

Økende mengder overvann på grunn av fortetting og klimaendringer, gir utfordringer for fremtidig overvannshåndtering. Overvannsrelaterte skader har økt de siste årene. Overordnet strategi er en forutsetning for å redusere skadekostnadene for samfunnet, begrense forurensning og skape positive effekter for naturmiljø og helse. Rapporten presenterer kunnskapsgrunnlag som bidrar til planlegging av overvannshåndtering. Dette inkluderer aktsomhetsområde for elveflom, avrenningslinjer og forsenkninger i terrenget. Økte overvannsmengder som følge av fortetting og klima, samt nettets tilstand kapasitetsmessig, er presentert. Oversikt over tiltak, kostnad for tiltak og samfunnsanalyse er også inkludert i rapporten.

# Overvann

## Kunnskapsgrunnlag for planlegging i Ås Sentrum

Ås Kommune

---

## Innhold

1. Sammendrag .....	3
2. Bakgrunn .....	8
2.1. Kommunens ansvar og myndighet i overvannshåndtering.....	8
3. Hva skal til for å oppnå god overvannshåndtering?.....	9
3.1. Kartlegging av aktsomhetskart.....	9
3.1.1. Elveflom.....	9
3.1.2. Avrenningslinjer og forsenkninger .....	11
3.2. Beregning av avrenning for dimensjonering .....	14
3.3. Kapasitet og tilstand på dagens ledningsnett .....	15
3.4. Analyse av overvannsnett i områdene Skogveien, Brattbakken og Moerjordet .....	15
3.5. Fortetting og effekten på avrenning .....	17
3.6. Klimatillegg og fortettingseffekt på avrenning.....	18
4. Økonomiske konsekvenser av overvannsskader.....	19
4.1. Overvannsrelaterte skadekostnader .....	19
4.2. Vannskadetrend .....	20
5. Lokale overvannstiltak (LOD).....	20
5.1. Oversikt over LOD Investering.....	20
5.2. Forutsetninger for dimensjonering og kostnad av LOD anlegg.....	21
5.2.1. Dimensjonerende avrenning .....	21
5.2.2. Beregning av nåverdi.....	21
5.2.3. Effekt: Håndtert overvannsmengde ved ulike tiltak .....	21
5.2.4. Kostnader per håndtert overvannsmengde (kost-effekt) .....	21
5.2.5. Størrelse på tiltak .....	21
6. Vurdering av samfunnsøkonomiske kostnader ved overvannstiltak .....	22
7. Tiltak mot potensiell flom og oversvømmelser i Ås sentralområde .....	23
7.1. Tiltak .....	23
7.1.1. Tiltak/tekniske løsninger mot potensiell flom og oversvømmelse. ....	23
7.1.2. Regulering.....	24
7.2. Tiltak ved fortetting/flom vei .....	24
8. Referanser .....	27
Vedlegg 1: Områder simulert med SWMM.....	28
Vedlegg 2: Eksisterendenett kapasitet.....	29
Vedlegg 3: Overvanns dam effekt .....	32

Vedlegg 4: Prosedyren å bygge DTM og lage aktsomhetskart..... 33

## 1. Sammendrag

Økende mengder overvann på grunn av fortetting og klimaendringer, gir utfordringer for fremtidig overvannshåndtering. Kapasiteten i overvannsnett og bekkene tilfredsstill ikke lenger kravet om sikker og effektiv overvannshåndtering. Overvannsrelaterte skader har blitt et årlig fenomen. De siste 6 årene har forsikringsselskapene utbetalt i gjennomsnitt 2,5 millioner kroner i året i Ås kommune. Finans Norge sin statistikk viser en økende trend.

Historisk sett har kommunene tatt ansvaret for overvannshåndteringen. Dette er også lovpålagt etter Plan- og bygningsloven § 3-3. Kommunene har innfridd ansvaret for overvannshåndteringen ved en tilnærming som leder overvannet raskest mulig bort i lukkede ledningssystemer (inkludert bekkelukking) med tanke på å gi gode miljøer og sikkerhet mot oversvømmelser. Utfordringer knyttet til denne tilnærmingen har forårsaket økonomiske og økologiske tap.

Regjeringens klimatilpasningsmelding anbefaler en overordnet strategi for overvannshåndtering ved å innarbeide dette i kommuneplanens arealdel, reguleringsplan og byggesak. Overordnet strategi er en forutsetning for å redusere skadekostnadene for samfunnet, begrense forurensning og skape positive effekter for naturmiljø og helse. Strategien krever et godt kunnskapsgrunnlag om overvannsmengder, kapasitet i overvannsnett, risiko-område for elveflom, mulige avrenningslinjer og forsenkninger, samt oversikt over potensielle tiltak og kostnader. Rapporten er utarbeidet for 8 delområder (1-8) i Ås sentralområde, og danner kunnskapsgrunnlag for planlegging av overvannshåndtering i Ås sentralområde (Fig.1).



Figur 1. Ås sentralområde

### Aktsomhetskart/ Elveflom

Faren for oversvømmelse og skader øker ved berøring av naturmiljøet som påvirker avrenningsmønster. Flom langs bekk forårsaker store skader i dag (NVE 3, 2015). Fremtidige klimaendringer vil bare øke problemet. Kartlegging av fareområde for oversvømmelse er derfor viktig for arealplanlegging, skadereduserende tiltak og beredskap. I denne rapporten presenteres fareområdet ved 500-årsflom i Hogstvetbekken. Flom som oppstår på grunn av Hogstvetbekken utgjør risiko for skade hovedsakelig i delområde 1 og 2, og i mindre grad i delområde 3 og 8 (Fig. 2-5). I delområde 1, er adressene Brekkeveien 4 (Ås togstasjon), bussholdeplass, Brekkeveien 6, Rådhusplassen 1, parkeringsplassen ved stasjonen og plattformen for togreisende utsatt for risiko ved 500-årsflom.

Adressene Moerveien 10, Brekkeveien 3E, 3C, 5 og 7 er også delvis utsatt for risiko. Delområde 2 er stort sett ubebygget. Adressene Brekkeveien 8, 10 og 14 ligger i risiko-området. Parkeringsplassen ved REMA1000 og adressen Gamleveien 2 er utsatt for flom i delområde 3. Parkeringsplassen ved Rådhusplassen er også utsatt for flomrisiko ved 500-årsflom i delområde 8.

### **Aktsomhetskart/ Avrenningslinje og forsenkninger**

Avrenningslinjer/forsenkingskart (Fig. 6-13) viser hvor vannet renner/akkumulerer i overflaten i et scenario hvor avløpsnettets innvirkning og infiltrasjon til grunnen er ikke til stede. Avrenningslinjer går i det laveste punktet i terrenget og påvirkes av hindringer som bygg, vei og annen infrastruktur mens forsenkninger (groper i terrenget) kan akkumulere overvann. Overlappende kart av avrenningslinjer og forsenkninger er presentert i rapporten og viser hvor vannet renner og samler seg i terrenget. Avrenningslinjer med større nedbørsfelt og forsenkninger kan forårsake oversvømmelser lokalt. Forsenkningene som er presentert her, har dybde større enn 0,25-1m og areal større enn 25 m<sup>2</sup>.

De viktigste veiene i Ås sentralområde er Fylkesvei 152 (Sentralveien), Langbakken, Brekkeveien og Måltrostveien. Veiene virker å lede bort vannet trygt med unntak ved Utveien 17, Lyngveien 31 og Måltrostveien 18-24 hvor avrenningen krysser veiene og utgjør en oversvømmelsesrisiko for tomtene i delområdene. Potensielt problemområde på grunn av forsenkninger ligger i delområdene 1 og 6 (bebygget område) og i delområde og 3, 4 og 7 (ubebygget område). Ved Raveien ligger en ca. 1500 m<sup>2</sup> forsenkning. Ved Måltrostveien og Sagaveien finnes det en forsenkning på mer enn 5000 m<sup>2</sup>. Kartet viser en forsenkning på ca. 1500 m<sup>2</sup> ved Sentralveien, 3 ha ved Åsmyra, og 1 ha ved Storebrand stadion.

### **Kapasitet på overvannshåndtering system**

Simuleringer med ledningsdata for overvann i Ås sentrum viser at ledninger har kapasitet til å håndtere avrenning fra nedbør med 2 års gjentaksintervall (som har 50 % sannsynlighet for å inntreffe). Simulering med nedbørsdata med 10 års gjentaksintervall viser at mange ledninger går med full kapasitet og medfører oversvømmelser på flere kummer. Erfaring tilsier at 15 % av tomtene slipper overvannet utenfor ledningsnett. Med tanke på at en del avrenning ikke går rett på overvannsnett med en gang, kan vi konkludere med at nettsystemet tåler avrenning fra nedbørintensitet i 10 års gjentaksintervall uten klimatillegg – med dagens utnyttelsesgrad. Enda flere ledninger og kummer overskrider kapasiteten når man legger til klimatillegget. Simuleringer med mer intens nedbør viser oversvømmelse på mange kummer i systemet. Konklusjonen er at dagens ledningsnett for overvann ikke tilfredstiller kravene til fremtidige god overvannshåndtering.

### **Fortetting og klima effekt**

Økning i utnyttelsesgrad (fortetting) minker arealet som kunne infiltrert eller fordrøyet vannet. Med økt utnyttelsesgrad, øker avrenningen. For eksempel har de 4 områdene simulert i sentrum 25 % utnyttelsesgrad i snitt per dags dato. Om utnyttelsesgraden skal økes til 80 %, vil avrenningskoeffisienten øke med 0,49 (fra 0,24 til 0,73). Dette vil øke avrenningen med ca. 2 m<sup>3</sup> per hektar for hver prosent økning i fortetting i sentralområdet. Med klimatillegg øker avrenningen til ca. 3,5 m<sup>3</sup> for hver prosent økning i fortetting per hektar.

### **Beregning av avrenning**

En nedbør med intensitet 2 års gjentakintervall og 20 minutters varighet medfører 112 m<sup>3</sup> avrenning per hektar i Ås med 100 % tette flater. Mengden øker til 264 m<sup>3</sup> per hektar hvis man beregner med gjentakintervall på 10 år, 20 minutters varighet og klimatillegg på 50 %. Derfor er 264 m<sup>3</sup> en dimensjonerende avrenning i Ås for fremtidige overvannsanlegg.

### **Lokale overvannsdiskonering (LOD)**

Overvannsrelaterte skader, mengde på fremtidige overvann og fortettingsbehov krever en forbedret overvannshåndtering. Den tradisjonelle måte som har fungert så langt, kan ikke tilfredsstille miljøkrav og økonomiske interesser. Derfor er det viktig at dagens system kombineres med lokal overvannsdiskonering (LOD) som kan infiltrere og fordrøye overvannet. Oversikt over mulige LOD-tiltak er presentert i tabell 7 - inkludert arealbehov, kostnad og effektivitet på enkelte tiltak. LOD egner seg i byggnivå, i boområde, på vei/gate og parkering, i gårdsrom, og i grøntstruktur. Hvilken løsning som er best til det enkelte nivå/område bestemmes av overordnet plan via reguleringsplaner til byggesak.

### **Økonomisk konsekvens**

Hvis det antas at sentralområdet på 151 ha skal fortettes til 80 % utnyttelsesgrad, trengs det LOD som kan håndtere overvann fra 88,3 ha tette flater. En grov beregning gir et kostnadsanslag for effektiv LOD for hele sentralområdet mellom 37 og 264 millioner kroner. Sammenligner vi dette med skadekostnader uten tiltak, ser man at mye blir spart om man hindrer alle overvannsrelaterte skader. Tallene viser at det lønner seg rent økonomisk å investere i overvannstiltak sammenlignet med skadekostnader uten tiltak anslått for området. I tillegg kommer en del positive virkninger ved investering i lokale overvannstiltak. Skal eksisterende ledningsnett brukes i fremtidig overvannshåndtering, er det viktig å ta i betraktning at det bør vurderes LOD-tiltak for den enkelte tomt.

### **Tiltak for Ås sentralområde**

Selv om Ås sentralområde ikke er utsatt for omfattende risiko for flom, viser aktsomhetskartet potensielle risiko-områder. I fravær av avbøtende tiltak, vil flomskader vokse med klimaendringer og fortettingsbehov. Ås Kommune vedtok en Overvannsnorm i 2015 for å imøtekomme fremtidige utfordringer i overvannshåndtering. Normen skal brukes i alle planprosesser og byggesaker i kommunen. Blågrønn-Faktor (BGF) er også godtatt som en fremtidsrettet beregningsmetode som leverer tverrgående løsninger for bærekraftig overvannshåndtering. LOD-tiltak i benyttes som teknisk løsning i BGF metoden for bygg, boområder, vei/gate og parkering, gårdsrom og grøntstruktur for overvannshåndtering ved fortetting. Det finnes en rekke LOD-tiltak (tabell 7) og andre tekniske løsninger som kan fordrøye/infiltrere overvannet lokalt og transportere flomvann trygt til vassdrag. Mulige løsninger for flomrisiko i Ås sentralområde:

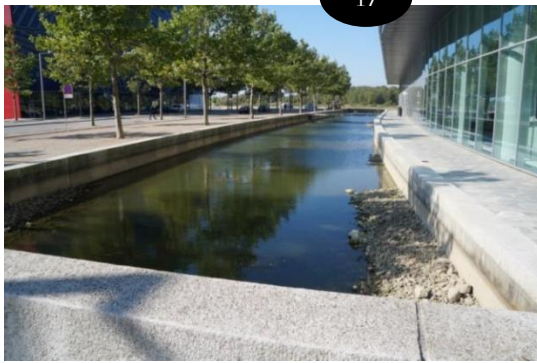
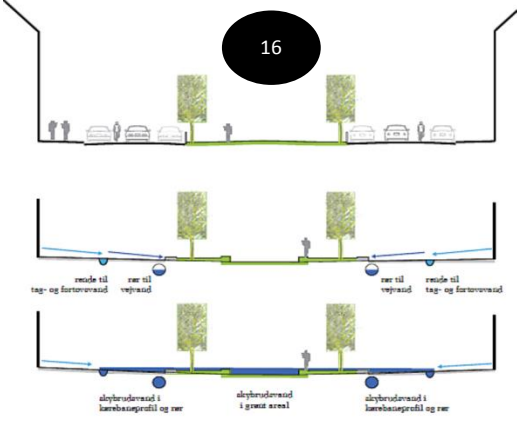
- a. Åpne Hogstvetbekken: Bekkeåpning der det er lagt under bakken kan hindre oppstuvning i delområde 1, 2, 3 og 8. Med gjenåpning av bekken på 1,6 km kan vannet ledes bort og redusere risikoen for skade i delområdene.
- b. Veinettet som flomvei: Det er viktig å merke seg at verken LOD eller ledningsnett vil ha kapasitet til å håndtere ekstrem nedbør. Flomveier er veldig viktig i slike tilfeller for å lede flommen til vassdragene på en trygg måte. Avrenningslinjene i Ås sentralområde følger stort sett veinettet (Fig. 5-12). Tiltak for å sikre mot oversvømmelse i sentralområdet må derfor

være å opprettholde og drifte viktig veier (Lyngveien, fylkesvei 152, Langbakken, Brekkeveien og Måltrostveien). Vedlikehold og drift av grøftesystemet i de viktige veiene må prioriteres. Innkjørsler skal for eksempel ikke være til hinder for at flomvann kan renne videre.

- c. Senk veiene/heve veikanten: Enkelte steder i delområde 5 og 6 bryter avrenningslinjene veikantene til tomtene. Oversvømmelsesrisikoen ved adressene Utveien 17, Høgskoleveien 18 og 20 kan reduseres med veiforsenkning fra Utveien 18 til veikrysset Utveien/Samfunnsveien. Et alternativt tiltak er å lage flomvei langs avrenningslinjen mellom Utveien 17-19 og Høgskoleveien 18-20. For å redusere risikoen for oversvømmelse i Lyngveien 31 og 33, kan en flomvei fra garasjen i Kajaveien 45 til Lyngveien lede vannet trygt forbi disse adressene. Oversvømmelsesrisiko i Ekornveien 22, Måltrostveien 20/25 og Sagaveien 15/17 kommer av forsenkningen i området, og løsningen må sees i sammenheng med dette. Veiforsenkning fra Sagaveien 15 til veikrysset ved Tverrveien 4 kan redusere fare for oversvømmelse i Sagaveien 10 og Tverrveien 4.
- d. Tiltak i forsenkninger – et mulig tiltak for forsenkninger er å planere forsenkete områdene. Fylling av et areal på ca. 5000 m<sup>2</sup> i delområde 6 opptil 1 m kan redusere sannsynligheten for flom i Måltrostveien 20, 22 og 24, Måltrostveien 18, 21 og 29A, Sagaveien 17A, 19 og 21. Ved fylling av området, kan veiene også fungere bedre og avrenningslinjene følger Måltrostveien til veikrysse ved Rådyrveien og redusere sannsynligheten for oversvømmelse i Ekornveien 22, Måltrostveien 20 og 25 og Sagaveien 15-17.

For å redusere sannsynligheten for fremtidige flomskader, må planen for Ås sentralområde tydeliggjøre at det ikke skal bygges sårbare bygg i sonen for 500-årsflom langs Hogstvetbekken. Planen må også vise at bygg i Måltrostveien, Åsmyra og ved Storebrand stadion skal være hevet/uten kjeller på grunn av forsenkninger. Alternativet i disse forsenkete områdene er å planere arealet eller bruke arealet for andre formål enn bygg, for eksempel, park eller LOD.

**Tiltak ved fortetting/flomvei** - Det merkes fra avrenningslinjekartet at veinettet er sentralt ved flomtransport i Ås sentralområde. Med fortetting kommer mønsteret på avrenningslinjene til å forandre seg lokalt. Det er sannsynlig at flomhendelser øker på grunn av større avrenning som ledningssystemet og LOD ikke tåler. Derfor er det viktig å følge retningslinjene i normen som krever en prinsipp-plan som inneholder bla. flomveier. Eksempler på tekniske løsninger for flomveier i tett sentrumsområde er vist i fig. 14-17.





## 2. Bakgrunn

### 2.1. Kommunens ansvar og myndighet i overvannshåndtering

Norske bykommuner tok ansvaret for avledning av overvann i tettbygde områder helt fra starten av utbyggingen av det moderne avløpsnett midt på 1800-tallet. Overvann ble i de fleste byer sett på som en kommunal oppgave (NOU 2015:16). I klimatilpasningsmeldingen (Meld. St. 33 (2012–2013), ss. 52-53), legges et særskilt ansvar for overvannshåndtering til kommunene. I henhold til plan- og bygningsloven § 3-3 har kommunen ansvaret for å håndtere overvann og må derfor ta hensyn til påvirkning fra overvann i oppgaver som kommunen har ansvar for ([www.miljokommune.no](http://www.miljokommune.no)). Historisk sett har overvannshåndteringen vært basert på å lede overvannet raskest mulig bort i lukkede ledningssystemer. (Lindholm et. al, 2008). Utviklingen av overvannsledningsnett har gått gjennom mange faser. Systemer som bekkelukkinger og fellessystem, separatsystem og lokal overvannshåndtering har blitt bygd gjennom de siste 100 årene.

Utfordringer knyttet til tradisjonell tilnærming av overvannshåndtering har forårsaket utilsiktede konsekvenser (Lindholm et. al, 2008):

- Overvannsavrenningen har økt i mengde og intensitet
- Overvannets hastighet og faren for erosjon har økt
- Senkning av grunnvannstanden
- Skader på vegetasjon og bygningskonstruksjoner
- Utslipp og spredning av overvannforurensinger
- Forringelse av det økologiske miljøet.

Utfordringene ovenfor er kun en del av en generell problemstilling. Flomskader forårsaket av overvann har økt i de senere årene. I Ås kommune har det vært flere hendelser som følge av flom. Dagbladet fra juli 2015 rapporterer oversvømmelse i Ås sentrum. Statistikk fra Finans Norge (data mottatt per e-post) viser at overvannsrelaterte skader årlig har kostet ca. 2,5 million kroner i gjennomsnitt i Ås i perioden 2010 – 2015 (tallet baserer på forsikringsutbetaling).

Årsaken til problemene er sammensatt. Mengden på overvann skyldes både naturgitte forhold, klimaendringer og lokal menneskelig påvirkning gjennom fortetting og andre inngrep. Klimatilpasningsutvalget påpeker i NOU 2010:10 at et endret klima med mer totalnedbør og mer intens nedbør vil øke utfordringene i overvannshåndtering. Ekstrem og kraftig nedbør, og i enkelte tilfeller vanlig nedbør, samt brå snøsmelting i områder med tette flater, kan skape store overvannsmengder og fare for omfattende skader på bygninger, infrastruktur og anlegg. I tillegg til nedbørsmengde og -intensitet, vil topografi og overflatestrukturen påvirke hvordan nedbøren renner av fra overflaten. Fortetting i byer og tettsteder påvirker overflatens permeabilitet og beskaffenhet slik at avrenningen skjer hurtigere. Fortetting gir større vannmengder på kortere tid sammenlignet med avrenning fra naturlig terreng. Fortetting er forventet i Ås på grunn av kommunens forutsett befolkningsvekst frem mot 2040.

Intens nedbør og fortetting er derfor to årsaker som hver for seg bidrar til økt avrenning og som til sammen kan øke avrenningen betydelig. Dette har spesielt stor samfunnsøkonomisk betydning i byer og tettsteder, der det er store konsentrasjoner av materielle verdier som kan ta skade av ukontrollert avrenning.

Endringer i fortetting og nedbør vil også påvirke flomforholdene i vassdragene. Stadig flere elver vil bli dominert av regnflommer. I mange vassdrag kan flomvannføringen ved dagens 200-årsflom øke med mer enn 20 prosent i løpet av de neste 100 år, i noen vassdrag med mer enn 40 prosent

(Hanssen-Bauer mfl., 2015). For alle små vassdrag i Norge som reagerer raskt på kraftig korttidsnedbør, må en regne med minst 20 prosent økt flomvannføring i løpet av de neste 50 til 100 årene.

### 3. Hva skal til for å oppnå god overvannshåndtering?

I Regjeringens klimatilpasningsmelding anbefales det at kommunene bør ha en overordnet strategi for overvannshåndtering og innarbeide dette i kommuneplanens arealdel, reguleringsplan og byggesak. Meldingen anbefaler videre at strategien bør ta hensyn til forventede nedbør- og avrenningsforhold, akseptabel risiko for flomsituasjoner og tiltak som bør vektlegges for å sikre en fremtidsrettet lokal overvannshåndtering (NOU 2015:116).

En strategi for overvannshåndtering må ha som mål å redusere skadekostnadene for samfunnet, begrense forurensning og skape positive effekter for naturmiljø og helse. For å oppnå dette anbefaler NOU'en at det legges opp til beslutningsprosesser som kan inneholde følgende elementer:

1. Mål og vilkår
2. Kunnskapsgrunnlag
3. Analyse
4. Beslutning og gjennomføring
5. Kontroll og evaluering

Ås kommune var tidlig ute og vedtok en norm (Norm for overvannshåndtering 2015) for å fastsette mål og gi retningslinjer for overvannshåndtering. Målet med normen er å skape effektive løsninger og verne om vannmiljø, folkehelse og økonomiske interesser. Kommunens norm for overvannshåndtering gir også retningslinjer om at sentrale planer må sette rammebetingelser for utvikling og bruk av grønndrag og vassdrag i kommunen, samt gi retningslinjer for overvannshåndtering innenfor hele kommunen eller delområder.

Denne rapporten er ment å supplere det pågående planarbeidet ved å samle inn kunnskapsgrunnlag for å analysere utfordringer, samt presentere muligheter for løsning og tiltak.

Forutsetningen for funksjonell effektivitet er å verne om vannmiljø og folkehelse. Kostnadseffektive tiltak vil i stor grad avhenge av lokale forhold. Kunnskap om avrenningen i nedbørfeltet eller interesseområdet, kunnskap om hvordan fortetting og klimaendringer påvirker avrenningen, informasjon om tilgjengelig kapasitet på overvannsnettet, informasjon om overvannsrelatert skader, og kunnskap om overvannstiltak, vil gi beslutningstakerne et utgangspunkt for å kunne ivareta overvannsutfordringene og finne de riktige tiltakene.

#### 3.1. Kartlegging av aktsomhetskart

##### 3.1.1. Elveflom

Faren for oversvømmelse og skader øker ved berøring av naturmiljøet som påvirker avrenningsmønster i tette bebygde område. Flom langs bekker forårsaker store skader i dag (NVE 3, 2015). Fremtidige klimaendringer vil øke problemet. Kartlegging av fareområde for oversvømmelse er derfor viktig for arealplanlegging, skadereduserende tiltak og beredskap. I denne kapittel presenteres fareområdet for flom ved Hogstvetbekken i form av aktsomhetskart. Aktsomhetskart er bearbeidet i ArcGIS-analyser (se Fig. 2-5). Grunnlagsdata for analysen er hentet fra Byggesak og geodata-seksjon. Metoden for flom-aktsomhetsarbeidet er hentet fra fagdag og metodeworkshop 2016 (se vedlegg 4 for framgangsmåten). Aktsomhetskartet gir en indikasjon på hvor flomfaren bør vurderes nærmere dersom det er aktuelt med ny utbygging eller gir informasjon om hvilke eksisterende eiendommer som ligger i fareområdet. Informasjonen i kartet kan benyttes som et

første vurderingsgrunnlag i konsekvens utrednings -og/eller risiko- og sårbarhetsanalyser tilknyttet kommuneplanen, og for å identifisere potensielle fare-områder for flom. Fare-områdene kan legges til grunn ved fastsetting av flomhensynssoner og planbestemmelser.

Basert på 500-års flom, viser aktsomhetskartet potensielt flomutsatte områder rundt Ås stasjon. Gjentakintervall er det antall år som gjennomsnittlig (over en uendelig lang periode) går mellom hver gang en like stor eller større flom inntreffer. Gjentakintervallet er en dynamisk begrep som endrer seg over tid når grunnlagsdata eller referanseperiode endres. En 500-års flom har 0,2 % sannsynlighet hvert år. Det er viktig å merke at flom størrelsen dobler ikke med doblet gjentakintervall. For eksempel 100-årsflom er ikke dobbelt så stor som en 50-årsflom. Aktsomhetskartet stemmer med erfaring fra tidligere flomhendelser i Ås sentralområde. Langs Hogstvetbekken ble det registrert 3 flom-episoder i 2015. På strekningen Ås stasjon og 2 km sørover er Hogstvetbekken hovedsaklig lagt i rør. Om lag 400 m av denne strekningen er åpen bekk. Flomarealet dekker et større område rundt Ås stasjon og minker i bredde sørover langs bekken (Fig.5). Dette kan være på grunn av den forholdsvis flate topografien rundt Ås stasjon, eller på grunn av at Hogstvetbekken er delvis lukket.



Fig.2. Potensiell 500-årsflom (lyseblå) i delområde 1 og 8 på grunn av oppstuvning i Hogstvetbekken.



Fig.3. Potensiell 500-årsflom (lyseblå) i delområde 2 på grunn av oppstuvning i Hogstvetbekken.

### 3.1.1.1. Risiko område ved 500-års flom i Hogstvetbekken

Flom som oppstår på grunn av oversvømmelser i Hogstvetbekken utgjør risiko for skade hovedsakelig i delområdene 1 og 2, og i mindre grad i delområde 3 og 8 (Fig.2-4). I delområde 1, er eiendommene Moerveien 10 og Brekkeveien 3E, 3C, 5 og 7 delvis utsatt for risiko. Eiendommene Brekkeveien 4 (Ås stasjon), bussholdeplassen, Brekkeveien 6, Rådhusplassen 1, parkeringsplassen ved stasjon og plattformen for tog reisende er utsatt for risiko ved 500-årsflom. Delområde 2 er stort sett ubebygget. Eiendommene Brekkeveien 8, 10, og 14 ligger i risiko-området. Parkeringsplassen ved REMA 1000 og

Gamleveien 2 er utsatt for flom i delområde 3 ved 500-årsflom. Parkeringsplassen ved Rådhusplassen er også utsatt for flomrisiko ved 500-årsflom i delområde 8.

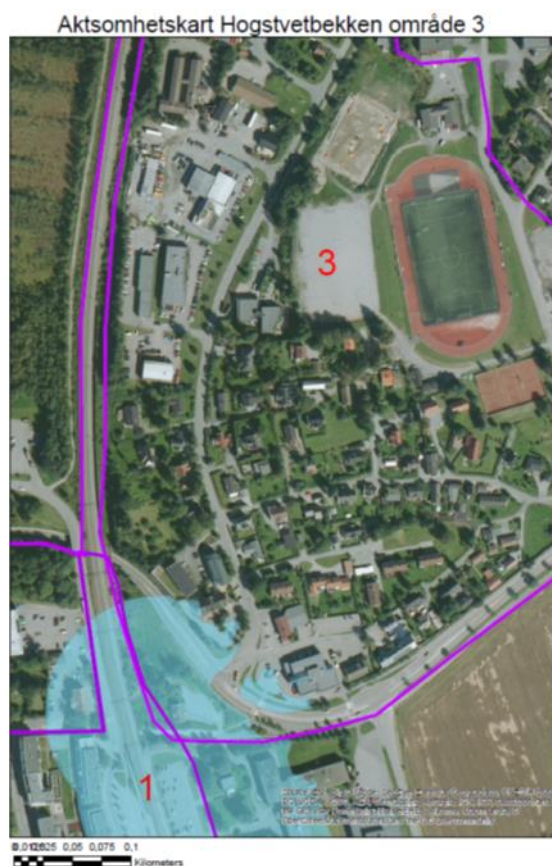


Fig.4. Potensiell 500-årsflom (lyseblå) i delområde 3 på grunn av oppstuvning i Hogstvetbekken.

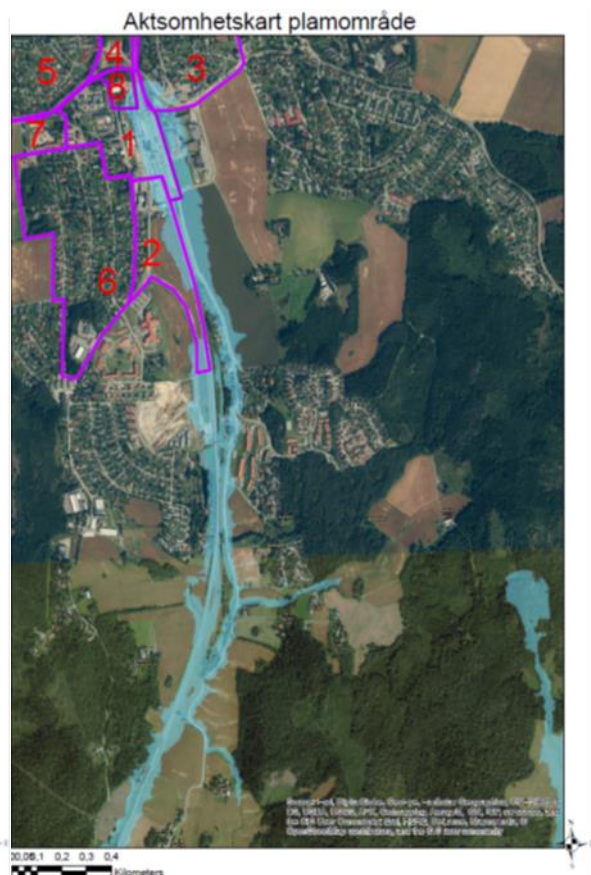


Fig.5. Potensiell 500-årsflom (lyseblå) i Hogstvetbekken.

### 3.1.2. Avrenningslinjer og forsenkninger

Avrenningslinjene viser hvor vannet vil renne ut fra terrengets form og helning. Vannet renner til det laveste punkt i terrenget og samler seg i forsenkninger underveis. Avrenningslinjene er utarbeidet basert på dagens topografisk informasjon og vil endres over tid dersom det foretas fysiske inngrep i topografien. Forsenkninger er groper i terrenget som ikke har noen naturlig avrenningsmulighet. Dette medfører at vann kan akkumulere og skape risiko for oversvømmelse. Analysen for avrenningslinjer og forsenkninger i sentral området er gjennomført i et scenario hvor avløpsnettets innvirkning og infiltrasjon til grunnen er ikke til stede. Arbeidet baserer seg på David Murtnes (2015) masteroppgave i generering av drenslinjer i Drammen ved bruk av ArcGIS. Metoden er en grov forenkling av urbane avrenningsforhold, men resultatene stemmer godt med lokalkjente sine vurderinger. Det relative størrelsen på avrenningslinjene viser den relative mengden av vannet og størrelsen på nedbørsfeltet som drenerer til punktet i terrenget. Forsenkningene i kartet er klassifisert og visualiserer forsenkninger dypere enn 25 cm og større enn 25 m<sup>2</sup> i areal.

Overlappende kart av avrenningslinjer og forsenkninger for sentralområdet er presentert i Fig. 6-13. Kartet kan brukes i planleggingen av flomveier som leder overvann bort på en sikker måte når infiltrasjons- og fordrøynings kapasitet er overskredet. Informasjonen i kartet kan benyttes som et vurderingsgrunnlag i konsekvensutredninger tilknyttet kommuneplan og for å identifisere potensielle fareområder for oversvømmelser.

### 3.1.2.1. Potensiell flom utsatt område på grunn av intens nedbør

Avrenningslinjene følger stort sett veinettet. De viktigste veiene i sentralområdet er Utveien, Høgskoleveien, Kajaveien og Lyngveien i delområde 5. Veiene virker å lede bort vannet trygt med unntak ved Utveien 17 hvor avrenningen krysser veien fra Utveien 18 og utgjør en oversvømmelsesrisiko for eiendommene Utveien 17, Høgskoleveien 18 og 20. Nedbørsfeltet for avrenningen i punktet er ca. 2,8ha. Avrenningskartet viser også et potensielt problem ved Lyngveien 31 og 33, hvor avrenningslinjen bryter inn til tomtene. Nedbørsfeltet som renner på dette punktet er ca. 4,5ha. Viktige veier i delområde 3 er fylkesvei 152 (Sentralveien) som har nedbørsfelt på ca. 20ha. Erfaring fra Trondheim viser at oversvømmelser i tettbygde strøk oppstår med en 100 l/s i en nedbørsfelt på 5ha. Men nedbørsfeltet som gir grenseverdien blir mindre med mer fortetting og klimatillegget. Derfor avrenningslinjer som krysser veiene i delområdene 1, 5 & 6 utgjør oversvømmelse risiko i sentral området.



Fig.6. Oversikt over avrenningslinjer (grønne linjer) og forsengkninger (blåfarget) i Ås sentralområde

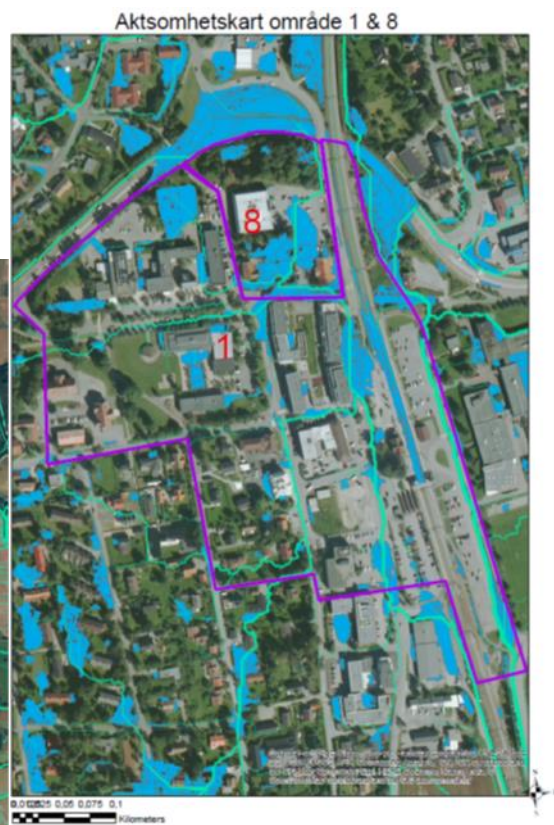


Fig.7. Avrenningslinjer (grønne linjer) og forsengkninger (blå farget) i delområde 1 og 8



Fig.8. Avrenningslinjer (grønne linjer) og forsengkninger (blåfarget) i delområde 2



Fig.9. Avrenningslinjer (grønne linjer) og forsengkninger (blåfarget) i delområde 4



Fig.10. Avrenningslinjer (grønne linjer) og forsengkninger (blåfarget) i delområde 5

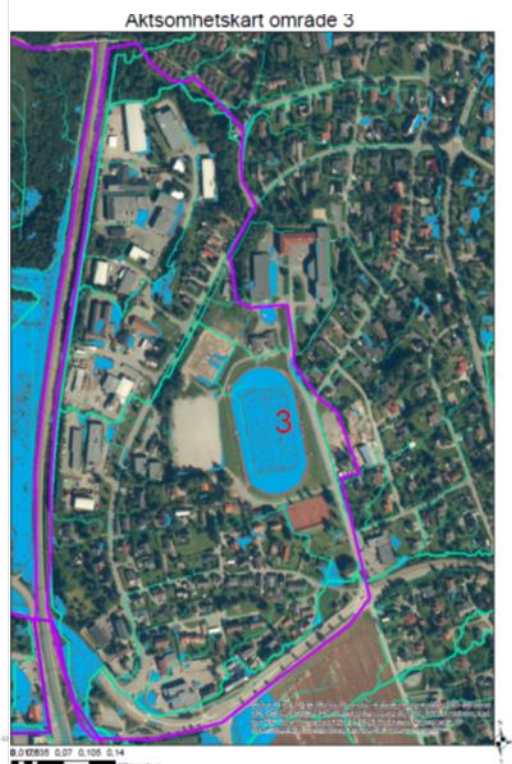


Fig.11. Avrenningslinjer (grønne linjer) og forsengkninger (blåfarget) i delområde 3



Fig.12. Avrenningslinjer (grønne linjer) og forsenkninger (blå farget) i delområde 6

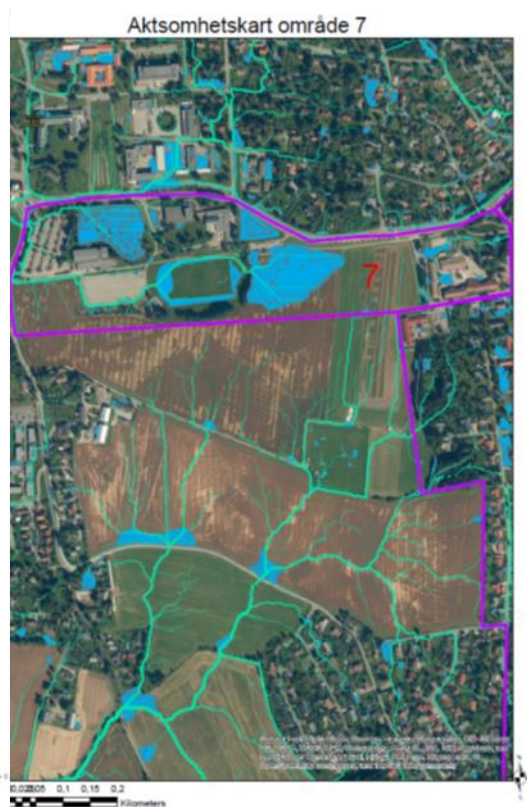


Fig.13. Avrenningslinjer (grønne linjer) og forsenkninger (blå farget) i delområde 7

### 3.1.2.2. Potensiell flom utsatt område på grunn av forsenkninger

Forsenkninger utgjør en risiko for oversvømmelse i alle delområdene. Basert på størrelsen og dybden på forsenkningene, er delområdene 1 & 6 i bebygde område utsatt for oversvømmelse. Delområde 1 har en ca. 1500 m<sup>2</sup> forsenkning på 0,25-1m dybde i Raveien. Det er kun en tomt i Raveien 8 som er utsatt og området får ikke vann fra andre områder. Utfordringen her er at vannet ikke renner videre ved et eventuelt styrtregn. Delområde 6 har en relativt stor (mer enn 5000 m<sup>2</sup>) forsenkning på 0,25-1m dybde i Måltrostveien og Sagaveien. Denne forsenkningen får vann fra ca. 8,6 ha areal i området (Sagalund barnehage og Opems pulverlakkering i sør, og Ekorneveien 8A i nord). Måltrostveien 20, 22, og 24 er i fareområdet, mens Måltrostveien 18, 21 og 29A, og Sagaveien 17A, 19 og 21 også blir påvirket. Delområdene 4 og 7 (ubebygde område) har store forsenkninger. Delområde 3 har et forsenket område på ca. 1500 m<sup>2</sup> ved Sentralveien. Delområde 4 har over 3 ha forsenkning ved Åsmyra. I delområde 7, er det forsenkning på ca. 1 ha ved siden av Storebrand stadion. Utover dette, finnes det 84 forsenkninger med størrelse mellom 100 m<sup>2</sup> og 1500 m<sup>2</sup> i sentralområdet. Disse mindre forsenkningene befinner seg i starten av avrenningen i de fleste tilfellene og utgjør mindre risiko for oversvømmelser.

## 3.2. Beregning av avrenning for dimensjonering

Når avrenningslinjene er kartlagt, kan det være nødvendig å beregne hvilke vannmengder som vil oppstå som følge av kraftig nedbør. Ved beregning av fremtidig avrenning er det viktig å ta hensyn til forventede endringer i både avrenningsforhold og klima.

Store mengder nedbør på kort tid er særlig belastende for overvannsnett og fører ofte til at det oppstår flaskehals. Valget av dimensjonerende nedbørintensitet bør derfor gjøres ut fra den regnvarigheten som vil være verst tenkelig for overvannssystemet i de ulike gjentakintervallene. I Ås

kommune brukes det 10 års gjentakintervall og 20 minutters varighet som dimensjonerende nedbørhyppighet. Data fra Rustadskogen målestasjon gir en nedbørintensitet på 146,8 l/s\*ha i 20 minutter (e-klima). Dette gir en avrenning på 176 m<sup>3</sup>. Kommunen bruker 50 % klimatillegg for dimensjonering. Klimafaktoren settes derfor til 1,5, som gir en dimensjonerende nedbørintensitet på 220 l/s\*ha. Det antas at avrenningsarealet er en tett flate for å gjøre beregningene. Avrenningskoeffisienten som benyttes for tette flater er 1,0. Ved nedbørintensitet på 10 års gjentakintervall og varighet i 20 minutter gir dette en avrenning på 0,0264 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> tett flate. Ved en tett flate på 10.000 m<sup>2</sup> gir det en avrenning på tilnærmet 264 m<sup>3</sup>/ha.

### 3.3. Kapasitet og tilstand på dagens ledningsnett

Dagens overvannshåndtering i Ås er i hovedsak basert på tradisjonelle løsninger, og det finnes få eksempler på lokal overvannsdiskonering. Overvann ledes i egne ledninger til resipient.

Ås kommune dokumenterer sitt VA-nett i Gemini VA. Data om størrelser, lengde, byggeår, materiell og beliggenhet av kummer og ledninger, oppdateres kontinuerlig. Kommunen har satt i gang vurdering av kapasitet og tilstand av eksisterende overvannsnett for å imøtekomme fremtidig utvikling, klimaendring og nye krav i overvannshåndteringen. Vedlegg 1 viser områder der tilstand på ledningsnettet for overvann er undersøkt med simulering i SWMM 5.1. Undersøkelsene viste at overvannsnettet ikke tilfredsstillende standard til overvannshåndtering. For eksempel, analyse av klimaendringens påvirkning på Rustadfeltet med kalibrert modell, konkluderte med at avløpsnettet er sårbart for økt regnintensitet (Lars Buhler, Master oppgave, 2013). I følge denne analysen er overvannsnettet allerede underdimensjonert i forhold til norsk standard og det trengs straks-tiltak for å unngå eventuelle framtidige bygningsskader. Eirunn Dvergsnes har gjort tilsvarende forsøk (master oppgave 2016) i Ås Sentrum og fant ut at dagens ledningsnett ikke er tilfredsstillende dimensjonert i forhold til dagens norske standard. Simuleringer hun gjennomførte viser oversvømmelser og skader på bygninger allerede på nedbørintensitet i 10 og 20 års gjentakintervall.

### 3.4. Analyse av overvannsnett i områdene Skogveien, Brattbakken og Moerjordet

Disse tre områdene og sentrumsområdet der Eirunn Dvergsnes simulerte, dekker areal i planprogram Ås sentralområde. Analysen utgjør en del av kunnskapsgrunnlaget for framtidens eventuelle utfordringer på avløpsnettet og i strategisk planlegging.

Denne analysen fokuserer på ledningskapasitet, håndtering av fremtidige overvann og potensielle oversvømmelser gjennom simulering i programvare SWMM 5.1. Analysen bygger på modellene brukt av Lars Buhler og Eirunn Dvergsnes i sine respektive hovedoppgaver. Bakgrunnskart utnyttet i analysen er utarbeidet i ArcGIS. Nedbørsdata på Rustadskogen målestasjon er hentet fra eklima. Andre data i analysen er hentet fra kommunens Gemini VA og konvertert til et format som passer til programvaren SWMM. Det er mange parametere som påvirker avrenningen. 13 av parametere er listet i tabell 1.

**Tabell 1: Parametere brukt i simulering**

Parameter	Verdi	Merknad
Bredde på nedslagsarealet	m (mange delfelt)	Målt per del-felt
Helning på nedslagsarealet i prosent	2,4	Utarbeidet i ArcGIS
Prosent av tette flater	%	Kalkulert per del-felt
Bredde på delfelt vei	m	Målt per del-felt
Prosent tette flater vei	50 %	



Grop-magasin for tette flater (mm)	2	Samme for alle del-felt
Grop-magasin for perm. flater (mm)	4	Samme for alle del-felt
Maks. infiltrasjonsrate i Horton (mm/h)	75	Samme for alle del-felt
Min. infiltrasjonsrate i Horton (mm/h)	20	Samme for alle del-felt
Manningstall for tette flater (dim. løs)	0,013	Samme for alle del-felt
Manningstall for perm. flater, gress	0,24	Samme for alle del-felt
Tette flater uten grop-magasin (%)	0	Samme for alle del-felt

Skogveien ligger vest for Ås sentrum. Området ved Skogveien har hovedsakelig eneboliger og universitets bygninger. Området er på 34,9 ha, hvor andel takflater utgjør 24,2 %. Analyseområdet er delt i 125 delfelt (subcatchments) og ett utløpspunkt (outfall). Området har en vestvendt helning hvor avrenningen fra området renner ut i Vollbekken. Topografien i området er ujevnt, ArcGIS analyse viser helning på ca. 2,4 % i snitt.

Simuleringer i Skogveien-området viser at overvannsnettets har god kapasitet til å håndtere avrenning fra nedbørsintensitet med 2 års gjentakintervall (som har 50 % sannsynlighet for å inntreffe) og 10 minutters varighet - med dagens utnyttelsesgrad. Kummene i simulert område viser at systemet leder bort overvannet på en sikker måte. Situasjonen forandrer seg med økt intensitet i nedbør. For eksempel, simulering med nedbør i 10 års gjentakintervall viser at mange ledninger går fulle og en del kummer oversvømmes. Men erfaring i feltet tilsier at 15 % av tomtene slipper overvann utenfor ledningsnettets. Med tanke på at en del avrenning ikke går rett på overvannsnettets med en gang, kan vi konkludere med at nettsystemet tåler avrenning fra nedbørsintensitet i 10 års gjentakintervall uten klimatillegg – med dagens utnyttelsesgrad.

Simuleringer med data i mindre sannsynlighet (20, 50 og 100 års gjentakintervall) og klimatillegg viser oversvømmelse i mange kummer i systemet – med dagens utnyttelsesgrad. Det betyr at dagens ledningsnett for overvann ikke har kapasitet til å håndtere økende overvannsmengder som følge av verken klimatillegg, økt intensitet eller fortetting.

Brattbakken-området ligger øst for Ås stasjon. Eneboliger, kommunal bygninger, industri- og kontorbygg finnes i området. Området er ca. 30,7 ha, hvor andel tette flater utgjør 26 %. Området er delt i 149 delfelt basert på eiendomsgrenser, har 107 kummer, 89 ledningsstrekninger og 4 utløpspunkter. Avrenningen fra området renner ut mot Hogstvetbekken.

Resultatet fra denne analysen gjenspeiler analysen for Skogveien-området. Overvannsnettets har ikke kapasitet for intensnedbør mer enn 10 års gjentakintervall. Overvannsnettets tåler ikke klimatillegg og fortetting (se simuleringresultat, vedlegg 2).

Moerjordet har ca. 17,4 ha areal. Avrenningen fra området renner ut mot Hogstvetbekken. Resultatet fra dette området ligner på analysene i de to andre områdene. Overvannsnettets har ikke kapasitet for intenst regn mer enn 10 års gjentakintervall. Overvannsnettets tåler heller ikke klimatillegg og fortetting. Åpent, tørt fordrøyningsbasseng er lagt i området for å håndtere overvannet på en sikker måte. Erfaringen fra Moerjordet kan være en god erfaring når man tenker på overvannstiltak i kommunen.

Alle simuleringsanalysene viser at overvannsnettets i Ås sentrum leder avrenningen på en sikker måte i dagens nedbør intensitet (nedbør med 2 års gjentakintervall). Simuleringer med nedbørsintensitet på 10 års gjentakintervall viser at kapasiteten er overskredet. Det er lagt til grunn for beregningene at 15 % av eiendommene i simuleringen ikke er koblet til overvannsnettets – noe som gjør at systemet belastes noe mindre enn simuleringen viser. Basert på eksisterende praksis og simuleringer utført med 15 % mindre tette flater enn dagens utnyttelsesgrad, konkluderes det med at nettet tåler overvann fra nedbørsintensitet i 10 års gjentakintervall uten klimatillegg.

### 3.5. Fortetting og effekten på avrenning

Ås er en av kommunene som vokser høyest i folketall. I følge SSB skal folketallet øke til 30000 i år 2040 fra dagens 20 000. Ås kommune planlegger å kanalisere veksten i sentrumsområdet (Planprogram Ås Sentral område, 2015). Vekst i sentrum innebærer fortetting og økning i tette flater som medfører økning i avrenning. Størrelsen på avrenningen påvirkes av graden av fortettingen.

Tabell 2 viser effekten av fortetting på avrenning i 4 simulerte områder i sentrum. Analysene er gjort med dagens utnyttelsesgrad, 25 %, 40 %, 60 % og 80 % utnyttelsesgrad. Eiendommene i sentrum har varierende utnyttelsesgrad per dags dato, noen har mindre enn 25 %, noen har 100 % utnyttelsesgrad (asfaltert hele området). Metoden for denne analysen er å øke andelen tette flater på tomtene (delfeltene i SWMM) som har mindre enn den utnyttelsesgraden man ønsker å bruke. Ved å bruke 25 % utnyttelsesgrad som ønsket fortetting, øker tette flater på tomtene som har mindre enn 25 %, mens delfeltene i SWMM som har mer enn 25 % utnyttelsesgrad beholder sin reelle verdi. Dette gir en total utnyttelsesgrad på over 25 % i simuleringsområdet. I tabell 2, får de 4 simuleringsområdene utnyttelsesgrad på 31,5, 30,6, 27,8, og 35,2 % selv om ønsket fortetting er satt på 25 %. Som vist i tabell 2; avrenningskoeffisienten øker med økt utnyttelsesgrad som medførte økning i avrenning i alle 4 områder. Avrenningskoeffisienten øker fra 0,24 i dagens utnyttelsesgrad til 0,73 med 80 % utnyttelsesgrad. Avrenningsvolumet øker fra 6887 m<sup>3</sup> til 22 969 m<sup>3</sup>. Fortetting til 80 % øker avrenningen med 2,33 ganger i forhold til dagens utnyttelsesgrad.

**Tabell 2: Effekt av fortetting på avrenning i 4 områder i Ås sentrum**

	Nåværende	25 %	40 %	60 %	80 %
<b>Skogveien-området (34,9 ha Totalareal)</b>					
Tette flater (ha)	8,5	11	14,9	21	28
Tette flater (%)	24,2	31,5	42,6	60	80
Avrennings Koeffisient	0,26	0,3	0,4	0,56	0,74
Avrenning (m <sup>3</sup> )	1850	2400	3300	4700	6300
<b>Brattbakken-området (30,7 ha total areal)</b>					
Tette flater (ha)	8	9,4	12,9	18,5	24,6
Tette flater (%)	26	30,6	41,9	60	80
Avrennings Koeffisient	0,23	0,29	0,42	0,57	0,74
Avrenning (m <sup>3</sup> )	1700	2200	3000	4200	5500
<b>Ås Sentrum-området (48,9 ha total areal)</b>					
Tette flater (ha)	8,1	13,6	20	29,3	39
Tette flater (%)	16,6	27,8	41,1	60	80
Avrennings Koeffisient	0,17	0,2	0,31	0,49	0,7
Avrenning (m <sup>3</sup> )	1360	2710	4000	6100	7620
<b>Moer jordet (total areal 17,4)</b>					
Tette flater (ha)	4,7	6,1	7,8	10,9	14
Tette flater (%)	26,8	35,2	44,94	62,53	80,95
Avrennings koeffisient	0,43	0,47	0,53	0,65	0,77
Avrenning (m <sup>3</sup> )	1977,5	2144,5	2431,3	2977,2	3549,2
<b>Total Avrenning</b>	<b>6887</b>	<b>9455</b>	<b>12731</b>	<b>17977</b>	<b>22969</b>

Hvor mye avrenningen øker i takt med prosentvis økning av utnyttelsesgrad kan beregnes fra simuleringens data i tabell 2. Tabell 3 viser en økt avrenning i gjennomsnitt med 75 m<sup>3</sup> i Skogveien-området ved øking av utnyttelsesgrad med 1 prosent da utnyttelsesgrad økt fra dagens nivå til 25 %. Avrenningen øker med 81m<sup>3</sup> per prosent økning når utnyttelsesgrad øker fra 25 % til 40 %. Det ble 80m<sup>3</sup> økning per prosent økning når utnyttelsesgraden økt fra 40 til 60 %. For økning utnyttelsesgrad fra 60 til 80 % i samme område ble avrennings økning 80 m<sup>3</sup>. I gjennom snitt avrenningen øker med 79 m<sup>3</sup> i Skogveien område per prosent økning i tetteflate. Beregning på samme måte gir avrennings økning på 77m<sup>3</sup> per prosent økning i Brattbakken område i gjennomsnitt. 101m<sup>3</sup> og 28m<sup>3</sup> i gjennomsnitt i andre to områder. Videre viser tabell 3 at gjennomsnitt økning for alle 4 områdene i sentrum er 71m<sup>3</sup> per prosent økning. Dette gjennomsnittet gjelder for total areal av 4 områdene (132ha). Beregning av avrennings økning for prosent økning per ha kan hjelpe å finne en avrennings økning for mindre eller større areal enn dette spesifikke område. Tabell 3 viser at avrenningen øker med 1,96m<sup>3</sup> per prosent per hektar. En prosent mer fortetting i sentralområde på 151ha gir 296m<sup>3</sup> overvann. Dette blir en avrennings økning på 17130m<sup>3</sup> hvis fortettingen øker fra dagens nivå til 80 % utnyttelsesgrad. Avrenningen øker med 11300m<sup>3</sup> hvis utnyttelsesgraden er satt til 60 %. Ekstra avrenning på grunn av fortetting fra samme areal blir 6000m<sup>3</sup> og 2500m<sup>3</sup> om utnyttelsesgrad er satt til 40 % og 25 % henholdsvis.

**Tabell 3: Avrennings økning (m<sup>3</sup>) per prosent økning i fortetting i 4 områder i Ås sentrum**

Analyse område og areal	Økt avrenning (m <sup>3</sup> ) per økt utnyttelsesgrad i prosent				snitt	m <sup>3</sup> /prosent økning per ha*
	DUG**-25 %	25 % -40 %	40 % -60 %	60 % -80 %		
Skogveien (34,9ha)	75	81	80	80	79	2,4
Brattbakken (30,7ha)	108	70	66	65	77	2,36
Ås Sentrum(48,9ha)	120	97	111	76	101	2,07
Moer jordet (17,4)	20	29	31	31	28	1
<b>Snitt*</b>					<b>71</b>	<b>1,96</b>

\*vektet snitt- beregningen er vektet i forhold til areal

\*\* Dagens utnyttelsesgrad (DUG)

### 3.6. Klimatillegg og fortettingseffekt på avrenning

I kapitel 3.2. er det nevnt at fremtidig avrenningsberegning skal basere seg på endringer i både avrenningsforhold og klima. I denne kapitel analyserer vi effekten av klimatillegg i kombinasjon med fortetting gjennom simulering. For simuleringen brukes det nedbørintensitet i 10 års gjentakintervall og 50 % klimatillegg. Tabell 4 viser avrenning i m<sup>3</sup> for 4 områder i Ås Sentrum. Hvis vi sammenligner totalavrenningen i tabell 3 med totalavrenningen i tabell 4, ser vi økning i avrenning for tilleggs nedbør på grunn av klima. Beregninger i kapitel 3.5 viser at for hver prosent økning i tette flater, øker avrenningen med 1,96 m<sup>3</sup> per hektar. Med klimatillegg, øker avrenningen med 3,23 m<sup>3</sup> for hver prosent mer fortetting per hektar. Dette gir 488 m<sup>3</sup> overvann i sentralområdet for hver prosent økning i tette flater. Her kan vi tydelig se at både fortetting og klimatillegg øker avrenningen hver for seg.

**Tabell 4: Avrenning (m<sup>3</sup>) i forskjellige utnyttelsesgrad med klimatillegg**

Område	Avrenning (m <sup>3</sup> )				
	nå	25 %	40 %	60 %	80 %
Skogveien	3940	4690	5920	7840	9950
Brattbakken	3620	4050	5280	6940	8940
Ås sentrum	2950	4760	6990	10070	13580
Moer-jordet	2190	2670	3190	4140	5070
<b>Total</b>	<b>12700</b>	<b>16170</b>	<b>21380</b>	<b>28990</b>	<b>37540</b>

## 4. Økonomiske konsekvenser av overvannsskader

### 4.1. Overvannsrelaterte skadekostnader

Hvor store skadevirkningene blir, avhenger av hvordan overvannet håndteres og sårbarheten til bebyggelse og infrastruktur (NOU 2015:16). Intens nedbør og underdimensjonert ledningssystem fører til flom og oversvømmelser. Det finnes ikke systematisk registrerte data om flomhendelser, men Ås sentrum har opplevd flomhendelser. Vista Analyse (Rapport 2015/02) utarbeidet en oversikt over skadeomfang med tilhørende kostnader for hendelser som medfører forsikringsutbetalinger nasjonalt. Vi fikk tilgang til Vannskadestatistikken (VASK) for Ås fra Finans Norge. Tabell 5 viser antall skader på grunn av vanninntrenging utenfra og tilbakeslag.

**Tabell 5: Antall skader i Ås Kommune på grunn av vanninntrenging utenfra og tilbakeslag**

Antall skader	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Sum
<b>Vanninntrenging utenfra</b>	49	56	16	48	43	46	<b>258</b>
<b>Stopp i avløp. Tilbakeslag.</b>	23	19	20	16	20	16	<b>114</b>
							<b>372</b>

Fra tabell 5, ser vi at minst 258 skader de siste 6 årene inntraff på grunn av vanninntrenging. Registrerte skader på grunn av tilbakeslag er 114 i samme periode. Totalt er 372 overvannsrelaterte skader registrert (62 per år). I følge Finans Norge er statistikken unøyaktig i tallomfanget. For eksempel antas det at kun 85 prosent av private forsikringsselskaper leverer statistikk til VASK, for kommunale bygg antas ca. 50 prosent registrert, mens staten er selvassurandør og skader på deres bygg inngår ikke i statistikken. På den andre siden, omfatter statistikken mer enn overvannsskader fordi vanninntrenging utenfra og tilbakeslag kan omfatte mer enn skader som følge av overvann (for eksempel prosjekteringsfeil, håndverksfeil, slitasje osv.). Tabell 6 viser kostnader på grunn av skader i form av erstatningsbeløp fra VASK.

**Tabell 6: Kostnader i Ås kommune på grunn av skader i form av erstatningsbeløp fra VASK**

Erstatningsbeløp (1000 kr)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	SUM	Gjennomsnitt
<b>Vanninntrenging utenfra</b>	780	1262	618	1400	1692	2214	<b>7966</b>	<b>1327</b>
<b>Stopp i avløp. Tilbakeslag.</b>	1496	1226	704	622	857	1958	<b>6863</b>	<b>1143</b>
<b>SUM</b>	<b>2276</b>	<b>2488</b>	<b>1322</b>	<b>2022</b>	<b>2549</b>	<b>4172</b>	<b>14829</b>	<b>2470</b>

Tabellen viser at skader fra vanninntrenging kostet 8 millioner i de siste 6 årene med årlig gjennomsnittskostnad på 1,3 millioner. Kostnad for tilbakeslagsskader er 6,8 millioner totalt og 1,1 millioner i snitt per år i samme periode. Dette gir en total årlig kostnad på 2,5 millioner.

## 4.2. Vannskadetrend

Statistikk indikerer at vannskader og erstatningsbeløp øker over tid. Finans Norge (finansnorge.no) sin trendanalyse viser at antall meldte skader økte fra 7 000 til 15 000 mellom 1992 og 2013. Årlig erstatningsutbetaling fra forsikringsselskapene økte fra 100 millioner til 600 millioner i samme periode. Erstatningsutbetalingen i 2013 økte med 15 % sammenlignet med tidligere år. Dette er et konservativt anslag sammenlignet med andre analyser som viser mer betydelig økning. For eksempel anslår Myking i sin masteroppgave at en økning i regnintensitet med 50 %, fører til en økning i antall kjellerskader i studieområdet med 68 – 118 %, og at antall skader øker eksponentielt med økt regnintensitet. Denne trenden ser ut til å fortsette, og Ås vil også se en økning i antall skader og erstatninger. Hvis dagens gjennomsnittlige skadekostnad på 2,5 million øker med kun 15 % hvert år, vil total sum bli 4 milliarder de neste 40 årene. Dette kan forsvare en investeringskostnad i dag på 833 millioner kr.

## 5. Lokale overvannstiltak (LOD)

### 5.1. Oversikt over LOD Investering

Skadene på grunn av overvann rammer både private personer, kommuner, forsikringsselskaper og eiere av infrastruktur. For å unngå disse virkningene bør overvann håndteres ved lokale tiltak i kombinasjon med eksisterende system. Bakgrunnen for lokale overvannstiltak er ikke bare å unngå skadekostnader, men også å fremme utnyttelsen av overvann som en ressurs og styrke biologisk mangfold. Her presenteres en oppsummering fra Vista Analyse rapport (2015/02) om kostnader og nytte ved overvannstiltak. Tabell 7 viser oversikt over overvannstiltak og enkelte tiltaksfunksjoner av lokal overvannshåndtering. Videre vises i tabellen anslag på kostnad for å bygge og drive tiltakene og kostnad-effekt for enkelte tiltak.

**Tabell 7: Oversikt over overvannstiltak**

Tiltak	Funksjon	Effekt (m <sup>3</sup> )/ha	Areal behov (%)	Kostnad (kr/m <sup>2</sup> )		Effekt (kr/m <sup>3</sup> )/ha	Levetid (år)
				Investeri ng	Drift/år		
Frakopling av takrenner	Fordrøyning	264	10	Lav	Lav	høy	100
Grønne tak	Infiltrasjon	10	10	400-600	2-10	61880	50
Grønne vegger	Infiltrasjon	-	-	4000	200	0	50
Infiltrasjonsgrøft	Infiltrasjon	264	7-9	900	10	2911	40
Regnbed	Infiltrasjon	264	7-9	1400	15	4500	40
Infiltrasjonsbasseng	Infiltrasjon	264	7	500	5	1588	40
Åpent, tørt fordrøyningsbasseng	Fordrøyning	264	7	2100	20	6618	40
Overvannsdam	Fordrøyning	264	15	1300	35	11324	40
Våtmark	Fordrøyning	264	10	1400	35	7928	40
Permeable flater (gress)	Infiltrasjon	211	100	50	10-20	2467	40
Permeable flater (grus)	Infiltrasjon	211	100	80-100	10-20	2751	40
Permeable flater (betongheller)	Infiltrasjon	52	100	350-600	10-20	22269	40
Permeable flater (armert gress med betongheller)	Infiltrasjon	52	100	350-500	10-20	22269	40
Permeable flater (armert gress med gatestein)	Infiltrasjon	52	100	800-1000	10-20	34529	40
Permeable flater (gatestein)	Infiltrasjon	52	100	800-1000	10-20	34529	40

## 5.2. Forutsetninger for dimensjonering og kostnad av LOD anlegg

### 5.2.1. Dimensjonerende avrenning

Investeringskostnaden er blant annet avhengig av anleggsstørrelse, som bestemmes ut fra dimensjonerende nedbørintensitet og avrenningsfaktor. Dette kapitlet baserer seg på resultater fra COWIs veileder for overvannshåndtering for Jæren vannområde (COWI 2013). Det benyttes derfor nedbørdata fra Ås Kommune for å beregne den dimensjonerende nedbørintensiteten. I kapittel 3.2. beregnet vi dimensjonerende overvannsmengde på 264 m<sup>3</sup>/ha. De fleste LOD dimensjoneres ut fra arealbehovet for å håndtere dimensjonerende avrenningsmengde. Størrelsen på fordrøyningsbasseng settes lik nødvendig avrenningsmengde for å forenkle beregningen. Både grønne tak og permeable flater trenger svært store arealer for å håndtere hele avrenningsmengden. Størrelsen av grønne tak er derfor satt til 10 % for avrenningsarealet på 1 ha. For permeable flater er arealet satt lik avrenningsarealet. Se tabell 7 for arealbehov per enkelt tiltak.

### 5.2.2. Beregning av nåverdi

Samfunnsøkonomiske tiltakskostnader er oppgitt som nåverdi, der både investeringskostnader og driftskostnader for tiltakets levetid er regnet inn. Som en forenkling benyttes 40 års levetid for alle tiltak, mens diskonteringsrenten er satt til 4 prosent. Restverdien etter 40 år for alle tiltak settes til null. Med disse forutsetningene, og med utgangspunkt investerings- og driftskostnader som beskrevet i tabell 7, kan nåverdien av samfunnsøkonomisk tiltakskostnad beregnes.

### 5.2.3. Effekt: Håndtert overvannsmengde ved ulike tiltak

For å kunne sammenligne kostnader ved ulike tiltak, har Vista Analyse vurdert tiltakenes effekt i form av hvor mye overvann de kan håndtere. Tiltak som infiltrerer overvann, har en effekt med enheten infiltrert regnmengde målt i m<sup>3</sup>. Overvannstiltak som holder tilbake overvann, defineres som effekten av tilbakeholdt vannmengde, målt i m<sup>3</sup>. Det er ikke alltid lett å definere effekten, spesielt ikke når tiltaket har flere funksjoner. I denne kapitelen er det valgt å bestemme effekten ut fra hovedfunksjonen. Det betyr at for eksempel grønne tak ble vurdert ut fra infiltrasjonsevnen uten å ta stilling til hvor mye et grønt tak kan forsinke avrenningen. Simulering med overvannsdam i Brattbakken for avrenningsareal 8,4 ha med utnyttelsesgrad 80 % med unntak av veiene som er på 50 % (tettflate 5,93ha), indikerer at en dam på 1000 m<sup>2</sup> areal, 1 m dybde og vannspeil 0,5 m kan fordrøye avrenningen i 5 timer ved maksimal kapasitet. Nedbørintensitet for denne simulering er 10 års gjentakintervall og klimatillegg på 50 %. Simulering ved Langbakken for avrenningsareal 3,14 ha med utnyttelsesgrad på 80 % (2 ha) viser at en dam på 1000 m<sup>2</sup> areal, 1 m dybde og vannspeil 0,5 m kan fordrøye avrenningen i 6 timer med 75 % kapasitet (se vedlegg 3).

### 5.2.4. Kostnader per håndtert overvannsmengde (kost-effekt)

De tallene som er presentert i tabell 7 er laget basert på forutsetninger for dimensjonering av anlegg presentert ovenfor. Kostnader per håndtert overvannsmengde (kost/effekt) er beregnet ved å dele samfunnsøkonomisk tiltakskostnad (nåverdi) med effekten, målt som håndtert vannmengde. Resultatet er kost/effekt-tall i kr per håndtert mengde overvann i m<sup>3</sup> per ha.

### 5.2.5. Størrelse på tiltak

Analyser i kapittel 5.2.3 peker på at tiltak for større områder kan redusere oversvømmelsesproblem. Imidlertid viser simuleringanalysene for potensiell tiltak at sentraliserte tiltak passer dårlig i forhold til kapasiteten i eksisterende nettsystem. Problemet her er at ledningene og kummene ikke er dimensjonert til å lede så mye vann fra eiendommene lokalt. For eksempel kan en overvannsdam dimensjoneres for større nedbørfelt som rommer mye bebyggelse med stor tette flater, mens ledninger og kummer som leder overvannet til dammen ikke tåler avrenningsmengden. Derfor er det

viktig å tenke på tiltak per tomt eller mindre områder. Størrelsen på tiltak har ingen betydning for kostnader i følge Vista Analyse rapporten som viser ingen kostnadsforskjell per håndterte overvannsmengde mellom stor og mindre anlegg.

## 6. Vurdering av samfunnsøkonomiske kostnader ved overvannstiltak

Det er betydelig kostnadsvariasjon mellom ulike lokale overvannstiltak. Vi kan se i tabell 7 at kostnadene til grønne tak er svært høy, mens enkle fordrøynings tiltak er ganske rimelige. Det er imidlertid ikke slik at alle lokale overvannstiltak er egnet overalt, og i en del tilfeller må de gjennomføres i kombinasjon for å ivareta hele vannmengden som skal håndteres.

Grønne tak skiller seg ut som ganske dyre per m<sup>3</sup> overvann håndtert, og skal man rangere tiltakene etter kroner per håndtert m<sup>3</sup> vann vil dette tiltaket komme langt ned på listen. Dette tiltaket kan nesten sees som et «spesialtiltak», særlig i norsk sammenheng. Det kan være aktuelt i tette, urbane områder med mye hus-/takareal og lite bakkeareal. Hvis det i tillegg kan avlaste et overvannssystem som er akkurat på grensen til å kunne håndtere vannmengdene kan det forsvares økonomisk. I tillegg har det en del positive bivirkninger som at det binder CO<sub>2</sub>, virker klimaregulering i bygget osv., i tillegg til å være et mulig estetisk innslag i bymiljøet.

Når det gjelder infiltrasjonstiltak er infiltrasjonsbasseng det rimeligste, men det krever at det er egnede masser på stedet, hvis så ikke er tilfelle, må man benytte tiltak med tilkjørte masser, som er dyrere.

Det vil ofte være behov for flere lokale overvannstiltak i kombinasjon for å håndtere vannmengdene, og fordrøynings tiltak vil svært ofte kreves i tillegg til infiltrasjon eller permeable flater. Lokale forhold, tilgjengelig areal, og i hvilken sammenheng tiltaket skal inn, er avgjørende for hvilket tiltak som bør velges.

Sentralområdet er ca. 151 ha. Hvis utnyttelsesgraden er satt på 80 %, blir avrenningskoeffisienten 0,73. Da blir tette flater (100 % avrenning) 88,3 ha. Basert på disse beregningene kan man bruke en eller flere alternative overvannstiltak for å redusere skadene. Tabell 8 viser kostnad ved enkelttiltak for hele sentralområdet. De rimeligste infiltrasjonsbassengene, koster 37 millioner mens den dyreste – overvannsdam - koster 264 millioner kr.

**Tabell 8: Kostnad for enkelte tiltak for hele sentralområdet (millioner)**

Tiltak	Areal behov (ha)	kr	
Frakopling av takrenner		-	
Grønne tak*	233,1	1400	*Areal behov for grønne tak tilsvarer 2,64 ganger avrenningsarealet
Grønne vegger		-	
Infiltrasjonsgrøft	6,18	67,9	**Permeable flater er flerbruks (vei, parkering areal)
Regnbed	6,18	104,9	
Infiltrasjonsbasseng	6,18	37	***Permeable flater (betongheller, armertgress, og gatesten) er stor areal behov (76 %) avrenningsarealet
Åpent, tørt fordrøyningsbasseng	6,18	154,3	
Overvannsdam	13,25	264	
Våtmark	8,83	184,8	
Permeable flater (gress)**	16,6	57,5	
Permeable flater (grus)**	16,6	64,1	
Permeable flater (betongheller)***	67,3	519,1	
Permeable flater (armert gress med betongheller)***	67,3	519,1	
Permeable flater (armert gress med gatesten)***	67,3	804,9	
Permeable flater (gatesten)***	67,3	804,9	

## 7. Tiltak mot potensiell flom og oversvømmelser i Ås sentralområde

Områder som er i fare for flom og oversvømmelser er identifisert for Ås sentralområde i kapittel 3.1.1 og kapittel 3.1.2. Generelt sett er Ås sentralområde ikke utsatt for omfattende risiko for flom. Men det finnes risikoområder i mindre grad i alle delområdene i sentralområdet enten fra elveflom eller på grunn av avrenning fra overflaten som oppstår i intense nedbørstilfeller. Sannsynligheten for flomhendelser øker med klimaendring som forårsaker intens nedbør med følge av større avrenning. Fortetting vil også bidra til mer avrenning. Kapasitet på ledningssystemet skaper utfordringer med å lede bort vannet på en trygg måte. Både klimaendring, fortetting og ledningskapasitet er faktorer som utgjør risiko for Ås sentralområde. For å minske flomrisikoen og lede bort vannet på en sikker måte uten skade, bør en rekke tiltak komme på plass i Ås sentralområde.

### 7.1. Tiltak

#### 7.1.1. Tiltak/tekniske løsninger mot potensiell flom og oversvømmelse.

- 7.1.1.1. *Åpne Hogstvetbekken*: Bekkeåpning der det er lagt under bakken kan hindre oppstuvning i delområde 1, 2, 3 og 8. Med gjenåpning av bekken på 1,6 km kan vannet ledes bort med større kapasitet og redusere risikoen for skade i delområdene. Dette er et tiltak som må vurderes i samarbeid med alle aktører som kan berøres av tiltaket. En bekkeåpning fungerer mer effektivt om tiltaket kombineres med LOD i nedbørfeltet, og en utforming som kan fordrøye vannet i bekkeløpet. Demning enkelte steder langs åpne bekken skaper våtmark som gjør tiltaket mer effektivt.
- 7.1.1.2. *Bruk av veinettet som flomvei*: Det er viktig å merke at verken LOD eller ledningsnett vil ha kapasitet til å håndtere ekstrem nedbør. Flomveier er veldig viktig i slike tilfeller og leder flommen på en trygg måte til vassdrag. Avrenningslinjene i Ås sentralområde følger stort sett veinettet (Fig. 5-12). Tiltak for å sikre mot oversvømmelse i sentralområdet må derfor være å opprettholde og drifte de viktigste veiene (Utveien, Høgskoleveien, Kajaveien og Lyngveien, Fylkesvei 152, Langbakken, Rådhusplassen, Brekkeveien, Moerveien, Ekornveien, Måltrostveien og Sagaveien) i sentralområdet. Vedlikehold og drift av grøftesystemet i de viktigste veiene må følges opp regelmessig. For eksempel skal ikke innkjørsler være til hinder for at vannet renner videre.
- 7.1.1.3. *Senke veiene/heve veikant*: I enkelte steder i delområdene 5 og 6 bryter avrenningslinjene veikantene til tomtene. Dette utgjør en risiko for tomtene som kan få store vannmengder. Oversvømmelsesrisiko for adressene Utveien 17, Høgskoleveien 18 og 20 kan motvirkes med veiforsenkning fra Utveien 18 til veikrysset Samfunnsveien/Utveien. Et annet alternativ er å lage flomvei langs avrenningslinjen mellom Utveien 17-19 og Høgskoleveien 18-20. For oversvømmelsesrisiko i Lyngveien 31 og 33, kan en flomvei fra garasjen i Kajaveien 45 til Lyngveien lede vannet trygt forbi disse adressene. Oversvømmelsesrisiko i Ekornveien 22, Måltrostveien 20 + 25 og Sagaveien 15-17 må sees i sammenheng med forsenkningen i området. Veiforsenkning fra Sagaveien 15 til veikrysset ved Tverrveien 4 kan redusere oversvømmelsesrisiko i Sagaveien 10A, 10B og Tverrveien 4.
- 7.1.1.4. *Tiltak i forsenkninger*: Et mulig tiltak for forsenkninger er å planere forsenkningens område. Fylling av et areal på ca. 5000m<sup>2</sup> i delområde 6 opptil 1 m kan sikre Måltrostveien 20, 22, og 24, Måltrostveien 18,21 og 29A, Sagaveien 17A, 19 og 21 mot oversvømmelse. Ved fylling av området, kan veiene også fungere bedre og avrenningslinjene følger



Måltrostveien til veikrysset i Rådyrveien og redusere faren for oversvømmelse i Ekornveien 22, Måltrostveien 25, 20, og Sagaveien 15-17.

## 7.1.2. Regulering

7.1.2.1. *Ås Kommunes Overvannsnorm skal brukes:* Ås kommune vedtok en Overvannsnorm i 2015 for å imøtekomme fremtidige utfordringer innen overvannshåndtering. Normen krever tilrettelegging av en helhetlig tilnærming for overvann-/flomhåndtering og sikre mot flom på grunn av fortetting. Normen foreskriver at overvannshåndteringen må ivaretas gjennom hele plan- og byggesakssaksgangen, fra overordnet plan via reguleringsplaner til byggesak. Normen gir retningslinjer for at fremtidig overvannshåndtering må være bærekraftig og rette seg fra lukket til åpen løsning. Derfor skal normen brukes i alle planprosesser og byggesaker.

7.1.2.2. *LOD:* Blågrønn faktor (BGF) er godtatt som en fremtidsrettet beregningsmetode som leverer tverrgående løsninger for bærekraftig overvannshåndtering. LOD i (tabell 7) kan benyttes i bygg, i boområde, vei/gate og parkering, gårdsrom og grøntstruktur for overvannshåndtering ved fortetting. BGF (overvannsnorm 2015) bør brukes aktivt for å beregne effekten av overvannstiltak. For flom som kan oppstå på grunn av intens nedbør og store tette flater, kan en eller flere av LOD-tiltakene i kapittel 4 brukes på eiendommene slik at det blir mindre avrenning videre. Det er spesielt viktig med tanke på fortetting i fremtiden. LOD ved enkelte eiendommer kan øke infiltrasjon og fordrøye overvann slik at toppavrenningen blir mindre. Det må derfor kreves LOD i alle nye bygg i sentralområdet.

### 7.1.2.3. Delområdene 1-7:

7.1.2.3.1. *Sikre bygg:* Kreve sikring av alle nye bygg mot 500-årsflom langs Hogstvetbekken i delområde 1,2 og 3.

7.1.2.3.2. *Sårbare bygg:* Regulere at sykehjem og andre sårbare bygg ikke bygges i området berørt av 500-årsflommen. Kontorbygg og andre bygg med mindre sårbarhet kan tillates.

7.1.2.3.3. *Hevet bygg:* I delområde 6 med en forsenkning på ca. 5000 m<sup>2</sup>, skal det kun tillates hevet bygg uten kjeller i området

7.1.2.3.4. *Omregulering:* Delområde 6, gjøre om eiendommene til andre formål - for eksempel park eller lokal overvannshåndtering.

7.1.2.3.5. *Planering:* Delområde 4 og 7 (ubebygde område) - bygges kun hevet bygg, planere området.

## 7.2. Tiltak ved fortetting/flom vei

Det merkes fra avrenningslinjene at veinettet er sentralt for å lede flommen på en trygg måte til vassdrag i Ås sentralområde. Med fortetting kommer mønsteret på avrenningslinjer til å forandre seg lokalt. Avrenningslinjemønster må jevnlig oppdateres ved fremtidig fortetting. Det er åpenbart at sannsynligheten for flomhendelse øker med fortetting på grunn av større avrenning som ledningssystemet og LOD ikke tåler. Derfor er det viktig å følge retningslinjene i normen som krever en prinsippplan som inneholder bl.a. flomveier. Det finnes alternative tiltak for flomveier. Her presenteres noen eksempler (Fig.14-17) på tekniske løsninger for flomveier i tett sentrumsområde:



Fig.13. V-formet tverrsnitt fra Sør-Europa (Foto: Christen Ræstad)



Fig.14. Den nye Dronning Eufhemias gata bak operaen i Oslo er 42 meter bred, mer enn det dobbelte av vanlige bygater. Overvannshåndteringen inklusive flomvei er en viktig del av utbyggingen. Illustrasjon: Statens Vegvesen/Vianova

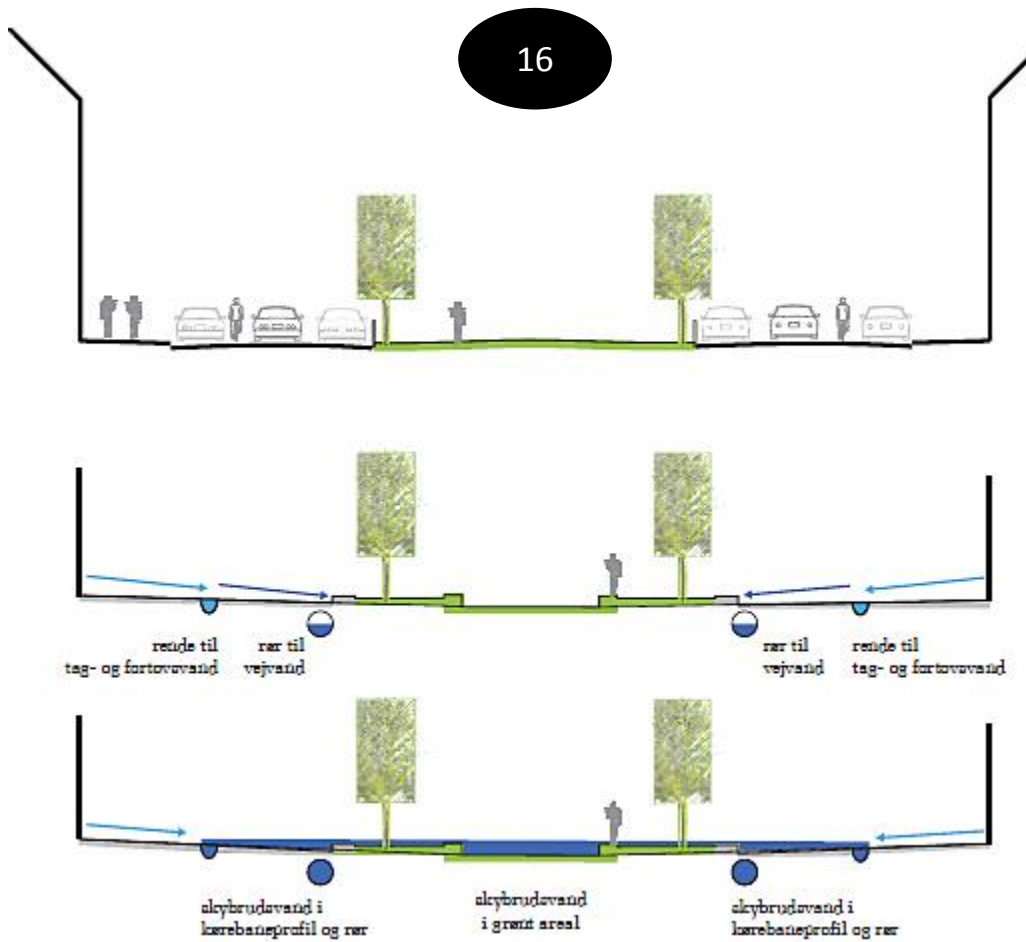


Fig.15. Prinsippskisse fra Sgt Annæs plass i København som bygges om fra nåværende utforming (øverste figur) for å håndtere ekstreme skybrudd. Den nederste figuren viser hvordan også kjørebane på hver side av veien fylles med inntil 10 cm overvann. I tillegg legges store overvannskulverter under kjørebane på begge sider av veien. Illustrasjon fra HOFOR

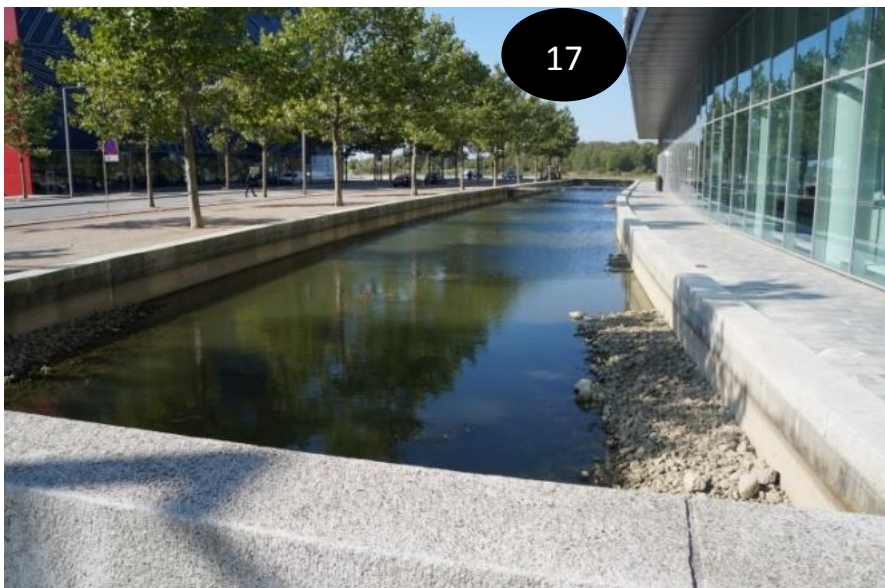


Fig.16. Flomveier i form av kanal i København (Foto: Jon Eirik Martinsen)

## 8. Referanser

Dagbladet.no. (u.d.). Hentet 2016 fra

<http://www.dagbladet.no/2015/07/08/nyheter/regn/innenriks/as/akershus/40061801/>

David Murtnes (2015). *Urbane flomveier. Generering av drenslinjer for området Solumstrand i Drammen ved bruk av ArcGIS*. Masteroppgave. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Eirunn Dvergsnes, (2016). *Analyse av overvannsnettet i Ås sentrum ved bruk av simuleringsprogrammet SWMM*. Master oppgave. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

finansnorge.no. (u.d.). Hentet 2016 fra <https://www.finansnorge.no/statistikk/skedeforsikring/vask/>

*Flaumfare langs bekker: Råd og tips om kartlegging*. Rettleiar 3/2015. Norges vassdragsog Energidirektorat

*Flom aktsomhetskart*. Fagdag og metodeworkshop (18.-20. mai, 2016). Plan- og temadatautvalg i Oslo og Akershus

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. og Ådlandsvik, B. (2015). *Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning*. Miljødirektoratet rapport 2/2015.

Jakob Severin Eide Myking (2012). *Analyse av klimatilpasningstiltak- en casestudie av avløpsnettet i Veumdalen, Fredrikstad*. Masteroppgave. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Kristin Magnussen, Anja Wingstedt, Ingeborg Rasmussen, Rasmus Reinvang (2015). *Kostnader og nytte ved overvannstiltak*. Rapport nummer 2015/02. Vista Analyse As

Lars Buhler, (2013). *Analyse av klimaendringens påvirkning på Rustadfeltet med kalibrert modell*. Master oppgave. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Fakultet for miljøvitenskap og teknologi.

Lindholm, O., Endresen, S., Sægrov, S. og Jakobsen, G. og Aaby, L. (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. Norsk Van-rapport 162.

Melding til Stortinget (2012–2013). *Klimatilpasning i Norge*. Meld. St. 33. Det Kongelige Miljøverndepartement. miljokommune.no. (u.d.). Hentet 2016 fra <http://www.miljokommune.no/Temaoversikt/Overvann/>

Norges offentlige utredninger (2015). *Overvann i byer og tettsteder- Som problem og ressurs*. NOU 2015:16. Klima- og miljødepartementet.

Norges offentlige utredninger (2010). *Tilpasning til eit klima i endring*. NOU 2010:10. Miljøverndepartement. *På lag med regnet - Veileder for lokal overvannshåndtering (2013)*. COWI

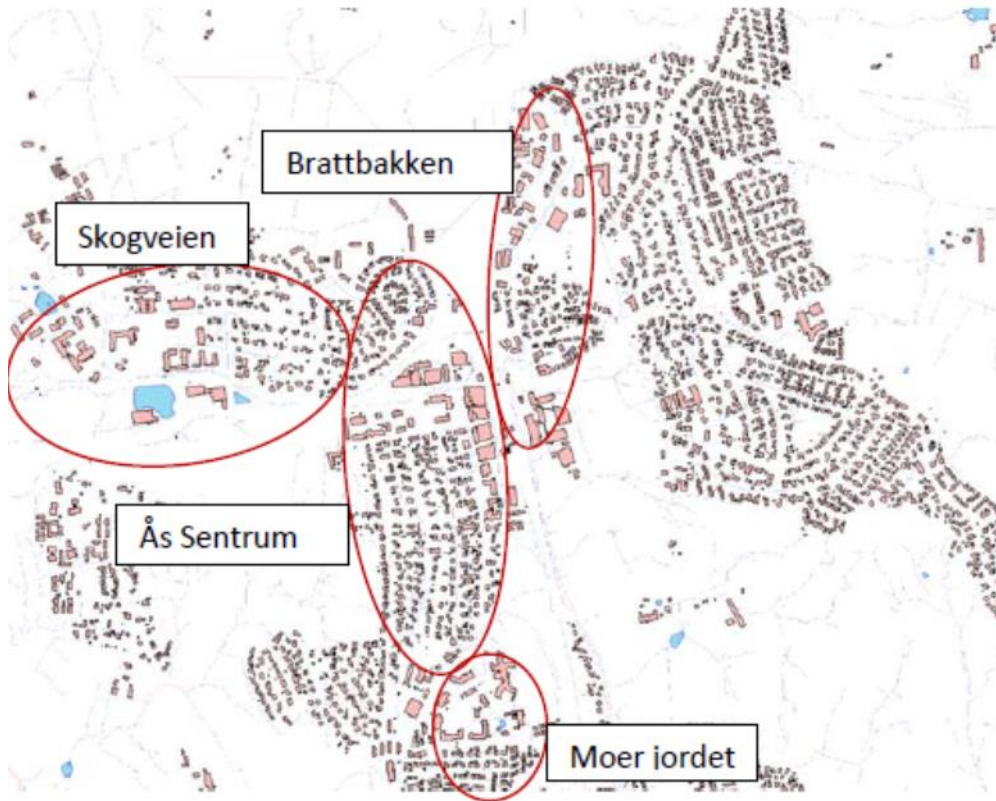
Sharki.oslo.dnmi (u.d.). Hentet 2016 fra

[http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL)

Ås Kommune (2015). *Norm for Overvannshåndtering*.

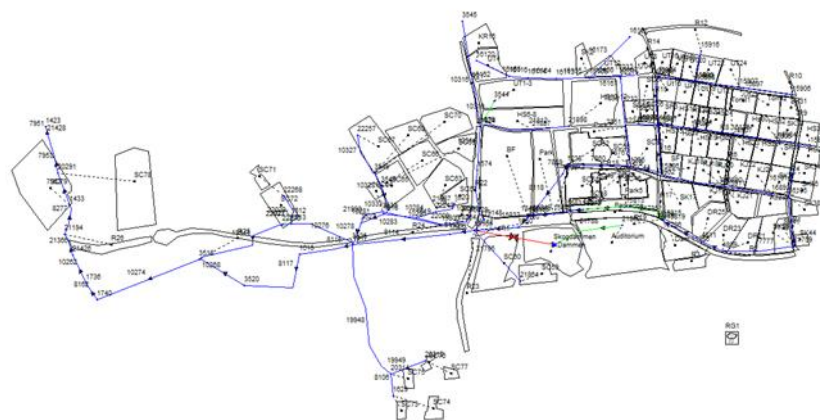
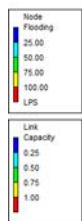
Ås Kommune (2015). *Planprogram Ås sentralområdet*

# Vedlegg 1: Områder simulert med SWMM

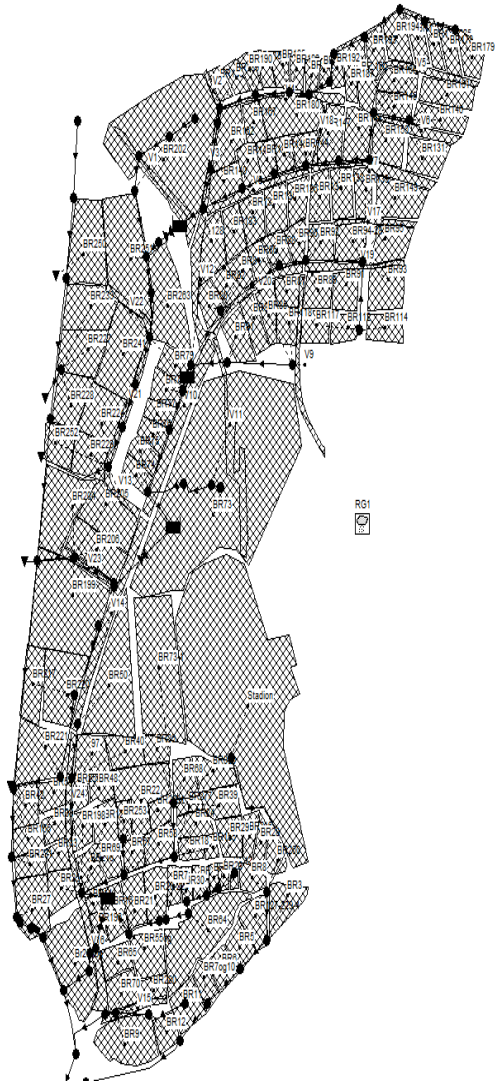


00/30/2016 06:00:00

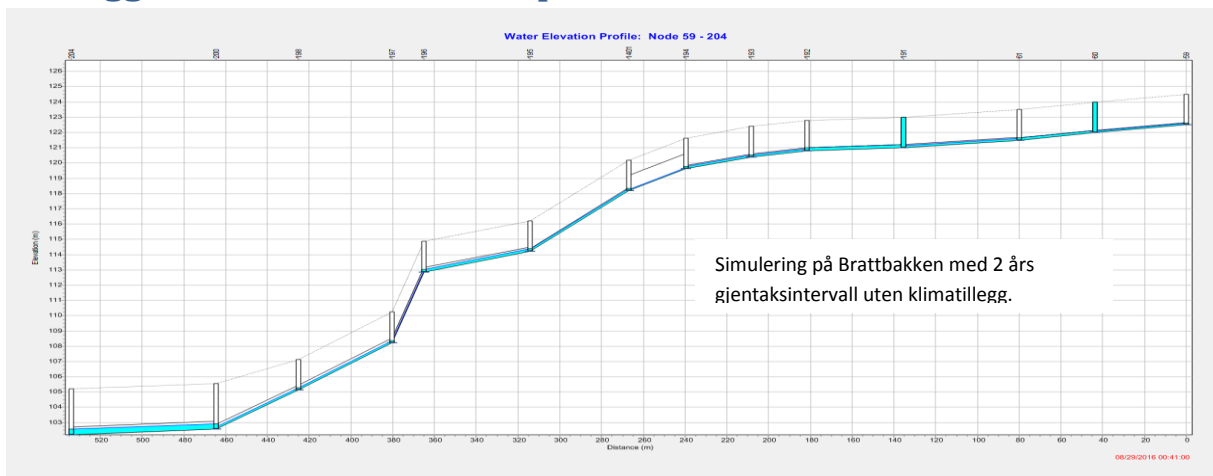
Skogveien område

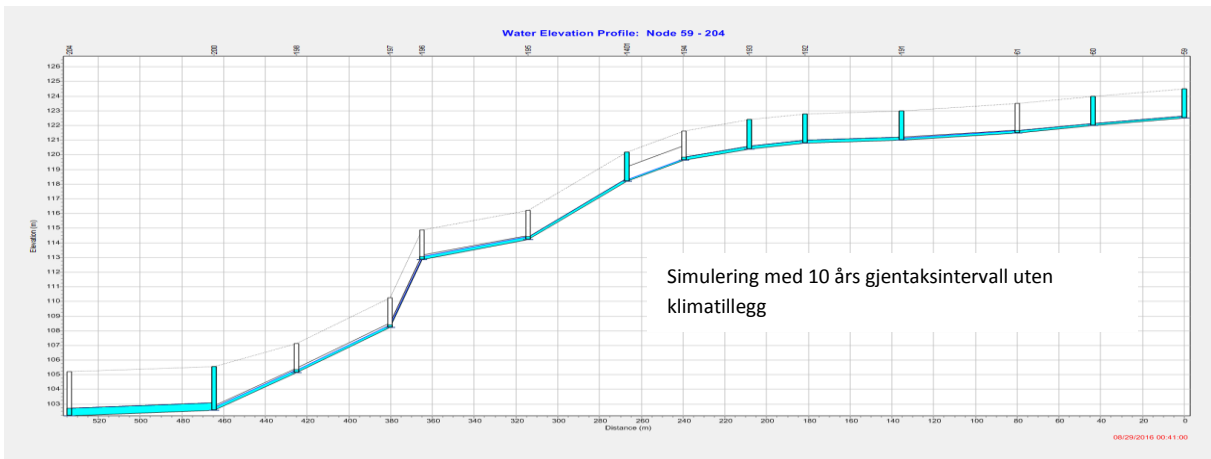


Brattbakken område

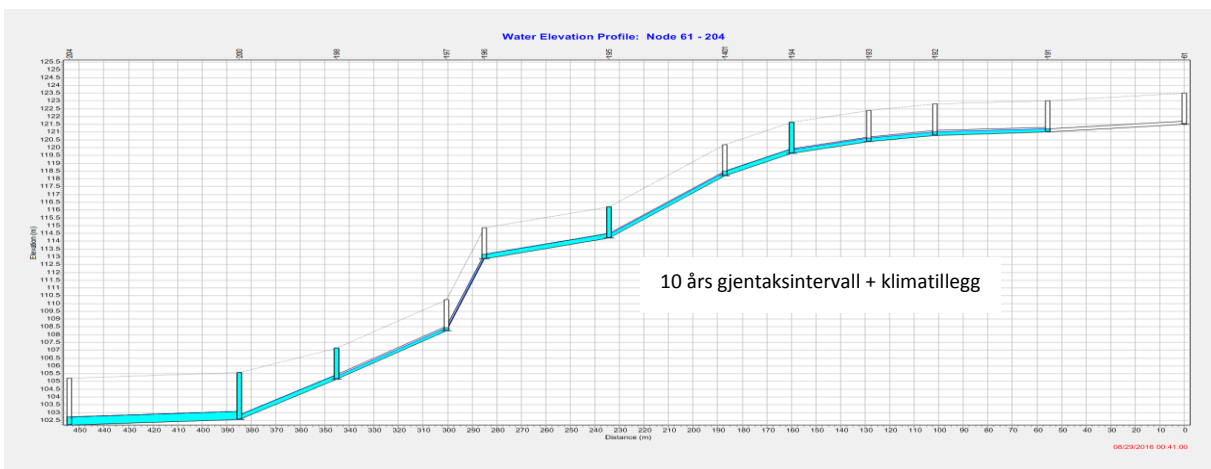
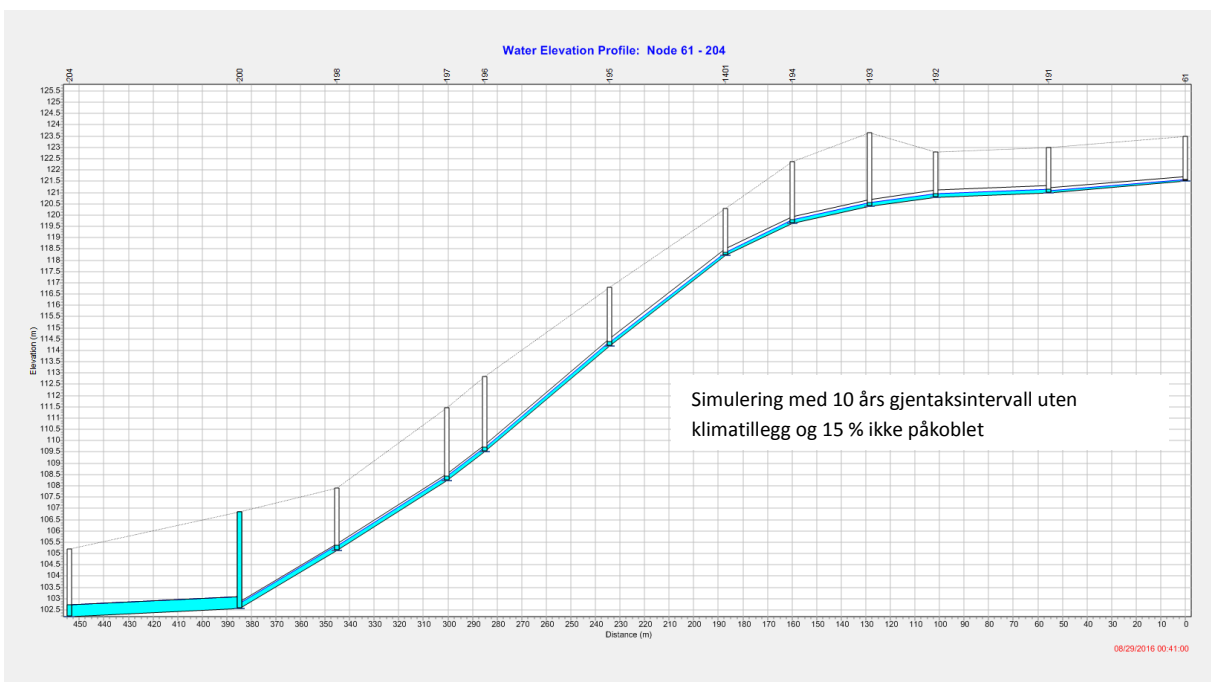


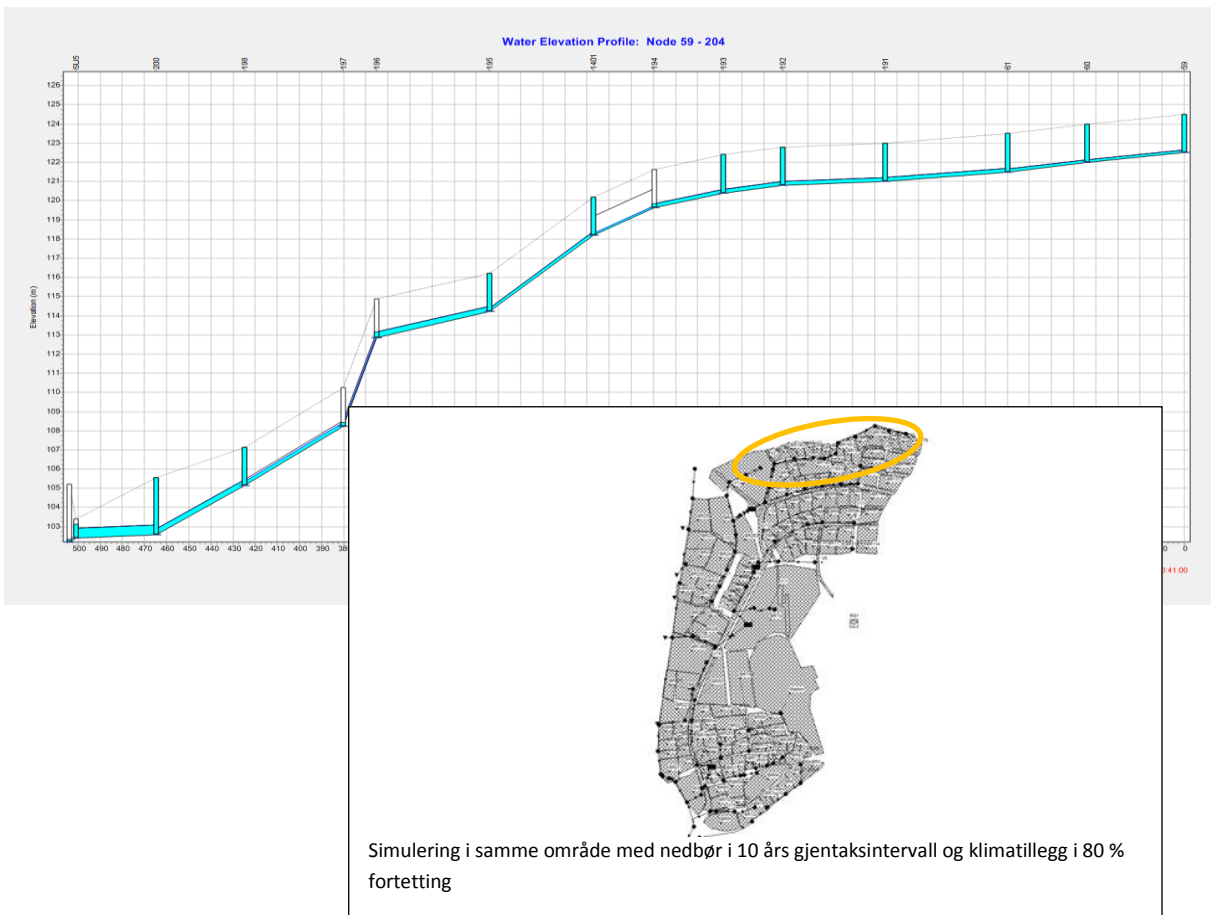
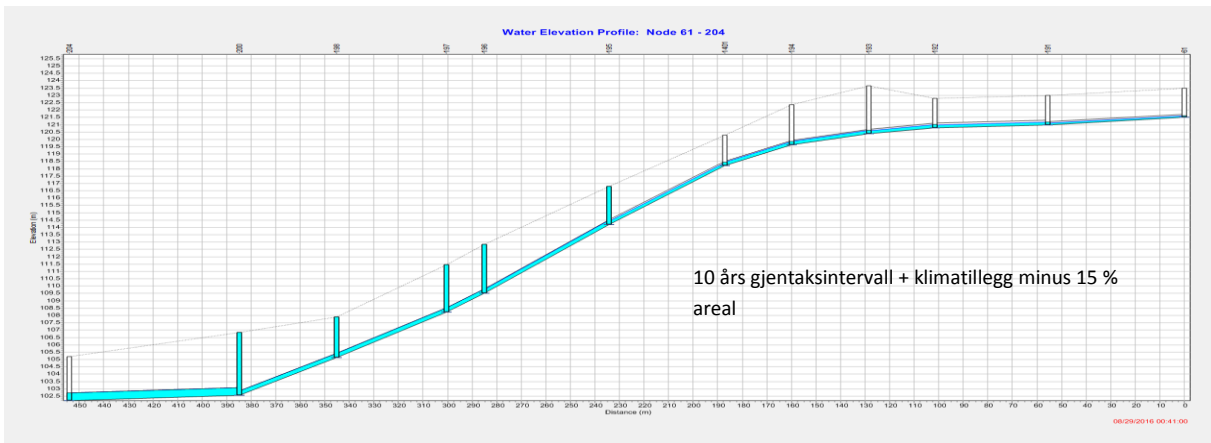
## Vedlegg 2: Eksisterendenett kapasitet





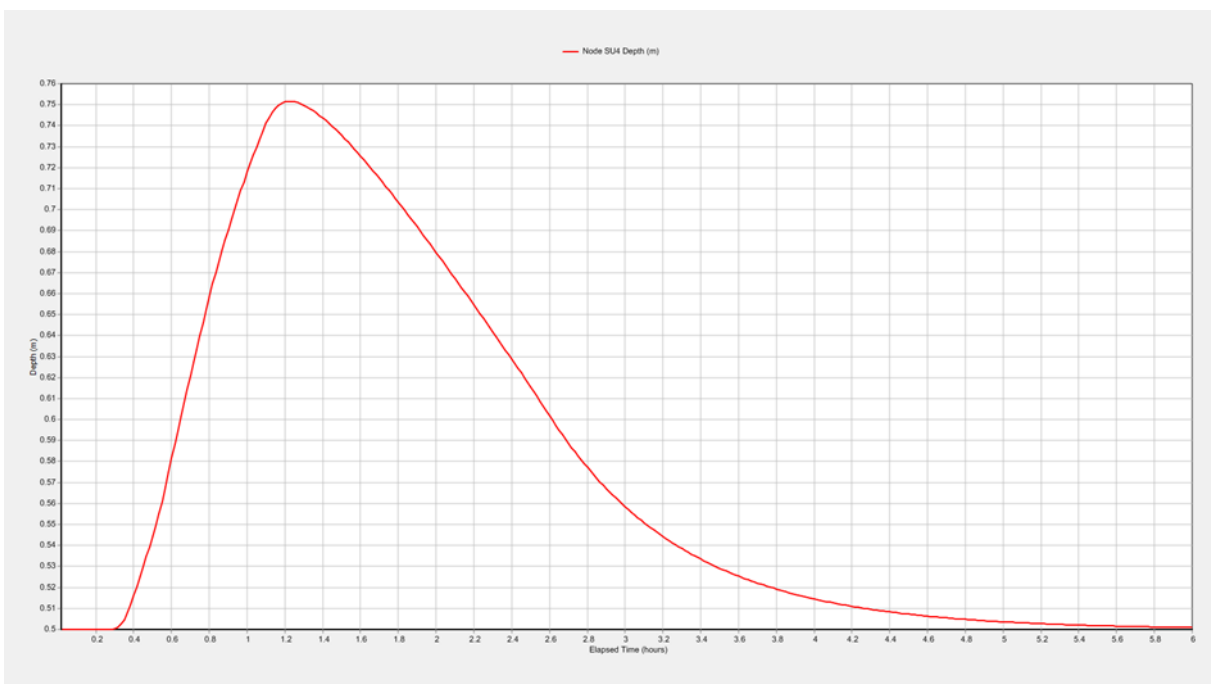
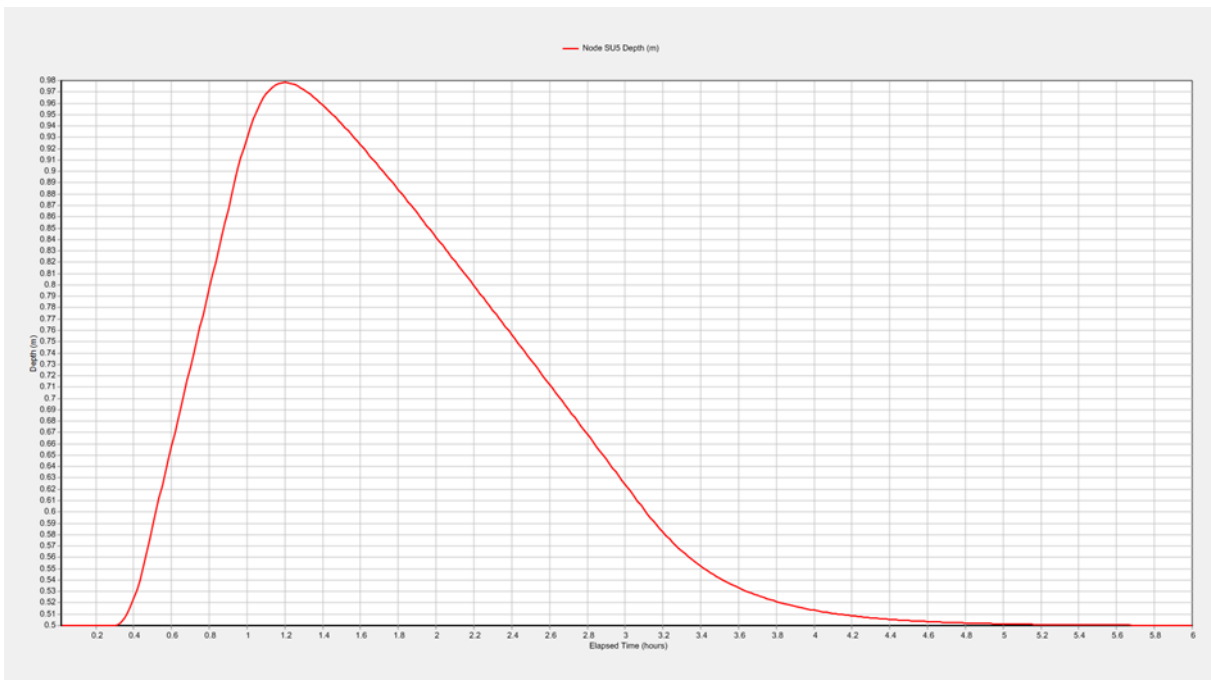
f10 års 15% ikke koblet utenklimatillegg







### Vedlegg 3: Overvanns dam effekt



## Vedlegg 4: Prosedyren å bygge DTM og lage aktsomhetskart

