



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Ekstremnedbør i Asker kommune 6. august 2016. Analyse av hendelse og analyse av hendelsens påvirkning på avløpsnett

Extreme precipitation in Asker municipality
6th of August 2016.
Analysis of the event and analysis of the events
influence on the sewage system

Christian Strand Andersen
Vann- og Miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) i samarbeid med Asker kommune. Oppgaven markerer avslutningen på masterstudiet innen Vann- og miljøteknikk ved Fakultet for realfag og teknologi (REALTEK) og tilsvarer 30 studiepoeng.

Arbeidsperioden for oppgaven er i overkant av fire måneder, fra tidlig januar til midten av mai. Å jobbe med oppgaven har vært lærerikt, interessant og ikke minst arbeidskrevende. Det å lære seg et nytt dataprogram ved bygging av modell og simulering uten noen særlig forkunnskaper har vært mer utfordrende enn forutsatt ved siden av innsamling av informasjon fra flere forskjellige kilder. Jeg har virkelig erfart hvor arbeidskrevende informasjonsinnsamling er og hvor utfordrende feilsøking kan være. Det ligger mye arbeid bak de presenterte resultatene.

Jeg vil takke veilederen min, professor Oddvar G. Lindholm for god veiledning under perioden. Å finne en veileder med raskere responstid på spørsmål over e-post skal man lete lenge etter! Takk for raske og konstruktive tilbakemeldinger i innspurten.

Jeg retter også en stor takk til min biveileder, sivilingeniør Kristin Jenssen Sola og sivilingeniør Eivind Dalevold ved Asker Kommune for deres tilgjengelighet, hjelpsomhet og faglig støtte under denne perioden. Det var godt å ha noen å dele frustrasjonen med! Ellers vil jeg takke samtlige i Asker kommune jeg har vært i kontakt med for sin imøtekommenhet, samt for tilrettelegging av kontorplass og fri disponering av bærbar PC med lisenser under masterperioden. Dere har gjort en ellers så hektisk periode til en positiv opplevelse, både faglig og sosialt.

En stor takk rettes til samtlige som har vært velvillige til å bidra med nødvendig informasjon i denne perioden.

Til slutt rettes en stor takk til mindre foreldre for korrekturlesning og konstruktive tilbakemeldinger på innspurten av oppgaven.

Asker, 10. mai 2017

Sammendrag

Lørdag 6. august 2016 klokken 04:00 på morgenen startet Asker kommunes nedbørmålere registreringene av et nedbør som senere ble kategorisert som et 200-års regn. De neste 6 timene regnet det 101,9 mm. I Asker kommune gikk spillvann- og overvannsledningsnett fulle, og med mangelfulle løsninger for håndtering av overflatevann førte dette til store materielle skader i form av kjelleroversvømmelser, flomtilstander i gater, parkeringshus fylt av vann, med mer. Hendelsen hindret fremkommelighet med både privat og offentlig transport. Bærum kommune fikk innmeldt 550 skadehendelser som følge av nedbørshendelsen, mens Asker kommune fikk innmeldt i underkant av 300. Det tyder på store mørketall da tall fra forsikringsselskapene ikke kunne deles med prosjektet blant annet som følge av personopplysningsloven.

Enkle beregninger viser at med klimaendringer kan en slik hendelse gjenta seg 2 – 10 ganger per 200 år.

Målet for denne masteroppgaven var å analysere Vakås-området i Asker kommune og avløpssonen som dette området tilhører ved hjelp av en rørmodell i MIKE URBAN. Vakås var et sterkt berørt område under hendelsen. Resultatene fra modellen ble sammenlignet med et flomsonekart som viser naturlige flomveier og vannoppsamlingspunkter ved større nedbør, samt mot rapporter produsert av Sweco og Asplan Viak på bestilling fra Asker kommune i etterkant av ekstremnedbøren.

Asker kommune ønsket å få vurdert om MIKE URBAN er et egnet verktøy for analyse av ekstremnedbør og om de 5 nedbørmålerne de drifter har god nok dekning. Nedbørdata ble sammenlignet med observasjoner fra Metrologisk Institutt. Til sist ønsket de å få undersøkt om de mange skadehendelsene skyldtes manglende kapasitet i ledningsnett eller mangler i overvannshåndteringen.

På Nesøya var det registrert flere private kjelleroversvømmelser som følge av tilbakeslag av spillvann. Her ble det gjennomført kapasitetsberegning og påfølgende oppdimensjonering av en spillvannsstrekning i modellen.

Resultatene viser at rørmodellen er et godt verktøy for å lokalisere problemområder på et ledningsnett, da den finner kritiske verdier for områder med flere registrerte skadehendelser. Modellresultatene må behandles kritisk ved analyser, da modellen overestimerer belastningene på ledningsnett. Dette har blant annet bakgrunn i at modellen er kalibrert mot

en 2-års regnhendelse. Det vil derfor være nødvendig å kalibrere mot flere regnstørrelser. Det oppfordres til å kvalitetssjekke variablene som modellen bruker.

Analysene viser at nedbørmålerne fanget opp nedbørhendelsen tilstrekkelig, men det oppfordres til å gjøre ytterlige analyser for å verifisere plasseringer og tetthet.

Kapasitetsberegningen på Nesøya viser at dimensjonene er for små, men at installasjon av PVC 250 SN 8 vil ha tilstrekkelig kapasitet.

Fra inntrykket, resultatene og observasjoner som har blitt gjort rundt hendelsen, tyder det på at det var mangel på sikre flomveier og mangelfull håndtering av overflatevannet som førte til mange skadehendelser 6. august 2016.

Abstract

On Saturday August 6th 2016 at 4:00 a.m. the first of Asker municipality's rain gauges started recording the precipitation from what would be categorized as a 200-year rain. Over the next 6 hours, the area experienced a rainfall of 101,9 mm. In Asker, the capacity for waste and storm water systems were maximized, and in combination with the insufficient storm water management on the surface, it led to a huge amount of damages in terms of flooded basements, streets and parking houses, among others. It also obstructed both private and public transportation.

Bærum municipality registered approximately 550 reports of damages following the incident, and Asker municipality registered a little less than 300. There is reason to believe that there are a great number of unrecorded events because of the lack of information from the insurance companies caused by the Privacy Act.

Following simple estimations, it is shown that, following existing and predicted climate changes, similar incidents may occur 2- 10 times during each 200-year cycle.

This Master thesis' objective was to analyze an area called Vakås in the municipality of Asker, and the sewage region which this area belongs to, using a pipe model in the program MIKE URBAN. Vakås was heavily affected during this extreme rainfall. The results from this model have been compared to a flood map that shows natural flood paths and water accumulation points during great rainfalls. The results were also compared with two reports made by Sweco and Asplan Viak, who were commissioned by Asker municipality following the incident.

Asker municipality also sought to assess whether MIKE URBAN is a suitable program for the analysis of events of extreme precipitation, and also whether their five rain gauges had acceptable coverage of the August 6th event. Data from the rain gauges was compared to observations made by the Norwegian Meteorological Institute. Finally, they also wanted to know what led to all the damage, whether it was the lack of capacity in the sewage system or the lack of storm water management on the surface.

There were registered a great amount of flooded basements due to setbacks of waste water at Nesøya. At this location the existing capacity of the waste water system were calculated, and then upscaled in the pipe model in MIKE URBAN.

The results show that the pipe model is a suitable device for locating problem areas during extreme rain events, as it locates critical values at the same places as where the actual events occurred. However, the model results must be critically evaluated, as the model overestimates the burden on the sewage system. This is attributable to, amongst other reasons, the model being calibrated against a 2-year rain event. Therefore, it will be necessary to calibrate against different rain events. It is also encouraged to ensure quality control of the variables which the model uses.

The analyzes shows that the rain gauges had acceptable coverage for the event, but it is recommended to do additional tests to verify the location and density of the rain gauges.

The calculation of the wastewater capacity at Nesøya showed that the existing pipes had too small dimensions, but installation of PVC 250 SN 8 would have sufficient capacity.

From the impression, results and observation around the 6th of August 2016 rain event, there are indications that there was the lack of secure floodways and storm water management on the surface that led to the high number of damages.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	III
Abstract	V
Innholdsfortegnelse	VII
Figurliste	XI
Tabelliste	XIII
Formelliste	XV
Ordforklaringer og forkortelser	XVII
1 Innledning	19
1.1 Formål.....	19
1.2 Problemstilling.....	20
1.3 Oppbygning av oppgaven	20
2 Teori	21
2.1 Klima	21
2.1.1 <i>Dagens klima i Norge</i>	22
2.1.2 <i>Fremtidens klima i Norge</i>	23
2.1.3 <i>Fremtidens klima på Østlandet</i>	25
2.1.4 <i>Definisjon av 200-års regn</i>	28
2.2 Metrologi	28
2.3 MIKE URBAN/MOUSE.....	29
2.4 MIKE View	30
2.5 Gemini VA	31
2.6 Nedbørmålere	32
2.6.1 <i>Type nedbørmåler</i>	32

2.6.2	<i>Plassering</i>	33
2.7	Regnbyge	35
2.8	GISLINE flomsonekart.....	36
2.9	Treleddsstrategi	36
2.10	Kapasitetsberegning i spillvannsnnett.....	37
3	Metode	39
3.1	Skadeomfang	39
3.2	Nedbørmålere	39
3.3	MIKE URBAN - Rørmodell.....	40
3.3.1	<i>Rørmodellen</i>	40
3.3.2	<i>Resultater fra rørmodell</i>	44
4	Nedbørhendelsen 6. august 2016	45
4.1	Prognoser og varsler	45
4.2	Hendelsesforløpet	46
4.3	Håndtering av hendelsen/respons/reaksjon	47
4.4	Skadeomfang	49
4.5	Økonomiske konsekvenser	51
4.6	Asker kommunes utbedringer etter hendelsen.....	52
4.7	Hendelsesbilder	54
5	Resultat	57
5.1	Skadeomfang	57
5.2	Nedbørmålere	59
5.3	MIKE URBAN – Rørmodell.....	64
5.3.1	<i>Kritiske ledninger i rørmodell</i>	64
5.3.2	<i>Sammenligning av resultater fra rørmodell med skadeområder fra Asplan Viak rapport</i>	66

5.3.3	<i>Sammenligning av resultater fra rørmodell med GISLINE Flomsonekart</i>	70
5.3.4	<i>Sammenligning av resultater fra rørmodell med Sweco overflatemodell</i>	73
5.4	Oppdimensjonering av Rørmodell	77
6	Diskusjon	81
6.1	Skadeomfang	81
6.2	Nedbørmålere	82
6.3	MIKE URBAN – Rørmodell	82
7	Konklusjon	87
8	Videre arbeid	89
9	Referanser	91
	VEDLEGG A: Spillvannstatistikk fra Rørmodell:	93
	VEDLEGG B: Overvannsstatistikk fra Rørmodell	103
	VEDLEGG C: Hendelser 6. august 2016	105
	VEDLEGG D: MIKE View Rørmodell - Delfylling	107
	VEDLEGG E: Asker Kommunes Registrerte kjelleroversvømmelser	109
	VEDLEGG F: GISLINE Flomsonekart	111

Figurliste

Figur 1: Figur viser omregning fra Z til dBZ og fra dBZ til mm per time.....	XVII
Figur 2: Klimaendringer påført regnhendelsen 6. august. Klimafaktor 1,4	26
Figur 3: Monsterregn i København(2011), Nedre Eiker(2012) og Malmö(2014)	27
Figur 4: Kappe til nedbørmåler med varmetråder	33
Figur 5: Nedbørmåler, vippe	33
Figur 6: Illustrasjon av nedbørmåler med vindskjerm, kappe og vippe.....	33
Figur 7: Plassering av nedbørmålere i Asker Kommune	34
Figur 8: Illustrasjon av treleddsstrategi.	36
Figur 9: Illustrasjon av rørmodell.....	42
Figur 10: Akkumulert nedbørsmengde for Asker nedbørmålere samt Bygdøy i Oslo.	46
Figur 11: Avløpsmengder i pumpestasjoner og påslipp til VEAS-tunnelen	49
Figur 12: Skadeomfang fordelt på hendelser	50
Figur 13: Fordeling av nedbørhendelser	51
Figur 14: Utbedringer ved Olavsstien og Hofstadbekken	54
Figur 15: Hendelsesbilder 6. August 2016.....	55
Figur 16: Oversikt over postnummer i Asker kommune.....	57
Figur 17: Hendelsesforløp 06.08.2016 målt i mm/5min.	60
Figur 18: Hendelsesforløp Østlandet Radaranimasjon.....	62
Figur 19: Hendelsesforløp Asker Radaranimasjon.	63
Figur 20: Sammenligning av Rørmodell og Hendelsesoversikt Asplan Viak	68
Figur 21: Sammenligning av Rørmodell og GISLINE Flomsonekart	73
Figur 22: Sammenligning av Rørmodell og Sweco kombinasjonsmodell.....	76
Figur 23: Utsnitt av Rørmodell i MIKE URBAN fra det aktuelle ledningsstrekket.....	77
Figur 24: Lengdeprofil av overvannsledning Nesøya	83

Figur 25: Hendelsesforløp sammenstilt av Kim Paus basert på vaktlogger, muntlige beretninger, nettaviser, gjennomgang av sosiale medier, registrerte data. (Paus 2017) 106

Tabelliste

Tabell 1: Resultat fra beregninger for RCP8,5 og RCP4,5 fra 1971-2000 til 2071-2100 for Norge.....	24
Tabell 2: Resultat fra beregninger for RCP8,5 og RCP4,5 fra 1971-2000 til 2071-2100 for Østlandet.....	25
Tabell 3: IVF Tabell for Oslo-Blindern for perioden 1968 – 2015.....	28
Tabell 4: Generell innhold i rørmodell.....	43
Tabell 5: Annen info i rørmodell.....	43
Tabell 6: Øverst - Maksimalt registrerte nedbørsmengder ved ulike varigheter. Nederst- Beregnet gjentakintervall for ulike målestasjoner i Asker.	47
Tabell 7: Skadehendelser fordelt på postnummer.	58
Tabell 8: Resultatstatistikk Spillvann fra rørmodell.	64
Tabell 9: Resultatstatistikk Overvann fra rørmodell	65
Tabell 10: Resultat fra kapasitetsberegning nåværende ledningsnett	78
Tabell 11: Beregning av dimensjonerende spillvannsmengde, Qs.	78
Tabell 12: Resultat fra Rørmodell med PVC 250 SN 8 (venstre) og PVC 315 SN 8 (høyre) .	79
Tabell 13: Resultat fra beregning av selvrensing på den mest kritiske ledningen ved PVC 250	80
Tabell 14: Resultat fra beregning av selvrensing på den mest kritiske ledningen ved PVC 315	80
Tabell 15: Anbefalte minimumsverdier for skjærspenninger	80

Formelliste

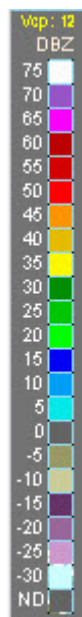
Formel 1: Beregning av kapasitet i avløpsledning med selvfall.	37
Formel 2: Bestemmelse av dimensjonerende spillvannsmengde	37
Formel 3: Skjærspenning i fylt rør	38
Formel 4: Maks skjærspenning i rør.	38
Formel 5: Darcy-Weisbachs ligning	38

Ordforklaringer og forkortelser

Equivalent Reflectivity Factor, $Z = [\text{mm}^6 \text{ per m}^3]$: Måler hvor mye nedbør med en diameter på 1 mm som befinner seg i skyer. Ved å omregne Z til dBZ (Decibel relative to Z), kan man videre regne ut nedbørsmengden til mm/time.

$$dBZ \propto 10 \log_{10} \frac{Z}{Z_0}$$

$$\frac{\text{mm}}{\text{h}} = \left(\frac{10^{(dBZ/10)}}{200} \right)^{\frac{5}{8}}$$



dBZ	R (mm/h)
5	0.07
10	0.15
15	0.3
20	0.6
25	1.3
30	2.7
35	5.6
40	11.53
45	23.7
50	48.6
55	100
60	205
65	421

Figur 1: Figur viser omregning fra Z til dBZ og fra dBZ til mm per time. (Wikipedia 2017)

200-års regn	En regnmengde som statistisk har en returperiode som tilsvarer at hendelsen kommer til å skje én gang per. 200 år
Avløpsvann	Begrep som omfatter Spillvann og Overvann
DHI	Danish Hydraulic Institute
Di	Indre diameter
Fremmedvann	Vannmengder utover spillvann i spillvannsledning, brukt her som overvann
GIS	Geografisk Informasjonssystem
Global oppvarming	Den globale gjennomsnittstemperaturen på jordoverflaten øker
IVF	Intensitet – Frekvens – Varighet
Klimagasser	En gass i atmosfæren som bidrar til global oppvarming ved økt konsentrasjon
MET	Meteorologisk Institutt
NVE	Norges Vassdrags- og Energidirektorat
Overvann	Samlebetegnelse på nedbør og smeltevann som renner av på tette flater
Pe	Personenheter – Antall personer
RCP-Verdi	«Representative Concentration Pathway» Økning i solinnstråling målt i w/m ²
ROS	Risiko og Sårbarhet
Rørmodell	Modell i MIKE URBAN som inneholder Spillvann- og Overvannsledninger for Asker kommune
Spillvann	Avløpsvann fra industri og husholdning uten tilstedeværelse av overvann
VA	Vann og Avløp
VEAS	Vestfjorden Avløpsselskap
WMO	World Meteorological Organization

1 Innledning

1.1 Formål

Globale klimaendringer har vært et mye omtalt tema over lang tid, og det vil ha vår interesse i lang tid fremover fordi vi i praksis ser mer ekstremvær også i Norge. Forskning viser at antall dager med nedbør kan øke med opp mot 89 %, og på disse dagene vil nedbørintensiteten øke med opp mot 19 %. Det blir både villere og våtere i fremtiden.

Overvann fra ekstremnedbør er et stort problem, noe som deler Østlandet fikk erfare under hendelsen 6. august 2016. Mesteparten av regnet i nedbørhendelsen kom i løpet av en periode på fire timer. Hendelsen ble kategorisert som et 200-års regn og førte med seg mye skader. Nedbørhendelsen blir nærmere beskrevet i kapittel 3.3.

I etterkant av ekstremnedbøren ønsket Asker kommune å analysere og dokumentere hendelsen. De engasjerte Asplan Viak og Sweco til å utføre analyser relatert til hendelsen.

Asker kommune besitter i dag en rørmodell i MIKE URBAN som inneholder spillvann- og overvannsledninger over hele kommunen. De ønsket å undersøke om denne rørmodellen kan brukes til å analysere hendelser med ekstremnedbør.

Resultatet av nedbørhendelsen var et stort antall skader på private eiendommer i form av blant annet kjelleroversvømmelser fra overvann og tilbakeslag på spillvannsnett. Asker kommune fikk kun skadeinformasjon fra privatpersoner som meldte inn skadene selv, og det er derfor store mørketall på skadeomfanget. Det ble brukt mye tid i denne oppgaven til å innhente fullstendig skadeoversikt fra flere forsikringsselskap som videre skulle bli brukt i verifisering av rørmodellen.

Asker Kommune drifter i dag fem ulike nedbørmålere. De ønsket å finne ut om plasseringen av disse er gode nok for å dekke hendelser med ekstremnedbør, om de må installere flere nedbørmålere eller eventuelt endre lokasjoner.

Til sist ønsket de å få undersøkt om de mange skadehendelsene skyldtes manglende kapasitet i ledningsnettet eller mangler i overvannshåndteringen.

1.2 Problemstilling

Problemene som denne oppgaven skal undersøke er:

- Er MIKE URBAN et godt egnet verktøy til å analysere hendelser med ekstremnedbør?
- Er nedbørmålerne som Asker kommune drifter godt nok plassert til å fange opp hendelser med ekstremnedbør?
- Hva skyldtes de største utfordringene ved nedbørhendelsen 6. august 2016?

1.3 Oppbygning av oppgaven

I denne oppgaven er hvert kapittel delt inn i tre forskjellige underkapitler:

- MIKE URBAN – Rørmodell
- Skadeomfang
- Nedbørmålere

Dette er gjort for lettere å skape en tydelig oversikt og struktur over resultatene.

Kapittel 2 Teori, er en teoridel hvor bakenforliggende teori og informasjon om programmene som er brukt i denne oppgaven blir forklart.

Kapittel 3 Metode, forklarer fremgangsmetodene som har blitt brukt til å komme frem til resultatene.

Kapittel 4 Nedbørshendelsen 6. august 2016, omhandler selve hendelsen. Her blir informasjon presentert som beskriver omfanget av hendelsen, samt noen eksempler på tiltak som Asker kommune har gjort i ettertid av hendelsen. Det er lagt ved bilder fra selve hendelsen.

Kapittel 5 Resultat, fremstiller resultatene, som videre blir diskutert og konkludert i kapittel 6 Diskusjon og kapittel 7 Konklusjon.

Kapittel 8 Videre arbeid, er forslag til videre arbeid som vil kunne gi ytterligere svar på problemstillingene som har blitt presentert.

Kapittel 9 Referanser

Til slutt er det ulike vedlegg som blir referert til underveis i oppgaven.

2 Teori

Dette kapitlet er en beskrivelse av de ulike verktøyene og teorien som har blitt brukt til å utføre denne oppgaven.

2.1 Klima

Klima og global oppvarming er temaer vi stadig hører om og som stadig er i fokus. Om klimaendringene er menneskeskapt eller om det er en naturlig endring er mye omdiskutert, men alle er enige om at det foregår endringer i klimaet. Dette temaet kan man skrive og fordype seg i det uendelige, og det vil alltid være personer som er enige og uenige. I dette kapitlet er hovedfokus det som påvirker denne oppgaven og det som skjer i Norge, og brukes hovedsakelig kilder og teorier som er godt dokumentert og bevist.

Parisavtalen er en rettslig bindende avtale som ble gyldig etter at minst 55 land som står for mer enn 55 % av de globale klimagassutslippene hadde godkjent den. Denne avtalen ble vedtatt under klimatoppmøtet i Paris 12. desember 2015 og signert av 175 land 22. april 2016. Avtalen har vært gjeldende fra 4. november samme år. Formålet med denne avtalen er at ikke den globale gjennomsnittstemperaturen skal stige med mer enn 2 °C, og helst ikke mer enn 1,5 °C. For å nå dette målet skal alle land lage hver sin plan for hvordan de skal kutte utslipp av klimagasser. Etter år 2020 skal dette målet fornyes hvert femte år, hvor nytt periodemål skal være mer ambisiøst enn foregående periodes mål. Etter år 2023 skal det være rapporteringsplikt på de planlagte utslippskuttene. Det langsiktige målet med denne avtalen er at verden skal være klimanøytral før år 2100. Dette innebærer at det ikke skal slippes ut mer klimagasser i atmosfæren enn det man greier å fjerne eller fange opp.

Alle land som har signert denne avtalen må tilpasse seg klimaendringene. De skal samarbeide og dele kunnskap og erfaringer. De rikeste landene skal bidra med penger for å støtte fattige land med sine mål. Land som har en økonomi i gråsonen mellom fattig og rik kan selv velge om de skal støtte land som er dårligere stilt økonomisk, men de er ikke forpliktet til det.

(FN-Sambandet 2017)

Klimaet har i all tid variert som følge av både naturlige og menneskeskapt påvirkninger. I atmosfæren har det alltid vært variasjon av refleksjoner, inn- og utstråling fra jorden og fra solen. Dette er variasjoner som skjer naturlig, men som også mennesker kan påvirke. Økt innhold av klimagasser i atmosfæren og menneskelige inngrep i naturen som jord og skogbruk har påvirket refleksjonene mellom jorden og solen, og har påvirket klimaet lokalt og regionalt.

I de seinere årene (100 – 150 år) har menneskelige inngrep i naturen og økt utslipp av klimagasser fra transport, industri og oppvarming påvirket klimaet globalt. Når fraksjonen av klimagasser i atmosfæren øker, fører dette til at strålingsbalansen blir forandret, og global oppvarming oppstår. Med global oppvarming menes at den globale gjennomsnittstemperaturen ved jordoverflaten øker, selv om noen områder har lik eller lavere temperatur sammenlignet med tidligere år. Dersom man fortsetter med samme klimagassutslippøkning frem til 2100, som det har blitt gjort fra 1850 frem til i dag, vil den globale gjennomsnittstemperaturøkningen være på ca. 4,5 °C.

Hvordan skal man nå målet med maks 2 °C? Dette vil antageligvis si at man må kutte utslipp av klimagasser med 50 % innen 2040, og deretter kutte ytterligere til man når målet om å være klimanøytrale innen 2100.

(Hanssen-Bauren et al. 2015; Larsen 2007)

Hvordan vil en temperaturøkning på 2 °C påvirke oss i Norge, og hva hvis målet i Parisavtalen ikke blir holdt, og utslippene fortsetter i samme takt? Hva vil en temperaturstigning på 4,5 °C si for oss?

2.1.1 Dagens klima i Norge

I de siste 100 årene har årsmiddeltemperaturen i Norge steget med 0,8 °C, og dette samsvarer med den globale temperaturøkningen som ligger på 0,74 °C i perioden 1906-2005. I den samme perioden i fastlands-Norge har nedbøren økt med 24 % på vinteren og 8 % om sommeren. I Østlandsområdet har høstnedbøren økt med 2,4 % pr. tiår

Nedbøren i Norge er i stor grad påvirket av vindsystemer. Kommer vinden fra sørvest er det lite nedbør på Østlandet, og mer nedbør i Vest- og Nord-Norge. Tilsvarende gir vind fra sørøst mye nedbør på Østlandet og lite i Vest- og Nord-Norge. Om vinteren ligger Norge i en av hovedrutene for lavtrykkspassasjen på den nordlige halvkule. Denne passasjen starter ved USAs nordøst-kyst hvor det er gode vilkår for lavtrykkdannelse som følge av stor temperaturgradient mellom hav, land og fjell. Denne lavtrykkspassasjen frakter både varme og fuktighet til Norge, så man kan fastslå at Norges klima er sterkt påvirket av denne passasjen. Der hvor lavtrykket har sin maksimale intensitet i denne passasjen, har den stor påvirkning på hvordan vi merker nedbøren i Norge.

Hvis intensiteten er sterkest i Nordsjøen, vil dette resultere i mye nedbør på Sør- og Østlandet. Er derimot intensiteten sterkest like øst for Island vil dette føre til en sørvestlig luftstrøm over store deler av Norge, og kraftig nedbør på Vestlandet.

(Hanssen-Bauren et al. 2015)

2.1.2 Fremtidens klima i Norge

I følge FNs klimapanel er hovedårsaken til den globale oppvarmingen menneskeskapt klimagassutslipp med en sikkerhet på 95 %. Dette er basert på tall fra 1950 og frem til i dag.

Ved global oppvarming vil det i fremtiden være temperaturendringer i varierende grad på ulike områder, og dette kan resultere i endringer i både hav- og luftstrømmer. Dette vil kunne resultere at blant annet lavtrykkspassasjene endrer seg og vi får et annet nedbørsbilde i Norge.

I rapporten Klima i Norge 2100 ble det gjort beregninger på fremtidens klima i Norge frem mot 2100 med RCP-verdier på henholdsvis 8,5 og 4,5. Disse verdiene vil si:

RCP8,5 = Utslippene av klimagasser fortsetter å øke helt frem til slutten av dette århundret. I denne beregningen er en temperaturøkning på 4 °C brukt.

RCP4,5 = Små utslippsendringer frem til 2060 og deretter stabiliseres. I dette scenarioet er en temperaturøkning på 2,5 °C brukt.

Dette tilsvarer henholdsvis 8,5 og 4,5 W/m² varmetilførsel til jord-atmosfæresystemet.

RCP8,5 tilsvarer at det ikke blir gjort tiltak, og klimagassutslippene fortsetter i samme takt som i dag. RCP4,5 tilsvarer målet i klimaavtalen. Resultatene av disse to beregningene er blitt sammenliknet i Tabell 1.

.(Dalevold 2016; Hanssen-Bauren et al. 2015)

Tabell 1: Resultat fra beregninger for RCP8,5 og RCP4,5 fra 1971-2000 til 2071-2100 for Norge. Verdiene er ført opp som RCP4,5/RCP8,5. Data hentet fra (Hanssen-Bauren et al. 2015)

		Prosent (%) økning		
		Tot. Nedbør per år	Antall dager kraftig nedbør	Nedbørintensitet på dager med kraftig nedbør
Norge	År	8 / 18	49 / 89	12 / 19
	Vinter (DJF)	5 / 16	73 / 143	9 / 18
	Vår (MAM)	12 / 13	65 / 91	13 / 16
	Sommer (JJA)	12 / 16	59 / 98	14 / 21
	Høst (SON)	7 / 16	49 / 111	10 / 20

Verdiene indikerer prosentvis økning, og 100 % økning vil si dobbelt så mye som i årene 1971-2000-verdiene. Ut ifra disse resultatene kan man se at hvis Parisavtalen blir opprettholdt og målene blir nådd, vil dette ha stor betydning på utviklingen av nedbørmengder i Norge.

2.1.3 Fremtidens klima på Østlandet

Tabell 2: Resultat fra beregninger for RCP8,5 og RCP4,5 fra 1971-2000 til 2071-2100 for Østlandet. Verdiene er ført opp som RCP4,5/RCP8,5. Data hentet fra (Hanssen-Bauren et al. 2015)

		Prosent (%) økning		
		Tot. Nedbør per år	Antall dager kraftig nedbør	Nedbørintensitet på dager med kraftig nedbør
Østlandet	År	8 / 15	48 / 81	11 / 17
	Vinter (DJF)	17 / 28	108 / 212	17 / 28
	Vår (MAM)	14 / 25	76 / 120	16 / 23
	Sommer (JJA)	2 / 4	42 / 75	12 / 19
	Høst (SON)	8 / 12	47 / 103	11 / 19

På Østlandet vil det også bli en økt grad av nedbør. Ved alle årstider vil man få en økning i både total mengde nedbør, antall dager med kraftig nedbør og økt intensitet de dagene kraftig nedbør fremkommer. På vintersesongen vil man få dobbelt så mange dager med kraftig nedbør ved RCP4,5 og tre ganger så mange dager kraftig nedbør ved RCP8,5. Tilsvarende vil nedbørintensiteten øke med 17 % og 28 %. Dette betyr at det ikke bare vil være flere dager med kraftig nedbør, men de dagene det er kraftig nedbør vil man også få mer nedbør. Det samme bildet er det for de andre sesongene, men i ulik grad. Det kan føre til at man får hyppigere hendelser tilsvarende 6. august-regnet i fremtiden. Denne regnhendelsen blir forklart i kapittel 3.3.

Norsk Klimaservicesenter sine estimater samsvarer med dette, og oppgir at sesongøkningen vil fordele seg slik: Vinter: 30 %, Vår 25 %, Sommer: 5 % og Høst: 10 %.

(Norsk Klimaservicesenter 2017)

Asplan Viak gjorde et forenklet estimat av effekten på klimaendringene på en regnhendelse tilsvarende 6. august 2016 som er illustrert i Figur 2. Det ble her brukt en klimafaktor på 1,4 på bakgrunn av estimater fra Norsk Klimaservicesenter. De foreslår i denne rapporten et klimapåslag på 40 % for regnskyll med kortere varighet enn 3 timer.

(Norsk Klimaservicesenter 2017; Paus 2017)

Asker kommune registrerte flest hendelser fra innringere om kjelleroversvømmelser i tidsrommet 120 – 180 minutter etter nedbørstart. Av resultatene fra estimatet i figuren under, kan man se at en regnhendelse slik som 6. august 2016 kan forventes å komme mellom 2 til 10 ganger per 200 år i fremtiden for nedbørmengdene i tidsrommet 120 til 180 minutter.

De registrerte regnmengdene ved de ulike intervallene kan sees i kapittel 1.1.

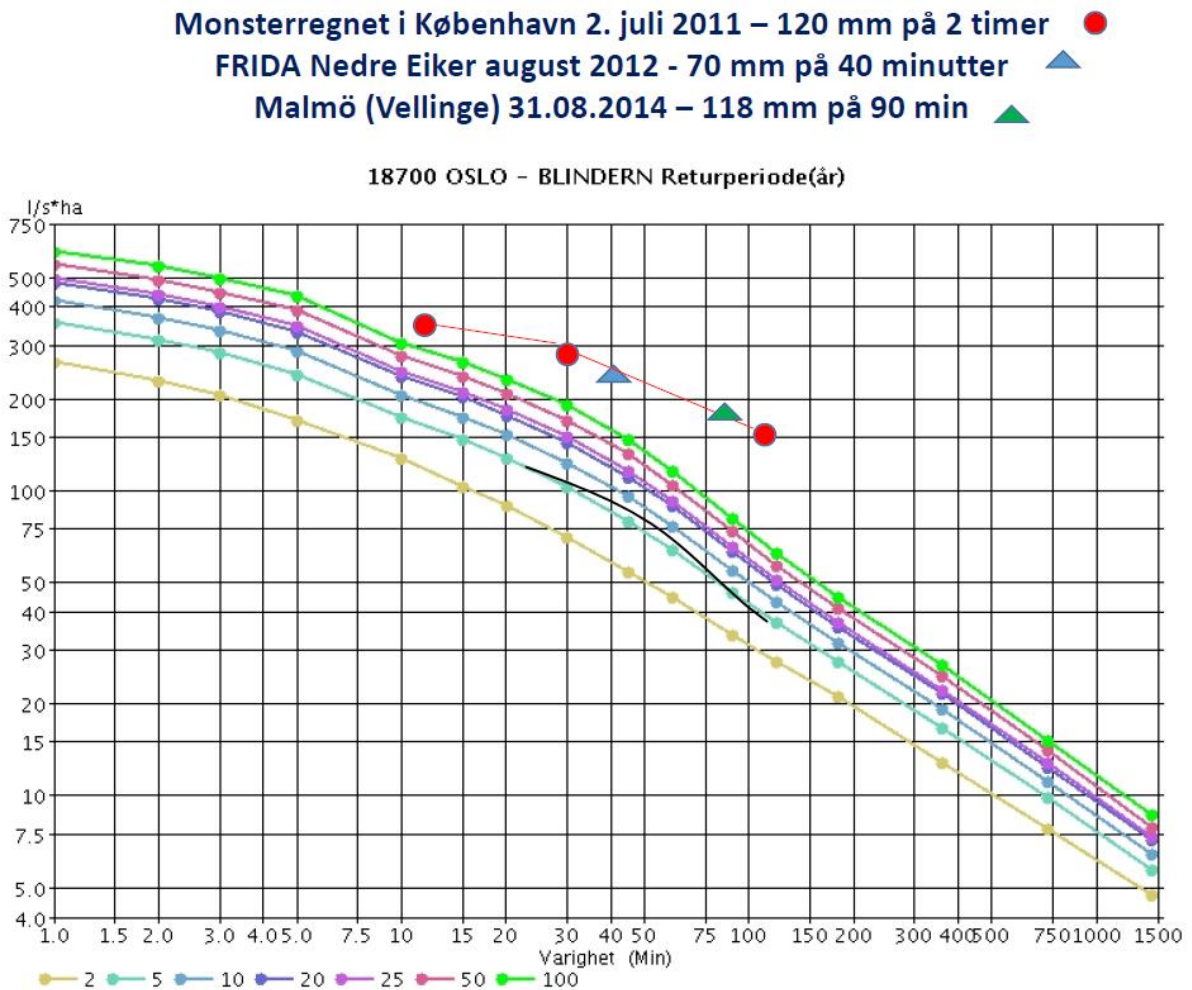
Historisk												
Stasjon	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
Asker brannstasjon	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 5 år	> 10 år	> 25 år	> 25 år	> 50 år	> 100 år	> 50 år	> 10 år
Mellom-Nes Skole	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 5 år	10 år	> 50 år	> 100 år	> 200 år	> 200 år	> 200 år	> 200 år
Sem gjestegård	< 2 år	< 2 år	< 2 år	> 2 år	> 5 år	10 år	> 25 år	> 50 år	> 200 år	> 200 år	> 200 år	> 50 år
Vardåsen	< 2 år	2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 5 år	> 10 år	> 50 år	> 100 år	> 200 år	> 100 år	> 50 år
Vollen skole	> 10 år	> 10 år	> 10 år	> 5 år	> 5 år	> 5 år	> 5 år	> 5 år	> 25 år	200 år	> 100 år	> 25 år
Maks	> 10 år	> 10 år	> 10 år	> 5 år	> 5 år	> 10 år	> 50 år	> 100 år	> 200 år	> 200 år	> 200 år	> 200 år

Fremtidig												
Stasjon	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
Asker brannstasjon	< 2 år	< 2 år	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 5 år	> 5 år	> 5 år	> 10 år	> 2 år	< 2 år
Mellom-Nes Skole	< 2 år	< 2 år	< 2 år	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 10 år	> 50 år	> 100 år	> 50 år	> 20 år
Sem gjestegård	< 2 år	< 2 år	< 2 år	< 2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 5 år	> 25 år	> 25 år	> 10 år	> 2 år
Vardåsen	< 2 år	< 2 år	< 2 år	< 2 år	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 10 år	> 10 år	> 25 år	> 10 år	> 2 år
Vollen skole	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 10 år	> 5 år	> 2 år
Maks	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 5 år	> 10 år	> 50 år	> 100 år	> 50 år	> 20 år

Figur 2: Klimaendringer påført regnhendelsen 6. august. Klimafaktor 1,4 (Paus 2017)

Norsk Vann anbefaler en klimafaktor på 1,3 – 1,5 for å takle fremtidige utfordringer. Asker kommune bruker en klimafaktor på 1,5.

Sannsynligheten for at et monsterregn ala de tre regnhendelsene plottet i Figur 3 skjer langs en av de 20 utsatte byene langs Oslofjorden er svært nær 100 %. Det kan forventes at halvparten av disse byene opplever en slik regnhendelse i løpet av de neste 50 år. (Lindholm 2017)



Figur 3: Monsterregn i København(2011), Nedre Eiker(2012) og Malmö(2014) (Lindholm 2017)

2.1.4 Definisjon av 200-års regn

Et 200-års regn er en regnmengde som statistisk har en returperiode som tilsvarer at hendelsen kommer til å skje én gang per 200 år. I Tabell 3 er det illustrert en Intensitet-Varighet-Frekvens-tabell (IVF) for Blindern i Oslo med måledata fra 47 sesonger frem til 2015.

Eksempelvis hadde nedbørhendelsen 6. august 2016 i Asker nedbørmengde på 78,9 mm i løpet av 180 min. Tabellen viser at dette er godt over kriteriet for et 200- års regn.

Tabell 3: IVF Tabell for Oslo-Blindern for perioden 1968 – 2015. (MET)

År	Varighet (minutter)											
	5	10	15	20	30	45	60	120	180	360	720	1440
2	5,7	8,4	10,3	11,9	14,1	16,4	17,8	20,2	23,1	26,4	35,9	43,2
5	7,6	11,4	14,2	16,6	19,7	23,4	25,3	27,4	30,7	34,8	44,5	51,8
10	8,9	13,3	16,8	19,7	23,4	28	30,3	32,1	35,6	40,4	50,5	57,9
20	10,1	15,1	19,3	22,6	27	32,4	35,1	36,6	40,4	45,6	56,2	63,1
25	10,5	15,7	20,1	23,6	28,2	33,8	36,6	38,1	41,9	47,3	57,9	64,8
50	11,7	17,5	22,5	26,5	31,6	38,2	41,3	42,5	46,7	52,5	63,5	70
100	12,9	19,3	24,9	29,4	35,1	42,5	45,9	46,9	51,3	57,5	69,1	75,2
200	14,1	21,1	27,3	32,2	38,6	46,8	50,5	51,3	55,8	62,6	74,7	81,2

2.2 Metrologi

Nedbøren i Norge kan i hovedsak deles inn i tre forskjellige kategorier, frontnedbør, orografisk nedbør og bygenedbør. Både frontnedbør og orografisk nedbør har som hovedårsak at luft med høy humiditet blir løftet opp og avkjølt inntil luftmassene ikke lenger greier å holde på fuktigheten, og resultatet er nedbør. Ved frontnedbør vil oppdriftskraften være en kaldfront, mens ved orografisk nedbør vil oppdriftskraften være terrenget. Sistnevnte er mest vanlig rett på innsiden av kysten langs Norge. Bygenedbør er nedbør som dannes lokalt ved at luften blir ustabil og det oppstår vertikale bevegelser. Dette kan ha årsak i lokal oppvarming ved for eksempel en stor asfaltet parkeringsplass varmes opp raskere enn omgivelsene. Av disse tre typene så forekommer mesteparten av nedbøren i Norge som frontnedbør. De to frontene som er i denne nedbøren er varme humide luftmasser fra sør, som blir presset opp av kalde polarfronter fra nord. Det forekommer mest slik nedbør om høsten og vinteren, med størst del om høsten da varm luft bærer på mer fuktighet enn kjøligere luft. I innlandet er det mest nedbør i juli og august.

(Dannevig & Hartsveit 2013; MET)

2.3 MIKE URBAN/MOUSE

MOUSE er en omfattende beregningsmotor som er produsert av Danish Hydraulic Institute (DHI) og som har vært i bruk siden 70-tallet. Denne beregningsmotoren kan modellere komplekse hydrologiske systemer, alt fra åpne og lukkede systemer, vannkvalitet og sedimenttransport til helt enkle avløpsmodeller. Dette gjør denne beregningsmotoren godt egnet til denne oppgaven.

Ved bruk av denne motoren kan man blant annet få svar på:

- Hvor ofte blir kapasiteten sprengt på et avløpssystem?
- Hva er årsaken til sprengt kapasitet? Innlekkasjer, for små dimensjoner?
- Hvordan vil et rørsystem oppføre seg ved inngrep som for eksempel installasjon av pumper, terskler, reservoarer osv
- Hvor er, og hvorfor er det sedimentavsetninger i avløpssystemet?
- Hvilken grad av forurensning er det etter små og store regnhendelser?
- Hvordan vil ledningsnettets oppføre seg ved å legge inn ulike forbruk til forskjellige dager, tider og mengder?

En modell består av følgende objekter:

- Knutepunkter (i form av utløp, kummer mm.)
- Linker (i form av ledninger, kanaler, elver mm.)
- Terskler
- Åpninger
- Pumper
- Ventiler
- Overvannsinnløp

(DHI 2016a)

2.4 MIKE View

MIKE View er et program som er utviklet av DHI og inngår i samme pakke som MIKE URBAN. I MIKE View henter man resultatfiler av typen ASCII (American Standard Code for Information Interchange) som er produsert i MIKE URBAN. Man kan også hente inn resultatfiler fra SWMM (Storm Water Management Model), MOUSE runoff og EPANET, men da må filformatet konverteres til en MIKE URBAN resultatfil.

MIKE View har et brukergrensesnitt hvor man enkelt kan tolke resultatfiler ved hjelp av følgende funksjoner:

- Fargeanimasjoner over et horisontalt plan
- Animerte profilsnitt
- Time Series
- Grafer
- Q-H relasjoner

I MIKE View kan følgende informasjon analyseres på ulike måter:

- Vannivå i knutepunkter
- Pumpemengder
- Overløpsmengder
- Vannivå i ledninger
- Vannføring i ledninger (delfylling, trykk)
- Hastighet i ledninger
- Volum

(DHI 2016b)

2.5 Gemini VA

Gemini VA er et geografisk informasjonssystem (GIS) for å forvalte og dokumentere vann- og avløpsnett. Dette systemet er utviklet og levert av Powel AS. Dette programmet fungerer som et bibliotek over hvilke VA-komponenter og elementer som finnes i et område.

Programmet benytter seg av kraftige GIS-funksjoner for å markere installasjoner i tillegg til å tilgjengeliggjøre informasjon for analyser. I dag blir dette programmet brukt av omtrent 220 kommuner. Programmet kan benyttes på nettbrett, som er svært praktisk ved bruk i felt og på befaringer. Rundt 80 % av ledningsnettet i Norge er kartlagt ved hjelp av Gemini VA.

En kort oppsummering av funksjoner i programmet:

- Enkel oversikt og dokumentasjon over vann og avløpsnett over store områder slik det ble bygget
- Dagbok knyttet til hvert enkelt element hvor man kan loggføre endringer
- Modul for arbeidsplaner
- Hente ut informasjon om hendelser eller statistikk fra enkelte områder eller en hel kommune
- Hydrauliske modeller for beregninger

(Powel 2017)

2.6 Nedbørmålere

2.6.1 Type nedbørmåler

Nedbørmålerne i Asker kommune er av typen Nivus RM202. De er levert av Rosim AS og produsert av Thies GmbH. Disse registrerer nedbøren ved hjelp av en dobbeltvippe som teller vipp for hver 0,1 mm nedbør. For å registrere korrekt nedbørintensitet er det lagt inn en automatisk korrigerings basert på antall vipp innenfor intervallet 0,5 – 11 mm/min.

Nedbørmålerne er kalibrert i intervallet 0 – 7 mm/min.

I oppsamlingskolben er det installert varmetråder som aktiveres ved 5 °C. Dette gir måleren et bruksområde fra -25 til +60 °C.

Nedbørmålerne kan bli levert med en vindskjerm som sørger for at nedbøren er tilnærmet rotasjonsfri gjennom nedbørmåleren. Denne vindskjermen er illustrert i Figur 6. Måleren skal monteres på en slik måte at den er plassert fire ganger så langt unna som høyden til det nærmeste objektet. Måleren skal være montert på et horisontalt plan med 1 meter bakkeklaring. I steder med mye snø må denne høyden korrigeres.

Standardhøyden på stativet som blir levert er 1,70 m som vil gi en total høyde på 2,10 m.

Måleren er godkjent av Meteorologisk Institutt og oppfyller «Guide to Meteorological Instruments No 8» som er utarbeidet av World Meteorological Organization (WMO).

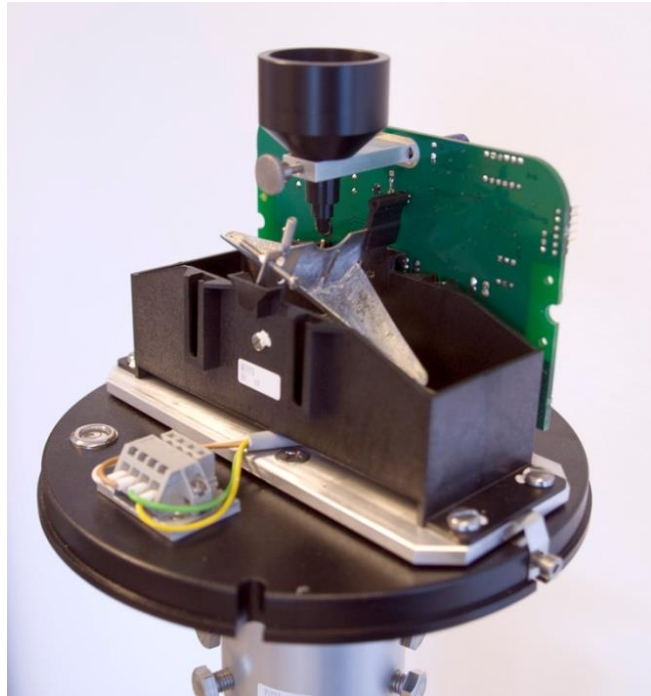
(Rosim)

I henhold til WMO(WMO 2008) skal en nedbørmåler monteres på steder det ikke blåser for mye, men likevel på et sted som ikke er helt i le. De beste lokasjonene for installasjon av nedbørmåler er åpninger i skogsområder eller generelt hvor det er åpne områder med le for vinden.

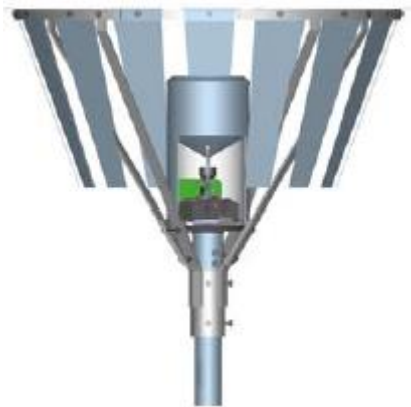
(KG 2009)



Figur 4: Kappe til nedbørmåler med varmetråder(Rosim)



Figur 5: Nedbørmåler, vippe(Rosim)



Figur 6: Illustrasjon av nedbørmåler med vindskjerm, kappe og vippe(Rosim)

2.6.2 Plassering

Asker kommune har fem nedbørmålere plassert strategisk utover i kommunen for å få et best mulig bilde av regnhendelser. Nedbørmålerne har navnene Vardåsen, Vollen Skole, Asker Brannstasjon, Sem Gjestegård og Mellom-Nes Skole og er plassert slik Figur 7 viser.

Nedbørmålerne har følgende adresser (noe avvik mellom adresser og lokasjon):

- Mellom-Nes Skole:** Breivikveien 25
- Sem Gjestegård:** Motsatt side av veien for Semsveien 168 og 178
- Asker Brannstasjon:** Fredtunveien 33 (ved innkjøringen)
- Vardåsen:** Slottsberget 1
- Vollen Skole:** Håkavikveien 45

(Rosim 2015a; Rosim 2015b; Rosim 2016a; Rosim 2016b; Rosim 2016c)



Figur 7: Plassering av nedbørmålere i Asker Kommune

2.7 Regnbyge

Regnbyge er en portal som er utviklet, driftet og eid av Rosim AS. Dette er en portal for overvåkning av måledata via trådløs dataoverføring, GPRS.

Regnbyge bruker et topografisk norgeskart som bakgrunnskart. Dette er levert av Statens kartverk. Dette kartet består av data fra kartdataseriene N500, N2000, N1000, N500, N250, N50 og FKB.

I Regnbyge kan man hente ut data fra nedbør- og vannføringsmålere lokalisert rundt om i ønsket område.

Man kan enkelt hente ut rapporter fra ønskede målestasjoner individuelt, i grupper eller for hele områder for ønsket tidsintervall med enkle kommandoer.

Av vannføringsdata kan man hente ut:

- Rådata
- Nivus format
- 5 min data
- 1 time data
- Døgn data

Av nedbørsdata kan man hente ut:

- IVF
- Rådata
- UMS-format
- MET-format
- SWMM-format
- 1 min data
- 5 min data
- Time data
- Døgn data
- Døggnedbør

Fra sensorene og målerne i feltet starter registreringen til det er oppdatert i portalen tar det ikke mer enn 10 minutter.

(Rosim)

2.8 GISLINE flomsonekart

I GISLINE har Asker kommune en overflatemodell for å analysere flomveier, vannoppsamlinger og lignende. Dette er produsert ved at terrengoverflaten skannes ved hjelp av laser. Nøyaktigheten for denne terrengmodellen bestemmes av hvor lavt man flyr når overflaten skannes, og tettheten på innskanningspunktene. Skanning kan gjøres via fly, helikopter eller drone. Det mest vanlige er fly, og det er dette Asker kommune har benyttet. Flomsonekart er et dynamisk kart hvor man kan zoome ut og inn samtidig som oppløsningen oppdaterer seg. Man kan også skru av og på ulike lag som «flomveier», «stormflo», «Flyfoto(ortofoto)», «kommuneplan» med mer.

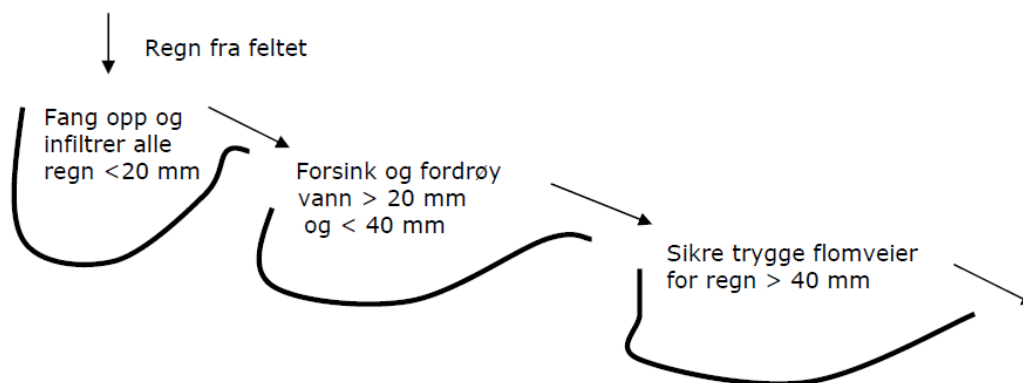
Askers flomsonekart har en nøyaktighet på ca. 10 – 12 punkter/m². I dette kartet er det simulert hvor det er naturlig for vannet å renne og samle seg opp i terrenget. Et utsnitt fra dette flomsonekartet av det aktuelle området er i VEDLEGG F: GISLINE Flomsonekart. Dette kartet vil bli brukt i kapittel 1.1 ved sammenligning med rørmodellen produsert i MIKE URBAN.

(GISLINE ; Gulbrandsen 2017)

2.9 Treleddsstrategi

Treleddsstrategi er en god metode å bruke ved analyse av overvannshåndtering. Dette går ut på:

1. Fanger opp og infiltrerer lokalt
2. Infiltrerer og forsinker gjennom fordrøyning
3. Trygg avledning til resipient ved hjelp av sikre flomveier



Figur 8: Illustrasjon av treleddsstrategi. (Lindholm et al. 2008)

Ved bruk av denne strategien når det gjelder ekstremnedbør er det i hovedsak punkt 3 som vil være i bruk. Ved et 200-års regnhendelse vil det være vanskelig å bruke steg 1 og 2, og derfor er det kun fokus på å lede vannet trygt vekk til et område hvor det ikke gjør skade.

2.10 Kapasitetsberegning i spillvannsnett

Ved beregning av kapasitet til avløpsledning med selvfall i kapittel 5.4 har følgende ligning blitt brukt:

$$Q = -6,95 \cdot \log \left(\frac{0,74}{D_i \cdot \sqrt{D_i \cdot I} \cdot 10^6} + \frac{k}{3,71 \cdot D_i} \right) \cdot D_i^2 \cdot \sqrt{D_i \cdot I}$$

$$Q = \text{Vannføring, } \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$D_i = \text{Innvendig ledningsdiameter, [m]}$$

$$I = \text{Ledningsfall, } \left[\frac{m}{m} \right]$$

$$k = \text{Ruhetskoeffisient, [m]}$$

Formel 1: Beregning av kapasitet i avløpsledning med selvfall. (NPG-Norge 2014)

Ved beregning av dimensjonerende spillvannsmengder ble følgende formler brukt:

$$Q_{s \text{ dim}} = f_{maks} \cdot k_{maks} \cdot Q_{midl} \cdot Q_{inf \cdot maks}$$

$$f_{maks} = \text{Maks døgnfaktor}$$

$$k_{maks} = \text{Maks timesfaktor}$$

$$Q_{midl} = \text{Gjennomsnittlig forbruk}$$

$$Q_{inf \text{ maks}} = \text{Mengde fremmedvann}$$

Formel 2: Bestemmelse av dimensjonerende spillvannsmengde (Ødegaard et al. 2014)

Ved beregning av selvrensing i spillvannsledninger, har følgende formelverk blitt brukt:

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot I$$

$$\tau = \text{Skjærspenning i et fylt rør} \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$R = \text{Hydraulisk diameter} \frac{D}{4} [m]$$

$$I = \text{Ledningens fall} \left[\frac{m}{m} \right]$$

Formel 3: Skjærspenning i fylt rør (Ødegaard et al. 2014)

$$\tau_{maks} = \tau \cdot 4 \cdot \frac{h}{D} \cdot \left(1 - \frac{h}{D} \right)$$

$$\tau_{maks} = \text{Maks skjærspenning i rør}$$

$$\frac{h}{D} = \text{Relativ vanndybde i rør}$$

Formel 4: Maks skjærspenning i rør. (Ødegaard et al. 2014)

$$\Delta h = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\Delta h = \text{Falltap i ledning}$$

$$f = \text{friksjonskoeffisient}$$

$$L = \text{Lengden på ledning}$$

$$v = \text{Hastighet i rør}$$

$$D = \text{Innvendig diameter}$$

$$g = \text{Gravitasjon}$$

Formel 5: Darcy-Weisbachs ligning (Ødegaard et al. 2014)

3 Metode

3.1 Skadeomfang

Asplan Viak ble leid inn av Asker kommune for å lage en evalueringsrapport av hendelsen 6. august 2016 i samarbeid med representanter fra kommunen. Målet for rapporten var å evaluere hvordan Asker kommune håndterte konsekvensene av ekstemnedbøren 6. august. Dette innebærer varsling, organisering, samarbeid og krisekommunikasjon, samt identifikasjon av læringspunkter for kommunen. Evalueringen dekket også en del av skadeomfanget. En del informasjon i denne oppgaven er hentet fra denne evalueringen.

For å få en tilstrekkelig oversikt over skadeomfanget som denne oppgaven skal belyse har det ved hjelp av Mia Ebeltoft og Synnøve Bjerved Folkvord ved Finans Norge blitt knyttet kontakt til forsikringsselskapene IF, Gjensidige, Tryg og Sparebank 1. Hensikten her var å få et overblikk over skadeomfanget etter hendelsen 6. august. For å vite hvilke tiltak som er mest aktuelt på de forskjellige områdene er det nødvendig å vite om det var overvannssystemene eller spillvannsnettene som sviktet. Det optimale ville vært å få en statistikk, eller nok data til å skape en statistikk som omhandler adresser og skadehendelser som følge av tilbakeslag på spillvannsnett eller overvannsproblematikk. Via dette datagrunnlaget, kan man evaluere om det er de private stikkledningene som er problemet, og hvordan ansvaret fordeles mellom kommune, private eller forsikringsselskap.

3.2 Nedbørmålere

Denne oppgaven skal i tillegg ta for seg nedbørmålerne i Asker kommune. Hensikten er å finne ut om plasseringene er god nok, om man trenger å anlegge flere nedbørmålere, eller om dekningsgraden er tilstrekkelig for en regnhendelse lignende 6. august 2016.

For å finne svar på disse problemstillingene er følgende blitt gjort:

- Sammenlignet nedbørmålernes registrerte data mot bevegelsesmønsteret fra illustrasjon fra MET.
- Sett på plassering av målerne i forhold til illustrasjonen fra MET. Er det områder utenfor som har intenst regn?

3.3 MIKE URBAN - Rørmodell

3.3.1 Rørmodellen

Rosim AS har produsert en rørmodell som inneholder både spillvann og overvann for Asker kommune. Denne dekker hele kommunens areal. I januar 2017 var de ferdig med å kalibrere ledningsnettet for overvann i rørmodellen mot et 2-års regn og mot vannføringsmålinger. Oppmåling av høyder og dimensjoner ble rettet opp der det var stor grad av mangler. (Pervan et al. 2017)

På samme tid var de også ferdig med gjennomgang av spillvannsnettet. Her la de inn pumpestasjoner, overløp og bassenger med tilhørende data, samt manglende høydekoter, beregning av tette og grønne flater med mer. (Lindholm et al. 2017)

Denne oppgaven tar utgangspunkt i denne modellen, men for et avgrenset område. Det valgte området er der hvor nedbørhendelsen skapte størst belastning, og det var i avløpssonen til Vakås-området. Dette området blir analysert ved hjelp av rørmodellen, men tiltak blir ikke vurdert. Dette fordi Asker kommune allerede er i gang med forbedringer på stedet. Tiltak i form av oppdimensjonering av spillvannsnett blir evaluert på Nesøya hvor det var problemer med mange private kjelleroversvømmelser som følge av tilbakeslag på spillvannsnett.

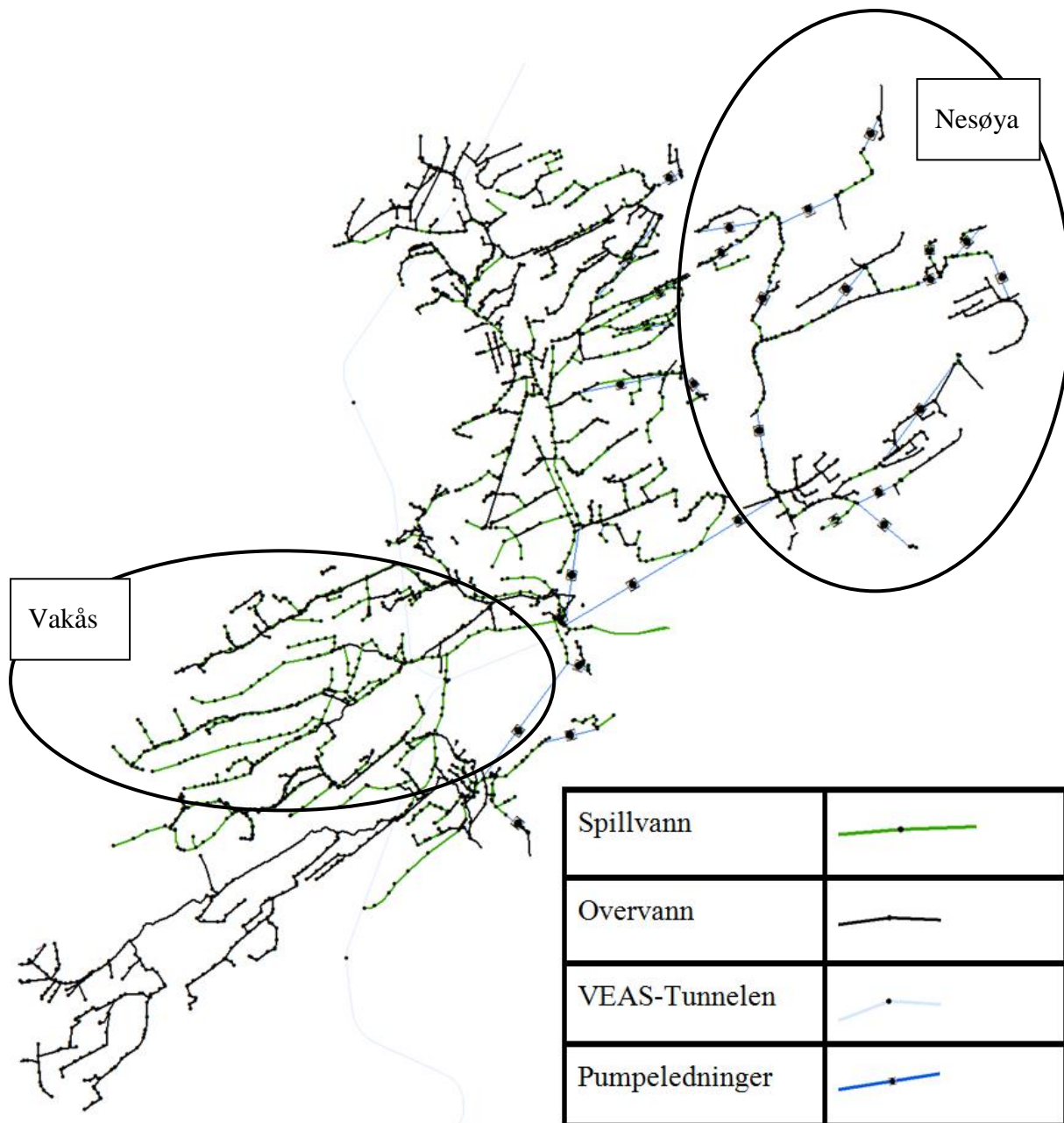
Asker kommune er delt inn i flere ulike avløpssoner. Avløpssonene er inndelt etter hvilke områder som er tilknyttet VEAS-tunellen. VEAS-tunellen frakter avløpsvann fra mer enn 600 000 innbyggere fra Asker, Bærum og Oslo til renseanlegget som ligger på Bjerkås. (VEAS)

Valgt område blir avgrenset ved at man tar utgangspunkt i hele modellen, og deretter sletter de områder som ligger utenfor gjeldende avløpssone og som ikke har noen påvirkning på det avgrensede systemet. Ferdig modell er illustrert i Figur 9.

I forbindelse med denne oppgaven har det blitt utført forbedringer på den opprinnelige modellen. Tidligere har åpne kanaler og elver blitt satt som en standard til et vanlig betongrør med en diameter på Ø1000 mm. Dette gir et brukbart resultat ved normale vannføringer, men i dette tilfellet er det snakk om en regnhendelse med 200-års intervall. Noen steder går disse elvene direkte over til en kulvert med tilsvarende diameter, og dermed vil ikke modellen oppfatte at det er noen oppstuvning ved inntakene. Derfor er disse elvene/kanalene blitt modellert til «Natural Channels». Det er manglende data på størrelser på disse elvene, og da er sunn fornuft brukt og et tverrsnitt er blitt satt. Hvis vannivået overstiger sidekantene i tverrsnittet i modellen, vil ikke modellen kjøre. Derfor er det modellert slik at veggene på

elvene har tilstrekkelige høyde ved et 200 års-regn. Disse høydene er fastsatt ved hjelp av prøv-og-feil-metode. Ved å gjøre dette vil det gi en mer realistisk oppstuvning ved inntak til kulvert, men ikke perfekt. For å ha en modell som i tillegg viser flomveier når bekker og kummer går fulle, må man bruke MIKE FLOOD.

Tidligere har Asker kommune kjørt modell med konstruerte regnhendelser med nedbørsdata fra Sem Gjestegård alene. Her har de lange historiske dataserier som de bruker til å konstruere 2-, 5-, 10-års regn osv. Dette fungerer bra til å kjøre simuleringer ved normale regnhendelser. I denne oppgaven har regndata fra alle nedbørstasjonene blitt brukt på samme simulering. Dette gjøres ved at de ulike nedbørsområdene kobles til de ulike nedbørfilene fra nedbørmålerne. Siden alle Asker kommunes nedbørmålere er benyttet i modellen, gir dette et mer representativt bilde av virkeligheten for en spesifikk ekstremnedbørhendelse.



Figur 9: Illustrasjon av rørmodell

Rørmodellen består av følgende installasjoner:

Tabell 4: Generell innhold i rørmodell

Type Installasjon	Antall
Kummer	3059
Ledninger	2976
Elveløp	65
Pumper	38
Overløp	44
Utløp	80
Nedbørsfelt	498
Spillvannsfelt	696

Tabell 5: Annen info i rørmodell.

Annen Info	
Minste bunnhøyde i kum	1,14 moh
Høyeste bunnhøyde i kum	147,14 moh
Korteste ledning	0,577 m
Lengste ledning	2362,58 m
Total Ledningslengde	162 824 m

For at rørmodellen skal få representative nedbørdata, er hvert nedbørfelt tilknyttet en av de fem nedbørmålerne Asker kommune drifter.

Hver spillvannsnode er tilknyttet et spillvannsfelt. Disse feltene er kalibrert ut ifra hvor mange personenheter og forbruk som er tilknyttet hvert område, samt mengde innlekkasjer som følge av andel tette flater.

3.3.2 Resultater fra rørmodell

Resultatene fra MIKE URBAN ble avlest og analysert i MIKE View.

For å lokalisere områder ble Gemini VA brukt. Her ble ID-punkter fra rørmodellen søkt opp slik at man finner de igjen i et kart, for lettere å finne riktig lokasjon i filene som ble sammenlignet.

Det er et krav i VA-normen at laveste monterte vannlås skal være 900 mm over påkoblingspunktet mellom privat stikkledning og kommunal spillvannsledning. Resultatene fra rørmodellen ble evaluert som kritiske hvis maks registrert vannhøyde på spillvannsledning overstiger 0,9 meter over «upper level» på den enkelte ledning. Dette vil da kategoriseres som en ledning hvor det er fare for tilbakeslag på spillvannsnett. (Asker Kommune)

Tilsvarende vil overvannsledninger kategoriseres som kritisk hvis «maks water level» i overvannskummene overstiger «top level» på tilhørende kum. Dette vil si at ledningsnettene går fullt, vann vil renne på overflaten og vil kunne gjøre skade.

Høsten 2016 ble Sweco leid inn for å lage en overflateberegning av hele kommunen. For Vakås lagde de en kombinasjonsmodell med ledningsnett og overflatestrømning i MIKE FLOOD. For Asker som helhet har de simulert et flomsonekart med data fra 200-års regnet 6. august 2016 ved bruk av TELEMAT-2D. For Neselva tok de i bruk MIKE11 for å konstruere en elvemodell. (Friborg et al. 2017)

I denne oppgaven ble resultatene fra rørmodellen sammenlignet med registrerte skadehendelser fra en rapport utarbeidet av Asplan Viak, GISLINE flomsonekart og overflatemodellen utarbeidet av Sweco. Det er tilnærmet praktisk umulig å få et ledningsstrek 100 % tett. Det vil derfor alltid være større innlekkasjer av fremmedvann (ørvann) inn i spillvannsnettene ved ekstreme nedbørhendelser. Hvor det er naturlig at vann vil samle seg på overflaten, og hvor flomveier befinner seg, vil derfor ha stor innvirkning på spillvannsnettene.

4 Nedbørhendelsen 6. august 2016

4.1 Prognoser og varsler

Det var meldt rundt 20 – 25 mm nedbør i løpet av formiddagen lørdag 6. august. Ved en slik tidsoppløsning for værmelding (1-6 timer) vil et slikt varsel gå under radaren til et OBS-varsel, da det var høy usikkerhet på hvor mye og hvor nedbøren ville komme. Det var dermed ikke noe grunnlag for Asker kommune å reagere i forkant av denne hendelsen. (Paus 2017)

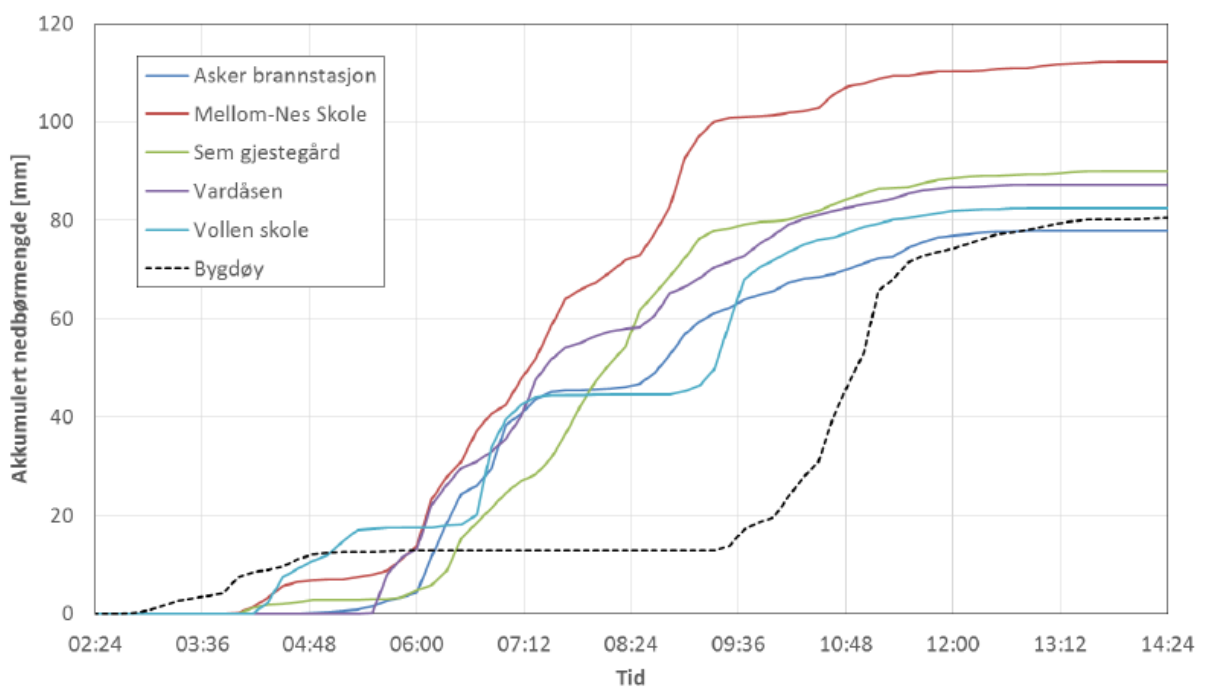
Ved ekstreme nedbørsmengder pleier Metrologisk Institutt å sende ut OBS-varsel. Dette er en måte for MET i samråd med Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) for å gi ut informasjon om fare for lokale oversvømmelser, jord- og flomskred der hvor nedbør inntreffer. Dette skjer i hovedsak ved situasjoner hvor det varsles mye nedbør lokalt om sommeren hvor det er stor usikkerhet for hvor nøyaktig bygene vil inntreffe, og i hvilken grad de inntreffer. (Varsom)

I følge Kristen Gislefoss, som er en av landets mest erfarne meteorologer, var værhendelsen varslet, men innbyggere hadde ikke forstått omfanget av det. Han ønsker nå nye kategorier for varsling av ekstremregn som kan dekke en slik hendelse, en kategori som dekker korttidsintensitet (Rommetveit 2016).

4.2 Hendelsesforløpet

Et frontsystem beveget seg fra vest tidlig lørdag 6. august 2016. Regn- og tordenværet rammet store deler av Østlandet og startet rundt klokken 04:00. Nedbøren ble karakterisert med høy intensitet og kort varighet.

Figur 10 viser akkumulert nedbørsmengde over de fem nedbørstasjonene i Asker kommune, samt for Bygdøy i Oslo. 75 % av nedbørsmengden falt i løpet av en 4-timers periode fra 06 – 10:00.



Figur 10: Akkumulert nedbørsmengde for Asker nedbørmålere samt Bygdøy i Oslo. (Paus 2017)

Tabell 6 viser de maksimale registrerte nedbørmengdene ved de ulike stasjonene i Asker kommune. I løpet av 6 timer hadde det ved Mellom-Nes skole akkumulert seg 101,9 mm nedbør. Tabellen viser at målte verdier fra og med 3 timer tilsvarende nedbørmengder kategorisert som et 200 års-regn ved Sem gjestegård og Mellom-Nes skole, og 200 års-regn i den 6. timen ved Vardåsen og Vollen skole.

Tabell 6: Øverst - Maksimalt registrerte nedbørmengder ved ulike varigheter. Nederst- Beregnet gjentaksintervall for ulike målestasjoner i Asker. (Paus 2017)

Stasjon	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
Asker brannstasjon	10,1	13,2	16,5	20,4	24,2	35,0	40,8	43,6	53,7	73,3	77,9	77,9
Mellom-Nes Skole	10,0	12,9	15,6	21,0	26,6	30,4	45,9	55,5	78,9	101,9	112,2	112,3
Sem gjestegård	7,6	9,6	11,4	15,8	23,0	30,4	41,2	49,6	71,4	85,0	90,0	90,2
Vardåsen	8,8	10,5	13,0	16,7	23,6	29,5	38,5	51,5	58,1	85,3	87,3	87,9
Vollen skole	13,6	18,2	20,6	23,3	26,1	27,4	31,0	33,4	48,2	74,1	82,5	82,5
Maks	13,6	18,2	20,6	23,3	26,6	35,0	45,9	55,5	78,9	101,9	112,2	112,3

Stasjon	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
Asker brannstasjon	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 5 år	> 10 år	> 25 år	> 25 år	> 50 år	> 100 år	> 50 år	> 10 år
Mellom-Nes Skole	> 2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 5 år	10 år	> 50 år	> 100 år	> 200 år	> 200 år	> 200 år	> 200 år
Sem gjestegård	< 2 år	< 2 år	< 2 år	> 2 år	> 5 år	10 år	> 25 år	> 50 år	> 200 år	> 200 år	> 200 år	> 50 år
Vardåsen	< 2 år	2 år	> 2 år	> 2 år	> 5 år	> 5 år	> 10 år	> 50 år	> 100 år	> 200 år	> 100 år	> 50 år
Vollen skole	> 10 år	> 10 år	> 10 år	> 5 år	> 5 år	> 5 år	> 5 år	> 5 år	> 25 år	200 år	> 100 år	> 25 år
Maks	> 10 år	> 10 år	> 10 år	> 5 år	> 5 år	> 10 år	> 50 år	> 100 år	> 200 år	> 200 år	> 200 år	> 200 år

4.3 Håndtering av hendelsen/respons/reaksjon

Som nevnt under kapittel 4.1 var det ingen sterke prognoser som indikerte at det var behov for å handle forut denne hendelsen. Likevel satt driftsleder ved Asker drift i gang to arbeidslag fredag 5. august for å inspisere og rense opp kommunale bekkerister og inntak forut for denne hendelsen, da det var meldt en god mengde nedbør 6. august.

Under selve regnhendelsen fikk man første varsel klokken 07:10 om at flere pumpestasjoner hadde strømstans som følge av lynnedslag. 07:25 legger Budstikka ut sin første nettartikkel om ekstremnedbøren. 08:00 kommer første henvendelse fra privatpersoner om vannrelaterte problemer og personell blir tilkalt umiddelbart. Første kjelleroversvømmelse ble rapportert

08:30. Selv om nedbøren var på det kraftigste frem til rundt klokken 10:00, kom det fler og fler henvendelser utover dagen.

Det ble tilkalt 18 personer for å bistå fra Asker drift og kommunaltekniske avdeling. Det ble også leid inn hjelp fra Ringerike Septikservice AS, Suge-/spylebil, Entreprenør Atrack AS, Geir Gullbekk AS og Brannvesenet. De jobbet på spreng med å sikre skadesteder og forhindre videre skadeutvikling, rense bekkelukkinger og bekkeinntak, pumpe oversvømte bygninger, sperring av gater, fortau, gang- og sykkelveger mm. Dette tyder på kapasitetsproblemer på rør og kulverter, manglende stikkrenner og dårlig grøfter. Vannmassene førte med seg store mengder med kvist, trær, stein osv. som førte til tette rister kort tid etter at de var blitt renset.

Det var dårlig kommunikasjon mellom kommune, politi og brannvesen under de kritiske timene av hendelsen. Det var heller ikke nok personell til å besvare henvendelser fra publikum da de tok i bruk SMS og vakttelefon. Det var tre personer som besvarte telefonhenvendelser, hvorav to av disse var ute og jobbet i felt. En telefon gikk tom for strøm under hendelsen. Kommunen er i besittelse av radiosamband som knytter Kommunalteknisk Avdeling og Asker Drift sammen, men dette systemet var ikke i bruk under hendelsen.

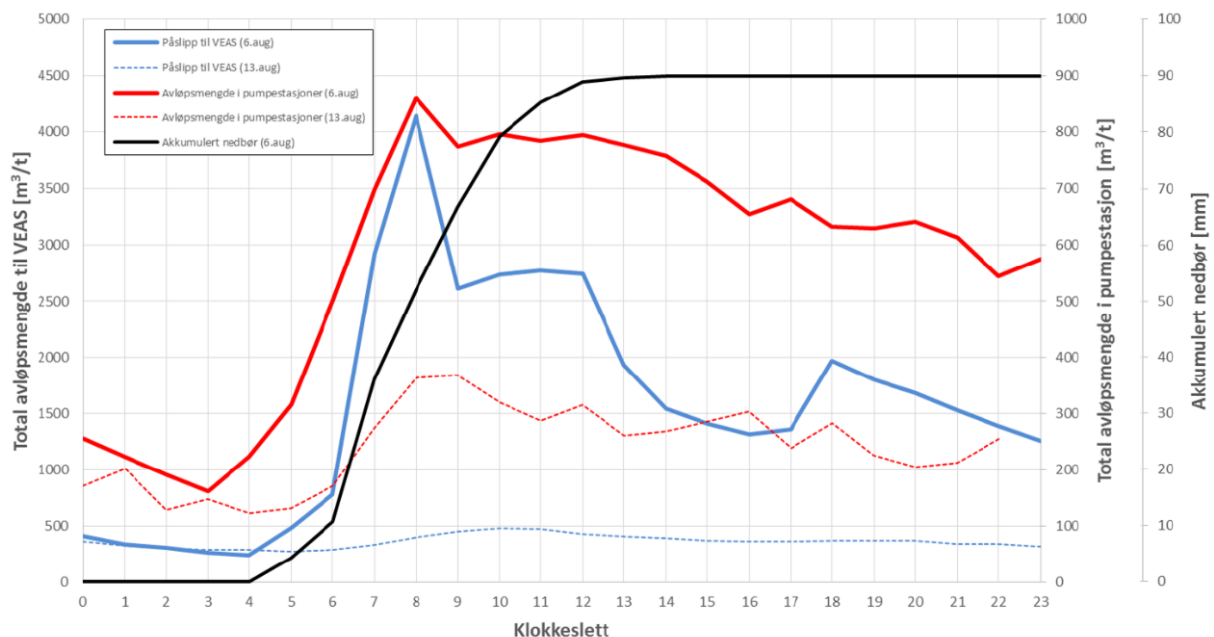
Asker kommune fikk først henvendt seg til publikum via en Facebook-melding klokken 20:30 lørdag kveld.

(Paus 2017)

I vedlegg C er det et hendelsesforløp sammenstilt av Asplan Viak. Dette er registrerte hendelser basert på vaktlogger, muntlige beretninger, nettaviser, gjennomgang av sosiale medier og registrert data

4.4 Skadeomfang

Det første man la merke til som en effekt av den ekstreme nedbørmengden var den raskt økende avløpsmengden i pumpestasjoner og påslipp til VEAS-tunnelen. Dette er illustrert i Figur 11. Her er verdiene for 6. august sammenlignet med verdiene for 13. august, som hadde helt normale verdier. Klokket 08:00 på lørdag 6. august kan man se at påslippet til VEAS var litt over det syvdobbelte og avløpsmengden i pumpestasjoner var litt over det dobbelte som referansedagen 13. august. Nedbøren er midlere akkumulert mengde for alle nedbørstasjoner.



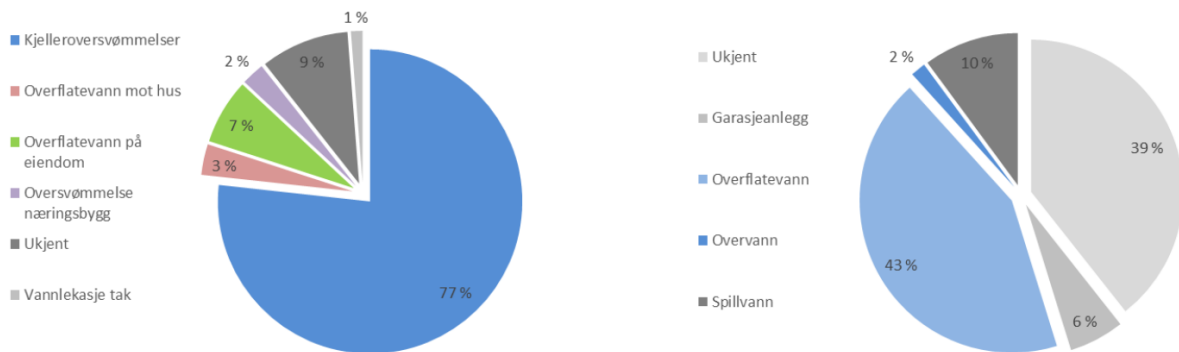
Figur 11: Avløpsmengder i pumpestasjoner og påslipp til VEAS-tunnelen (Paus 2017)

De første hendelsene knyttet til kjelleroversvømmelser, utvasking av hager, tette stikkrenner/bekkeinntak, veiproblemer og oversvømte biler ble innrapportert rett etter den økende avløpsmengden startet. Det ble rapportert inn ca. 300 hendelser til kommunen. Dette er skader og hendelser privatpersoner har rapportert inn, og ikke en fullstendig oversikt over skadeomfanget. Dette tallet inkluderer ikke skadetall fra forsikringsselskapene. Se kapittel 5.1 for mer informasjon om dette.

I tillegg til materielle skader førte nedbørhendelsen til forsinkelser på vei- og kollektivtrafikk. Togene ble innstilt på Hvalstad stasjon mellom Asker og Sandvika, og mellom Asker og Spikkestad på grunn av oversvømmelse og lynnedslag. Lokale veier var også sterkt berørt. Det var ingen innmeldte personskader som følge av nedbørhendelsen.

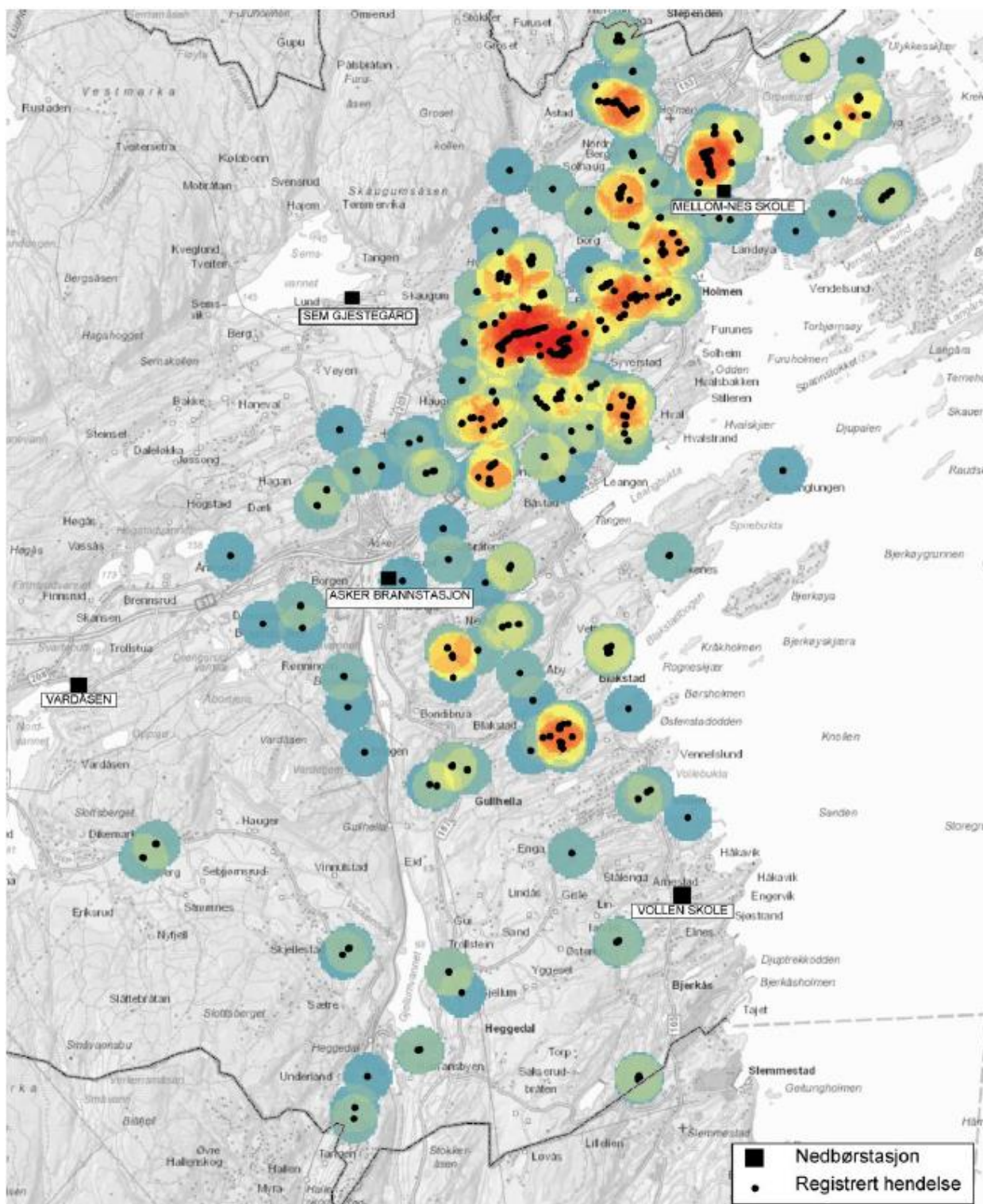
(Paus 2017)

Skadeomfanget er fordelt på ulike hendelser som vist i Figur 12.



Figur 12: Skadeomfang fordelt på hendelse (venstre) og kilde til kjelleroversvømmelser (høyre) (Paus 2017)

I Figur 13 ser man at det var flest registrerte hendelser i områdene mellom Sem gjestegård og Mellom-Nes skole. Det er disse områdene denne oppgaven tar for seg ved hjelp av analyse i rørmodell i Mike Urban. Som tidligere nevnt, er det mye mørketall da det kun er innrapporterte hendelser til kommunen i datagrunnlaget.



Figur 13: Fordeling av nedbørhendelser (Paus 2017)

4.5 Økonomiske konsekvenser

Det er enda ikke blitt fastsatt en total kostnad fra hendelsen, da det fortsatt foregår arbeid med reparasjoner.

4.6 Asker kommunes utbedringer etter hendelsen

Et område som opplevde store problemer under regnhendelsen var i Vakås-området. Disse skadene er forårsaket av vann på overflate som følge av tette bekkeinntak og vann som finner nye veier enn eksisterende bekker og elver. Asker kommune visste at dette var et problemområde, så de hadde allerede satt i gang å utbedre dette området før regnhendelsen fant sted. Under regnhendelsen fikk de erfare omfanget av problemene i dette området. Tilsvarende erfaring fikk også grunneiere og privatpersoner, og de var dermed positive til utbedringer.

De to hovedområdene som skapte problemer var Olavsstien og Hofstadbekken. Under hendelsen befant spillvannsledningen seg under bekken ved Olavsstien. Denne ledningen har hatt både inn- og utlekkasjer. Flere av spillvanskummene var tidligere plassert midt i elven. Under hendelsen fikk vannmassene ved begge lokasjonene så stor fart og erosjonskraft at rister til bekkelukkinger og stikkledninger tettet seg. Ved Olavsstien stod en gravemaskin plassert og kontinuerlig gravde ut erosjonsmasser foran bekkeinntaket under hendelsen. Likevel flommet vannet over veien.

Asker kommune er i gang med å rette opp både bekkeinntak og elveleier ved begge lokasjoner slik at de samme ødeleggelsene ikke vil oppstå ved en tilsvarende regnhendelse. Ved Olavsstien har de lagt ny spillvannsledning og flyttet lokasjon slik at den ikke befinner seg i bekken. Oppstrøms for utbedringsområdet i Olavsstien har de strømpeskjørt spillvannsledningene, men det er fortsatt mye fremmedvann selv på tørrværsdager. Dette kan tyde på at det er koblingspunktene til stikkledningene som er problemet. De legger også opp erosjonssikringer og et nytt innløpsparti rett foran bekkeinntaket ved Olavsstien for å senke farten til vannmassene og konstruert et område hvor sedimenter og fremmedmaterialer som kvist kan avsettes slik at det ikke skaper problemer ved inntaket. De har også lagt nye spillvannsledninger ved Hofstadbekken. De lager ny elvebunn ved begge lokasjoner ved å blande blåleire med 30 % løsmateriale, samtidig som de senker farten i elven med å etablere terskler, og strategisk plassering av pukke og større steiner for å hindre at farten blir for stor. Ved Hofstadbekken har de i tillegg oppdimensjonert stikkledningen under veien fra 300 mm til 600 mm, noe som vil firedoble kapasiteten.

(Hoset 2017)

Utbedringer Olavsstien



Utbedringer Hofstadbekken

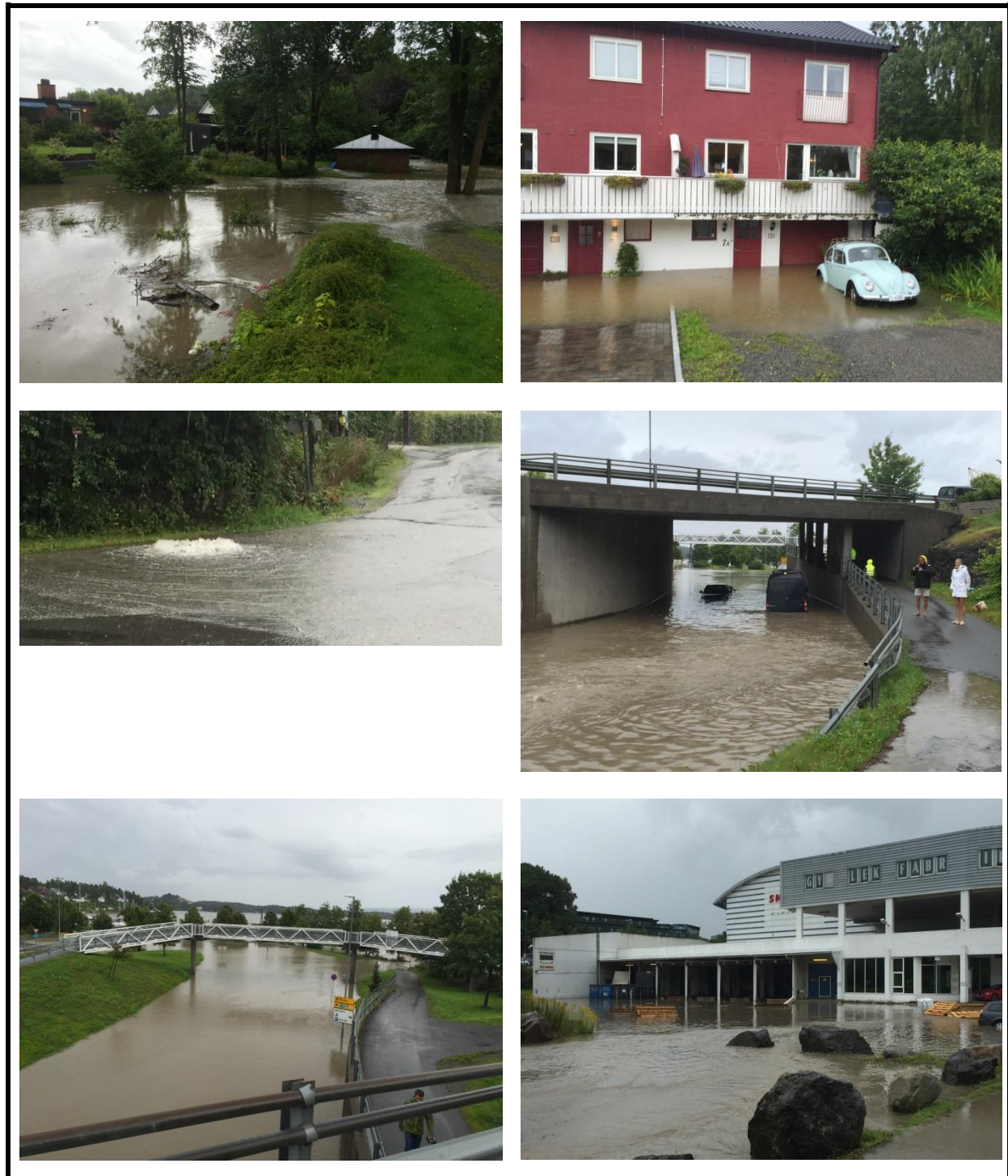




Figur 14: Utbedringer ved Olavsstien og Hofstadbekken

4.7 Hendelsesbilder





Figur 15: Hendelsesbilder 6. August 2016. Bilder tatt av Asker kommune v/ Ola Valved

Tabell 7: Skadehendelser fordelt på postnummer. Data fra Fridtjof Berget v/ Gjensidige Forsikring AS, 18.04.2017

Postnummer	Hendelser Gjensidige Forsikring					
	Drenering	Tilbakeslag	Ytre Påvirkning	Ukjent	Annet	Total
1383	1	0	0	0	0	1
1384	8	2	1	0	0	11
1385	3	0	0	1	0	4
1386	7	2	0	0	0	9
1387	6	1	1	0	0	8
1388	1	0	0	0	0	1
1389	5	1	0	1	0	7
1390	2	0	0	0	0	2
1392	13	1	1	3	0	18
1394	27	7	0	8	0	42
1395	17	5	5	1	0	28
1396	9	0	0	2	0	11
1397	20	0	3	2	1	26
Uten	10	7	25	18	3	63
Postnummer						
Total	129	26	36	36	4	231

Figur 16 og Tabell 7 er skadehendelser fra Gjensidige Forsikring inndelt på de ulike postadressene i Asker kommune. Kategorien «Annet» kan være Brukerfeil/uhell, Slitasje og elde, og lokal korrosjon.

Finans Norge var oppdragsgiver for et pilotprosjekt som strakk seg over perioden 2012-2015. Hensikten med dette prosjektet var å teste om skadedata fra forsikringsbransjen var til hjelp ved vurdering av klimasårbarhet og forebygging av klimarelaterte naturskader i 10 utvalgte

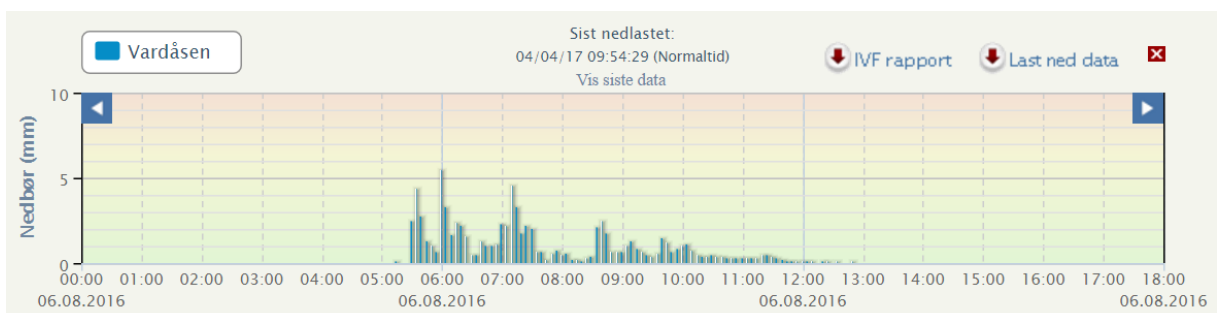
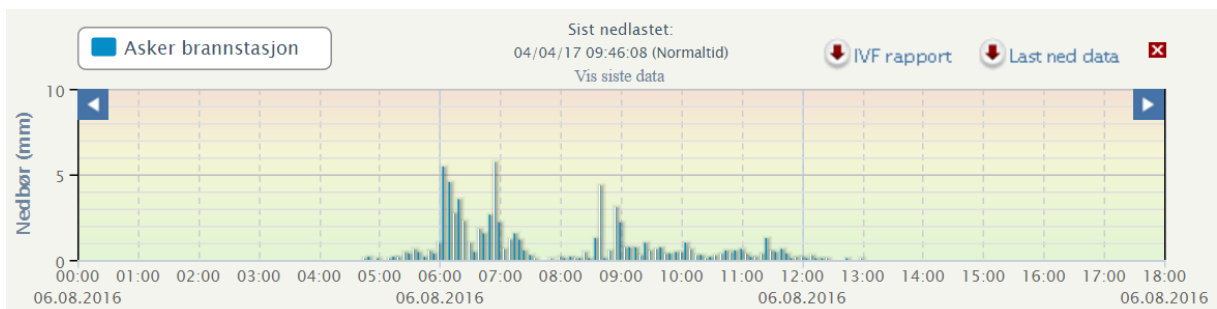
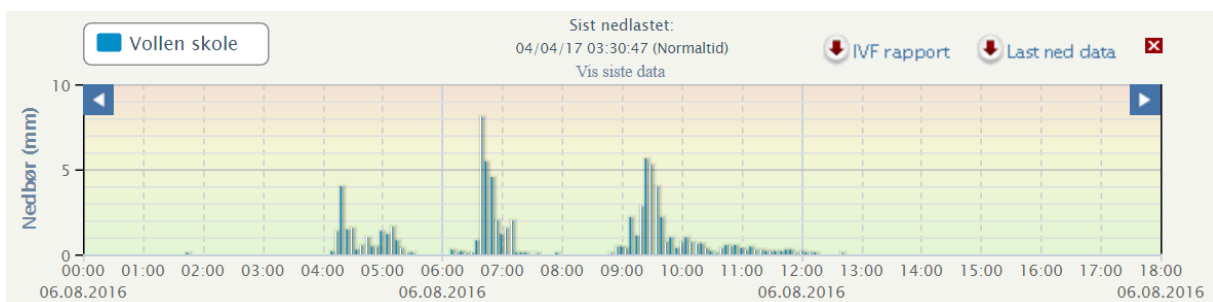
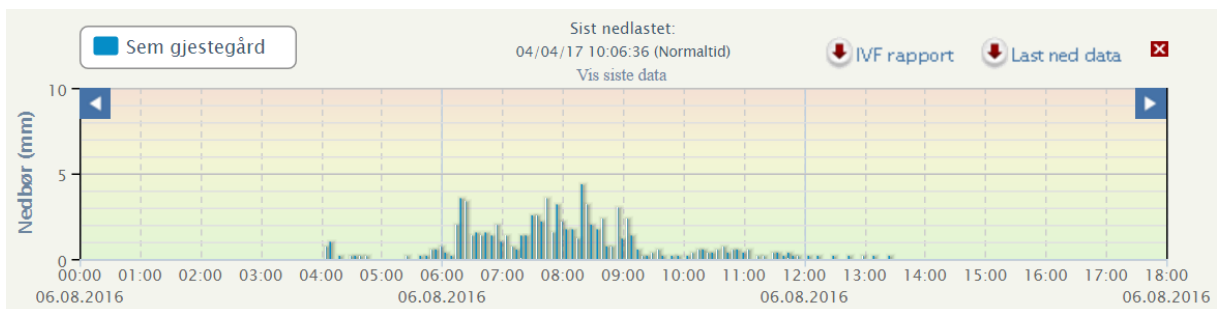
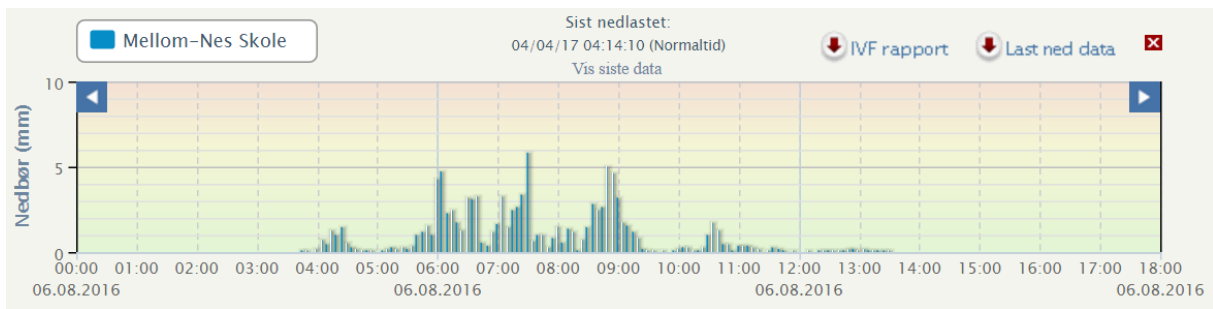
kommuner. I likhet med denne oppgaven møtte dette pilotprosjektet også på problemet med personvern relatert til opplysninger som knytter skadehendelser til adresser. Prosjektet hadde egne jurister som jobbet med dette, og de kontaktet Datatilsynet for tillatelse til bruk av denne informasjonen. Så lenge skadedataene ikke ble ansett som sensitive, informasjonen kun ble brukt til forskningsformål, at kommunene utfører oppgaver av allmenn interesse ved bruk av denne informasjonen og at alle registrerte samtykket bruken av dataene, fikk pilotprosjektet grønt lys til bruk av forsikringsinformasjon.

Testkommunenes vurdering av dette pilotprosjektet var positivt for de fleste. De er enige om at dette prosjektet er av høy nytteverdi og alle tjener på en slik informasjonsutveksling. En slik ordning er spesielt egnet for VA-systemer med tanke på avrenninger og tette flater, tilbakeslag på spillvannsnett osv. Det vil også hjelpe kommunene ved å styrke kvaliteten på ROS-analyser. Noen kommuner oppdaget også problemer de ikke visste de hadde. Systemet ville fungert enda bedre hvis skadeårsakene hadde vært bedre dokumentert, da flere av skadeårsakene ikke var kategorisert, og dermed blir ikke informasjonen like nyttig. Blir derimot skaderapportene godt dokumentert med årsaker, vil denne ordningen være til stor nytte.

(Brevik et al. 2015)

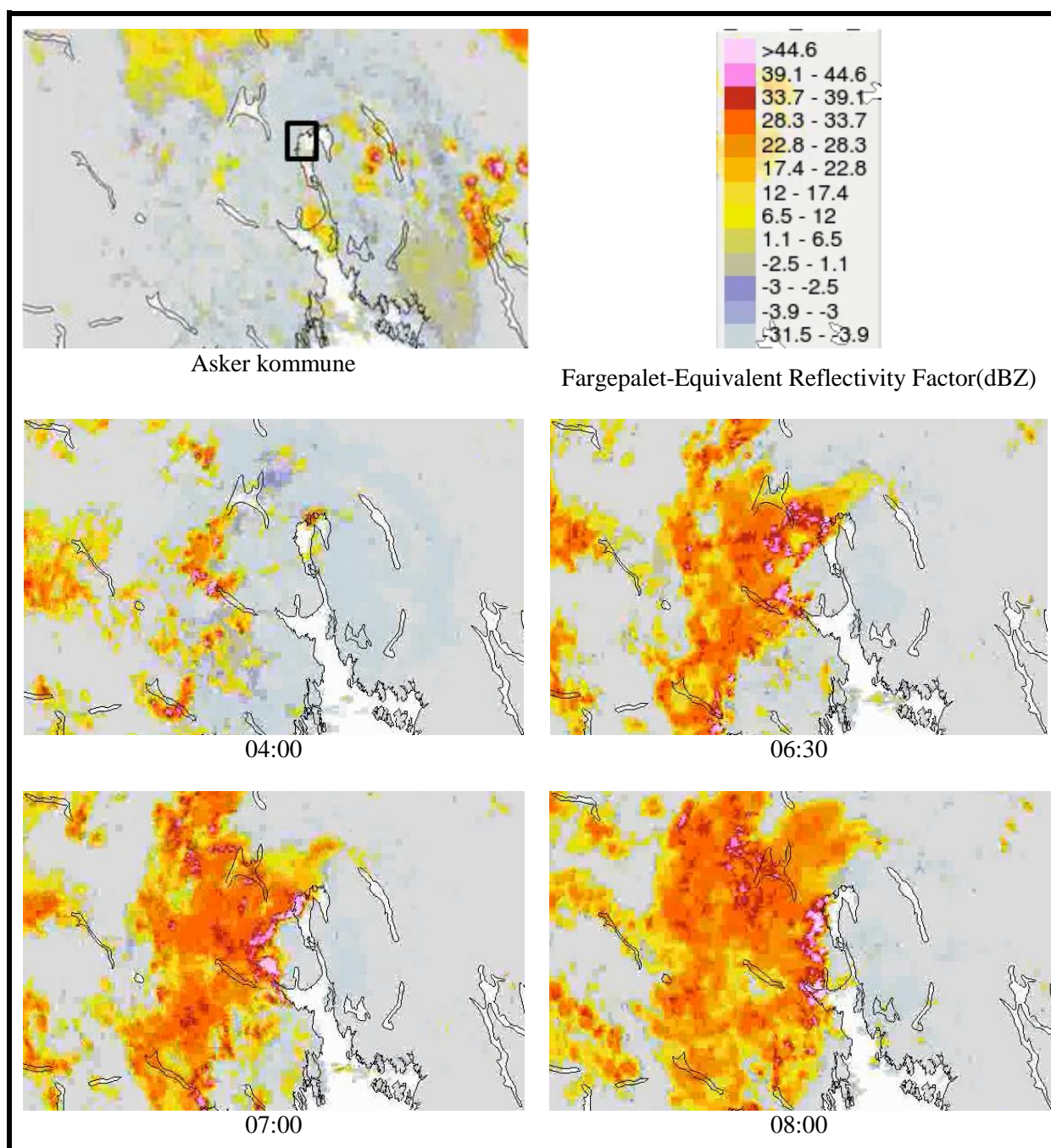
5.2 Nedbørmålere

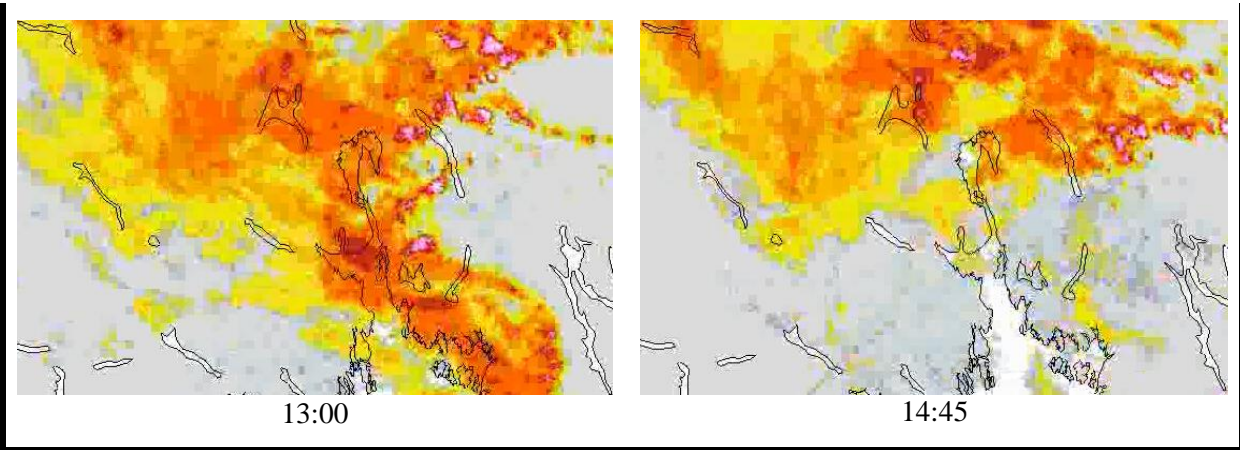
Bevegelsen til regnhendelsen tolket ut ifra registreringene til nedbørmålerne i Figur 17 viser at nedbøren startet nord-øst i kommunen ved Mellom-Nes og deretter bredde seg sør-vestover. Fra måledataene ser det ut til at regnet kom i pulser, og alle stasjonene hadde en topp i tidsrommet klokken 06:00 – 07:00 og 08:30 – 09:30. Deretter roer det seg ned i tidsrommet 11:00 – 12:00. Ved Mellom-Nes skole og Sem gjestegård varte registreringene lengst, noe som tyder på at skyene løste seg opp i sør og bevegde seg nordover. Utover dette ser det ut som pulsene med nedbørstopper beveger seg litt frem og tilbake mellom stasjonene.



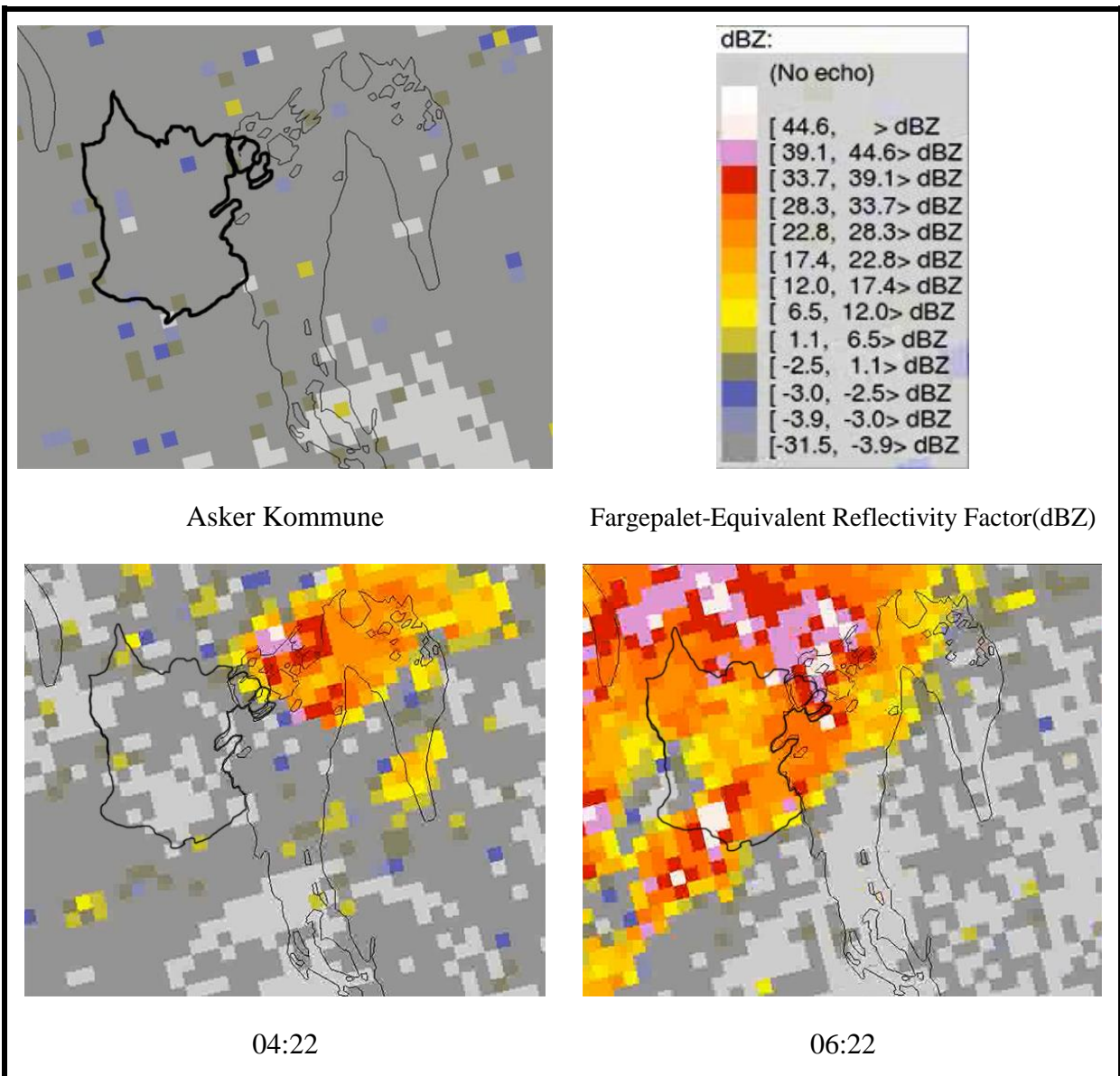
Figur 17: Hendelsesforløp 06.08.2016 målt i mm/5min. Data hentet fra Regnbyge.no

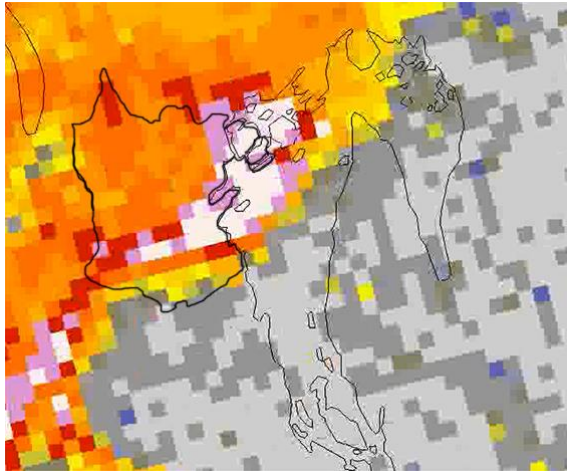
Figur 18 og Figur 19 viser bevegelsen av regnskyene over Østlandet og Asker kommune. Forskjellen på disse to sammenligningene er at Figur 18 viser mer helheten av bevegelsen til nedbørhendelsen over Østlandet. Figur 19 er samme animasjon bare zoomet inn slik at man lettere kan se bevegelsen av nedbørhendelsen innenfor Asker kommune. Ut ifra animasjonen hentet fra MET kan man tolke at hendelsen startet i nord-øst, og bredde seg utover mot sør-vest. Intensiteten til skyene pulserte over Asker, før det løste seg opp og beveget seg nord.



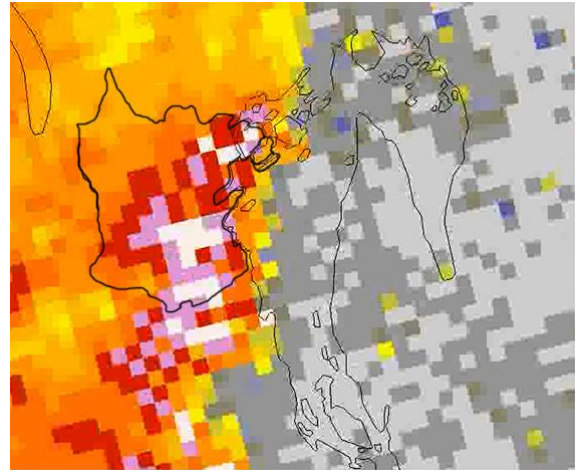


Figur 18: Hendelsesforløp Østlandet Radaranimasjon. (MET 2016b)

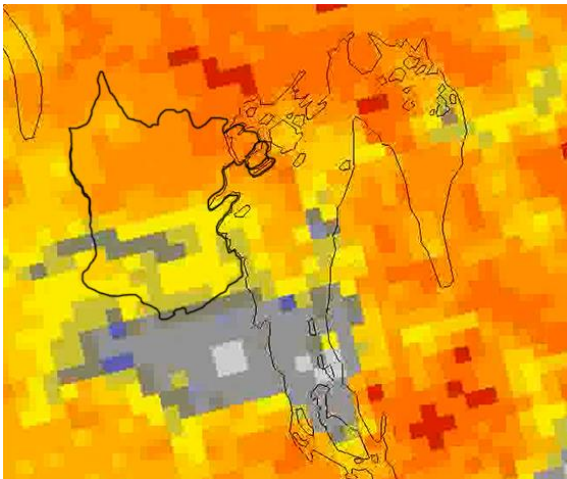




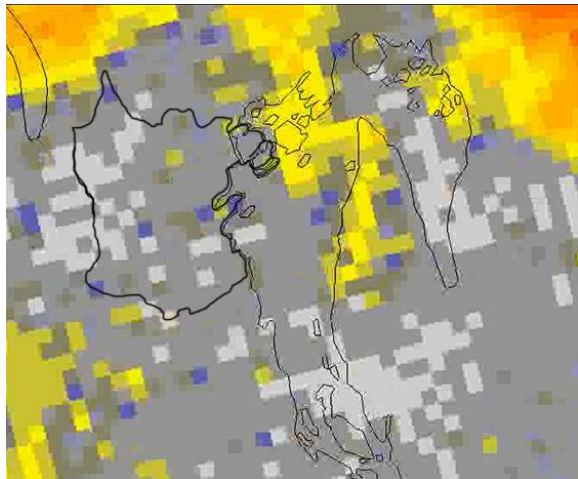
07:00



08:00



14:00



15:30

Figur 19: Hendelsesforløp Asker Radaranimasjon. (MET 2016a)

5.3 MIKE URBAN – Rørmodell

5.3.1 Kritiske ledninger i rørmodell

Av kritiske ledninger og kummer var det totalt 452 objekter med kritiske verdier slik som illustrert i Tabell 8 og 9. De objektene som inngår i kolonnen «Totalt» er ledninger (spillvann) og kummer (overvann) som det er naturlig å skifte ut på samme ledningsstrekke hvor det er flere kritiske komponenter. I alt er det 536 objekter i rørmodellen i det avgrensede området som bør vurderes.

Tabell 8: Resultatstatistikk Spillvann fra rørmodell. I modellen er det ingen spillvannsledninger i Asker sør, dermed er det ingen kritiske verdier her

Spillvann		
	Antall kritiske ledninger	Totalt
Nesøya Nord-Øst	7	7
Nesøya Midt	35	36
Nesøya Sør	0	0
Asker Nord-Øst	67	73
Asker Nord-Vest	21	22
Neselva Nord	114	130
Neselva Sør	91	108
Vakås	48	76
Asker Sør	0	0
Totalt	383	452

Tabell 9: Resultatstatistikk Overvann fra rørmodell

Overvann		
	Antall kritiske kummer	Totalt
Nesøya Nord-Øst	0	0
Nesøya Midt	0	0
Nesøya Sør	1	1
Asker Nord-Øst	4	5
Asker Nord-Vest	0	0
Neselva Nord	21	22
Neselva Sør	18	18
Vakås	15	18
Asker Sør	10	20
Totalt	69	84

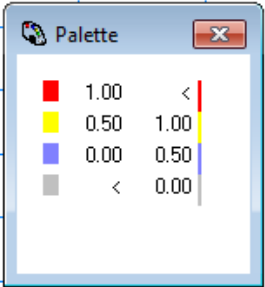
De fleste kritiske verdiene er i områdene rundt Neselva og Vakås. I Vakås har Asker kommune allerede startet med tiltak og forbedring av Olavsstien og Hofstadbekken som skapte store problemer. Rundt Neselva er det komplekse rørsystemer som det er veldig omfattende å teste tiltak på i løpet av en masterperiode. Som det blir diskutert i kapittel 6.1 er det mangelfull informasjon på registrerte skadehendelser. Det er sannsynlig at det er registrert hendelser på mange steder som Asker kommune ikke har oversikt over. Dermed er det vanskelig å se om rørmodellen gir representative data på de mest komplekse områdene.

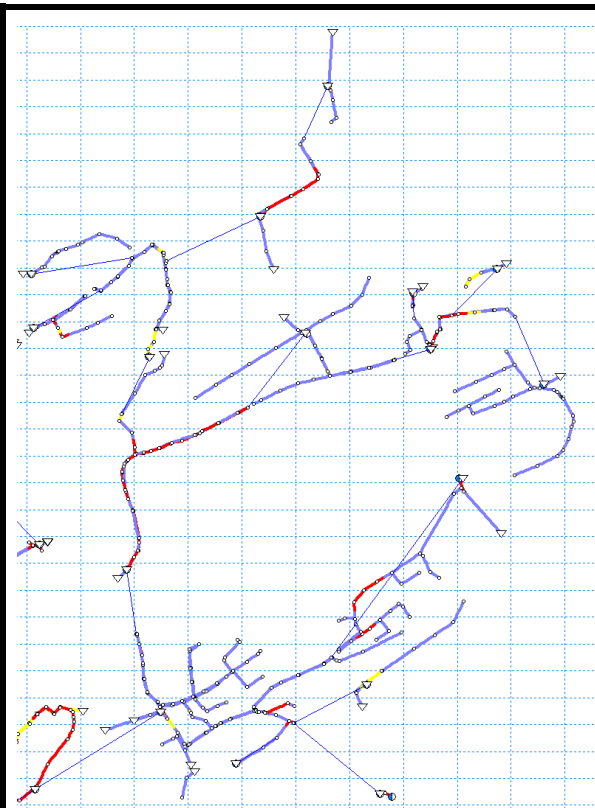
Det er dermed kun utarbeidet et forslag til tiltak på Nesøya på en spillvannsledning som skapte flere kjelleroversvømmelser under nedbørhendelsen 6. august. Kapittel 1.1 beskriver dette tiltaket.

5.3.2 Sammenligning av resultater fra rørmodell med skadeområder fra Asplan Viak rapport

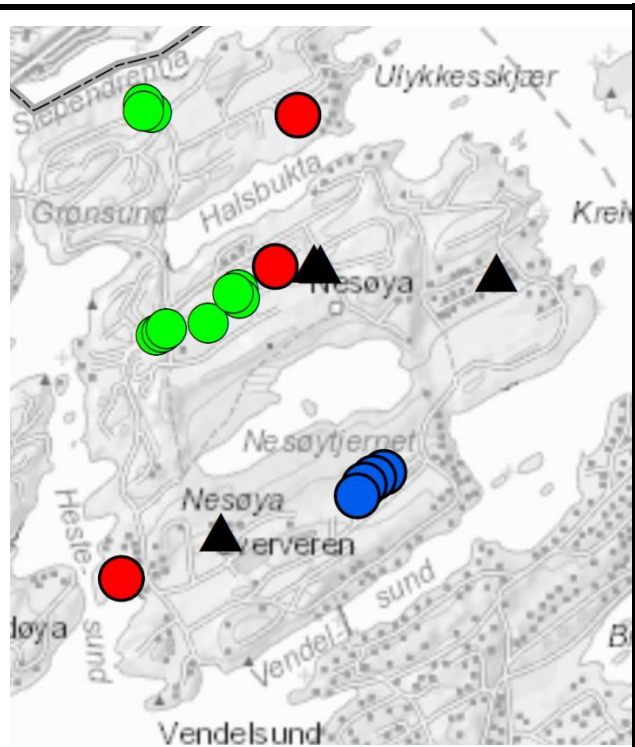
(VEDLEGG E: Asker Kommunes Registrerte kjelleroversvømmelser)

I Figur 20 er det satt sammen en sammenligning av resultatene fra rørmodellen og en hendelsesoversikt produsert av Asplan Viak. Dette er skadehendelser som Asker kommune har fått rapportert inn fra privatpersoner, men er ikke en fullstendig oversikt over skadene etter regnhendelsen. Denne sammenligning er blitt gjort for å verifisere om modellen varsler kritiske områder der det er faktiske hendelser.

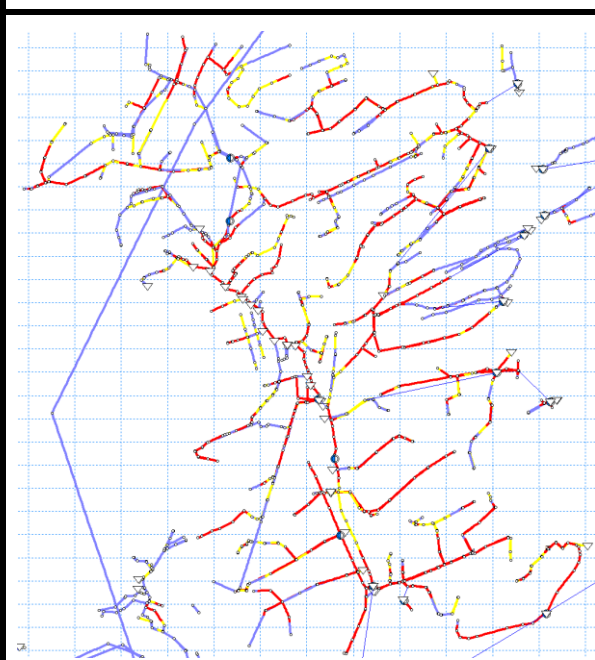
Kartutsnitt Rørmodell	Kartutsnitt Hendelser
 <p data-bbox="240 1216 710 1265">Fargekoder: Maks delfylling i rør. $\frac{y}{D}$</p>	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="799 902 1331 936">● Kjelleroversvømmelse spillvann<li data-bbox="799 965 1331 999">● Kjelleroversvømmelse overvann<li data-bbox="799 1028 1398 1061">▲ Kjelleroversvømmelse overflatevann<li data-bbox="799 1090 1310 1124">● Kjelleroversvømmelse garasje<li data-bbox="799 1153 1294 1187">● Kjelleroversvømmelse ukjent <p data-bbox="999 1223 1198 1256">Tegnforklaring</p>



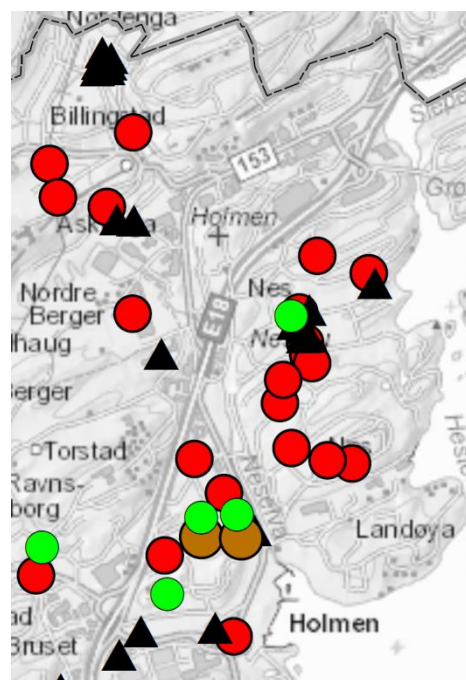
Nesøya



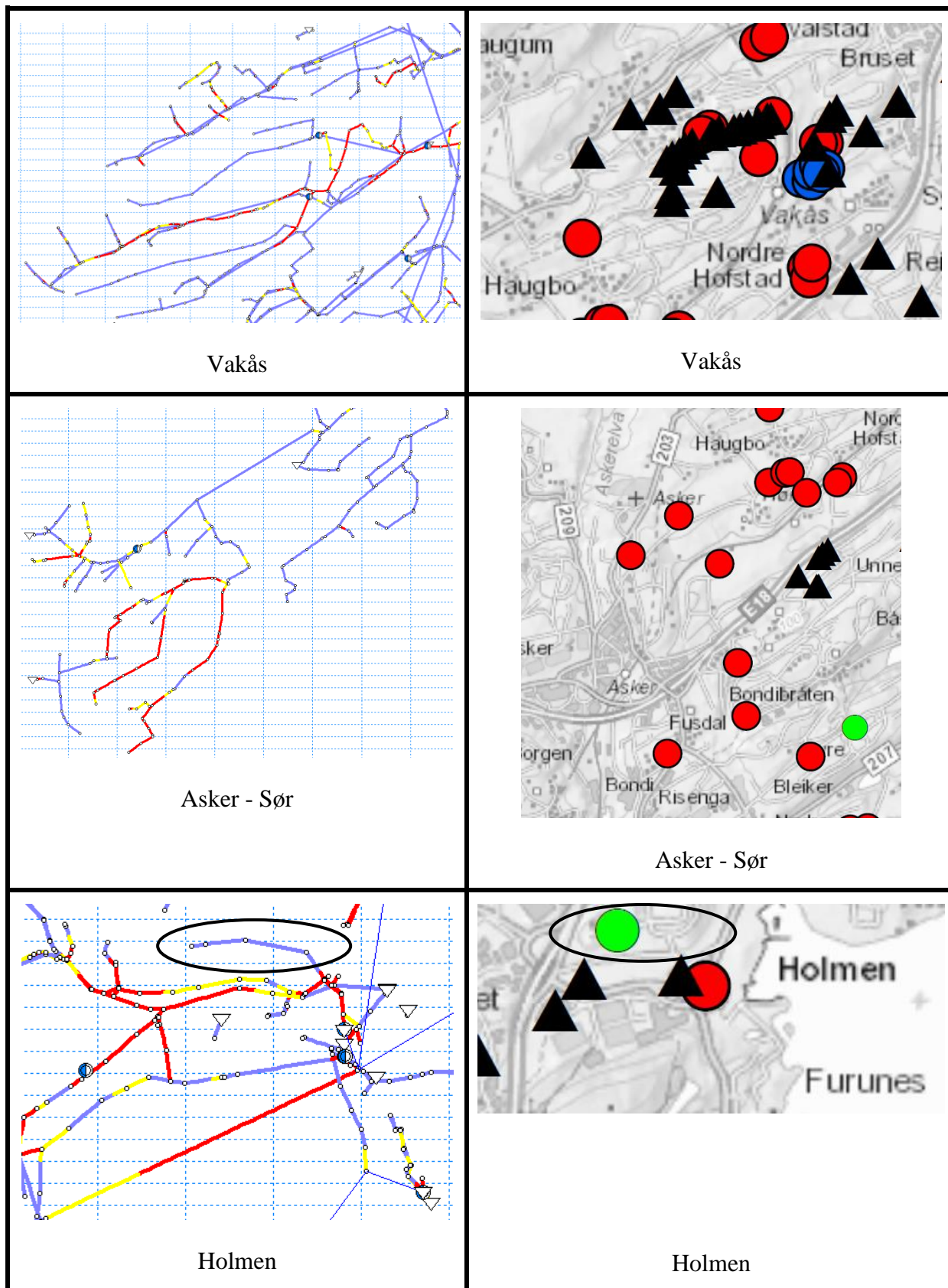
Nesøya



Neselva



Neselva



Figur 20: Sammenligning av Rørmodell og Hendelsesoversikt Asplan Viak (Paus 2017)

Det er gode korrelasjoner mellom rørmodell og faktiske hendelser på Nesøya. Her stemmer det overens med både tilbakeslag på spillvann og oversvømmelse fra overvann. Spesielt stemmer det godt på ledningsstrekket som det er utført en oppdimensjonering på i kapittel 1.1. Dette er strekket som vises omtrent midt på kartutsnittet av Nesøya.

Rundt Neselva har det vært mange registrerte hendelser, og de fleste av disse er kategorisert som ukjent kjelleroversvømmelse. Fra Tabell 8 og 9 i kapittel 5.3.1 er det tydelig at det er rundt Neselva modellen oppfatter flest kritiske områder.

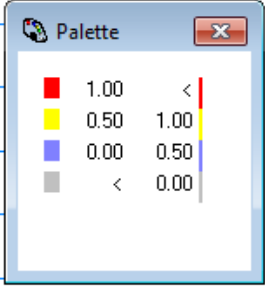

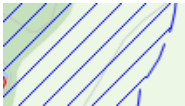

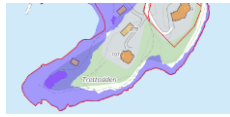
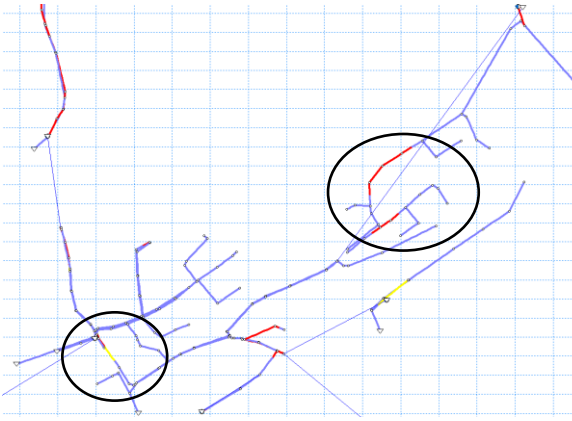

I områdene rundt Vakås var det mange registrerte skader som følge av overflatevann. Rørmodellen fanget opp at spillvannsnettets ville gå fullt, noe som også skjedde i virkeligheten.

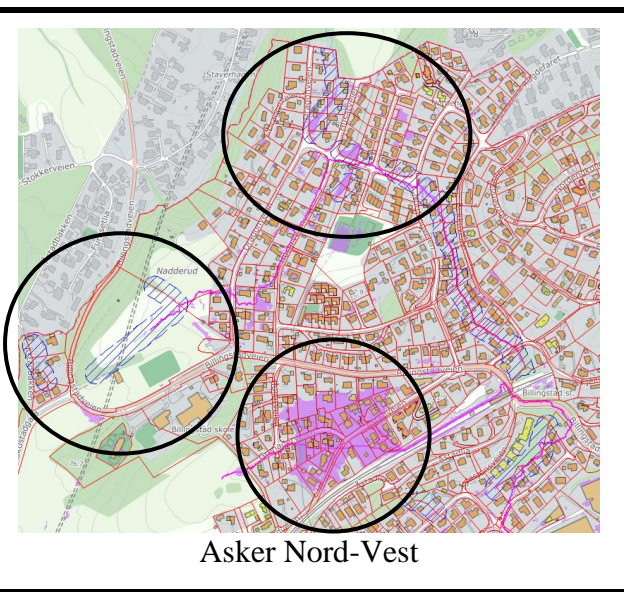
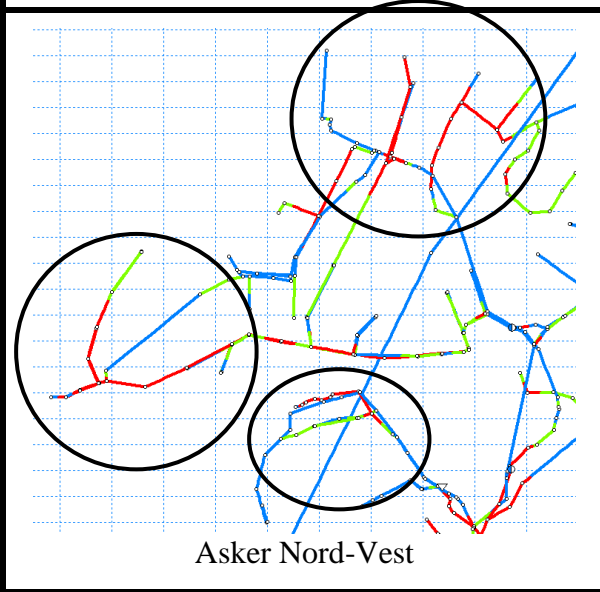
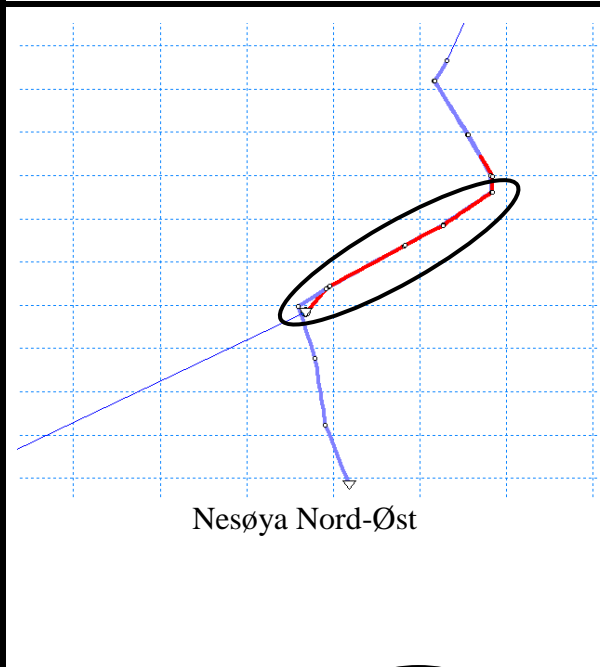
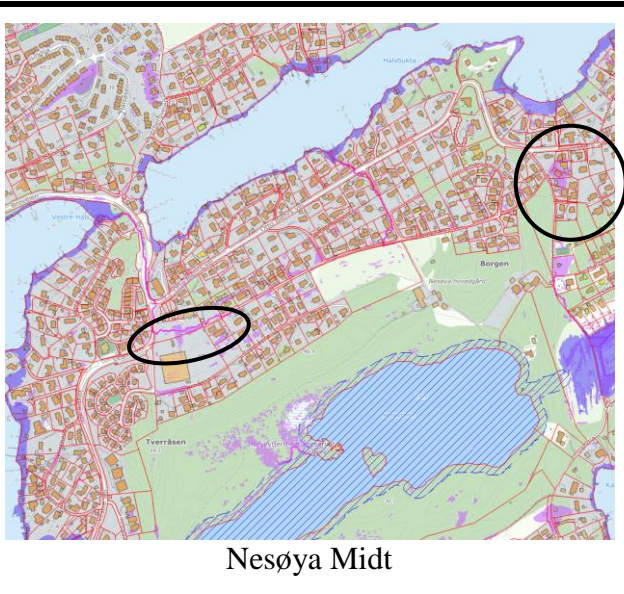
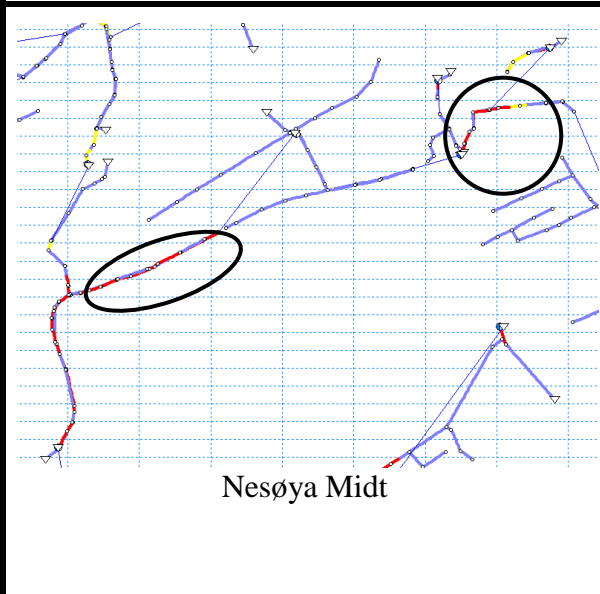
I området Asker Sør er det registrert kjelleroversvømmelser med ukjent årsak hvor overvannsledningene i modellen har gått fulle. Dette kan tyde på at overvannsledningene har gått fulle under hendelsen slik at overflatevann har gjort skade på overflaten.

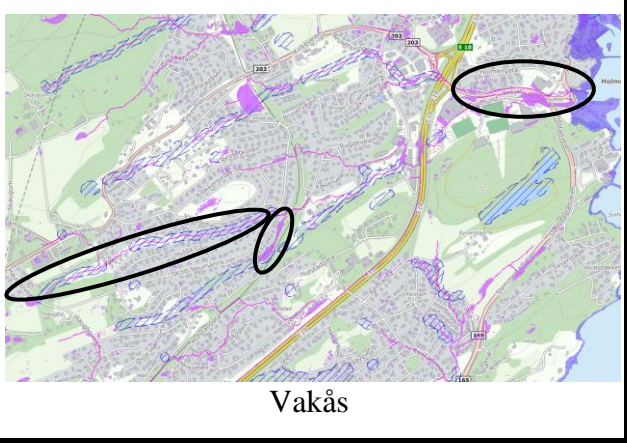
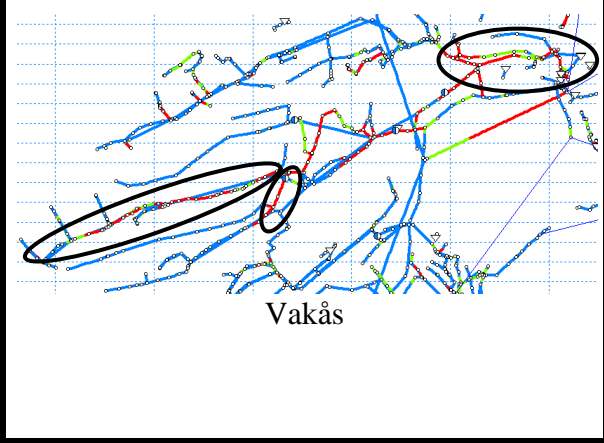
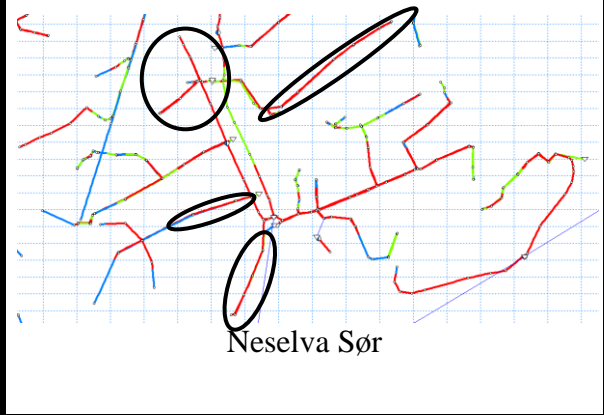
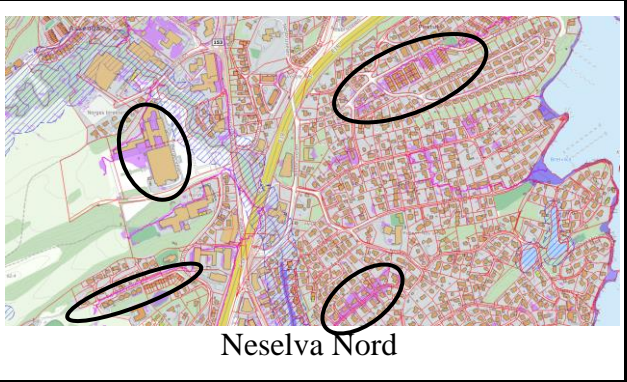
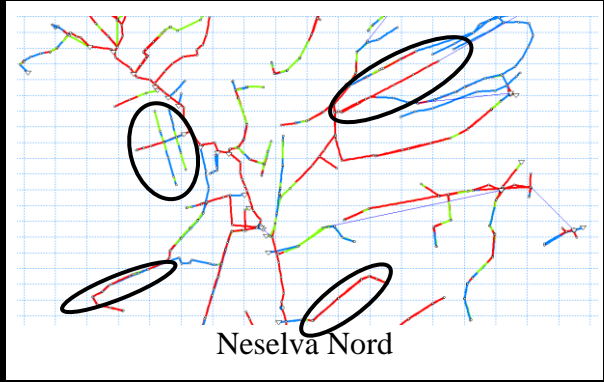
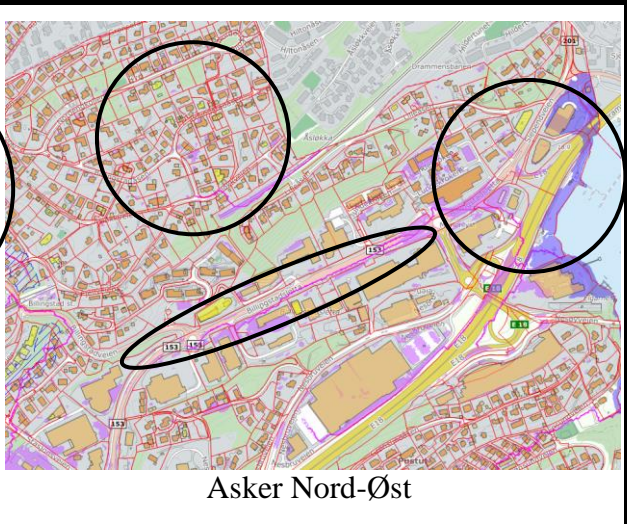
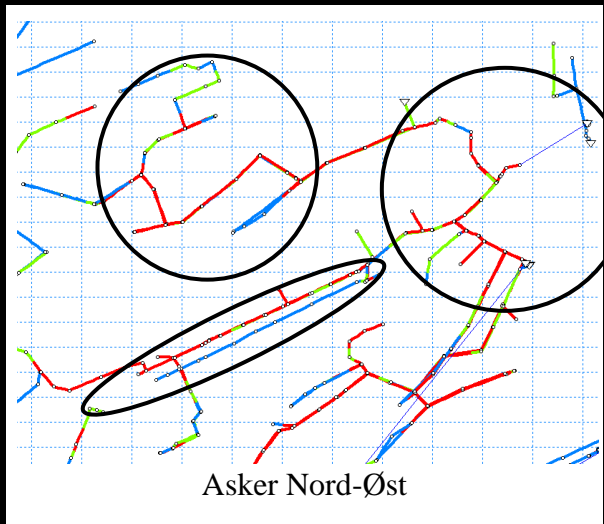
Ved Holmen er det registrert en kjelleroversvømmelse som følge av tilbakeslag på spillvannsnett. Dette registrerte ikke rørmodellen. Bortsett fra dette registrerer rørmodellen kritiske strekk der hvor det har vært faktiske hendelser.

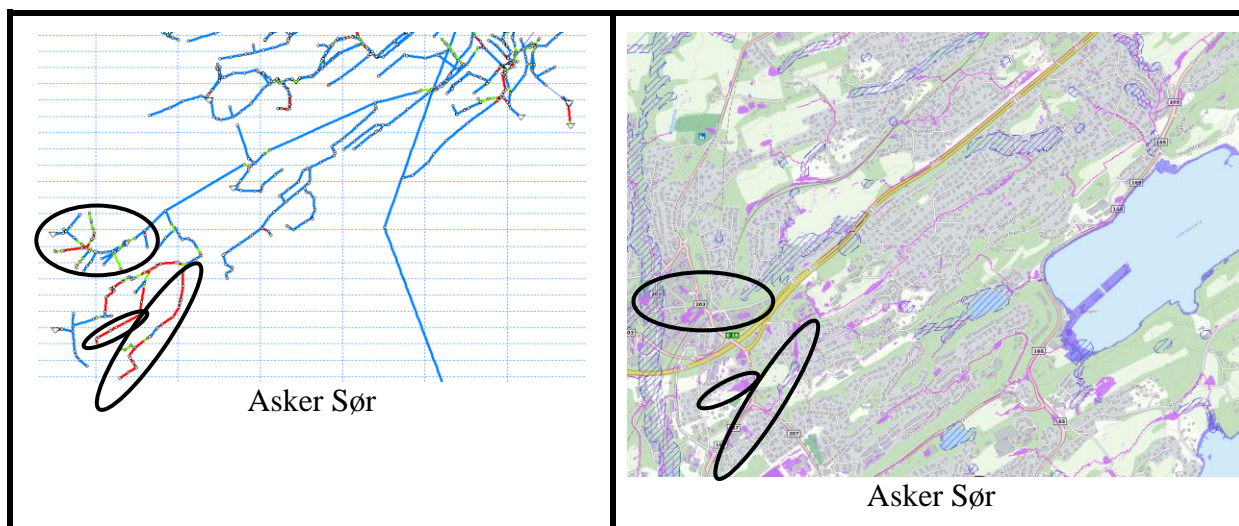
5.3.3 Sammenligning av resultater fra rørmodell med GISLINE Flomsonekart (VEDLEGG F: GISLINE Flomsonekart)

Det er satt sammen en sammenligning av rørmodellen og kartutsnitt fra GISLINE flomsonekart, nærmere beskrevet i kapittel 2.8. Da det vil være større innlekkasjer i et spillvannsnett ved ekstreme nedbørsmengder, har oppsamling av vann på overflaten og hvor flomveier befinner seg mye å si.

Kartutsnitt Rørmodell	Kartutsnitt GISLINE flomsonekart	
 <p data-bbox="242 1034 710 1086">Fargekoder: Maks delfylling i rør. $\frac{y}{D}$</p>	Flomveier	
	Flomsoner Erosjon	
	Forsenkninger	
	Stormflo	
Tegnforklaring		
 <p data-bbox="391 1780 561 1818" style="text-align: center;">Nesøya - Sør</p>	 <p data-bbox="1013 1780 1184 1818" style="text-align: center;">Nesøya - Sør</p>	







Figur 21: Sammenligning av Rørmodell og GISLINE Flomsonekart (Asker Kommune)

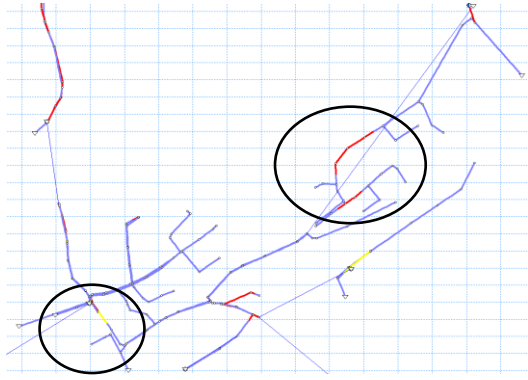
Ved de fleste områdene som rørmodellen har oppfattet som kritiske områder, er det vannoppsamlinger eller flomveier i flomsonekartet. Dette stemmer med tidligere påstand at ved ekstremnedbør så er det store innlekkasjer av fremmedvann i ledningsnettet.

Flomsonekartet viser nettopp hvor det er naturlig for vann å samle seg i terrenget ved større nedbørhendelser.

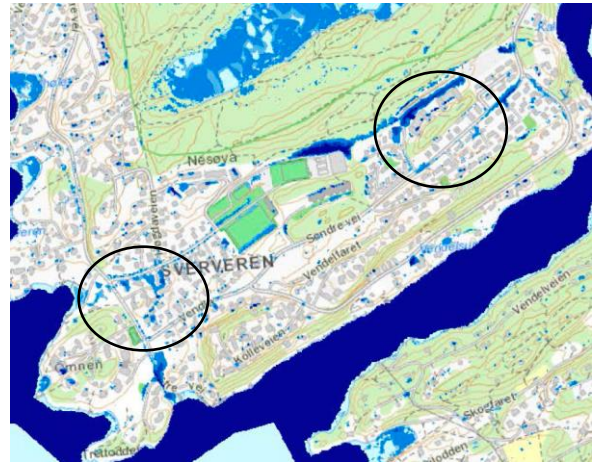
5.3.4 Sammenligning av resultater fra rørmodell med Sweco overflatemodell

Sweco sin overflatemodell er en modell tilsvarende GISLINE flomsonekart, hvor modellen er basert på et 200-års regn. Ved å sammenligne flomsonekartet og overflatemodellen så gir de ganske samsvarende resultater. Sammenligningen med rørmodellen i Figur 22 vil derfor være lik sammenligningen med GISLINE flomsonekartet i Figur 21.

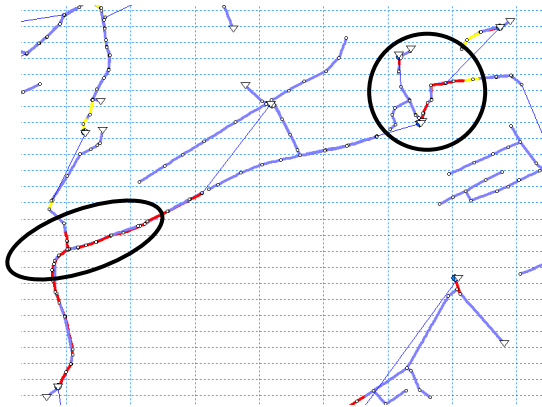
Kartutsnitt Rørmodell	Kartutsnitt Sweco overflatemodell
<p>Fargekoder: Maks delfylling i rør. $\frac{y}{D}$</p>	<p>Fargekoder. Verdier i meter [m]</p>



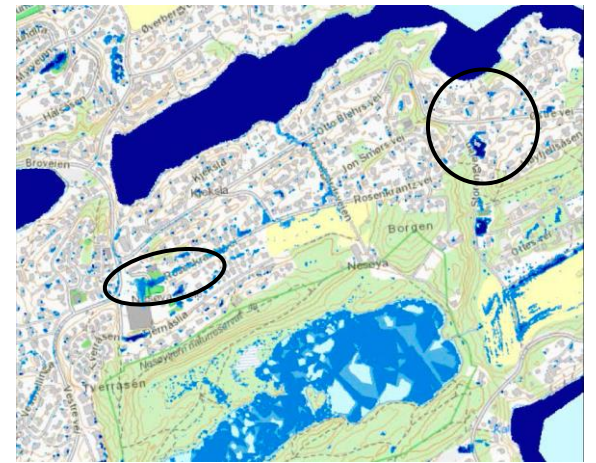
Nesøya - Sør



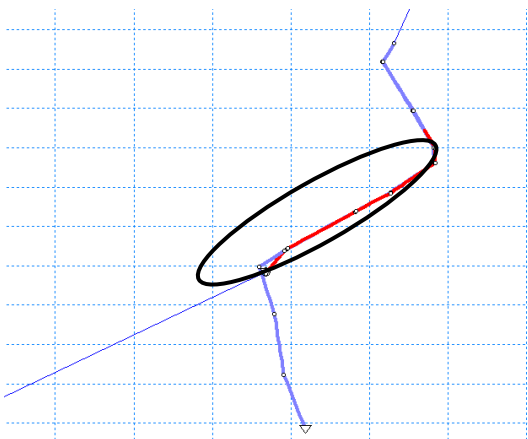
Nesøya - Sør



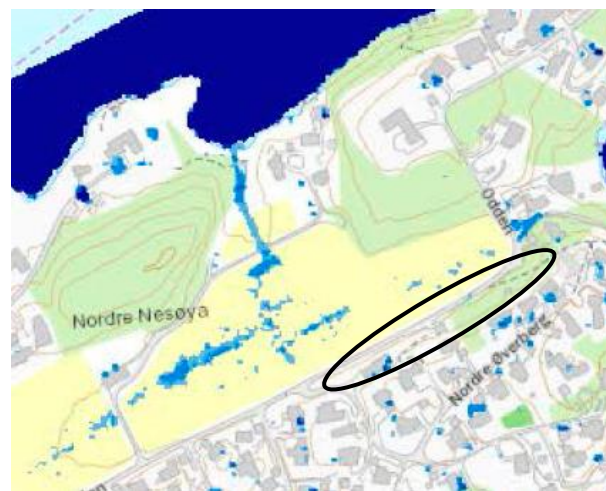
Nesøya Midt



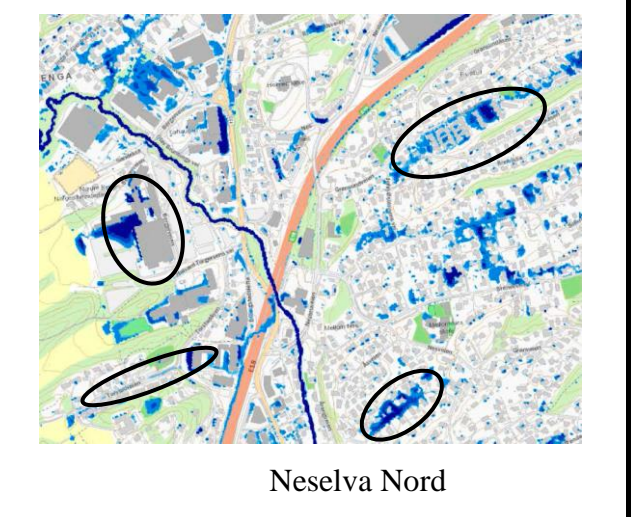
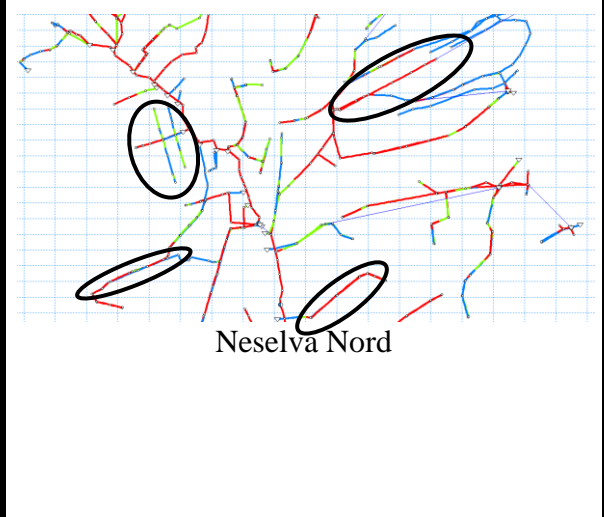
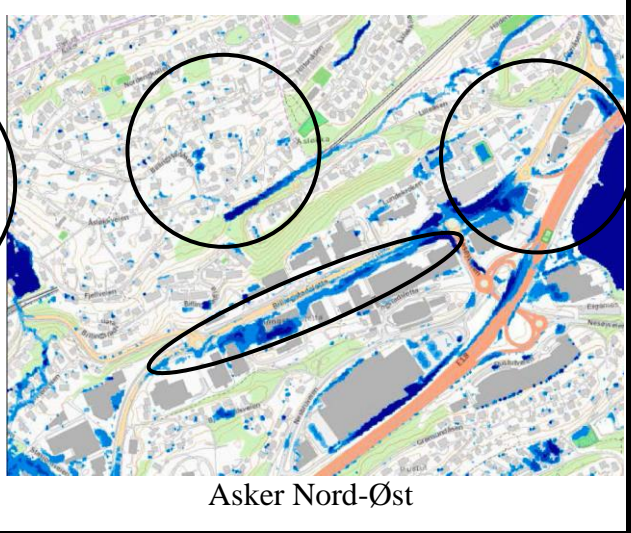
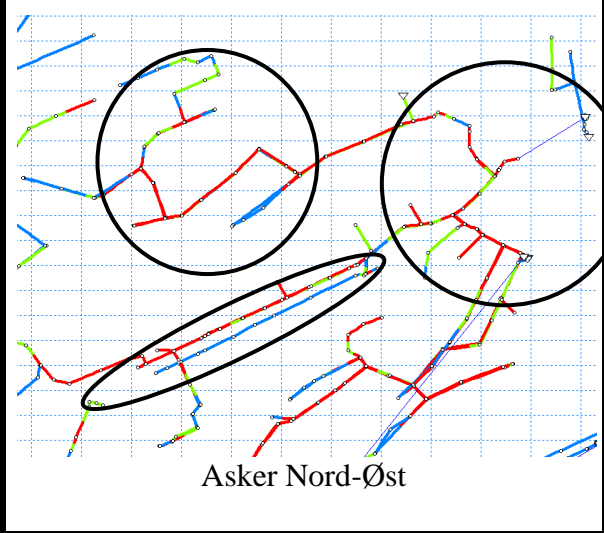
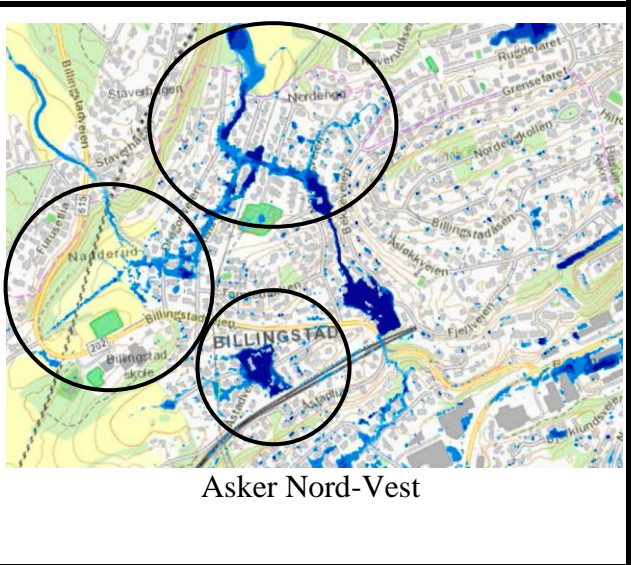
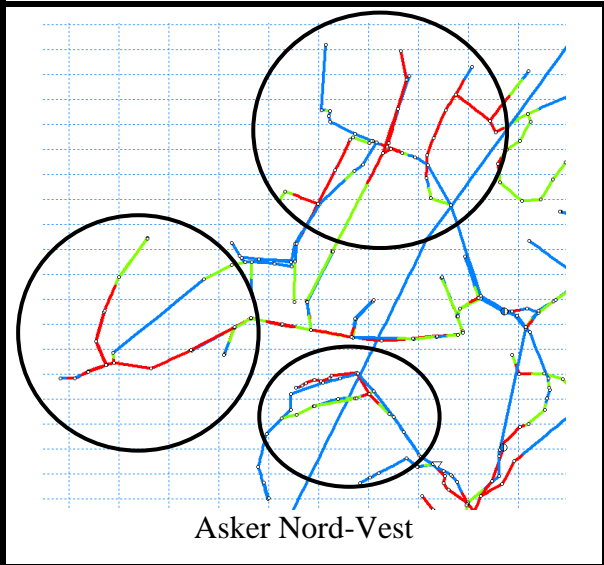
Nesøya Midt

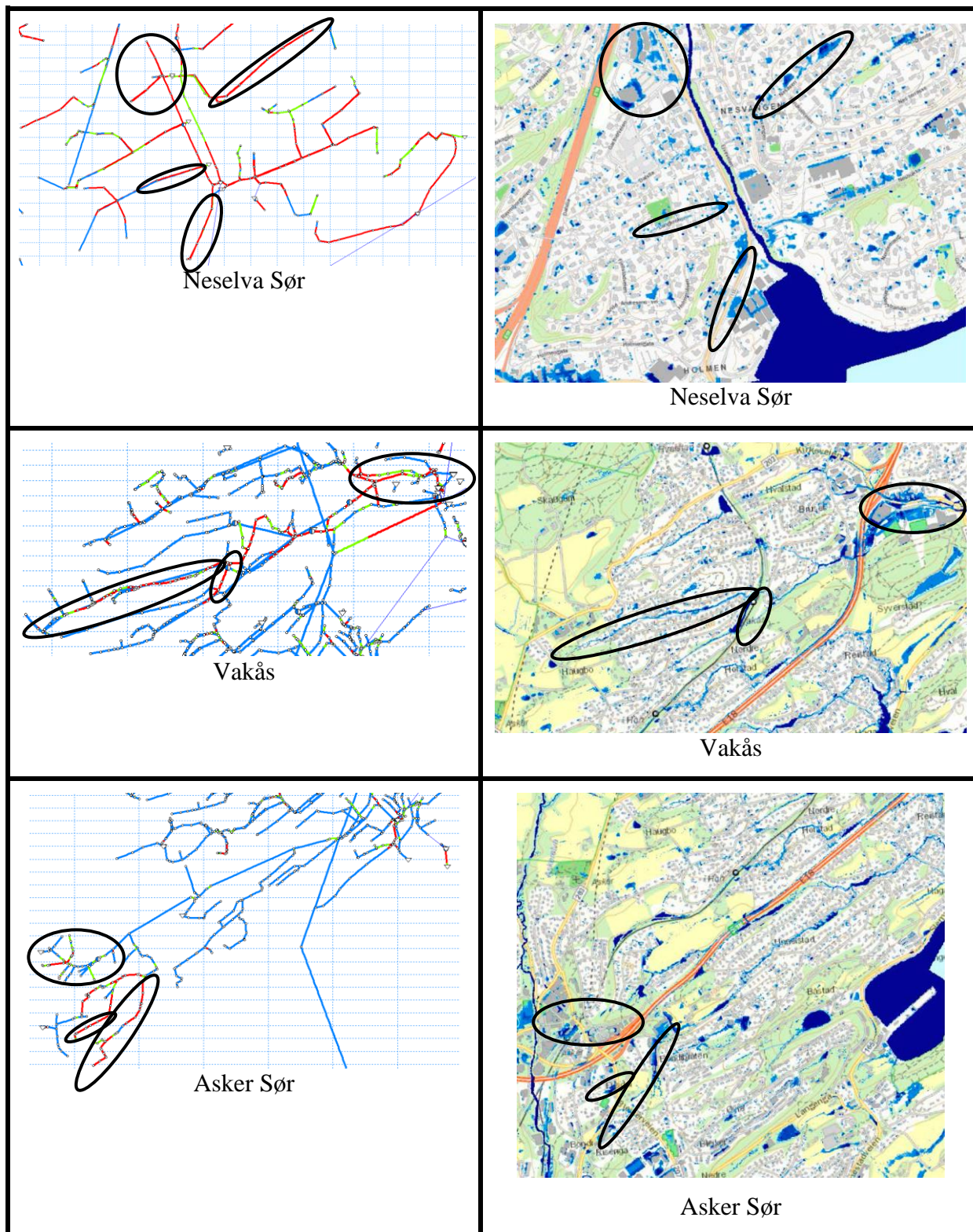


Nesøya Nord-Øst



Nesøya Nord-Øst

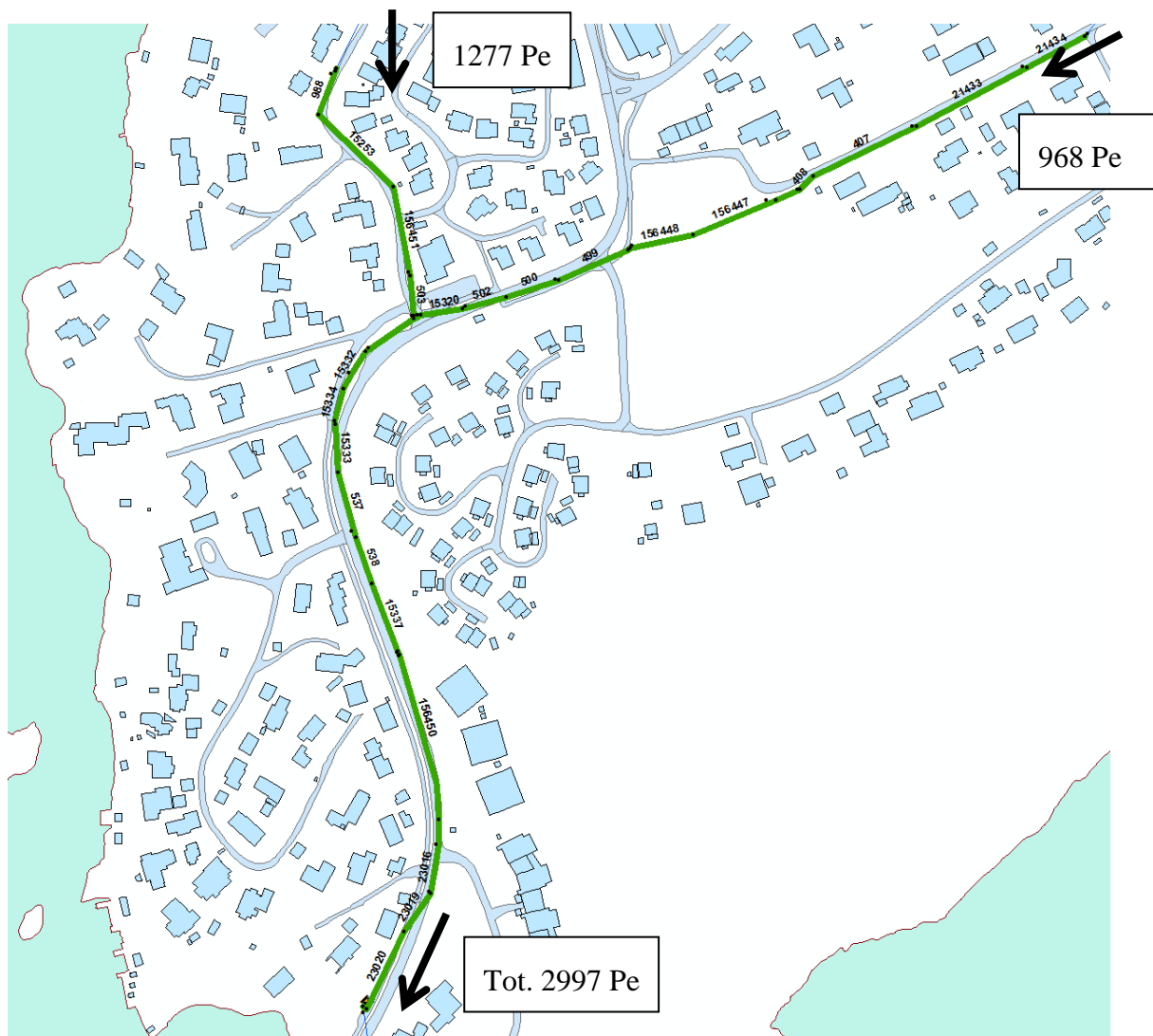




Figur 22: Sammenligning av Rørmodell og Sweco kombinasjonsmodell (Friborg et al. 2017)

5.4 Oppdimensjonering av Rørmodell

Det aktuelle ledningsstrekket som skal oppdateres ble valgt da det var mange kjelleroversvømmelser som følge av tilbakeslag på spillvann på denne strekningen. Området strekker seg fra ledning med ID: 21434 til 23023 og har tilkoblet 752 Pe. Dette ledningsstrekket får tilført spillvann fra to punkter, 968 Pe fra øst i ledning 21434 og 1277 Pe fra nord i ledning 15252. I alt må dette ledningsstrekket ha kapasitet for 2997 Pe. Oppdimensjoneringen dekker ikke ledninger med ID = 988, 15253, 156451, 503. Det aktuelle ledningsstrekket kan sees i Figur 23.



Figur 23: Utsnitt av Rørmodell i MIKE URBAN fra det aktuelle ledningsstrekket

Det nåværende ledningsstrekket består av:

- 2 stk Betong med indre diameter 200 mm
- 22 stk Betong med indre diameter 225 mm
- 3 stk PVC med indre diameter på 190 mm

Tabell 10 er beregnet ved hjelp av Formel 1 og viser kapasiteten på nåværende spillvannnett.

Tabell 10: Resultat fra kapasitetsberegning nåværende ledningsnett

Ledning ID	Di [m]	Materiale	Upper Level	Down Level	L	dH	Fall [m/m]	Ruhet [m]	Qmaks	Qmaks [l/s]
21434	0,2	Betong	16,37	16,02	40,46	0,35	0,00865052	0,0015	0,03098334	30,9833445
21433	0,2	Betong	16,02	15,34	78,08	0,68	0,00870902	0,0015	0,03108864	31,0886428
407	0,22	Betong	15,34	14,61	70,8	0,73	0,01031073	0,0015	0,04362872	43,6287154
408	0,22	Betong	14,61	14,65	11,76	-0,04	-0,00340136	0,0015	#NUM!	#NUM!
22999	0,22	Betong	14,651	14,492	16,65	0,159	0,00954955	0,0015	0,04197771	41,9777148
156447	0,22	Betong	14,492	13,971	55,43	0,521	0,00939924	0,0015	0,04164401	41,6440116
156448	0,22	Betong	13,971	13,59	40,38	0,381	0,00943536	0,0015	0,04172445	41,7244491
156449	0,22	Betong	13,59	13,54	1,55	0,05	0,03225806	0,0015	0,07736954	77,3695403
499	0,22	Betong	13,54	13,29	46,95	0,25	0,00532481	0,0015	0,03128102	31,2810212
500	0,22	Betong	13,29	13,14	34,43	0,15	0,00435667	0,0015	0,02827055	28,2705482
502	0,22	Betong	13,14	12,65	27,75	0,49	0,01765766	0,0015	0,05717442	57,1744216
15320	0,22	Betong	12,65	12,44	26,2	0,21	0,00801527	0,0015	0,03843642	38,4364179
521	0,22	Betong	12,44	12,24	10	0,2	0,02	0,0015	0,06086528	60,8652802
Nesoya_Link_1	0,22	Betong	12,24	11,71	36,11	0,53	0,01467737	0,0015	0,05210367	52,1036687
15332	0,22	Betong	11,71	11,61	26,94	0,1	0,00371195	0,0015	0,02607565	26,0756512
15334	0,22	Betong	11,61	11,53	20,57	0,08	0,00388916	0,0015	0,02669675	26,696754
156484	0,22	Betong	11,54	11,53	2,48	0,01	0,00403226	0,0015	0,02718806	27,1880589
15333	0,22	Betong	11,53	10,77	29,73	0,76	0,0255634	0,0015	0,06884604	68,8460405
537	0,22	Betong	10,77	10,59	41,97	0,18	0,00428878	0,0015	0,02804744	28,0474426
538	0,22	Betong	10,59	10,16	30,4	0,43	0,01414474	0,0015	0,05114477	51,1447693
15337	0,22	Betong	10,16	9,14	45,03	1,02	0,02265157	0,0015	0,0647912	64,7912003
23015	0,22	Betong	9,14	9,09	2,06	0,05	0,02427184	0,0015	0,06707763	67,0776329
156450	0,22	Betong	9,09	6,7	105,56	2,39	0,02264115	0,0015	0,06477625	64,7762453
23016	0,22	Betong	6,7	4,83	46,44	1,87	0,04026701	0,0015	0,08647292	86,4729158
23019	0,19	PVC	4,83	3,21	28,91	1,62	0,05603597	0,0006	0,07910205	79,1020505
23020	0,19	PVC	3,21	1,51	53,59	1,7	0,03172234	0,0006	0,05939887	59,3988728
23023	0,19	PVC	1,51	1,14	3,03	0,37	0,12211221	0,0006	0,11699993	116,999927

I videre beregning vil dimensjonerende Q_{maks} være den laveste verdien. Fra Tabell 10 fremstår det at dette er ledning med ID = 15332.

I Tabell 11 er det beregnet dimensjonerende spillvannsmenge på ledningsstrekket ut ifra 2997 Pe. Beregningen er basert på Formel 2.

Tabell 11: Beregning av dimensjonerende spillvannsmenge, Q_s .

fmaks	kmaks	Qforburk [l/p d]	Qinf [l/p d]	Pe	Qmidl [l/d]	Qinf [l/d]	Qsdim [l/s]
2	2,5	150	50	2997	449550	149850	27,75

Ved å runde av til $Q_s = 28$ l/s og velge minste fall på 3,5 ‰ for å ta høyde for at innmålinger kan vær feil, viser Colebrooks diagram at tilstrekkelig indre diameter vil være: **Di > ca. 225 mm** ved bruk av PVC rørmateriale.

Når Asker kommune legger nye rør, er det foretrukket å legge PVC grunnavløpsrør SN 8. Den nærmeste dimensjonen over $D_i = 225$ mm vil bli rør med dimensjon 250 mm, som har en indre diameter på 235,4 mm. Dette blir avrundet til 235 mm i MIKE URBAN.

Det ble også gjort simulering med PVC 315 SN 8 med indre diameter $D_i = 296$ mm, som er neste størrelse av tilgjengelige rørdimensjoner. Resultatene kan sees i Tabell 12.

Tabell 12: Resultat fra Rørmodell med PVC 250 SN 8 (venstre) og PVC 315 SN 8 (høyre)

Resultat med 250 PVC (ID = 235 mm)				Resultat med 315 PVC (ID = 296 mm)			
Link ID	Upper level [m.o.h]	Water level [m.o.h]	Vann høyde [m]	Link ID	Upper level [m.o.h]	Water level [m.o.h]	Vann høyde [m]
21434	16,371	16,643	0,272	21434	16,371	16,482	0,111
21433	16,021	16,54	0,519	21433	16,021	16,131	0,11
407	15,341	16,34	0,999	407	15,341	15,447	0,106
408	14,611	16,16	1,549	408	14,611	14,798	0,187
22999	14,652	16,13	1,478	22999	14,652	14,776	0,124
156447	14,493	16,06	1,567	156447	14,493	14,618	0,125
156448	13,972	15,84	1,868	156448	13,972	14,101	0,129
156449	13,591	15,67	2,079	156449	13,591	13,764	0,173
499	13,541	15,61	2,069	499	13,541	13,713	0,172
500	13,291	15,3	2,009	500	13,291	13,469	0,178
502	13,141	15,08	1,939	502	13,141	13,264	0,123
15320	12,651	14,9	2,249	15320	12,651	12,809	0,158
521	12,441	14,7	2,259	521	12,441	12,576	0,135
Nesoya_Link_1	12,24	14,63	2,39	Nesoya_Link_1	12,24	12,439	0,199
15332	11,71	14,03	2,32	15332	11,71	12,134	0,424
15334	11,611	13,49	1,879	15334	11,611	11,955	0,344
156484	11,541	13,08	1,539	156484	11,541	11,819	0,278
15333	11,531	12,87	1,339	15333	11,531	11,691	0,16
537	10,771	12,27	1,499	537	10,771	11,09	0,319
538	10,591	11,426	0,835	538	10,591	10,77	0,179
15337	10,161	10,812	0,651	15337	10,161	10,329	0,168
23015	9,141	9,724	0,583	23015	9,141	9,403	0,262
156450	9,091	9,483	0,392	156450	9,091	9,254	0,163
23016	6,701	6,933	0,232	23016	6,701	6,838	0,137
23019	4,831	5,815	0,984	23019	4,831	4,971	0,14
23020	3,21	4,92	1,71	23020	3,21	3,57	0,36
23023	1,51	3,25	1,74	23023	1,51	3,02	1,51

Når man skal dimensjonere et ledningsstrek er det nødvendig å avklare om ledningsstrekket er selvrensende, eller om man må spyle ledningen jevnlig.

Resultatene fra selvrensningsberegningene kan sees i Tabell 13 og Tabell 14. Disse beregningene er basert på Formel 3, Formel 4 og Formel 5, og er beregnet på ledningen med dårligst kapasitet. For å finne friksjonskoeffisienten f er Moodys diagram brukt, og h/D er funnet ved å bruke et delfyllingsdiagram for fylt rør med inngangsverdi Q/Q_{fyll} .

Maks skjærspenning (τ_{maks}) er innenfor kravet for spillvannsledninger som vises i Tabell 15.

Tabell 13: Resultat fra beregning av selvrensing på den mest kritiske ledningen ved PVC 250

Link ID	Di	L	dH	R	I	f	Q	Q _{fyll}	Q/Q _{fyll}	h/D	τ	τ_{maks}
15332	0,235	26,94	0,1	0,059	0,003711952	0,017	27,75	42,88	0,64716	0,64	2,181	2,0098

Tabell 14: Resultat fra beregning av selvrensing på den mest kritiske ledningen ved PVC 315

Link ID	Di	L	dH	R	I	f	Q	Q _{fyll}	Q/Q _{fyll}	h/D	τ	τ_{maks}
15332	0,296	26,94	0,1	0,074	0,003711952	0,017	27,75	76,351	0,36345	0,46	2,747	2,72927

Tabell 15: Anbefalte minimumsverdier for skjærspenninger (Ødegaard et al. 2014)

Fellessystem og overvannsrør	3 - 4 N/m ² for både plast og betongrør
Spillvannsledninger	2 N/m ² både plast og betongrør

6 Diskusjon

6.1 Skadeomfang

Etter å ha vært i kontakt med de ulike forsikringsselskapene er inntrykket at alle ønsker å gi etterspurt informasjon, da alle involverte parter vil ha nytte av dette som beskrevet i kapittel 5.1. Etter mye frem og tilbake med de ulike selskapene stoppet dessverre informasjonsinnhenting opp på grunn av personopplysningsloven og konkurransesituasjon. Det ble brukt mye tid på dette i oppgaven, men dessverre var datagrunnlaget for tynt for å bli brukt til videre analyse av regnhendelsen basert på skadehendelser utover det Asker kommune selv har fått registrert.

Fra Tabell 7 kommer det frem at det var flest tilbakeslag på spillvann ved postnummer 1394 og 1395. Det var ikke registrert noen tilbakeslag ved 1397 Nesøya, noe som understreker at det er mangelfull dekning av skadehendelser med kun informasjon fra Gjensidige. Asker kommune har oversikt over ca. 300 skadehendelser, mens Gjensidige alene har ca. 230 registrerte hendelser. Dette tyder på at det er store mørketall.

Informasjonsinnhenting kunne vært løst ved å sende en søknad om unntak fra personopplysningsloven slik pilotprosjektet beskrevet i kapittel 5.1 fikk ordnet. Det var ikke mulig å gjennomføre dette i denne oppgaven på grunn av tid og kapasitet da oppgaven er utført av en student i en periode på om lag fire måneder, i motsetning til pilotprosjektet som hadde flere jurister og et tidsperspektiv på 3 år, fra 2012 til 2015.

En annen mulighet for å innhente ønsket informasjon ville vært å sende ut en melding til alle huseiere i et ønsket område, for eksempel via SMS, og bedt de gi tilbakemelding hvis de hadde opplevd skader, eventuelt med kopi av skaderapport fra sitt forsikringsselskap. Dette ble gjort i Bærum kommune, og de fikk inn over 700 henvendelser og rundt 550 skaderapporter fra 6.8.2016. For å få organisert og behandlet alle henvendelser og informasjon som ville ha kommet inn, måtte man ha vært en liten arbeidsgruppe som hadde behandlet dette effektivt. Som over, ble dette altfor omfattende for én person.

Sparebank 1 informerte i et møte at de er i gang med å etablere en database med oversikt over skadehistorikk som blant annet kommuner og fylker kan få innsyn i. Dette vil bli en god hjelp i forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplaner, oppgradering av infrastruktur og avløpsanlegg, sikring av flomveier, ROS-analyser og et verktøy som kan benyttes i etterkant av fremtidige regnhendelser lik 6. august 2016.

6.2 Nedbørmålere

Fra Figur 17, Figur 18 og Figur 19 kan man sammenligne resultater for dekning av regnhendelsen 6. august 2016. Det er nokså entydige resultater fra alle datakildene. Nedbørshendelsen starter i nord-øst og brer seg sør-vestover, før den beveger seg nordover. Ved alle datakildene får kommer det frem at regnintensiteten kommer i pulser, og disse regntoppene beveger seg litt frem og tilbake mellom nedbørmålerne. Ved å sammenligne plasseringen til nedbørmålerne i Figur 7 med bevegelsesmønsteret i animasjonene fra MET fremgår det at plasseringen er god i forhold til dette ekstremnedbøret.

Radaranimasjonen i Figur 18 dekker ikke bare Asker kommune, men også større deler av Østlandet. Det er dermed ganske lav oppløsning og vanskelig å tolke animasjonen på detaljnivå over Asker, men den er grei for å analysere hvordan nedbørshendelsen beveget seg over Østlandet. For å få tilstrekkelig overvåkning av skyformasjoner under regnhendelser over kun Asker kommune, ble det bestilt en ny animasjon (Figur 19) fra MET. Dette ser ut til å være en zoomet in versjon av animasjonen i Figur 18, og skydekket opptrer som store pixler. Her ser man at intensitetstoppene beveger seg langs kysten, men man har samme inntrykk av den helhetlige bevegelsen som i Figur 18.

En lokal værradar ville vært optimalt for å få bedre kartoppløsning. På den måten ville man lettere kunne sammenlignet observasjoner og analysert en regnhendelses distribusjon over et område. Kvalitetssikring av plasseringen av nedbørmålere ville også blitt lettere.

For å kjøre en optimal modellberegning burde man i prinsippet ha en nedbørmåler for hvert nedbørfelt i modellen. I Tabell 4 har kun det avgrensede området for denne oppgaven 498 forskjellige nedbørsfelt i rørmodellen. Hvis alle nedbørsfelt i kommunen skal dekkes med nedbørmålere, vil dette bli en veldig stor investering. Det hadde blitt ekstremt mye data som det nødvendigvis ikke er bruk for.

6.3 MIKE URBAN – Rørmodell

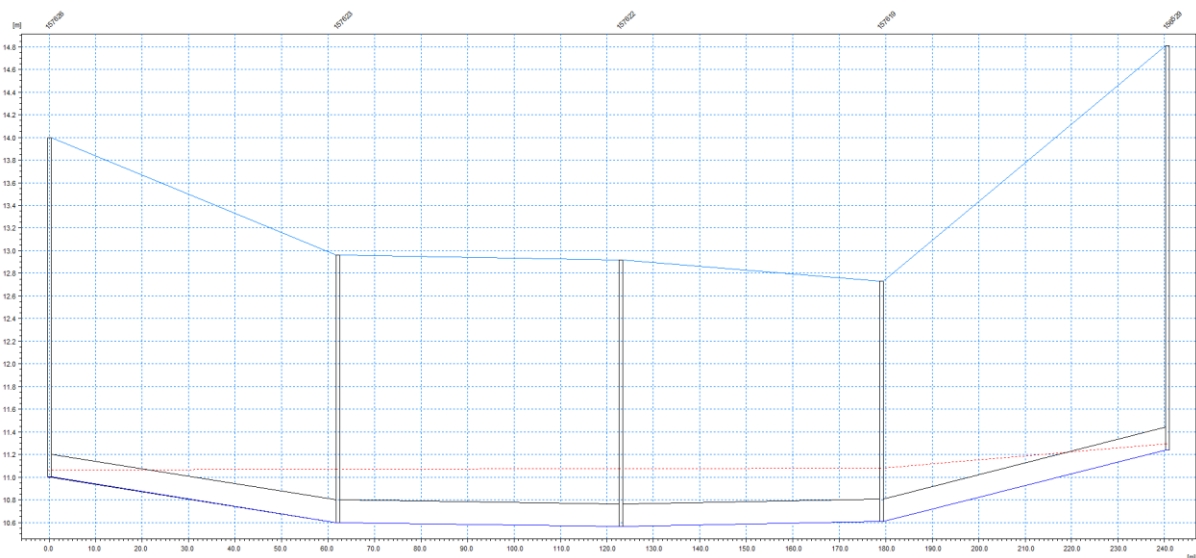
Oppbygning av rørmodellen

MIKE URBAN er et komplekst program som er lite intuitivt å sette seg inn i. Ved selve oppbygningen av rørmodellen oppstod det endeløse feilmeldinger ved kjøring av simulering. Å finne ut hvordan programmet er bygd opp og hvordan den kommuniserer mellom variabler

og faktorer tok lang tid. Det tok lang tid å få rørmodellen i den stand som var ønskelig for oppgaven, og det ble stadig oppdaget flere funksjoner og variabler som man kunne spesifisere, men som rett og slett tar for lang tid for en periode på 4 måneder i tillegg til det resterende arbeidet som følger med problemstillingene. Man fikk derimot en god mestringsfølelse når modellen fungerer som forventet.

Sammenligning med registrerte skadehendelser, Asplan Viak-rapport

Ved å sammenligne resultatene fra rørmodellen med de hendelsene Asker kommune har fått registrert, er det overensstemmelse i enkelte områder. Dette er spesielt ved midtre del av Nesøya hvor det er dimensjonert et nytt ledningsstrekking for spillvann. Sørøst på Nesøya er det registrert oversvømmelse i flere garasjer på samme strekning som ledningene går fulle i MIKE URBAN. Figur 24 viser at ledningsstrekkinget har et motfall på ca. 0,6 m, noe som kan være grunnen til at ledningstrekkinget går full i MIKE URBAN. Dette er høyst sannsynlig en feil i modellen som ikke har blitt rettet opp. Det oppfordres til nye innmålinger av ledningene for å få registrert korrekt høyde i modellen.



Figur 24: Lengdeprofil av overvannsledning Nesøya

Modellen viser også store problemer i Vakås, et sted som det var registrert mange skadehendelser. Ellers er det vanskelig å fastslå hvor riktig modellsimuleringen er. Hadde en fullstendig oversikt over skadehendelser med tilhørende adresser vært tilgjengelig ville man kunnet verifisere modellresultatene bedre. De fleste hendelsene som er registrert er i tillegg kategorisert som «kjelleroversvømmelse ukjent», noe som gjør verifisering vanskelig.

Sammenligning med GISLINE flomsonekart og Sweco overflatemodell

Både GISLINE flomsonekart og overflatemodellen fra Sweco, som er et flomsonekart beregnet ut fra nedbørsdata fra hendelsen 6. august, viser de samme resultatene. Det er vannoppsamlinger og flomveier på tilsvarende steder i begge kartene. Ved å sammenligne disse to kartene med skadehendelsene fra Asplan Viak-rapporten, kommer det frem at de registrerte skadehendelsene på flere steder skjer nøyaktig på de stedene hvor det er vannansamlinger og flomveier.

Ved å sammenligne resultatene fra rørmodellen med disse kartene er det overensstemmelse med hvor ledningene går fulle i rørmodellen, og hvor det er vannoppsamlinger i flomsonekartene.

Her ville det igjen være interessant å få en fullstendig oversikt på skadehendelsene, slik at det ville vært mulig å verifisere om det faktisk var kjelleroversvømmelser eller andre skader der hvor hus står under vann i flomsonekartene, og der hvor rørmodellen finner kritiske verdier.

Resultat som følge av oppdimensjonering på Nesøya

Ved analytisk beregning i kapittel 1.1 viser det seg at kapasiteten det nåværende ledningsnett er for liten, noe som også fremkommer av modellen. Ved beregningene som ble gjort kommer det frem at ved bruk av PVC rørmateriale vil en indre diameter på 225 mm være tilstrekkelig. En PVC 250 SN 8 med indre diameter på 235 mm er den nærmeste tilgjengelige dimensjonen og vil ha nok kapasitet for området. Det er også bevist tilstrekkelig selvrensing slik at det ikke blir behov for jevnlig spyling av ledningsstrekket. I og med at minste nødvendige kapasitet viste seg å være 225 mm ved bruk av PVC, bør det vurderes om det holder å strømpekjøre ledningene da mesteparten av dagens ledningsstrek har betongrør med indre diameter på 225 mm. Betongrør har dårligere kapasitet enn PVC ved samme dimensjon pga. høyere ruhet. Ved strømpekjøring vil dimensjonen bli litt mindre, men ruheten vil bli på samme nivå som PVC. Ledningsstrekket ligger i en av hovedveiene på Nesøya, og et eventuelt skifte av ledning vil være en betydelig kostnad. Strømpekjøring har kort installeringstid med umiddelbar virkning. Dette er et alternativ som bør vurderes nærmere.

Ved kjøring av rørmodell med oppdimensjonert ledningsstrek til PVC 250 SN 8 viser det seg at det fortsatt er til stede mange kritiske verdier, som det kommer frem i Tabell 12. Dette kan

ha bakgrunn i at modellen er kalibrert til å ha alt for mye innlekkasjer i ledningsnettet. Bruker man MIKE URBAN for en slik hendelse, kommer det frem i Tabell 12 og Tabell 14 at PVC 315 SN 8 med indre diameter på 296 mm er en dimensjon som greier å ta unna alt avløpsvannet (spillvann og infiltrert overvann). Ved denne dimensjonen er det også tilstrekkelig skjærkraft for selvrensing. Under diskusjonen om MIKE URBAN som et analyseverktøy blir det diskutert troverdigheten til programmet ved en regnhendelse slik som 6. august.

MIKE URBAN generelt som analyseverktøy for problemområder

Da rørmodellen er kalibrert mot et 2-års regn følger det med større usikkerhet når man kjører en så stor regnhendelse som 6. august. Rosim AS som har kalibrert modellen, sier i sin rapport at modellen kan avvike betydelig fra virkeligheten ved beregninger med ekstreme nedbørhendelser i forhold til mindre nedbørhendelser. Avrenninger endrer karakter og finner nye veier. Kjelleroversvømmelser og vann som fosser ut av kumlukk vil kunne dempe belastningen i nettet i virkeligheten, men det er faktorer som ikke modellen tar høyde for. For eksempel på ledningsstrekking på Nesøya som er oppdimensjonert, har man langt over kritiske verdier på spillvannsledningen over store deler av ledningsstrekkingen, selv etter oppdimensjonering til PVC 250. Dette vil fremstå som fare for kjelleroversvømmelser på alle hus langs denne strekningen. I realiteten hvis det er et hus som får en kjelleroversvømmelse, eller hvis overvann fosser ut av et kumlukk, vil dette lette på trykket på det resterende nettet og man ville ikke hatt like stor mengde kritiske verdier. De nevner også i rapporten sin at for at en slik modell skal være troverdig, må man jobbe systematisk og kontinuerlig med kalibrering, kontrollere med reelle målerdata, rette opp feil og mangler og kvalitetssikre resultater. (Lindholm et al. 2017)

7 Konklusjon

Resultatene fra skadeomfangsdelen av oppgaven var ment til å brukes ved analyse av rørmodellen i MIKE URBAN. Dessverre var det ikke mulig å oppdrive informasjon på et slikt detaljnivå som var ønsket for denne oppgaven på en så kort tidsperiode på grunn av personopplysningsloven og konkurransegrunnlag.

Med bakgrunn i de dataene som er tilgjengelig og analysen som har blitt gjort, så gir plasseringen av nedbørmålerne i Asker kommune tilstrekkelig dekning av bevegelsen til nedbørhendelsen 6. august 2016. Regndataene gir også til dels gode overensstemmende resultater med rørmodellen, noe som tyder på at nedbørmålerne har fanget opp hendelsen slik de burde. For verifisering av plasseringen på generell basis bør flere analyser gjennomføres med ulike regnhendelser av ulik størrelse.

Slik modellen er i dag virker det som den overestimerer regnhendelsen, og dette har bakgrunn i at den er kalibrert mot en 2-års regnhendelse. MIKE URBAN er et verktøy som er tungt å sette seg inn i, og MIKE View som analyseverktøy for modellresultater har store mangler på brukervennlighet og analysefunksjoner. Det er blant annet ingen funksjon som kan skille på spillvann- og overvannsledninger, noe som gjør analysearbeidet veldig tungvint da man må dobbeltsjekke ledningene i MIKE URBAN eller i Gemini VA.

Som det blir omtalt i diskusjonen så vil modellen få mer troverdige verdier jo mer den blir kalibrert. Det er dermed nødvendig å jobbe med den kontinuerlig. Det trengs kvalitetssikring og kalibrering mot flere forskjellige regntyper og måledata, samt å få kvalitetssikret parametere som høyder, innlekkasjer, Pe med mer.

Fra sammenligningene med de ulike kartutsnittene i kapittel 1.1 ser det ut til at slik modellen er i dag, fungerer den til å lokalisere problemområder, men mangel på informasjon fra skadehendelser gjør verifiseringen av skadeomfanget vanskelig.

Bruk av rørmodellen som grunnlag for dimensjonering av ledningsnett ved simulering av ekstreme nedbørmengder, gir for høy usikkerhet. Simuleringen overestimerer belastningen av regnhendelsen på ledningsnettet, og man vil ende opp med å velge for store rørdimensjoner. Her vil analytisk metode fungere bedre. En rørdimensjon PVC 250 SN 8 virker som det beste valget for det aktuelle rørstrekket på Nesøya hvis valget faller på å oppdimensjonere ledningsnettet. Strømpekjøring er en løsning som også bør vurderes.

Fra inntrykket og observasjonene som har blitt gjort, ser det ut til at det var håndtering av overflatevann som var største problemet 6. august 2016. Med bakgrunn i treleddsstrategien

og faktiske hendelser er inntrykket at det var mangel på sikre flomveier og åpne overvannsløsninger som førte til mye av skadene. Selv om rister og bekkeinntak ble rensset dagen i forveien av hendelsen, så gikk de tette på grunn av fremmedobjekter og erosjonsmasser. Med så store vannmasser som et ekstremregn fører med seg vil overvannsnettene gå fullt ved de fleste tilfeller, men det er håndteringen av vannet på overflaten på en forsvarlig måte som blir det viktigste punktet. Dette har Asker kommune tatt tak i, blant annet ved Vakås-området. Likevel bør ytterligere tiltak vurderes.

8 Videre arbeid

Skadeomfang:

- Følge opp forsikringselskapene med å etablere rutiner og verktøy for å skaffe fullstendig oversikt over skadehendelser i ekstremisituasjoner.

Nedbørmålere:

- Sammenligne data fra nedbørmålerne mot flere regnhendelser og animasjoner fra MET.
- Får man en rørmodell som gjengir kvalitetssikre resultater, kan man bruke denne til å verifisere nedbørmålere. Greier modellen å produsere resultater som stemmer med virkeligheten ved å bruke data fra nedbørmålerne, vil det underbygge konklusjonen om at Askers nedbørmålere er tilstrekkelige.

MIKE URBAN – Rørmodell:

- Under analyse av rørmodellen ble det oppdaget flere ledninger og kummer som er ute av drift. Det anbefales å gå over modellen for å fjerne overflødige ledninger.
- Kontrollere høyder med virkelige innmålinger.
- Man bør kalibrere modellen opp mot flere regnhendelser, og ikke bare et 2-års regn.
- Gjøre ytterligere beregninger om strømpekjøring av spillvannstrekket på Nesøya vil ha høy nok kapasitet for området.

Annet:

- Fokuserer på tredje steg av treleddsstrategien. Hvor kan Asker kommune anlegge sikre flomveier og åpne overvannsløsninger som kan håndtere vannmassene en ekstremnedbørhendelse fører med seg.
- Koblingspunkter for private spillvannsledninger oppstrøms for Olavsstien bør sjekkes for lekkasjer

9 Referanser

- Asker Kommune. *GISLINE Flomsonekart*. Tilgjengelig fra: http://webhotel3.gisline.no/WebInnsyn_Asker/Vis/Asker-kart.
- Asker Kommune. *VA-Norm Asker Kommune: 6.9 Tilknytning av stikkledninger/avgrening på kommunal spillvannsledning*. Tilgjengelig fra: <http://va-norm.no/dokument/6-transportssystem-spillvann/6-9-tilknytning-av-stikkledninger-avgrening-pa-kommunal-spillvannsledning/?source=7&override=1&real=6321&l=nb>.
- Brevik, R., Aall, C. & Rød, J. K. (2015). Pilotprosjekt om testing av skadedata fra forsikringsbransjen for vurdering av klimasårbarhet og forebygging av klimarelatert naturskade i utvalgte kommuner. 70 s.
- Dalevold, E. (2016). Gjenåpning av Veumbekken fra kulvert til åpen kanal. Hydraulisk analyse og modellering i SWMM.
- Dannevig, P. & Hartsveit, K. E. (2013). *Klima i Norge*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/Klima_i_Norge (lest 20.02.2017).
- DHI. (2016a). MIKE URBAN. *Collection Systems*: 430.
- DHI. (2016b). Mike View User Guide. *A result Presentation Tool for MIKE URBAN and MIKE 11*: 136.
- FN-Sambandet. (2017). *Dette er Parisavtalen*. Tilgjengelig fra: <http://www.fn.no/Tema/Klima/Klimaforhandlinger/Dette-er-Paris-avtalen> (lest 03.03.2017).
- Friborg, T., Theland, J., Ligien, P.-L. & Beinthin, M. V. (2017). Oversvømmingskartering ved ekstreme regn - Asker Kommune: Oversvanningsutredning for Asker kommun. 25.
- GISLINE. *Flomsonekart*. Tilgjengelig fra: http://webhotel3.gisline.no/WebInnsyn_Asker/Vis/Asker-kart.
- Gulbrandsen, M. (2017). *GISLINE flomsonekart*.
- Hanssen-Bauren, I., Drange, H., Førland, E. J., Roald, L. A., Børsheim, K. Y., Hisdal, H., Lawrence, D., Nesje, A., Sandven, S., Soreberg, A., et al. (2015). Klima I Norge 2100. 204.
- Hoset, E. (2017). *Informasjon angående Olavvstien og Hofstadbekken*.
- KG, A. T. G. C. (2009). Nivus RM202.
- Larsen, L. C. (2007). *Spør en energirådgiver, Hva forurenses mest?* Tilgjengelig fra: https://www.miljolare.no/tema/energi/sporsmal/?offset=917&antall=10&q_id=3401 (lest 20.04.2017).
- Lindholm, G. J., Brodahl, S. & Dimovski, O. (2017). Modelloppbygging, målinger og kalibrering Avløpssystemet. 72 s.
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. & Aaby, L. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering, 162. 79 s.
- Lindholm, O. (2017). Klimafaktorer og Dimensjonering.
- MET. *IVF-Verdier for Oslo-Blindern PLU 1968 - 2015*. Tilgjengelig fra: <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/dimensjonerende-nedb%C3%B8r/ivf->

- [verdier-fra-et-utvalg-m%C3%A5lestasjoner/_attachment/10431?ts=1586300c3ae](#) (lest 05.04.2017).
- MET. *Klimaet i Norge*. Tilgjengelig fra: https://met.no/Klima/Klima_i_Norge/ (lest 20.03.2017).
- MET. (2016a). *Radaranimasjon Asker 06.08.2016*. Tilgjengelig fra: <https://drive.google.com/file/d/0B3OekOMce6bmTHZiUHVfV283Sk0/view> (lest 15.04.2017).
- MET. (2016b). *Radaranimasjon Østlandet 06.08.2016*. Tilgjengelig fra: <https://drive.google.com/file/d/0B3OekOMce6bmal8wWTRyelVnOGs/view> (lest 04.02.2017).
- Norsk Klimaservicesenter. (2017). Klimaprofil Oslo og Akershus - Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning.
- NPG-Norge. (2014). *Lærebok 19. november 2014*. Tilgjengelig fra: <http://npgnorge.no/textbook/pdf/39778>.
- Paus, K. H. (2017). Evaluering av nedbørhendelse 6. august 2016 Asker kommune. 32 s.
- Pervan, I., Dimovski, O. & Geir J, L. (2017). Modellering, måle- og kalibreringsrapport Overvann. 47 s.
- Powel. (2017). *Gemini VA*. Tilgjengelig fra: <http://www.powel.com/no/about/temaartikler/gemini-va/> (lest 18.03.2017).
- Rommetveit, A. (2016). *Meteorolog etter sktremregn: - Vi varsler ikke godt nok*. Tilgjengelig fra: http://www.yr.no/artikkel/meteorolog-etter-ekstremregn_-_vi-varsler-ikke-godt-nok-1.13079353 (lest 02.04.2016).
- Rosim. *Regnbyge*. Tilgjengelig fra: <http://regnbyge.no/> (lest 15.03.2017).
- Rosim. Tilbud - Værstasjoner, Nøtterøy Kommune.
- Rosim. (2015a). Nedbørsmåler Mellom-Nes Skole
- Rosim. (2015b). Nedbørsmåler Vollen skole.
- Rosim. (2016a). Nedbørsmåler Brannstasjonen.
- Rosim. (2016b). Nedbørsmåler Sem Gjestegård.
- Rosim. (2016c). Nedbørsmåler Vardåsen.
- Varsom. *OBS-varsel fra Meteorologisk institutt i samråd med NVE* (lest 02.04.2017).
- VEAS. *Om VEAS*. Tilgjengelig fra: <http://www.veas.nu/home/om-veas> (lest 04.05.2017).
- Wikipedia. (2017). *dBZ Meteorology*. Tilgjengelig fra: [https://en.wikipedia.org/wiki/DBZ_\(meteorology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/DBZ_(meteorology)) (lest 07.02.2017).
- WMO, W. M. O. (2008). *Guilde to Meteorological Instruments and methods of Observation*. 7. utg. WMO-No. 8. 681 s.
- Ødegaard, H., Thorolfsson, S. T., Lindholm, O., Østerhus, S. W., Sægrov, S., Mosevoll, G. & Heistad, A. (2014). *Vann- og Miljøteknikk*. 2 utg.

VEDLEGG A: Spillvannstatistikk fra Rørmodell:

Spillvann						
Plassering	Link ID	Upper level [m.o.h]	Water level [m.o.h]	Vann høyde [m]	Dimensjon [m]	
	21434	16,37	18,38	2,01	0,2	
	21433	16,02	18,14	2,12	0,2	
	407	15,34	17,68	2,34	0,22	
	408	14,61	17,46	2,85	0,22	
	22999	14,65	17,42	2,77	0,22	
	156447	14,49	17,34	2,85	0,22	
	156448	13,97	17,08	3,11	0,22	
	156449	13,59	16,9	3,31	0,22	
	499	13,54	16,84	3,3	0,22	
	500	13,29	16,54	3,25	0,22	
	502	13,14	16,33	3,19	0,22	
	15320	12,65	16,15	3,5	0,22	
	521	12,44	15,97	3,53	0,22	
	Nesoya_Link_1	12,24	15,89	3,65	0,22	
	15332	11,71	15,27	3,56	0,22	
Nesøya Midt	15334	11,61	14,73	3,12	0,22	
	156484	11,54	14,33	2,79	0,22	
	15333	11,53	14,15	2,62	0,22	
	537	10,77	13,61	2,84	0,22	
	538	10,59	12,88	2,29	0,22	
	15337	10,16	12,37	2,21	0,22	
	23015	9,14	11,5	2,36	0,22	
	156450	9,09	11,31	2,22	0,22	
	23016	6,7	9,27	2,57	0,22	
	23019	4,83	8,37	3,54	0,19	
	23020	3,21	6,67	3,46	0,19	
	23023	1,51	3,57	2,06	0,19	
	503	14,51	16,04	1,53	0,2	
	22971	11,231	11,785	0,554	0,15	
	17898	10,721	11,654	0,933	0,19	
	15305	10,17	11,51	1,34	0,19	
	15304	10,13	11,22	1,09	0,19	
	265	10,02	11,11	1,09	0,19	
	264	9,76	10,87	1,11	0,19	
	263	9,49	10,68	1,19	0,19	
	275	9,02	10,62	1,6	0,19	
Nesøya Sør						
	20563	7,55	9,3	1,75	0,19	
	20562	7,41	9,17	1,76	0,19	
	20561	6,93	8,72	1,79	0,19	
Nesøya Nord-Øst	20560	6,49	8,4	1,91	0,19	
	20553	5,6	7,75	2,15	0,19	
	194485	5,54	7,43	1,89	0,19	
	16858	5,29	6,38	1,09	0,19	

Asker Sør					
	Vakaas_149054	77,51	77,5863	0,0763	0,3
	Vakaas_23918	73,14	74,74	1,6	0,3
	Vakaas_149052	73,05	74,7	1,65	0,3
	Vakaas_23917	72,93	74,65	1,72	0,3
	Vakaas_16493	72,64	74,47	1,83	0,3
	Vakaas_16498	72,54	74,16	1,62	0,3
	Vakaas_14886	118,83	119,29	0,46	0,22
	Vakaas_23940	117,24	117,827	0,587	0,22
	Vakaas_23941	117,18	117,618	0,438	0,22
	Vakaas_15051	116,791	116,928	0,137	0,23
	Vakaas_152622	115,09	116,15	1,06	0,23
	Vakaas_152624	114,24	114,493	0,253	0,23
	Vakaas_153224	113,04	113,887	0,847	0,23
	Vakaas_152625	112,54	113,225	0,685	0,22
	Vakaas_15852	110,65	110,762	0,112	0,22
	Vakaas_15851	101,9	103,89	1,99	0,22
	Vakaas_17758	109,603	109,6241	0,0211	0,2
	Vakaas_149900	101,57	102,79	1,22	0,2
	Vakaas_15850	99,64	102,79	3,15	0,22
	Vakaas_15849	99,67	102,41	2,74	0,22
	Vakaas_15848	15848	98,64	-15749,36	0,22
	Vakaas_15847	97,66	100,57	2,91	0,22
	Vakaas_24013	96,66	99,09	2,43	0,22
	Vakaas_15846	94,68	97,84	3,16	0,22
	Vakaas_15844	92,64	95,79	3,15	0,22
	Vakaas_15843	92,64	94,75	2,11	0,22
	Vakaas_15845	92,36	94,46	2,1	0,22
	Vakaas_39566	91,64	93,91	2,27	0,22
	Vakaas_16500	91,26	92,31	1,05	0,22
	Vakaas_149903	84,281	84,427	0,146	0,22
	Vakaas_16499	81,881	82,202	0,321	0,22
	Vakaas_16491	79,96	81,16	1,2	0,22
	Vakaas_16492	77,64	78,74	1,1	0,22
Vakås	Vakaas_Des_6	77,301	77,982	0,681	0,22
	Vakaas_Des_3	77,224	77,603	0,379	0,21
	Vakaas_Des_4	76,908	77,042	0,134	0,21
	Vakaas_149912	74,721	74,946	0,225	0,22
	Vakaas_149913	71,85	74,23	2,38	0,3
	Vakaas_23918	73,14	74,74	1,6	0,3
	Vakaas_149052	73,05	74,7	1,65	0,3
	Vakaas_23916	77,5821	77,6535	0,0714	0,22
	Vakaas_23917	72,93	74,65	1,72	0,3
	Vakaas_16497	72,64	74,47	1,83	0,3
	Vakaas_16498	72,54	74,16	1,62	0,3
	Vakaas_16494	70,57	74,14	3,57	0,2

	Vakaas_16506	66,191	66,78	0,589	0,22
	Vakaas_16507	63,49	66,33	2,84	0,22
	Vakaas_16508	31,14	65,88	34,74	0,22
	Vakaas_16530	60,89	65,35	4,46	0,22
	Vakaas_16528	59	62,99	3,99	0,22
	Vakaas_16529	56,48	59,78	3,3	0,22
	Vakaas_16527	52,73	54,93	2,2	0,22
	Vakaas_16526	49,9	50,93	1,03	0,22
	Vakaas_16525	48,181	48,33	0,149	0,22
	Vakaas_16524	42,233	42,383	0,15	0,22
	Vakaas_16523	34,941	39,098	4,157	0,22
	Vakaas_16522	35,851	36,011	0,16	0,23
	Vakaas_16521	34,181	34,348	0,167	0,23
	Vakaas_16520	29,14	31,42	2,28	0,23
	Vakaas_16517	20,77	27,81	7,04	0,25
	Vakaas_16514_2	28,63	30,16	1,53	0,25
	Vakaas_16515	27,1	29,2	2,1	0,25
	Vakaas_16516	24,11	28,4	4,29	0,25
	Vakaas_149898	22,84	28,24	5,4	0,19
	Vakaas_15811	20,21	27	6,79	0,25
	Vakaas_15810	19,48	24,05	4,57	0,25
	Vakaas_137144	18,201	18,866	0,665	0,3
	Vakaas_15808	17,962	18,753	0,791	0,3
	Vakaas_15809	17,312	17,972	0,66	0,3
	Vakaas_15804	16,552	17,213	0,661	0,3
	21309	12,17	14	1,83	0,3
	21307	12,841	13,702	0,861	0,2
	21320	11,6	13,69	2,09	0,3
	21319	11,62	12,9	1,28	0,3
	21320	11,9	13,69	1,79	0,3
	21319	11,62	12,9	1,28	0,3
	16377	64	66,08	2,08	0,19
	16376	63,69	65,66	1,97	0,19
	16375	62,79	65,09	2,3	0,19
	16366	59,87	62,41	2,54	0,19
	16359	54,94	57,97	3,03	0,19
	16358	52,67	55,62	2,95	0,19
	16094	49,24	52,03	2,79	0,19
	17789	46,14	48,67	2,53	0,22
	17791	43,54	46,22	2,68	0,22
Asker Nord-Vest	24715	41,81	44,23	2,42	0,22
	24716	40,01	42,23	2,22	0,22
	24717	37,87	38,98	1,11	0,22
	24718	37,632	38,566	0,934	0,22
	17060	5,12	6,95	1,83	0,3
	139604	5,34	6,84	1,5	0,3

	17055	4,99	6,71	1,72	0,3
	17054	3,96	6,32	2,36	0,3
	24471	4,48	6,32	1,84	0,4
	24473	5,17	6,49	1,32	0,22
	17080	6,28	6,619	0,339	0,22
	24472	5,16	6,87	1,71	0,3
	139641	6,03	7,75	1,72	0,3
	22862	69,86	72,38	2,52	0,15
	22863	68,34	69,77	1,43	0,15
	22864	66,42	67,55	1,13	0,15
	22869	62,8	65,39	2,59	0,15
	24569	66,461	66,808	0,347	0,15
Asker Nord-Øst	22870	62,08	65,05	2,97	0,19
	22871	61,61	63,88	2,27	0,19
	22883	58,06	60,62	2,56	0,19
	22884	57,23	59,16	1,93	0,19
	22890	55,711	56,544	0,833	0,19
	22891	48,38	51,05	2,67	0,19
	22898	46,86	48,08	1,22	0,19
	22899	40,09	43,78	3,69	0,19
	22900	39,69	42,42	2,73	0,19
	22914	39,58	41,98	2,4	0,19
	22915	36,29	37,31	1,02	0,19
	22920	26,94	29,78	2,84	0,19
	22921	18,32	21,32	3	0,19
	15915	6,45	7,64	1,19	0,23
	15916	5,38	6,84	1,46	0,23
	15917	4,52	6,2	1,68	0,32
	22936	4,27	5,95	1,68	0,2
	22935	4,41	5,98	1,57	0,19
	15920	4,51	6,01	1,5	0,19
	15369	4,7	6,07	1,37	0,19
	22933	3,99	5,87	1,88	0,2
	22939	2,89	5,09	2,2	0,2
	151234	2,39	4,76	2,37	0,23
	16973	6,55	7,94	1,39	0,19
	16971	5,81	7,63	1,82	0,19
	22843	6,27	7,35	1,08	0,19
	16969	5,72	7,33	1,61	0,32
	16968	5,28	7,26	1,98	0,32
	153180	4,94	7,24	2,3	0,3
	16967	4,49	7,08	2,59	0,32
	22806	3,9	6,83	2,93	0,3
	15940	3,76	6,54	2,78	0,32
	22947	3,56	6,32	2,76	0,3
	152984	3,39	6	2,61	0,3

	15938	3,27	5,79	2,52	0,32
	15937	3,01	5,47	2,46	0,32
	151187	3,07	5,45	2,38	0,3
	152882	3,3	5,39	2,09	0,3
	151252	3,24	5,39	2,15	0,23
	151191	3	5,4	2,4	0,3
	Ask_Des_12	2,271	2,591	0,32	0,8
	98796	2,67	5,06	2,39	0,22
	Ask_Des_13	2,43	5,03	2,6	0,3
	151201	2,31	4,93	2,62	0,3
	151214	2,11	4,68	2,57	0,3
	151215	1,89	4,34	2,45	0,3
	151216	1,81	4,05	2,24	0,3
	151221	1,72	3,86	2,14	0,3
	15950	1,68	3,68	2	0,25
	15949	2,04	3,88	1,84	0,3
	16948	2,19	4,32	2,13	0,25
	16947	2,4	4,95	2,55	0,25
	16943	2,63	5,62	2,99	0,25
	22774	3,06	6,41	3,35	0,25
	22771	5,31	7,53	2,22	0,2
	16941	5,84	8,55	2,71	0,2
	16934	7,57	8,75	1,18	0,2
	16938	8,8708	8,9513	0,0805	0,15
	16930	6,62	8,87	2,25	0,22
	22777	6,98	9,38	2,4	0,2
	22780	6,93	9,73	2,8	0,19
	22781	6,98	9,96	2,98	0,19
	Ask_Des_18				
	16924				
	16923				
	22793				
	22795				
	16921	Nedlagt			
	16918				
	16917				
	16915				
	22768	3,06	6,46	3,4	0,2
	22766	3,07	6,66	3,59	0,2
	17731	3,13	6,67	3,54	0,2
	16914	4	6,62	2,62	0,2
	16913	6,776	7,095	0,319	0,2
	17732	7,669	7,7464	0,0774	0,2
	17027	3,85	6,16	2,31	0,4
	Ask_Des_27	3,26	5,72	2,46	0,45
	17026	3,62	5,72	2,1	0,15

	24437	4,67	5,9	1,23	0,15
	Ask_Des_28	2,83	5,47	2,64	0,45
	17024	2,9	5,37	2,47	0,2
	17023	3,96	5,86	1,9	0,2
	24443	4,39	6,19	1,8	0,19
	24442	1,49	6,32	4,83	0,19
	24445	4,65	6,48	1,83	0,19
	24444	4,69	6,56	1,87	0,19
	24446	4,83	6,61	1,78	0,19
Neselva Nord	24447	5,21	6,75	1,54	0,19
	24454	5,41	6,77	1,36	0,19
	141842	2,61	5,37	2,76	0,45
	17025	2,6	5,32	2,72	0,45
	17032	2,54	5,27	2,73	0,4
	24386	2,39	4,83	2,44	0,45
	24387	2,33	4,73	2,4	0,45
	24388	2,33	4,64	2,31	0,45
	24389	2,08	4,5	2,42	0,45
	17001	2,01	4,28	2,27	0,45
	149889	1,74	4	2,26	0,45
	149890	1,52	3,79	2,27	0,45
	16874	2,67	3,81	1,14	0,25
	153427	2,82	3,97	1,15	0,25
	16873	3,12	4,3	1,18	0,25
	Ask_Des_31	3,66	4,67	1,01	0,2
	24359	4,361	4,875	0,514	0,2
	24361	4,401	5,044	0,643	0,2
	16876	1,32	3,6	2,28	0,45
	24324	1,21	3,12	1,91	0,45
	24325	1,03	2,73	1,7	0,45
	16877	0,99	2,45	1,46	0,45
	16878	0,95	2,52	1,57	0,45
	16980	0,88	2,54	1,66	0,45
	16981	0,83	2,55	1,72	0,45
	16982	0,78	2,56	1,78	0,45
	16983	0,73	2,57	1,84	0,45
	16984	0,7	2,58	1,88	0,45
	151565	0,63	2,59	1,96	0,45
	15086	0,56	2,6	2,04	0,45
	23300	0,48	2,61	2,13	0,45
	23301	0,26	2,61	2,35	0,45
	23302	1,11	3,01	1,9	0,3
	148906	2,13	5,64	3,51	0,2
	23303	5,63	8,74	3,11	0,2
	148907	6,42	9,55	3,13	0,2
	149642	8,42	10,82	2,4	0,2

	Ask_Des_46	8,54	11,09	2,55	0,2
	147200	10,93	12,34	1,41	0,15
	24339	10,76	14,12	3,36	0,15
	Ask_Des_45	8,6	11,09	2,49	0,2
	16651	12,781	12,943	0,162	0,2
	16647	23,55	24,64	1,09	0,2
	16641	23,73	25,81	2,08	0,19
	16640	24,1	26,01	1,91	0,22
	16639	24,33	26,48	2,15	0,22
	16638	29,16	29,723	0,563	0,22
	150993	32,513	32,675	0,162	0,22
	16637	33,561	34,168	0,607	0,19
	16997	34,18	35,43	1,25	0,19
	16998	38,85	40,87	2,02	0,19
	24329	40,3	42,67	2,37	0,19
	24,328	41,89	44,65	2,76	0,19
	142434	42,9	45,55	2,65	0,15
	142433	44,4	46,87	2,47	0,15
	142432	45,05	48,15	3,1	0,15
	146570	1,26	3,51	2,25	0,25
	23299	2,65	4,47	1,82	0,25
	16991	3,17	5,66	2,49	0,25
	146565	3,17	5,76	2,59	0,3
	16988	3,17	6,32	3,15	0,3
	16635	4,17	7,28	3,11	0,3
	16633	5,93	8,94	3,01	0,3
	16631	7,6	10,03	2,43	0,3
	16629	9,1	11,02	1,92	0,3
	16623	12,656	13,351	0,695	0,3
	16621	12,818	13,597	0,779	0,3
	16620	14,542	14,78	0,238	0,3
	24312	37,39	38,41	1,02	0,15
	24311	38,36	40,96	2,6	0,15
	24308	41,9	44,17	2,27	0,15
	24307	43,8	46,11	2,31	0,15
	24306	45,06	46,71	1,65	0,15
	24305	46,031	46,949	0,918	0,15
	154800	16,27	17,59	1,32	0,28
	154836	15,49	17,51	2,02	0,14
	154796	16,55	17,76	1,21	0,14
	154795	18,4007	18,4814	0,0807	0,14
	154783	15,15	17,18	2,03	0,28
	154811_2	14,73	17,01	2,28	0,2
	154810	14,85	17,12	2,27	0,2
	130890_2	16,15	17,52	1,37	0,23
	156756	16,15	17,69	1,54	0,2

	154819	16,791	17,644	0,853	0,28
	16902	18,721	18,854	0,133	0,22
	154784	14,6	16,9	2,3	0,28
	154782	14,34	15,38	1,04	0,28
	23238	14,302	15,169	0,867	0,38
	Ask_Des_35	13,8	14,86	1,06	0,38
	Ask_Des_32	4,74	6,91	2,17	0,4
	17253	5	6,84	1,84	0,2
	Ask_Des_33	4,36	6,32	1,96	0,4
	15072	4,08	5,82	1,74	0,4
	15073	3,84	4,91	1,07	0,45
	16209	3,692	4,363	0,671	0,45
	149534	3,142	4,04	0,898	0,45
	16208	2,962	3,842	0,88	0,45
	23152	19,201	19,2856	0,0846	0,2
	23514	19,44	20,99	1,55	0,2
	23157	20,39	23	2,61	0,2
	24937	20,89	23,44	2,55	0,19
	24935	21,49	23,89	2,4	0,19
	17031	21,64	23,98	2,34	0,19
	15136	21,09	23,07	1,98	0,19
	17249	3,74	6,08	2,34	0,19
	625	1,71	4,83	3,12	0,2
	617	1,71	5,76	4,05	0,2
	626	0,95	4,2	3,25	0,2
	15131	0,79	3,03	2,24	0,2
	15132	1,06	4,06	3	0,2
	23275	3,44	6,2	2,76	0,2
	23273	4,18	6,85	2,67	0,2
	23271	7,031	8,024	0,993	0,2
	23268	7,75	9,35	1,6	0,2
	23267	7,78	9,66	1,88	0,2
	23266	13,37	16,57	3,2	0,2
	23263	14,96	16,94	1,98	0,22
	15143	15,05	16,21	1,16	0,15
	16215	31,76	32,84	1,08	0,15
	16213	30,92	32,6	1,68	0,15
	16212	26,95	29,62	2,67	0,15
	23168	26,22	28,69	2,47	0,19
	23165	22,97	25,69	2,72	0,19
	23164	21,56	22,65	1,09	0,19
Neselva Sør	16207	19,401	19,889	0,488	0,19
	16206	18,79	19,89	1,1	0,19
	16201	17,831	18,476	0,645	0,19
	16202	16,231	16,374	0,143	0,19
	16194	8,561	8,703	0,142	0,19

	16122	-0,357	0,373	0,73	0,6
	162208	-0,757	0,098	0,855	0,6
	162120	-0,857	0,025	0,882	0,6
	16314	23,6608	23,6914	0,0306	0,15
	16313	19,4208	19,5044	0,0836	0,15
	16312	11,9108	11,9895	0,0787	0,15
	16311	5,63	8,32	2,69	0,19
	16244	4,34	6,85	2,51	0,19
	134626	4,34	6,85	2,51	0,19
	23182	11,45	13,74	2,29	0,15
	16243	8,44	10,42	1,98	0,15
	134617	6,79	8,38	1,59	0,19
	134624	4,22	6,66	2,44	0,19
	134625	4,16	6,6	2,44	0,19
	16247	4,08	6,14	2,06	0,3
	16258	3,57	6,02	2,45	0,3
	16259	3,02	5,51	2,49	0,3
	23189	9,8	12,43	2,63	0,19
	16262	5,49	8,02	2,53	0,19
	23192	2,68	5,2	2,52	0,3
	23193	2,35	4,9	2,55	0,3
	23194	1,64	4,13	2,49	0,3
	151138	0,69	3,31	2,62	0,3
	23201	7,071	7,1285	0,0575	0,2
	23202	1,64	3,35	1,71	0,2
	151139	0,73	3,26	2,53	0,19
	151080	0,48	3,23	2,75	0,3
	151081	0,3	2,81	2,51	0,3
	151137	1,39	3,48	2,09	0,19
	151364	2,49	4,14	1,65	0,13
	16289	6,93	8,47	1,54	0,15
	16290	8,6	10,35	1,75	0,15
	21362	15,0708	15,1613	0,0905	0,15
	151082	0,21	2,02	1,81	0,3
	151083	-0,029	0,639	0,668	0,3
	16300	-1,4	-0,01	1,39	0,3
	16297	-1,18	0	1,18	0,3
	16296	-0,838	0,027	0,865	0,32
	22557	-0,62	0,8	1,42	0,2
	22560	-0,48	2,02	2,5	0,2
	21378	0,06	2,38	2,32	0,2
	21382	0,2	2,46	2,26	0,2
	21381	2,04	4,46	2,42	0,2
	21372	2,24	4,77	2,53	0,2
	158980	-1,05	0,23	1,28	0,25
	16293	-0,75	0,62	1,37	0,25

	23205	-0,55	1,1	1,65	0,25
	138245	-0,55	1,44	1,99	0,2
	23213	0,45	3,13	2,68	0,15
	23212	12,6	14,84	2,24	0,15
	24030	16,18	18,26	2,08	0,15
	24029	19,77	22,26	2,49	0,15
	21341	21,25	22,31	1,06	0,22
	16615	22,7961	22,8411	0,045	0,22
	21340	23,93	26,31	2,38	0,15
	21344	40,2611	40,3228	0,0617	0,22
	158979	-0,24	1,56	1,8	0,25
	23218	-0,24	1,68	1,92	0,25
	147898	0,47	2,49	2,02	0,2
	23219	2,07	4,73	2,66	0,19
	24301	3,47	6,19	2,72	0,19
	24300	7,17	9,42	2,25	0,19
	24282	10,18	11,53	1,35	0,19
	24279	10,62	12,54	1,92	0,19
	16599	13,031	13,469	0,438	0,25
	24292	13,36	16,01	2,65	0,19
	148978	1,27	3,2	1,93	0,25
	23225	1,4	4,01	2,61	0,2
	24299	1,59	4	2,41	0,15
	24295	3,62	5,88	2,26	0,15
	24294	5,921	6,718	0,797	0,15
	23231	1,93	4,67	2,74	0,19
	23230	2,3	4,86	2,56	0,19
	16624	2,45	4,96	2,51	0,19
	22574	17,2408	19,2895	2,0487	0,15
	22575	12,88	14,06	1,18	0,15
	22576	12,05	13,94	1,89	0,15
	22577	11,78	13,9	2,12	0,15
	22561	11,34	14,08	2,74	0,15
	16398	10,021	10,728	0,707	0,15
	16399	6,15	9	2,85	0,15
	16400	1,43	3,74	2,31	0,19
	24878	0,02	2,07	2,05	0,19
	24879	-0,08	1,52	1,6	0,19
	20668	0,59	2,22	1,63	0,19
	20669	0,66	2,52	1,86	0,19
	16404	2,89	5,26	2,37	0,19
	16405	5,85	7,98	2,13	0,19
	23079	6,28	8,16	1,88	0,19
	20670	6,6	8,82	2,22	0,19
	20671	7,21	9,26	2,05	0,19
	20672	8,51	9,8	1,29	0,19
	16335	8,51	9,8	1,29	0,19
	20680	9,02	10,77	1,75	0,19
	20677	11,32	12,43	1,11	0,15
	20673	12,05	14,38	2,33	0,15
	16332	12,73	14,73	2	0,15

VEDLEGG B: Overvannsstatistikk fra Rørmodell

Overvann				
Plassering	Node ID	Top level [m.o.h]	Water level [m.o.h]	Vann høyde [m]
Nesøya Midt				
Nesøya Sør	4836	17,32	20,08	2,76
Nesøya Nord-Øst				
	4521	121,47	122,21	0,74
	153303	120,109	120,63	0,521
	4518	119,86	119,41	-0,45
	4516	119,94	119,21	-0,73
	131540	119,697	118,6	-1,097
	131535	119,835	118,37	-1,465
	4515	120,055	117,82	-2,235
	4513	119,43	115,366	-4,064
	4559	104,69	103,433	-1,257
	4544	102,14	102,22	0,08
	4572	99,94	100,49	0,55
Asker Sør	4540	99,503	100,08	0,577
	4539	99,03	99,73	0,7
	98458	99,22	99,77	0,55
	164324	98,302	98,02	-0,282
	9956	118,82	119,19	0,37
	157104	118,756	118,28	-0,476
	9958	118,36	117,55	-0,81
	4505	115,73	116,22	0,49
	4502	115,37	115,76	0,39
	144942	147,04	147,48	0,44
	144940	142,12	139,678	-2,442
	146649	15,09	15,12	0,03
	146650	14,14	14,57	0,43
	147744	14,3	14,28	-0,02
	6478	16,28	16,87	0,59
	4687	14,62	15,16	0,54
Vakås	152284	14,18	14,46	0,28
	13396	49,83	50,12	0,29
	13402	35,6	35,76	0,16
	13405	34,75	35,13	0,38
	13409	33,97	34,41	0,44
	10739	32,73	32,99	0,26
	153071	23,57	22,23	-1,34
	4662	14,71	15,64	0,93
	4672	14,59	15,48	0,89
	4684	14,23	14,67	0,44
	146648	14,19	14,27	0,08
Asker Nord-Vest				
	12212	8,02	8,17	0,15
	12213	8	8,14	0,14

	3118	9,33	9,49	0,16
	3173	9	9	0
	3175	6,48	6,61	0,13
Asker Nord-øst	Forgrening fra 3125 og utover er fjernet			
	131504	7,02	7,14	0,12
	131503	6,98	7,03	0,05
	131502	6,83	6,95	0,12
	131501	6,92	6,96	0,04
	2678	8,02	8,13	0,11
	2832	6,45	6,6	0,15
	2834	9,012	9,09	0,078
	2835	12,91	12,91	0
	142426	49,59	49,73	0,14
	154983	28,72	29,13	0,41
	3278	16,79	16,94	0,15
	161564	16,94	16,99	0,05
Neselva Nord	3212	18,11	18,26	0,15
	Ask_Des_51	18,683	18,71	0,027
	154894	18,98	19,15	0,17
	154852	19,35	19,81	0,46
	154853	21,29	21,5	0,21
	154856	24,02	23,22	-0,8
	3236	25	25,12	0,12
	3297	26,68	26,82	0,14
	12624	24,2	24,31	0,11
	3300	23,2	23,31	0,11
	5697	10,92	11,04	0,12
	5790	29,47	29,6	0,13
	5786	34,74	34,88	0,14
	5690	4,55	4,72	0,17
	12560	3,95	4,09	0,14
	13591	5,91	6,02	0,11
Neselva Sør	13589	8,23	8,34	0,11
	6038	4,6	4,77	0,17
	43882	4,03	4,16	0,13
	5716	4,01	4,13	0,12
	12548	4,273	4,4	0,127
	5718	4,73	4,78	0,05
	5743	5,03	5,04	0,01
	5746	7,91	8,03	0,12
	5871	8,14	8,26	0,12
	5780	13,6	13,73	0,13
	5884	14,33	14,43	0,1
	5887	14,6	14,73	0,13

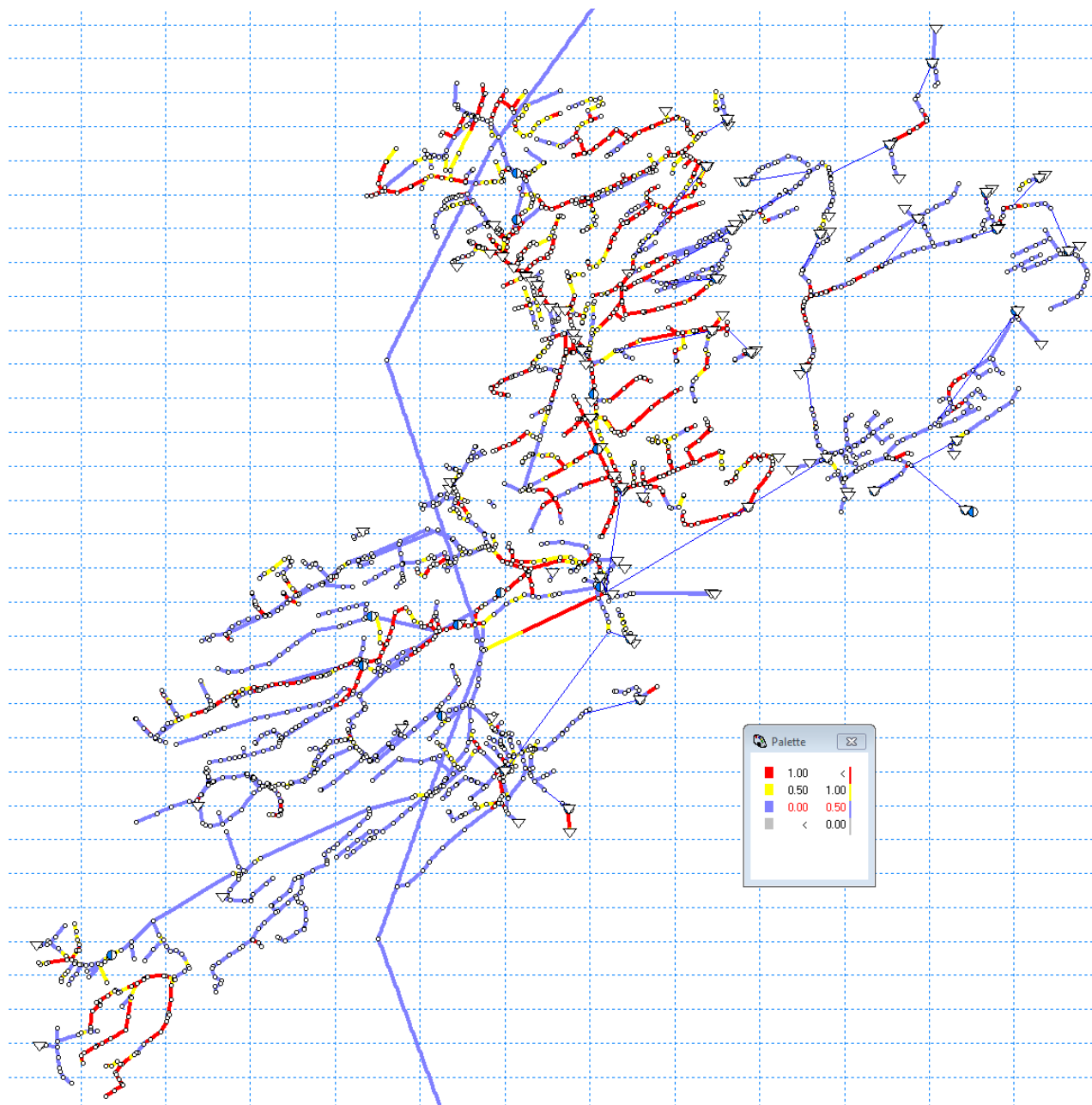
VEDLEGG C: Hendelser 6. august 2016

Tidspunkt	Hendelse
04:00 – 06:00	Nedbør er registrert ved alle nedbørstasjoner i Asker kommune.
05:00 – 08:00	Påslippene til VEAS og avløpsmengder i pumpestasjoner øker kraftig frem mot toppen kl. 07:00. Kl. 07:00 er den totale avløpsmengden 5-10 ganger høyere enn normalmengder.
07:10	Vaktleder ved KTA blir oppringt ifm. alarm fra driftskontrollsystemet (SMS-varsling) pga. lynnedslag med påfølgende strømstans på flere pumpestasjoner.
07:20	Overløp på pumpestasjoner ved Slependen, Konglungen, Petersrønningen og Vardåsen.
07:25	Asker og Bærum Budstikka publiserer en nettartikkel knyttet til ekstremnedbøren.
07:40	Beredskapsvaktene ved KTA ble utkalt for å resette pumpestasjoner.
07:57	Asker og Bærum Budstikka publiserer en ny nettartikkel knyttet til ekstremnedbøren.
Ca. 08:00	Vaktleder KTA blir oppringt av publikum som rapporterer om mye overflatevann. Vaktleder AD ble kontaktet. Vaktmannskap fra AD ble utkalt.
08:03 – 09:03	Kistefosdammen hadde steget 10 cm på en time. Beredskapsvakt blir dirigert for å åpne luke.
08:10	Rune Olafsen og Ole Bakkene ved KTA rapporterer om store vannmengder på Gudolf Blakstad vei og Slemmestadveien. Asker Drift ble umiddelbart utkalt for renske bekkeinntak.
08:25	De første meldingene om kjelleroversvømmelse blir registrert hos kommunen. Vaktleder ved KTA opplever telefonstorm fra publikum frem til kl. 15:00.
08:35	Vaktleder KTA samler beredskapsvaktene KTA på driftsstasjonen for koordinering og prioritering av tiltak.
08:40	Vaktleder KTA bestiller spylebil fra Ringerike Septik AS som settes på vent utenfor Driftsstasjonen. Bli senere sent til Bleikeråsen der spillvannsnettet har gått tett.
09:30	Mange henvendelser og stort arbeidspress. Vaktleder KTA kaller ut ekstrabemannning, Ola Ramstad og Ole Fallet blir utkalt. Noe senere blir også Borgar Lunde og Arild Aune kalt ut for å bistå med å håndtere situasjonen.
09:30	Vaktleder KTA og vaktleder AD rykker ut til berørte lokaliteter, deriblant Jørnstad, Holmen og Vakås. Situasjonen beskrives av Vaktleder KTA som uoversiktlig og det oppleves som svært utfordrende å prioritere hendelser. Sikkerhet, fremkommelighet og åpne bekkerister prioriteres.
09:30 -15:00	Mange henvendelser om vann i kjellere og andre vannrelaterte problemer fra publikum. Vaktleder KTA inspiserer flere av lokalitetene men har begrenset mulighet til å sette inn strakstiltak for å redusere skader. Det settes inn ekstra bemanning for å bistå med å ta imot henvendelser fra publikum. I tillegg til akutte hendelser som prioriteres blir henvendelsene registrert og publikum blir bedt om å ta kontakt med eget forsikringssselskap og evt. Asker og Bærum Brannvesen ved forekomst av vann i kjellere.
Ca. 09:40	Trafikkuhell på E-18. Trolig pga. vannplaning rett etter påkjøring fra Asker sentrum retning Oslo. Viktige hovedfartsårer i kommunen, undergang Holmen og Slemmestadveien i Vollen, ble stengt pga. oversvømmelser. Poliiti omdirigerer trafikken.
09:41	Asker og Bærum budstikka publiserer ny nettartikkel knyttet til regnværet med blant annet informasjon om nytt opprettet telefonnummer til brannvesen.
11:00	Beredskapsvakt rykker ut til overvannskum bak Furuakiosken for å sette på plass lokk på kum.

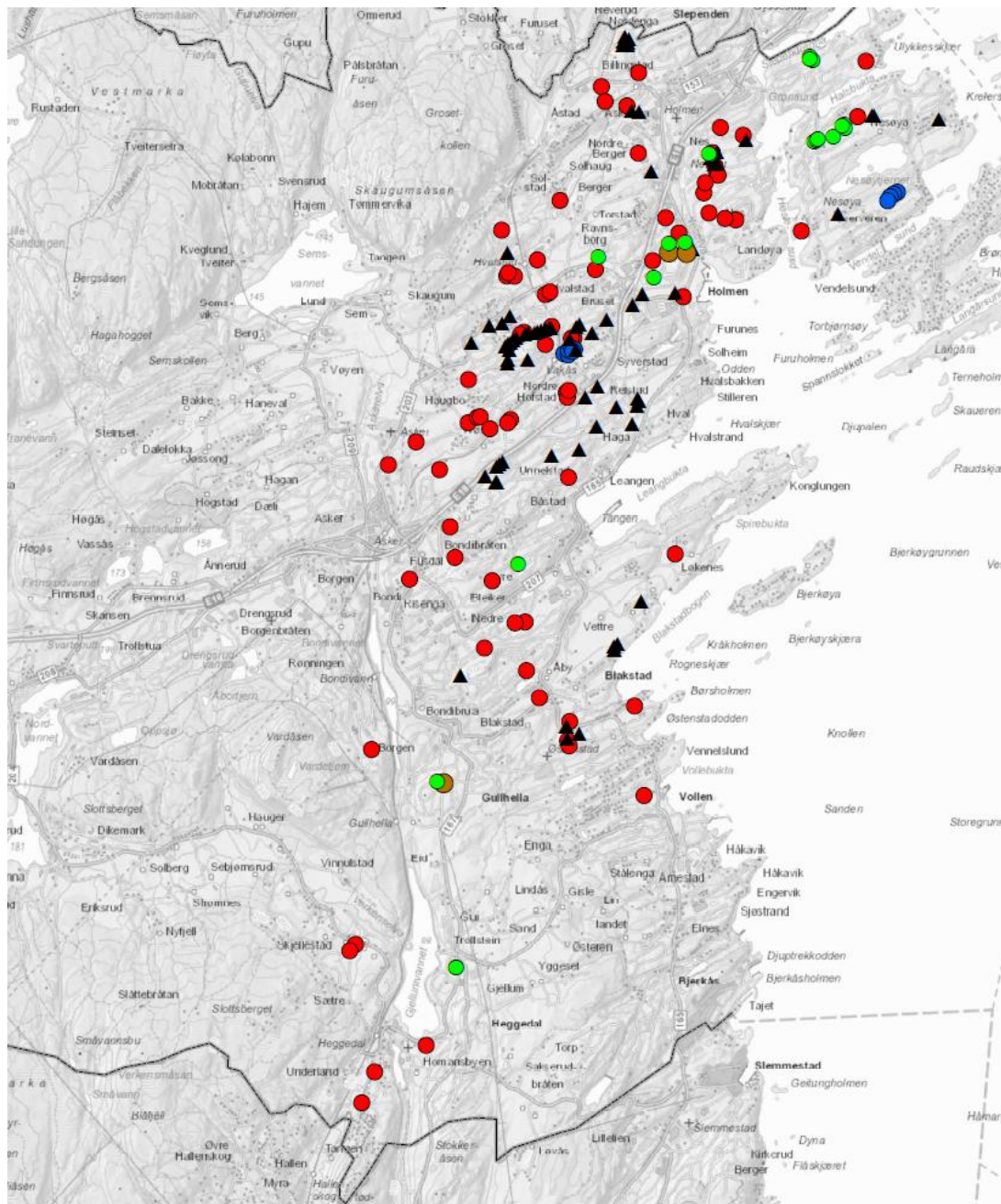
Tidspunkt	Hendelse
11:10	Vaktleder VEAS kontakter vaktleder KTA og ber kommunen stenge påslipp på Blakstad, Haga og Holmen. Påslipp Blakstad stenges. Stenging ved Haga er umulig pga. oversvømmelse. Påslipp Holmen stenges ikke.
11:25	Politiet i Asker og Bærum oppfordrer publikum via Twitter om å la bilen stå inntil regnværet har gitt seg.
11:30	Vaktleder KTA blir informert av publikum om at Jømstad avløpspumpestasjon står under vann. Entreprenør Atrack AS ble rekvirert med gravemaskin for jobben. Rens av bekkeinntak med gravemaskin ga ingen resultater. Pumpeasjonen tok ingen skade av oversvømmelsen.
11:50	Vaktleder KTA mottar informasjon om problemer ved bekkelukking Reistadlia. Tett bekkest registreres og AD rekvireres.
Ca. 12:00	Virksomhetsleder KTA, Kari Ekerholt, reiser til driftsstasjonen på Fusdalbråten for å følge opp situasjonen. Sammen med vaktleder KTA blir det foreløpig vurdert å ikke kontakte kommunens beredskapsledelse. Ragnar/ Sand Fuglum blir orientert om situasjonen.
12:34	Politiet i Asker og Bærum melder på twitter om kumlokk som flyter ved Slemmestadveien under E-18 Holmen. Beredskapsvakt KTA rykker ut for å få kumlokk på plass.
Ca. 13:00	Situasjonen er fortsatt utenfor kontroll og leder for vann og avløp Tore Adamsen blir utkalt.
14:00 – 16:00	Hegga går over sine bredder og skaper oversvømmelse ved blant annet Heggedal stasjon som blir stengt.
14:00	Beredskapsvakt ved KTA rykker ut til Konglungveien for å sette på plass kumlokk.
14:13	Brannvesenet i Asker og Bærum oppfordrer publikum som opplever vannproblemer via twitter om å dokumentere verdier ved å ta bilder og kontakte forsikringsselskap.
15:15	Leder vann og avløp informerer VEAS om at Asker ikke fikk stengt Haga-påslippet slik de ble bedt om pga. at stasjonen er oversvømt. VEAS meddeler at de hadde stengt påslipp Lysaker i stedet og at Asker kommune nå ikke trenger å stenge påslipp Holmen.
16:00	KTA (Rune Olafsen og Ole Ramstad) rykker ut til lokalitet hvor kloakk renner inn i bolig. Det konstateres at problemene er forårsaket av privat stikkledning og publikum blir bedt å rekvirere septikbil.
20:35	Kommunen legger ut informasjon til publikum om ekstremværet via Facebook: <i>Kommunen har fulgt situasjonen med store nedbørmengder i Asker nøye. Teknisk fagpersonell har vært i beredskap og i hele dag vært ute i felt. Vi viser forøvrig til nødetatene - Politi og Brannvesen - og deres informasjonskanaler for ytterligere informasjon.</i> https://www.asker.kommune.no/vann-og-avlop/

Figur 25: Hendelsesforløp sammenstilt av Kim Paus basert på vaktlogger, muntlige beretninger, nettaviser, gjennomgang av sosiale medier, registrerte data. (Paus 2017)

VEDLEGG D: MIKE View Rørmodell - Delfylling



VEDLEGG E: Asker Kommunes Registrerte kjelleroversvømmelser



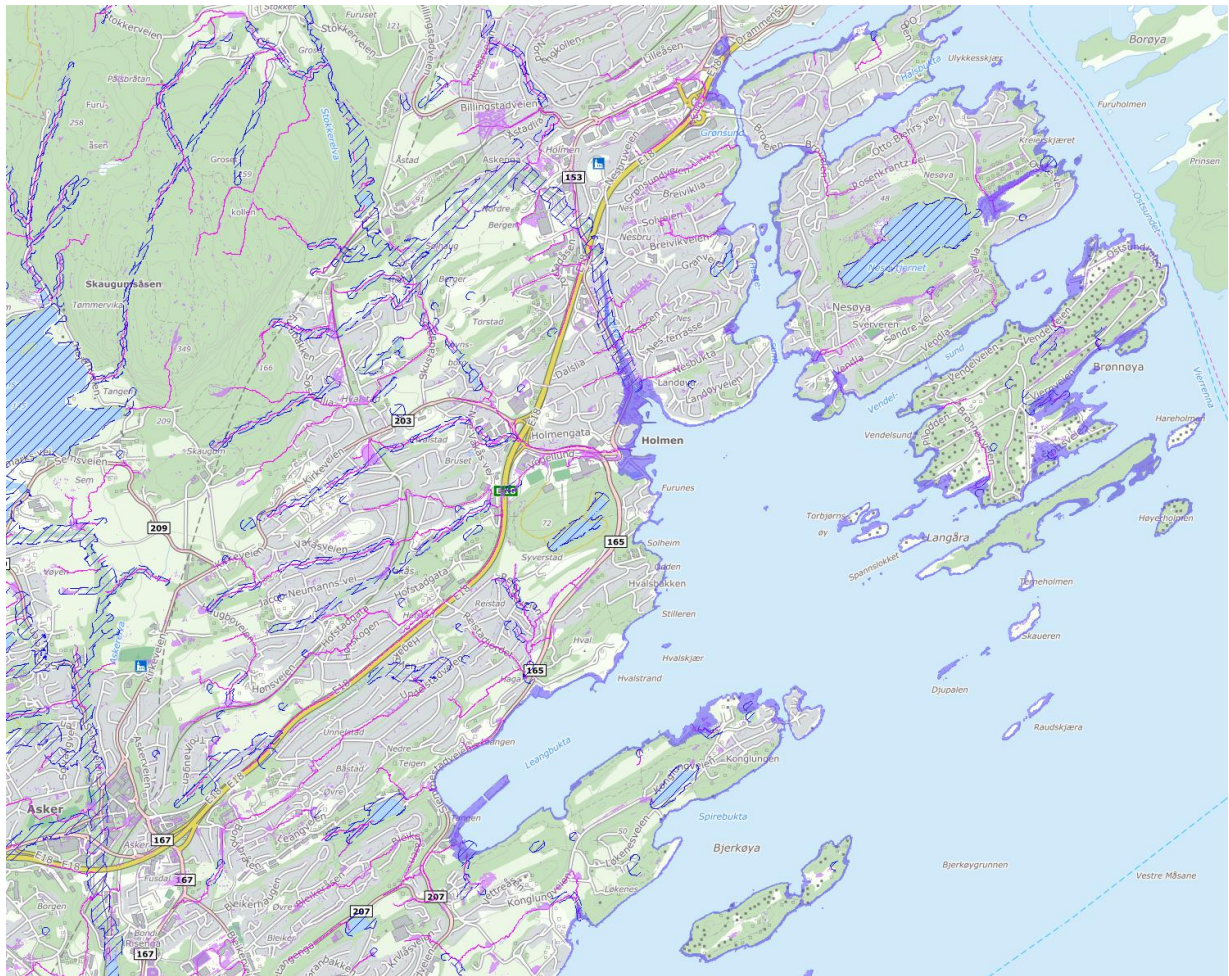
- Tegnforklaring**
- Kjelleroversvømmelse spillvann
 - Kjelleroversvømmelse overvann
 - ▲ Kjelleroversvømmelse overflatevann
 - Kjelleroversvømmelse garasje
 - Kjelleroversvømmelse ukjent

Registrerte kjelleroversvømmelser 06.08.2016



(Paus 2017)

VEDLEGG F: GISLINE Flomsonekart



(Asker Kommune)



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway