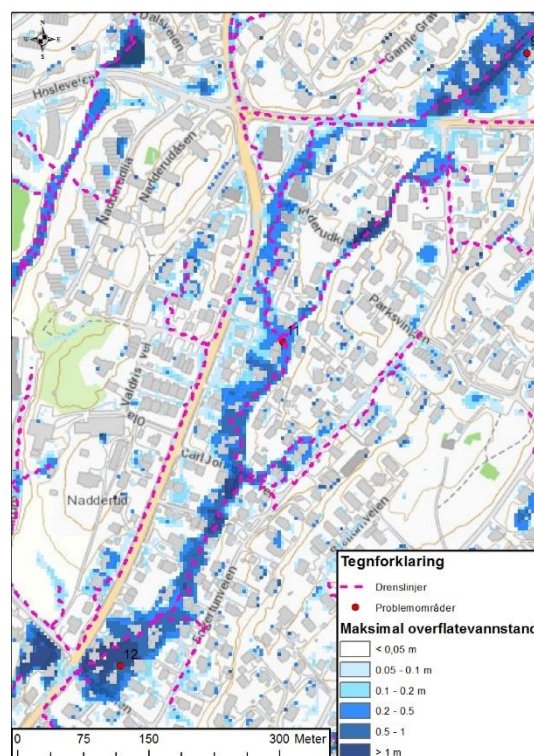
5.6.11 Problemområde 11: traseen for Gravsbecken

Områdebeskrivelse:

Mellom boligene på østsiden av Nadderudveien går flomveien for Gravsbecken, og vannet som renner videre fra Fagertunveien. Problemet skyldes i hovedsak at flomveien er gjennom boligområdet, og det ikke er tilrettelagt for dette.

Forslag til tiltak:

Ved å øke kapasiteten på inntaket til Fjelltunnelen for overvann i krysset Fagertunveien Hosleveien antas det at mengden vann som renner ned over Hosleveien kan reduseres. Ved Nadderudkroken 3 bør flomvannet inn på Nadderudveien, slik at Nadderudveien fungerer som flomvei. Topografien rundt Nadderudveien er utfordrende, terrenget heller mot øst, men ved fremtidig vedlikehold bør man se på muligheten for å legge til rette for flomvei ned Nadderudveien fremfor dagens trasé.



Figur 40: Problemområde 11, Traseen for Gravsbecken ved et 200-årsregn

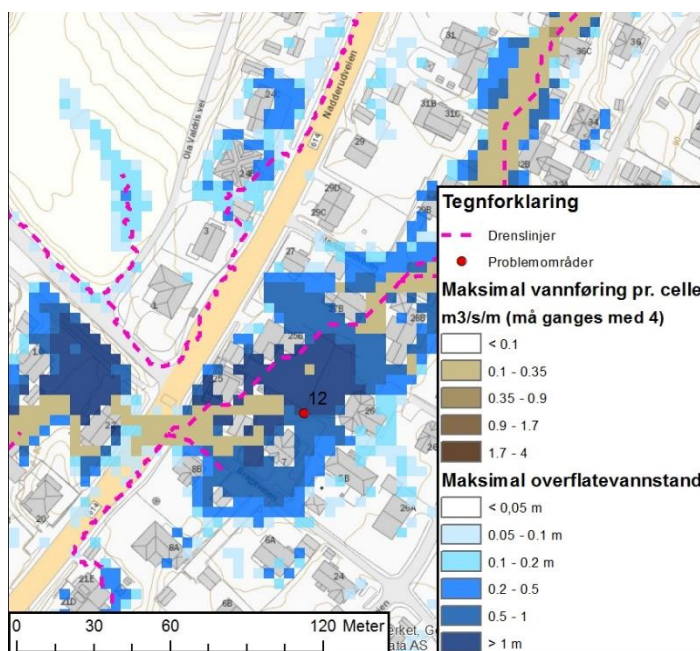
5.6.12 Problemområde 12: Nadderudveien 25

Områdebeskrivelse:

Flomveien over Gravsbecken går gjennom et lavpunkt ved Nadderudveien 25 før den går opp igjen på Nadderudveien. Lavpunktet er på det dypeste 1,2 m, også inntil boligene. Ved et 200-årsregn er beregnet vannstand 1,3 m, altså noe høyere enn terskelen som demmer opp. Dette skyldes tregghet i vannet. Skybruddskartleggingen viser at vannet går ut på Nadderudveien og så sørover øst for Nadderudveien, men modellen vår viser at vannet vil krysse Nadderudveien og gå inn mot Nadderud Stadion-området (se brune celler som viser høy vannføring).

Forslag til tiltak:

Det er i dag fellesavløpsnett gjennom området. Ledningsanlegget vil bli separert i etappe 2 av Gravsbecken-prosjektet, men det bør vurderes å legge inn sluk fra området som går inn på overvannsledningen i Nadderudveien i forbindelse med utbyggingen av etappe 1.



Figur 41: Problemområde 12: Nadderudveien 25 ved et 200-årsregn

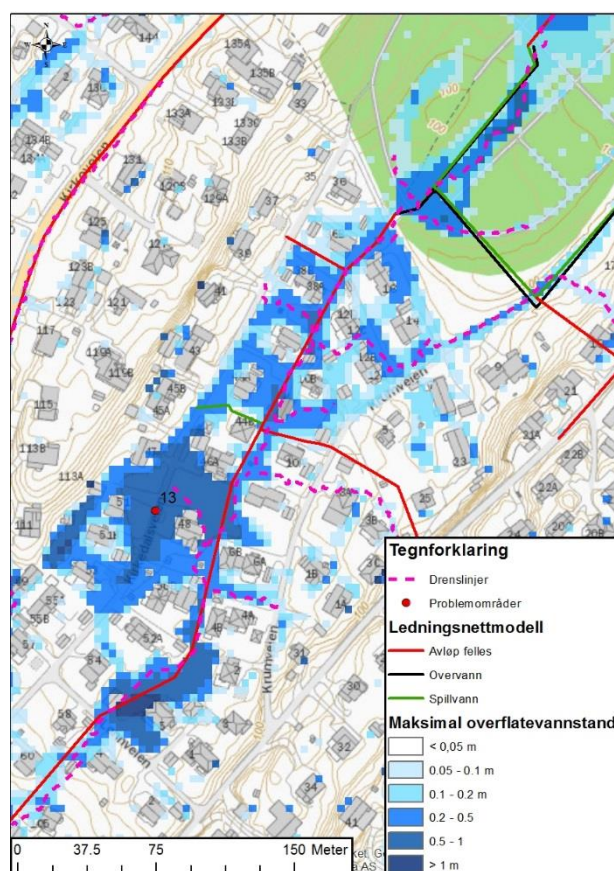
5.6.13 Problemområde 13: Kirkedalsveien/Krumveien

Områdebeskrivelse:

Mellom boligene øst for Kirkedalsveien og vest for Krumveien går flomveien for vannet fra Haslum kirkegård. Ved Kirkedalsveien 48 er det et lavpunkt, som er omtrent 50 cm dypt. Beregnet maksimalvannstand ved et 200-årsregn er 70 cm.

Forslag til tiltak:

Det er vanskelig å sikre området ved flom. Det er fellesavløp fra kirkegården og gjennom problemområdet. Det må vurderes hva som kan gjøres på kirkegården for å dempe flomavrenningen, f.eks. fordrøyning. Ved separering bør det vurderes å øke kapasiteten til overvannsledningen ut over normale dimensjoneringskriterier slik at vannet fra kirkegården kan gå i overvannsledningen i stedet for i den ugunstige flomveien. Dette vil bedre situasjonen, men muligens ikke hindre 200-årsflom.



Figur 42: Problemområde 13: Området mellom Kirkedalsveien/Krumveien ved et 200-årsregn

5.6.14 Problemområde 14: Tvetermymra

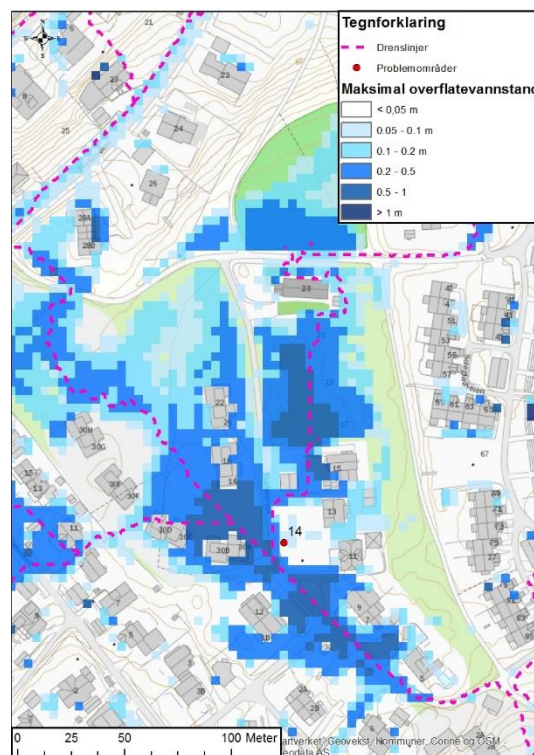
Områdebeskrivelse:

Gjennom Tvetermymra går flomvannet fra områdene rundt. Området er et lavpunkt, på det meste 25 cm dypt inntil bygninger, men større i veiene og lokale lavpunkter mellom bygningene. På grunn av flomveien er den beregnede maksimalvannstanden inntil bygninger rundt 50 cm ved et 200-årsregn.

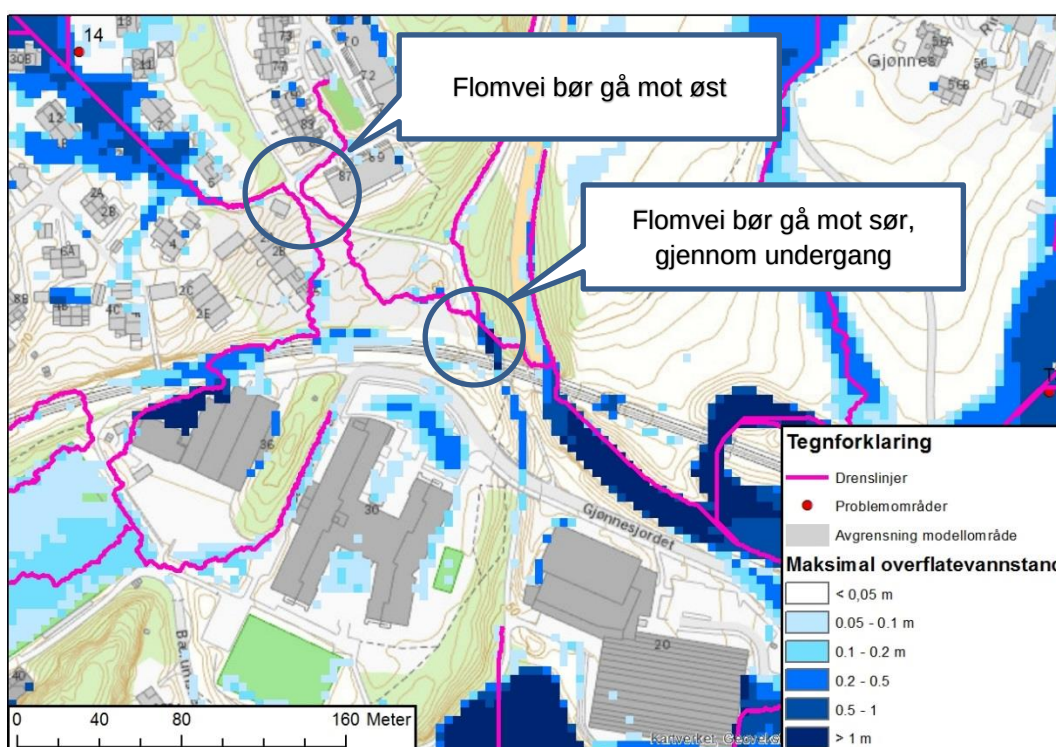
Forslag til tiltak:

Dagens ubebygde lavpunkter bør beholdes, for å fungere som fordrøyning av flomvann. Dette gjelder både i området og lengre oppstrøms. Veien Tvetermymra ut av området i sør bør tilrettelegges som flomvei ved å senke terskelen.

Flomveien ut av området bør endres, slik at vannet som går ut av området i sørøst går østover på gangveien, og ikke sørover til T-banen. Dette er fordi vann som går sørover kommer til problemområde 15, mens vann som går østover kan gå til det åpne overvannsbassenget sør for Gjønneshallen om gangveien tilrettelegges for dette.



Figur 43: Problemområde 14: Tvetermymra ved et 200-årsregn



Figur 44: Anbefalt bearbeiding av flomveier for å bedre flomveien ut av Problemområde 14 (200-årsregn).

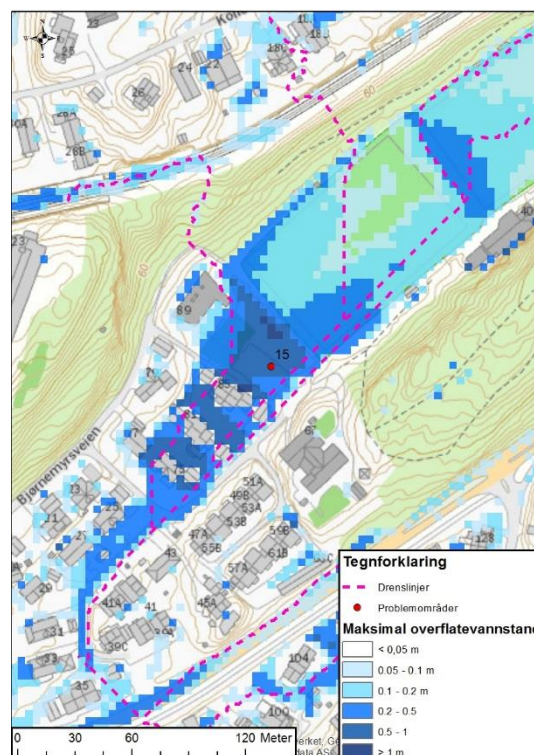
5.6.15 Problemområde 15: Bjørnemyrsveien 27-83

Områdebeskrivelse:

Området i Bjørnemyrsveien, fra nr. 27 til nr. 83 er flomvei og lavpunkt. Vannet kan stå opp mot 1 m inntil bygninger ved et 200-årsregn. Forsenkningene i terrenget er dypere enn maksimalvannstand ved 200-årsregn, som betyr at lavpunktene ikke fylles helt opp (ca. 15 cm differanse). Ved et 200-årsregn med klimafaktor 1,5 stiger vannstanden om lag ytterligere 30 cm, som tilsvarer 15 cm over lavpunktets terskel.

Forslag til tiltak:

Omlegging av flomveien som beskrevet for problemområde 14 vil dempe flommen her. Det bør også ses på om terskler ut av området bør endres.



Figur 45: Problemområde 15: Bjørnemyrsveien 27-83 ved et 200-årsregn

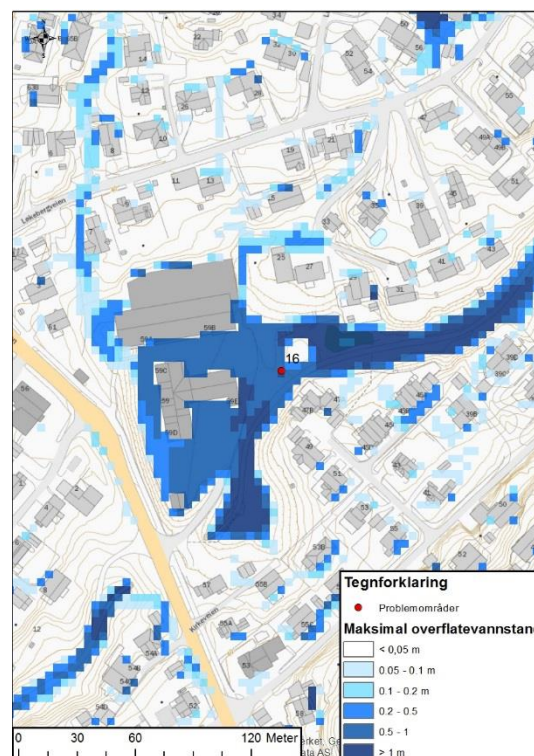
5.6.16 Problemområde 16: Kirkeveien 59

Områdebeskrivelse:

Flomvann fra Gjønnnes stasjon renner ned gangveien mot Kirkeveien 59 før det går gjennom undergangen under Kirkeveien og til Øverlandselva. Område Kirkeveien 59 er et lavpunkt (lavere enn flomveien), slik at flomvann kommer inn hit.

Forslag til tiltak:

Terrenget bør heves, og flomveien må utformes slik at vann ikke kommer inn til bygningene (f.eks. ved en flomvoll som leder vannet gjennom undergangen). Tiltak er allerede i gang.



Figur 46: Problemområde 16: Kirkeveien 59 ved et 200-årsregn

6 Referanser

Førland, E., Mamen, J., Dyrrdal, A., Myrabø, S., & Grinde, L. (2015). *Dimensjonerende korttidsnedbør*. NVE. NIFS rapport 134/2015.

Norsk klimaservicesenter (2017), *Klimaprofil Oslo og Akershus*, oppdatert juli 2017.

Norsk vann rapport 162. (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. Norsk Vann.

Norsk vann rapport 193. (2012). *Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem*. Norsk Vann.

Norsk vann rapport 204. (2004). *Åpne flomveger i bebygde områder*. Norsk Vann.

United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation (USBR), 1988, *Downstream Hazard Classification Guidelines*, ACER technical memorandum no. 11

7 Vedlegg

Vedleggene som er nevnt under hører med til denne rapporten. Vedlegg 3 og utover er kart i PDF-format. Disse er i formatet A1 for å få høy nok oppløsning.

For hvert scenario er følgende resultater vist:

- Maksimalvannstand
- Maksimal fyllingsgrad i ledninger og vannstand i kum
- Kummer som har overløp til terreng på grunn av trykk i ledningsnettet

Tabell 5: Oversikt over vedlegg

Vedlegg nummer	Tittel
1	Teknisk modellbeskrivelse
2	Oversikt over leverte filer
3	Resultater fra regnet 6. august 2016 (2stk)
4	Resultater fra 20-årsregn (2stk)
5	Resultater fra 50-årsregn (2stk)
6	Resultater fra 200-årsregn (2stk)
7	Resultater fra 200-årsregn med klimafaktor (2stk)
8	Drenslinjer og modellert vannføring på terreng (200-årsregn med klimafaktor)

Vedlegg 1: Teknisk modellbeskrivelse

Programvare

For å bygge og simulere den hydrauliske modellen er det benyttet programvare fra DHI, versjon 2017. Modellen er en Mike Flood-modell. Dette betyr at det er en ledningsnettmodell i Mike Urban og en overflatemodell i Mike 21 som er koblet sammen til en «kombinert modell». Alle innstillinger og koblinger mellom ledningsnett og overflate ble utført i Mike Urban. Infiltrasjonsmodulen ble lagt til i Mike 21. Beregningsmotoren i simuleringene har vært MOUSE for ledningsnett og MIKE 21 HD for overflate («Single grid using rectangular cell solver»). For oppretting av høydemodell og bearbeiding av grunnlagsdata og resultater ble ArcMap 10.5 benyttet.

Koordinat og høydesystem

I prosjektet har data blitt håndtert i koordinatsystemet ETRS 1989 UTM ZONE 32 N og høydesystemet NN2000.

Grunnlag

Nedenfor er grunnlagsdata som ble benyttet i den hydrauliske modellen listet opp.

Tabell 6: Grunnlagsdata som er benyttet til modellen.

Grunnlag	Leverandør	Dato
Terrengmodell	Bærum kommune	Basert på laserdata fra 2013
FKB	Bærum kommune	August 2017
IVF-kurver	Meteorologisk institutt	August 2017
Nedbørsdata for 2016 og 2017	Bærum kommune	September 2017
Ledningsnett og veisluk	Bærum kommune	August 2017
Ledningsnettmodell	Bærum kommune / ROSIM	August 2017
Ortofoto og grunnkart (brukt som bakgrunnskart i figurer)	Geodata	Februar 2018
Omregningstabell for rørdiametre	DHI / Ulike rørleverandører	September 2017
Punkter med registrerte hendelser 6. august 2016	Bærum kommune	August 2017
Løsmassekart	NGU	September 2017

Innmålinger

Det har ikke blitt foretatt innmålinger i dette prosjektet. Bærum kommune har lagt frem tegninger av utvalgte kummer og høydeprofiler på noen ledninger hvor det har vært tvil om gyldigheten til ledningsnettmodellen. Noen ledninger har blitt endret basert på innmålinger i parallellprosjektet «Forprosjekt Gravsbekken» som Sweco har gjennomført for Bærum kommune, prosjektenheten.

Modellgeometri og avgrensning

Nedbørsfeltet er vist på side 12.

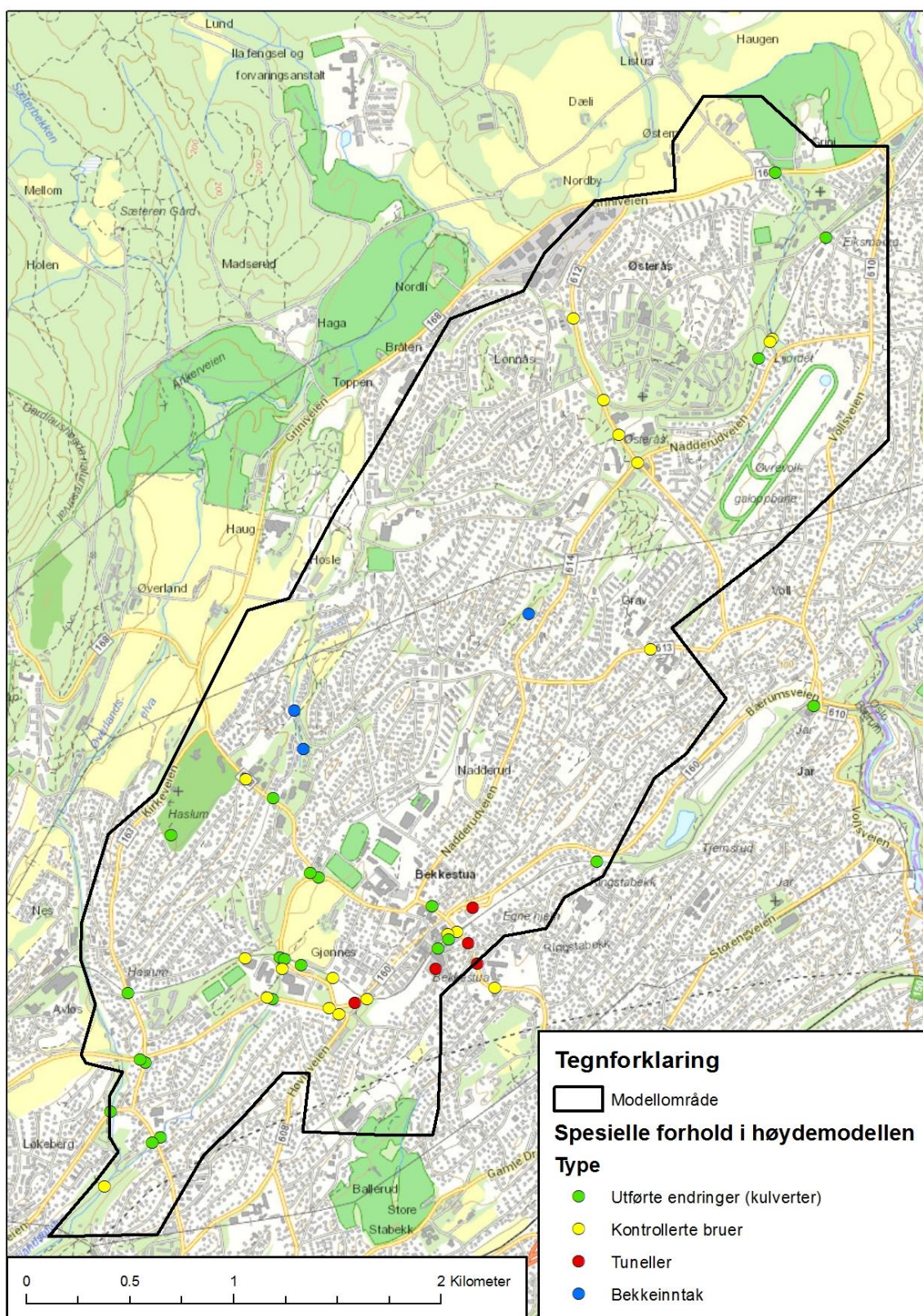
Høydemodell

Bærum kommune har laget en høydemodell basert på laserdata. Modellen ble mottatt i oppløsningen 0,5x0,5 m, og ble først gjort om til 2x2 m og deretter til 4x4 m oppløsning med funksjonen «Resample» i ArcGIS, hvor «Resample method» ble satt til «Bilinear». Det ble gjort forsøk med å kjøre modellen med 2x2 m oppløsning, men beregningstiden ble da omtrent 7 dager. For å få ned beregningstiden ble oppløsningen minsket til 4x4 m. Med denne oppløsningen vil hver rute på 16 m² være representert med bare én høyde, og man kan altså ikke få frem nyanser i terrenget som ville hatt betydning for vannets ferd. Slike elementer kan være grøfter, små ujevnheter i terrenget eller kantstein. Bekker blir også svakt representert. Det er likevel sjelden at det lages overflatemodeller for så store områder som det er gjort her med høyere oppløsning, da den ofte blir ustabil om cellene er for små.

Selv om bruer er utelatt, krever høydemodellen manuell redigering for å beskrive vannets løp riktig. Det ble derfor gjort justeringer av høydemodellen i punktene som vist i Figur 47. Underganger måtte noen steder gjøres bredere enn de egentlig var (2 celler x 4 m brede) for å unngå ustabilitet i modellen. Dette antas å ikke nevneverdig påvirke resultatene, da oppstuvning på grunn av trange underganger ikke ser ut til å være et problem i området. Andre tilpasninger som ble gjort var å ta bort støy i laserdata fra bruer, åpne bygninger som har passeringsmulighet under (f.eks. bygningene som strekker seg over T-banesporet på Bekkestua).

For å få vannet til å renne rundt bygninger ble terrenget som omfattes av fotavtrykket til bygningene hevet med 3 m. Denne forholdsvis lave verdien ble valgt for å unngå ustabiliteter i den hydrauliske modellen ved for stor høydeforskjell mellom bygninger og terreng. Fotavtrykket til bygningene ble hentet fra FKB-data bygningsflater (mottatt august 2017). Før heving av bygninger ble objekttype 'Takoverbygg' slettet. Fotavtrykket til bygningene ble gjort om fra FKB-data til raster med oppløsning 4x4 m, hvor cellene ble klassifisert som bygning dersom mer enn 25 % av cellen var bygning, for å ikke få for lite fotavtrykk på bygningene (det samme bygnings-rasteret ble benyttet som grunnlag for infiltrasjons- og ruhet-parameterne).

Modellområdet i Mike 21 må være rektangulært. For å spare simuleringstid ble områder utenfor nedbørsfeltet til Nadderud (vist i Figur 1) inaktivert. For å inaktivere området ble terrenget hevet til over grenseverdien for når terrenget inngår i beregningene (300 m). De inaktiverte områdene fungerer som en «mur» rundt modellområdet. Selv om det ble forsøkt å sette denne «muren» så tett på vannskillet som mulig, vil det flere steder være noen områder som har avrenning mot «muren». Dette fører til at vann som ellers ville rent ut av området ble stående inntil «muren». Flom på terreng som står inntil modellgrensen må derfor ses bort ifra, da dette er vann som i virkeligheten ville rent videre ut av området. I fire områder hvor det samlet seg mye vann, ble det lagt inn «sluk» med god kapasitet som skulle ta vekk vannet.



Figur 47: Endringer i høydemodellen som ble gjort for at den skulle representere vannets ferd

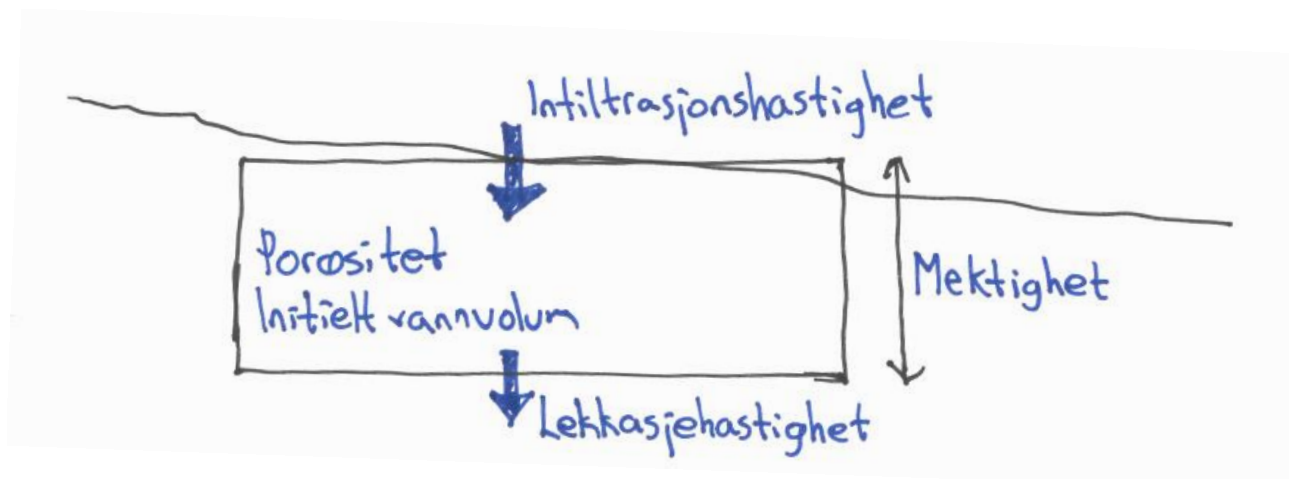
Infiltrasjon

En del av nedbøren infiltreres i bakken. Ved normale regn er andelen regn som infiltreres betydelig, men ved ekstreme regn vil mye av regnet renne av flatene. For å beskrive de ulike områdenes avrenning ble områdene klassifisert etter arealbruk (FKB Ar5) og løsmassekart fra NGU¹. Infiltrasjon benyttes i denne modellen i stedet for avrenningsfaktor for å si hvor mye av regnet som renner av.

Det ble laget en infiltrasjonsmodell for området som infiltrerer deler av nedbøren. Infiltrasjonsmodellen beskrives av fem parametere:

1. Infiltrasjonshastighet fra overflaten til jordsmonnet
2. Mektighet (dybde på jordsmonnet, den aktive delen i infiltrasjonsmodulen)
3. Porøsitet
4. Initielt vannvolum i det aktive laget ved start
5. Lekkasjehastighet fra det aktive laget til underliggende løsmasser/fjell.

En illustrasjon av hvordan de ulike parameterne virker inn på infiltrasjonen er vist i Figur 48.



Figur 48: Beskrivelse av infiltrasjonsparametere for jordsmonnet under én celle

Modellen ble først satt opp med tabellverdier for infiltrasjon fra de ulike kombinasjonene av arealbruk og løsmasser. For å kalibrere modellen (bestemme infiltrasjonsparametere og utveksling mellom ledningsnett og overflate) ble regnet som falt den 6. august 2016 simulert flere ganger. Prosjektgruppen i Bærum kommune gav tilbakemeldinger hvor modellert scenario ble sammenlignet med bilder og erfaringer fra 6. august 2016. Infiltrasjonsegenskapene til de ulike jordartene ble da justert for å tilpasse mengden vann i modellen mot den observerte hendelsen.

Parameterne vi kom frem til gjennom kalibreringen ble benyttet videre i simuleringen av konstruerte regn for ulike gjentakintervall. Disse er beskrevet under, og kan også finnes i dfs2-filen infiltrasjon.

Bygninger og veger ble satt til tette flater, med null infiltrasjon. Grunnlaget for omfanget av dette var FKB-data. Disse dataene tar ikke med seg alle innkjørsler og parkeringsplasser.

Infiltrasjonshastighet ble satt med bakgrunn i informasjon om arealbruk fra FKB-data (Ar5) og løsmassekart. I det urbane miljøet (hager og plener) er det rimelig å anta at det øverste jordlaget består av matjord uavhengig av løsmassekart. Matjord har en typisk infiltrasjonskapasitet på $5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-6}$ (tilsvarer 180–18 mm/t). For å være konservativ ble den laveste verdien valgt som

¹ I den forbindelse har NGU bedt om at følgende informasjon gjøres kjent: Rapporten inneholder data under norsk lisens for offentlige data (NLOD) tilgjengeliggjort av Norges geologiske undersøkelse (NGU).

utgangspunkt, og senere kalibrert ned til 12 mm/t. Både flomavsetninger og hav- og fjordavsetninger består for det meste av silt og leire, som har en infiltrasjonskapasitet i størrelsesorden $1 \cdot 10^{-6}$ (tilsvarer 3.6 mm/t), denne ble kalibrert opp til 7,2 mm/t. Følgende verdier ble benyttet for infiltrasjonskapasitet:

Arealbruk	Løsmasser	Infiltrasjonshastighet
- Tette flater (asfalt, bygninger, veier mm) - Samferdsel - Vann		0 mm/t
Bebyggd areal (grønne områder)		12 mm/t
- Fulldyrka jord - Skog - Åpen fastmark	Bart fjell	3,6 mm/t
- Fulldyrka jord - Innmarksbeite - Skog - Åpen fastmark	- Fyllmasse - Torv og myr - Forvittringsmateriale	12 mm/t
- Fulldyrka jord - Innmarksbeite - Skog - Åpen fastmark	- Flomavsetning - Hav- og fjordavsetning	7,2 mm/t
- Skog - Åpen fastmark	Marin strandavsetning	72 mm/t

Ar5-laget viser mektighet på jordsmonnet. Det er to klasser: «Jorddekt», som betyr at over 50 % av arealet har mer enn 30 cm løsmasser, og «Grunnlendt», mindre enn 50 % har mektighet 30 cm. I infiltrasjonsmodulen ble mektigheten for arealer som var bebygde og har kategorien grunnlendt, satt til 20 cm. For arealer i kategorien jorddekt ble mektigheten satt til 40 cm.

Porøsitet ble antatt til 0,15 for alle løsmasser, med unntak av bebygde områder og marin strandavsetning som ble antatt med 0,20 i porøsitet. Det ble antatt at hagejord har innslag av sand og rotsystemer som øker porøsiteten.

Initielt vanninnhold ble for alle løsmasser satt til 80 % før simulering, da det hadde regnet mye i dagene før 6. august 2016.

Lekkasjehastighet ble satt med bakgrunn i løsmassekartet fra NGU. Følgende verdier ble brukt:

Løsmasser	Lekkasjehastighet
Bart fjell	0.36 mm/t
Hav- og fjordavsetning, sammenhengende dekke	1.8 mm/t
Fyllmasse (antropogene masser) Torv og myr Forvittringsmateriale Flomavsetning, uavhengig av dekke	3.6 mm/t
Marin strandavsetning, sammenhengende dekke	36 mm/t

I pukken på T-banen ble det antatt 200 mm/t infiltrasjonshastighet, porevolum 0,3 og en mektighet på 50 cm. På parkeringsplassen sør for Gjønnes stasjon er det et fordrøyningsmagasin, dette ble modellert som et område med bedre infiltrasjon i stedet for å legge inn magasinet. Parkeringsplassen fikk infiltrasjonshastighet 200 mm/t, mektighet 0,37 cm, porevolum 1 (100 %) og lekkasje 5 mm/t.

Ruhet, tidssteg, viskositet, «flooding and drying»

Vannets hastighet på overflaten styres blant annet av ruheten på overflaten. Denne varierer mellom ulike typer overflater. Harde flater har gjerne en glattere overflate, som gir lavere ruhet og større hastighet. I denne modellen ble ruhet beskrevet ved Mannings formel. Høyere Manningstall betyr lavere ruhet. Det ble laget et raster som beskriver ruheten i modellområdet. Harde flater (bygninger og veger) ble satt til Manningstall 50 (lav ruhet), og alle andre flater ble satt til Manningstall 5 (høy ruhet). Mindre endringer i Manningstall har vist seg å ha liten effekt på flomvannstanden, og det ble derfor benyttet felles verdier for de to hovedgruppene av overflater.

Modellen har blitt kjørt med tidssteg 0,25 s for å oppnå stabilitet.

Viskositeten ble satt til fluksbasert Eddy viskositet med standardverdien i Mike 21. Denne verdien varierer med tidssteget og oppløsning på modellen. Med 0,25 s tidssteg og 4x4 m celleoppløsning er standardverdien 1,28 m²/s.

Flooding og drying er en innstilling som bestemmer hvor mye vann en celle i modellen må ha for å være aktiv. Standardverdiene 0,003 m for flooding og 0,002 m for drying ble benyttet.

Ledningsnettmodell

Rosim har laget en modell av ledningsnettet for overvann, spillvann og fellesavløp for Bærum kommune. Den er basert på data fra Gemini VA. Den var utgangspunktet for ledningsnettmodellen som ble koblet til overflatekoblingen. Før sammenkobling ble det gjort noen endringer, de viktigste er oppsummert i shapefilen som leveres til Bærum kommune og i Tabell 7. I arbeidet med dette prosjektet har det blitt gjort mindre endringer i modellen for å rette opp feil som ble avdekket.

Gate- og grøftesluk er ikke med i modellen, da dette ville tatt svært lang tid å legge inn. Dette medfører at det en del steder samler seg vann i lavpunkter som i virkeligheten ville blitt drenert bort

av sluk, for eksempel på veier, torg og parkeringsplasser. Men vær oppmerksom på at mye av ledningsnettet går fullt, slik at ev. sluk som var med i modellen ikke ville tatt unna særlig mye vann likevel.

Noen kummer ble flyttet litt slik at de kom i hver sin 4x4 m rute i høydemodellen (nødvendig for å kunne sette opp en kombinert modell).

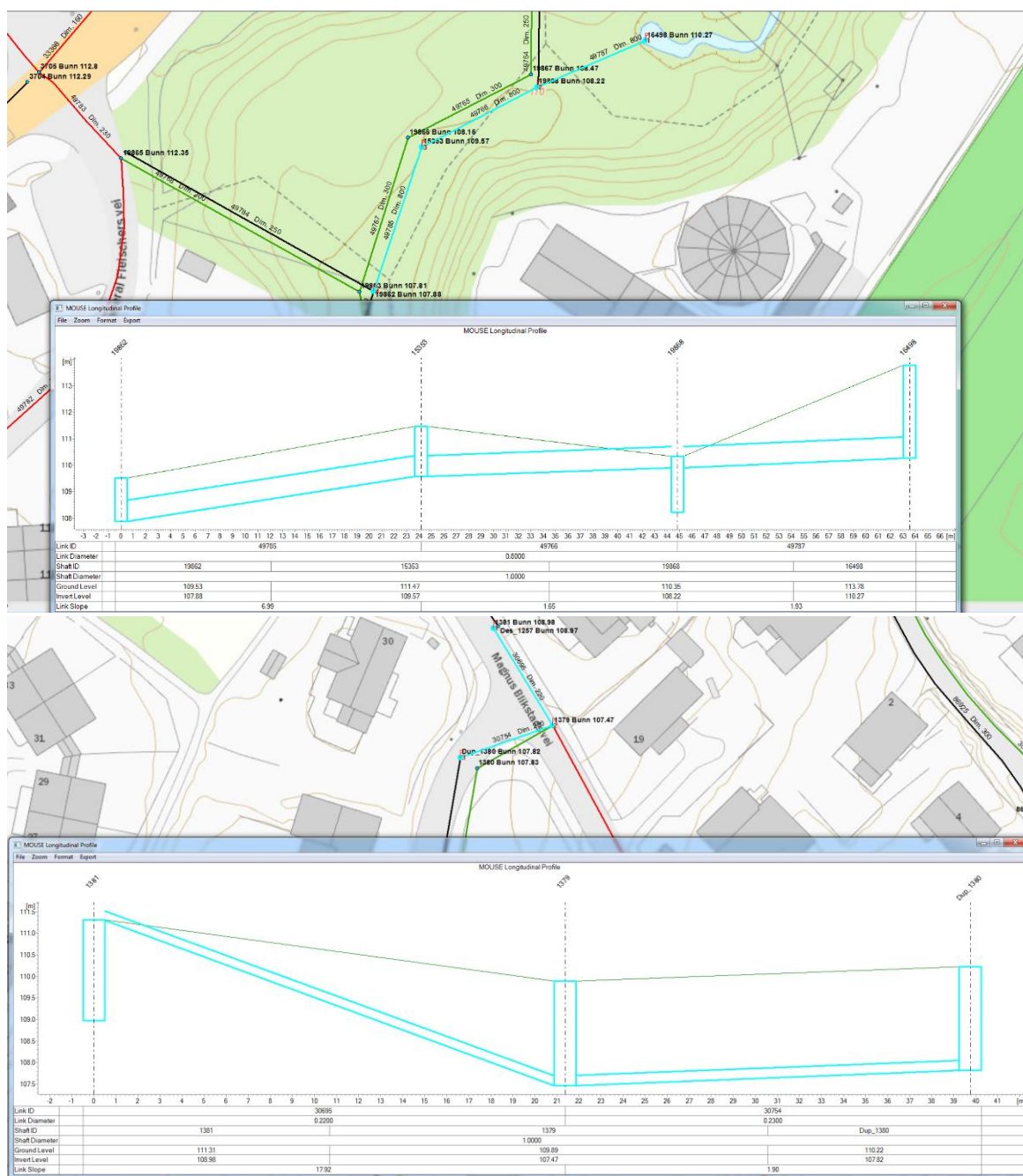
Ledninger av plast var lagt inn i modellen med utvendig diameter. For å få innvendig diameter til ledningsnettmodellen ble det trukket fra en antatt veggtykkelse fra diameteren på røret (basert på standard veggtykkelse for ulike diametere fra ulike leverandører).

Høyden på topp kum ble satt til celleverdien hentet fra høydemodellen der hvor kummen var plassert. Dette er nødvendig for å koble overflatemodellen og ledningsnettmodellen sammen.

En del ledninger var registrert med høyder i bunn/topp som var høyere enn bunn i aktuell kum. Ledningene ble redigert ned til bunnen av kummen i følgende tilfeller:

- Utløpet var høyere enn innløpet i en kum
- Ledningen var usannsynlig nær terreng (lite overdekning)
- Åpenbare feil

Viktige strekninger har blitt kontrollert ved å tegne ut lengdeprofiler fra modellen (se eksempel i Figur 49). Åpenbare feil har da blitt rettet. **Det anbefales at Bærum kommune går kritisk gjennom ledningsnettmodellen for å avdekke slike feil i Rosie (oppriinnelig ledningsnettmodell).** Det kan da f.eks. gjøres en sammenligning av bunn kum og topplokk kum, dette vil avdekke en del feil. Fall på ledninger bør også gjennomgås, for å avdekke ledninger som ikke starter i bunnen av tilknyttet kum.



Figur 49: Eksempler på en opprinnelig feil som ble avdekket ved å tegne lengdeprofil, og deretter korrigert.

For bekkelukkinger ble høyden på bekkeinntak antatt å være lik laveste høyde fra terrenget i bekken. Utløpshøyden ble satt til første punkt i terrenget på andre siden av bekkelukkingen som var i bekken (bekkens utstrekning ble hentet fra FKB), så fremt dette medførte fall gjennom bekkelukkingen. Bekkeinntak er modellert med uendelig inntakskapasitet, slik at det er kapasiteten på ledningen som bestemmer hvor mye som kan gå inn i ledningsnettet. Ved utløp fra ledninger til terreng (bekk) renner vannet videre på overflaten.

Ledningsnettmodellen ble koblet til overflatemodellen slik at vannet kan gå fra overflaten til ledningsnettet. Det er ikke tatt med sluk inn i modellen, så overføringen fra overflatemodellen til ledningsnettmodellen skjer gjennom kummer (noder i modellen). **Kun kummer tilknyttet OV- og AF-nettet ble koblet.** Spillvannsledninger som ikke har AF-nett ovenfor seg vil dermed ikke føre

vann. Deler av spillvannsnett som lå «øverst» (altså der spillvannsnett starter som separat nett) ble slettet da det ikke var vannførende, og for å få en sikrere modellkjøring (unngå at modellen stopper). Alt spillvannsnett som også fører AF-vann fra ovenforliggende områder ble beholdt.

Vannet kan bare gå fra overflaten til ledningsnett dersom det passerer over en kum. Tilsvarende vil vann fra ledningsnett bare komme opp på overflaten fra kummer eller utløp. Hver kum er koblet til én 4x4 m celle. Det er antatt 30 l/s mengdebegrensning for vann som kan gå inn/ut av ledningsnett i hver kum. Denne begrensningen satt med bakgrunn i at slukrister til sandfang har kapasitet 10 (små, rektangulære rister) – 25 l/s (kuppelrister). Forholdet mellom antall registrerte sandfang og antall registrerte noder av typen OV eller AF i prosjektområdet (antall sandfang/antall noder) er omtrent 2/3. En antagelse på 30 l/s gjennom hver node vil derfor tilsvare omtrent 20 l/s til hvert sluk. Den samme grensen ble benyttet i hele modellen, det ble altså ikke skilt på ulike områder. Ved videre arbeid med modellen anbefales det å jobbe med å beskrive utvekslingen av vann mellom modellene på en bedre måte.

Begrensningen på utveksling demper også mengden vann som kan komme ut av ledningsnett ved overtrykk. Den 6. august 2016 ble det observert flere kummer hvor det kom vann opp av ledningsnett, og disse kummene begrenses i denne modellen. Ledningsnett kan derfor ha høyere trykk enn i virkeligheten, da ikke vannet fritt kan strømme ut av kummene.

Vann fra overløp fra spillvannsledninger gikk opprinnelig ut av modellen, overløpene ble endret slik at vannet gikk til overvannsnett.

Tabell 7: Oversikt over de viktigste endringene i ledningsnettmodellen før sammenkobling.

Sted	Hva
Tuneller på Bekkestua	For tunellen under Bekkestua senter ble det lagt inn en rektangulær kulvert med henholdsvis høyde og bredde lik 7 og 5 m. I kulvertens lavbrekk ble det lagt inn et 250 m ³ fordrøyningsmagasin. I virkeligheten pumpes vann fra dette magasinet til overvannsnett, dette ble ikke lagt inn i modellen. Tunnelen sør-øst for Bekkestua sentrum (Jens Rings vei) ble modellert med en kulvert med samme geometriske egenskaper, vannet i denne tunellen ble ført ut av modellen.
Bekk under Nadderudveien v/ nr. 163	Usikkerhet i hvordan vannet kommer til bekken. Slettet en ledning og en kum, endret innløp/utløp
Fordrøyningsanlegg på Øvrevoll Galoppbane	Endret dimensjon på utløpet av galoppbanen til 315.
AF-anlegg v/Nordveien 51	Rettet feilkobling AF700 i henhold til Gemini
Hosleveien/Fagertunveien	Slettet ledning som forbinder AF900 i Gravsbecken med ledningsnett i Fagertunveien.
Øygdaveien 47	Slettet overløp, endret 2xOV600 i henhold til Gemini
Bekkeinntak Hoslebekken ved Furulia	Koblet ledningsnett fra vest til kulvert.

Haukeveien 10	Slettet pumper og ledninger hvor det uansett ikke kom vann til i modellen, da dette kunne bli en kilde til modellhavari.
Kum 651 i Gjønneshallen	Oppdaterte høyde på overløpsledning i henhold til kumtegning
Overløpsledningen (OV1400) fra kum 651 til bassenget	Endret høyde på denne etter tilbakemelding fra Bærum kommune.
Overløp sørøst for Gjønneshallen	Satte overløp til OV-kum i stedet for ut av modellen.
Utløp av overvannsbassenget	Endret høyder etter tilbakemelding fra Bærum kommune.
Nedenfor Bærumsveien 266	Slettet overløp, funksjonen var i varetatt av overløpsledning
Sarbuvollveien 30	Koblet ledningsnett rundt Sarbuvollveien 30 til ledningsnett i Bærumsveien (kum 14697).

Simuleringer

Det hadde regnet mye i dagene før regnet 6. august 2016. For å starte med tilnærmet virkelig situasjon i nettet, ble benyttet en «Hotstart». Modellen ble kjørt for perioden 4. august kl. 16.00 til 6. august kl. 00.00 med regn fra nedbørsfeltene i opprinnelig modell. Alle simuleringer ble startet med tilstanden i ledningsnett slik den var 6. august kl. 00.00.

Simuleringen for regnet 6. august ble kjørt for tidsrommet mellom kl. 3.50 (start regn) og 13.50 (slutt regn).

Andre regn ble simulert i syv timer, hvor det regnet de første seks timene. Datoen ble satt til 1. januar 2018, med start regn kl. 9, topp regn kl. 12, slutt regn kl. 15 og slutt simulering kl. 16.

Vedlegg 2: Oversikt over leverte filer

Tabell 8 gir oversikt over leverte filer. Flere av filene er levert for alle scenarioer, bokstavene SCE står da for scenario (se Tabell 9 for forklaring). For shapefiler med ledningsnettresultater vil resultatene være i siste kolonne, kalt «Results».

Alle originale resultat filer er overlevert. Resultater i shape-filer og raster-filer er bare levert for de 5 regn-scenarioene for dagens situasjon. For å se detaljerte resultater for de ulike tiltakene må man benytte original-resultatfilene.

Tabell 8: Filer som leveres til Bærum kommune med forslag til symbologi (om relevant)

Filnavn (Filtype)	Forklaring	Forslag til symbologi												
SCE_maksimal_vannstand.tif (Raster)	Maksimalvannstand på terreng ved ulike scenarioer	m < 0.05 0.05 - 0.1 0.1 - 0.2 0.2 - 0.3 0.3 - 0.5 > 0.5												
SCE_maksimal_vannføring.tif (Raster)	Maksimalvannføring på terreng i hver celle ved ulike scenarioer. Enhet m ³ /s/m. Resultatene må ganges med 4 for å vise vannføring (ettersom cellene er 4 m brede). Dette rasteret kan benyttes for å få en oversikt over utbredelse av flomveier.	m³/s/m 0 - 0.01 0.01 - 0.05 0.05 - 0.1 0.1 - 0.3 > 0.3												
SCE_maksimval_hastighet.tif (Raster)f	Maksimalhastighet på terreng i hver celle ved ulike scenarioer. Enhet m/s.	Maksimalhastighet m/s < 0.2 0.2 - 0.5 0.5 - 1 1 - 2 2 - 3 > 3												
SCE_maksimalt_overløp_fra_ledningsnett.shp (Shapefil)	Resultater fra ledningsnettet som viser hvilke kummer som flommer over til overflaten (tall i m ³ /s).	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Symbol</th><th>Range</th><th>Label</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>●</td><td>0.000000 - 0.000100</td><td>Ikke overløp til terreng</td></tr> <tr> <td>●</td><td>0.000101 - 0.030000</td><td>0 - 30 l/s</td></tr> <tr> <td>●</td><td>0.030001 - 22.909081</td><td>Fritt utløp</td></tr> </tbody> </table>	Symbol	Range	Label	●	0.000000 - 0.000100	Ikke overløp til terreng	●	0.000101 - 0.030000	0 - 30 l/s	●	0.030001 - 22.909081	Fritt utløp
Symbol	Range	Label												
●	0.000000 - 0.000100	Ikke overløp til terreng												
●	0.000101 - 0.030000	0 - 30 l/s												
●	0.030001 - 22.909081	Fritt utløp												
SCE_maksimalt_vannstand_kum.shp (Shapefil)	Resultater fra ledningsnettet som viser hvor høyt vannet står kummene, relativt til terreng (negativ verdi er under terreng).	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Symbol</th><th>Range</th><th>Label</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>●</td><td>-7.213133 - -0.500000</td><td>lavere enn 0.5 under terreng</td></tr> <tr> <td>●</td><td>-0.499999 - 0.000000</td><td>0,5 - 0 m under terreng</td></tr> <tr> <td>●</td><td>0.000001 - 6.691399</td><td>over terreng</td></tr> </tbody> </table>	Symbol	Range	Label	●	-7.213133 - -0.500000	lavere enn 0.5 under terreng	●	-0.499999 - 0.000000	0,5 - 0 m under terreng	●	0.000001 - 6.691399	over terreng
Symbol	Range	Label												
●	-7.213133 - -0.500000	lavere enn 0.5 under terreng												
●	-0.499999 - 0.000000	0,5 - 0 m under terreng												
●	0.000001 - 6.691399	over terreng												

SCE_maksimal_fyllingsgrad_ledninger.shp (Shapefil)	Resultater fra ledningsnett som viser fyllingsgrad i ledningsnett (vannstand delt på diameter), målt i enden på ledningen.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Symbol</th><th>Range</th><th>Label</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td>0.002509 - 0.500000</td><td>Under halvfull</td></tr> <tr> <td></td><td>0.500001 - 1.000000</td><td>Mer enn halvfull</td></tr> <tr> <td></td><td>1.000001 - 61.745242</td><td>Full</td></tr> </tbody> </table>	Symbol	Range	Label		0.002509 - 0.500000	Under halvfull		0.500001 - 1.000000	Mer enn halvfull		1.000001 - 61.745242	Full
Symbol	Range	Label												
	0.002509 - 0.500000	Under halvfull												
	0.500001 - 1.000000	Mer enn halvfull												
	1.000001 - 61.745242	Full												
SCE_maksimal_vannføring_ledninger.shp (Shapefil)	Resultater fra ledningsnett som viser maksimal vannføring i ledningsnett. Merk at denne gjerne bare opptrer en liten stund, og normal kapasitet kan være lavere enn dette.													
Nadderud.mup, Nadderud.mdb (Mike Urban modell)	Mike Urban ledningsnettmodell som også inneholder innstillinger for overflatemodell og kobling. Denne versjonen er uten tiltak.													
Endringer i ledningsnettmodellen.shp (Shapefil)	De viktigste endringene som ble gjort i ledningsnettmodellen.													
Endringer i høydemodellen.shp (Shapefil)	Oversikt over endringer i opprinnelig høydemodell (fra Bærum kommune) som ble gjort for å beskrive vannets transport riktig.													
SCE_ledningsnett.prfl (Mike Urban resultatfil)	Dynamisk resultatfil for ledningsnett som kan åpnes i Mike View.													
SCE_overflate.dfs2 (Mike21 resultatfil)	Dynamisk resultatfil for overflaten som kan åpnes i Mike Zero.													
SCE_maks_overflate.dfs2 (Mike21 resultatfil)	Resultatfil som viser maksimalverdier for resultater på overflaten (blant annet (vannstand (Band 1), vannføring (Band 3) og hastighet (Band 5)). Kan åpnes i Mike Zero eller direkte i ArcMap .													
Manningsraster.tif (Raster)	Raster som beskriver Manningstall (ruhet på overflaten) i Nadderudområde. Input til overflatemodellen.													
Infiltrasjon.dfs2 (Mike-Zero-fil)	Mike-Zero-fil som beskriver infiltrasjonen i Nadderudområdet. Input til overflatemodellen.													
Hoydemodell.tif (Raster)	Raster som beskriver terrenghøyde med bygninger og inaktiverte områder (rundt modellområdet). Input til overflatemodellen.													
EQ_SCEregn.dfs0 (Mike tidsserie)	Symmetrisk regnhyetogram sekstimersregn i dfs0-format. Basert på IVF-kurver fra Blindern.													
Tiltak_SCE.zip (Komprimert mappe med filer)	Mike Urban ledningsnettmodell og resultater av scenarioet som også inneholder innstillinger for overflatemodell og kobling. Hver zip-fil inneholder innstillingene og modellen for de ulike tiltakene som er simulert, samt aktuell høydemodell om en annen modell enn standard ble benyttet. Bokstavene SCE beskriver hvilket tiltak det gjelder (se Tabell 9).													

Tabell 9: Liste over scenarier og forkortelser relatert til filene.

Scenario (forkortelse)	Beskrivelse
20	20-årsregn
50	50-årsregn
200	200-årsregn
200KF	200-årsregn med klimafaktor 1,5
0608	Regnet 6. august 2016
GRV1	Tiltak i Gamle Ringeriksvei 43-53, v1, se kap 5.1.1
GRV2	Tiltak i Gamle Ringeriksvei 43-53, v2, se kap 5.1.2
NB1	Tiltak i Nadderudbekken, se kap 5.2.1
GS1	Tiltak rundt Gjønnnes stasjon, v1, se kap 5.3.1
GS2	Tiltak rundt Gjønnnes stasjon, v2, se kap 5.3.2
GS3	Tiltak rundt Gjønnnes stasjon, v3, se kap 5.3.3
BS1	Tiltak ved Bekkestua Sør, v1, se kap 5.4.1
BS2	Tiltak ved Bekkestua Sør, v2, se kap 5.4.2
NH	Tiltaket i Nordveien/Hagaveien, se kap 5.5.1

