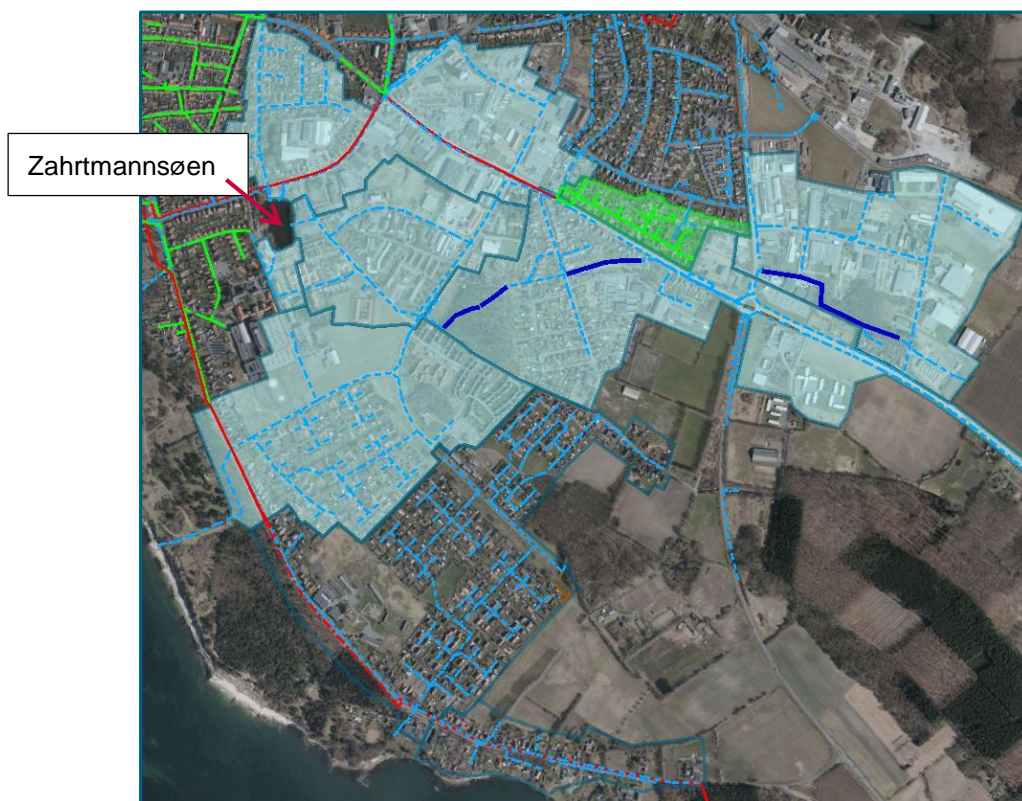


NOTAT

Projekt Mike Urban beregning i Rønne
Projektnummer 3631200019
Kundenavn Bornholm Forsyning A/S
Emne Tevandsbækken - Hydrauliske beregninger
Til John W. Hansen, Per Martlev Hansen og Vivi Granby
Fra Maj-Britt Greve
Projektleder Maj-Britt Greve
Revisionsnr. 2
Udgivet 25-06-2014

Der er ved kraftig regn oversvømmelse langs Tevandsbækken og ved Zahrtmannsøen i Rønne.

Nedenstående figur viser oplandet til Tevandsbækken og Zahrtmannsøen. Med mørke blå er markeret de steder hvor å er frilagt.



Separatkloakerede områder er vist med blåt og fælleskloakerede områder med grønt.

1/25

Klimatilpasningsplanen for Bornholm indeholder flere tiltag for at undgå oversvømmelser langs Tevandsbækken og i området omkring Zahrtmannsøen. Se nedenstående oversigtstegning.



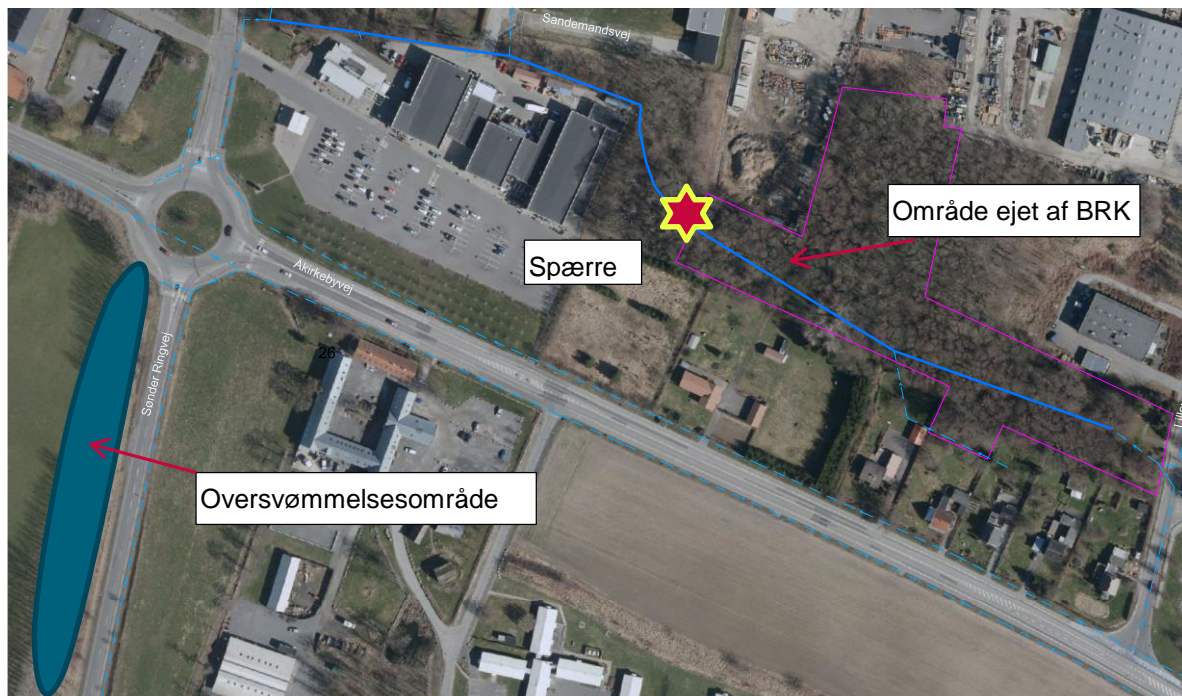
Effekten af nedenstående tiltag er vha. Mike Urban beregninger vurderet.

- **Udvidelse og forsinkelse af åløb ved Sandemandsvej**



I de første beregninger, udført i februar 2014, er der etableret betonspærre i vandløbet ved det eksisterende bassin og der er etableret bassinvolumen opstrøms ved udvidelse af vandløbsbredden. Den opgravede jord bruges til forhøjelse af åbrinkerne, forhøjelsen er specielt nødvendig på den sidste del af vandløb inden udløb ved Øster Ringvej.

Efterfølgende er der i marts 2014 udført beregninger, hvor det eksisterende bassin udvides og spærren er flyttet opstrøms så opstuvningen, i selve Tévandsbækken, kun sker på grund ejet af Bornholms Regionskommune. Der er også udført beregninger, hvor der udover opstuvning opstrøms spærringen også er mulighed for tilbageholdelse af vand i nyt bassin, placeret på nabogrund til eksisterende bassin. Beregningerne er udført med eksisterende Ø500 afløbsledning fra bassinet samt hvor eksisterende afløbsledning fra bassinet er øget til 2 Ø500 ledninger.



I de beregninger, der er udført i forbindelse med denne revision er området ved Sønders Ringvej syd for Åkirkebyvej også taget i brug som oversvømmelses område i kombination med spærring, udvidelse af vandløbsbredde og bassinvolumen samt øget afløbsledning.

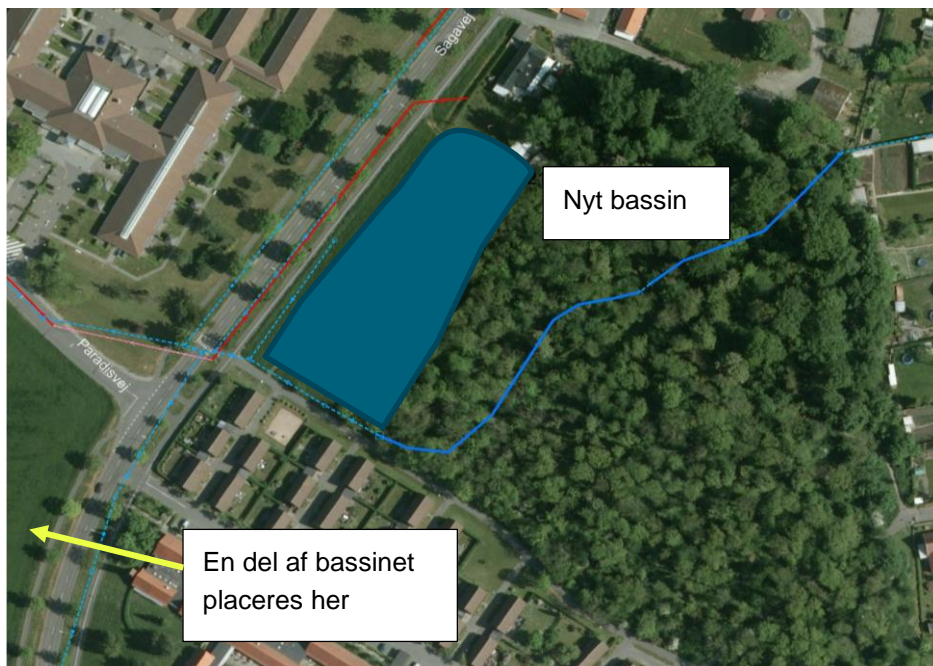
- **Lille forsinkelsesbassin ved Smedegårdsvej**



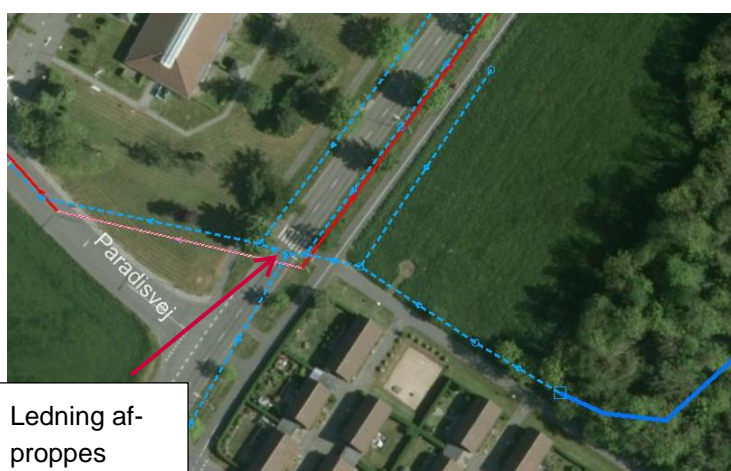
På legeområdet ved Smedegårdsvej etableres ved udvidelse af vandløbsbredden et lille forsinkelsesbassin på 30-40 m³. Nedenstående billeder viser tilsvarende bassin ved tørvejr og efter regn.



- **Bassin ved Sagavej og afkobling af regnvand til Zahrtmannsøen**

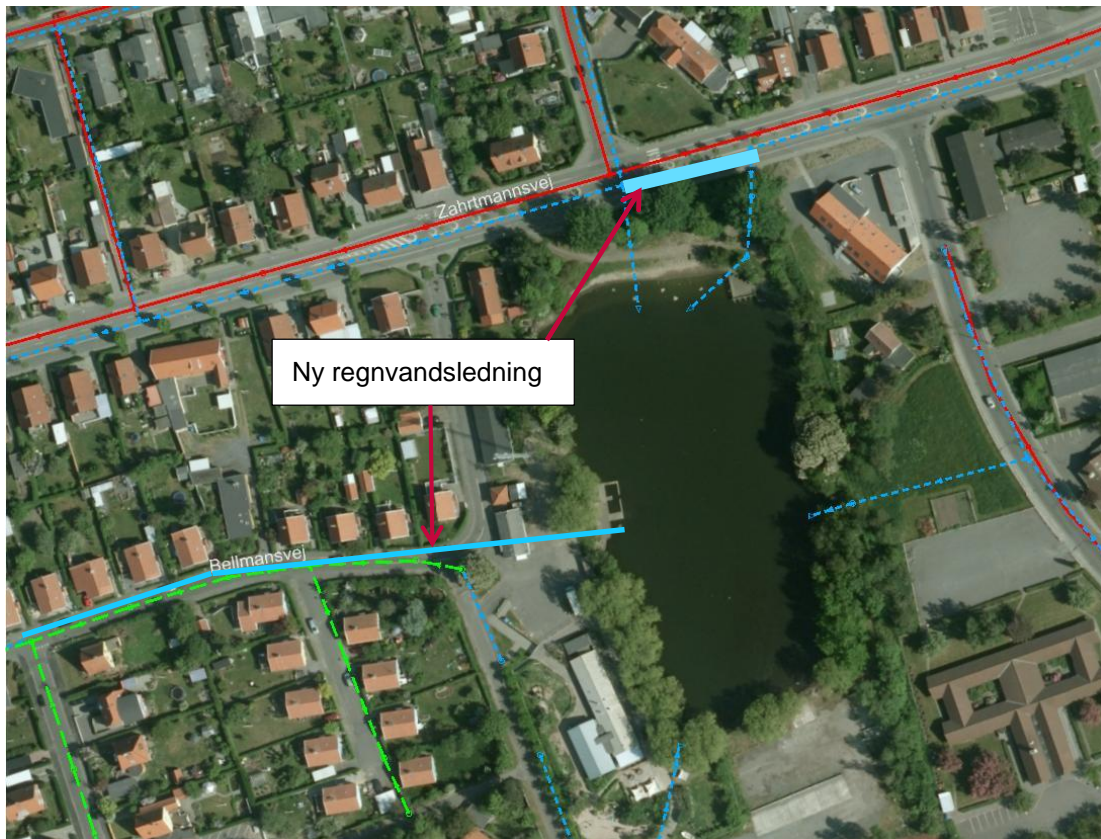


Der etableres bassin på det grønne område ved Sagavej. De nye beregninger i forbindelse med denne revision indeholder landskabsarkitekternes første skitse til bassinudformning, her er bassinet delt i 2 dele, der er placeret på hver side af Sagavej. Den rørlagte strækning langs det grønne område ændres i beregningen til en åben rende, der forbindes med det nye bassin. Der er tilbageløb til eksisterende brønd i Sagavej. Der etableret forbindelse til den anden del af bassinet, der er placeret på modsat side af Sagavej. Desuden er det Bornholms Regionskommunes ønske at så meget vand som muligt ledes til dette bassin i stedet for opstuvning i forsinkelsesbassiner i industrikvarteret.



I dag er der afledning via ledning mod syd (Galløkkevej) til kysten og mod vest til Zahrtmannsøen via Paradisvej. Ændres så afledning mod Zahrtmannsøen lukkes.

- **Zahrtmannsøen**



Der etableres forbindelse mellem regnvandsledningerne på Zahrtmannsvej, så der er permanent afledning mod havet via ledningen i Zahrtmannsvej. Desuden etableres der en ny regnvandsledning fra Zahrtmannsøen til eksisterende regnvandsledning i Bellmansvej, denne ledning vil gøre det muligt at sænke vandspejlet i søen.

Udover beregninger med ovenstående tiltag er der også udført Mike Urban beregninger for status situationen.

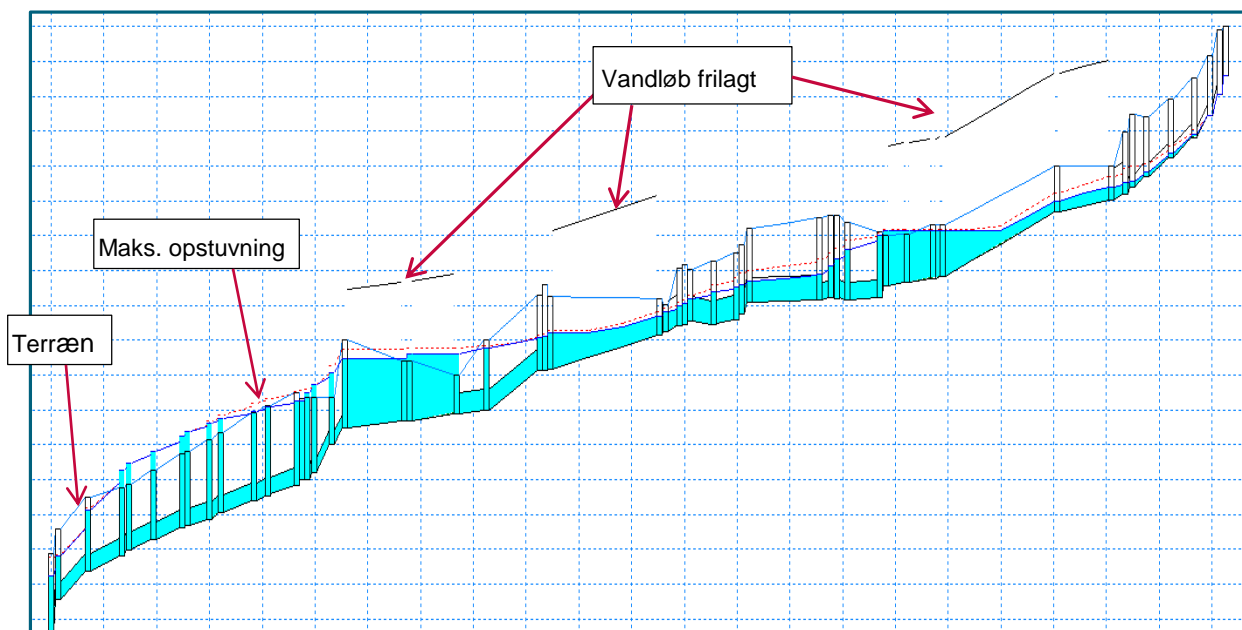
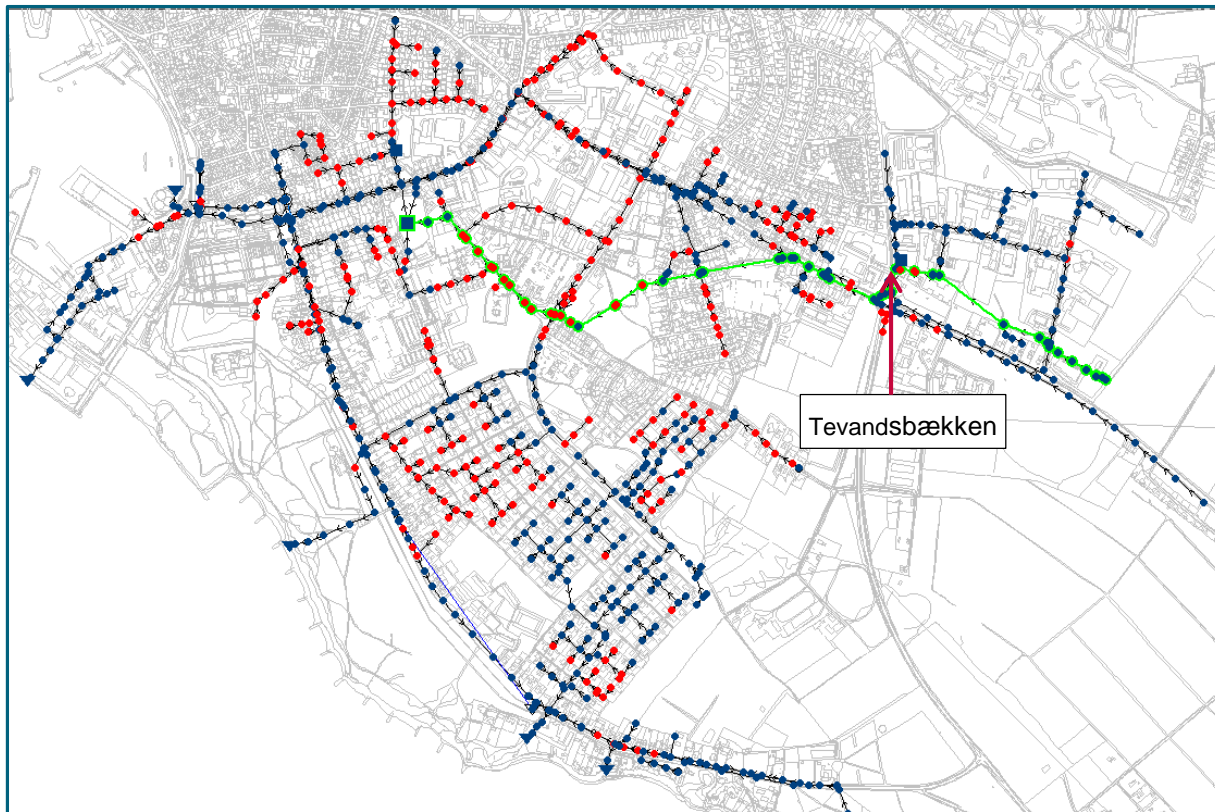
Beregningsresultater:

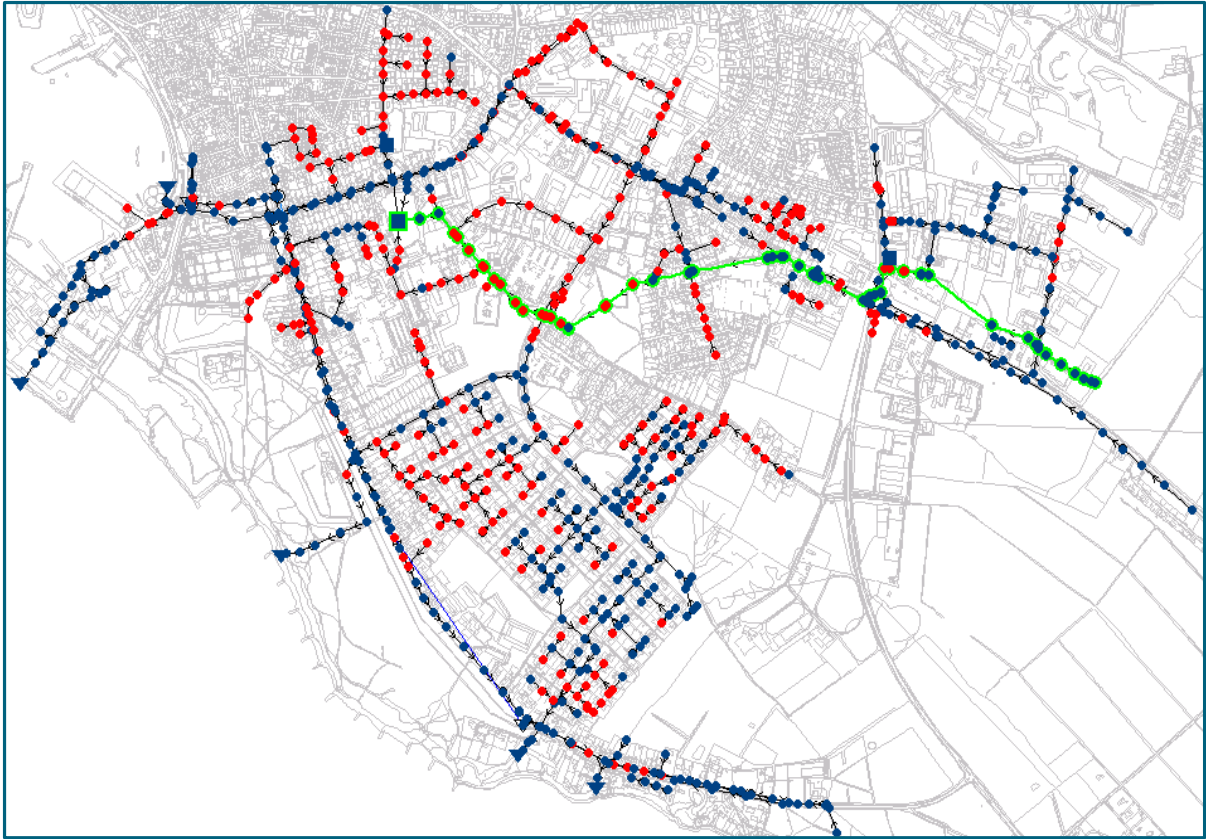
Statusberegning:

Der er udført beregninger med 5, 20, 50 og 100 års-regn med og uden klimafremskrivning.

Beregningen viser opstuvning til terræn mange steder. Opstuvning til terræn omkring Tevandsbækken er specielt i de områder, hvor vandløbet er frilagt samt strækningen inden udløb til Zahrtmannsøen. Se længdeprofil af Tevandsbækken nederste figur. Nedenstående figurer er for en 5 års-regn med klimafaktor.

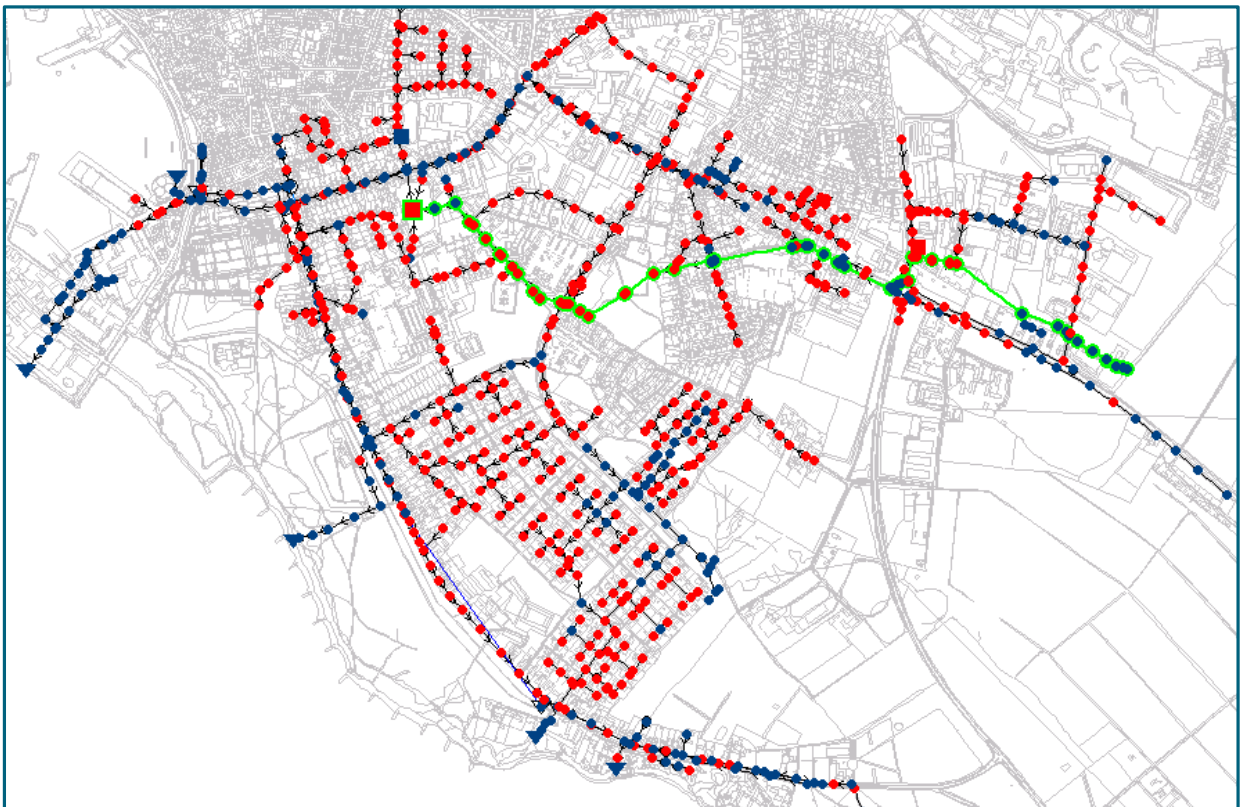
Rødt er opstuvning over terræn og blå under terræn.





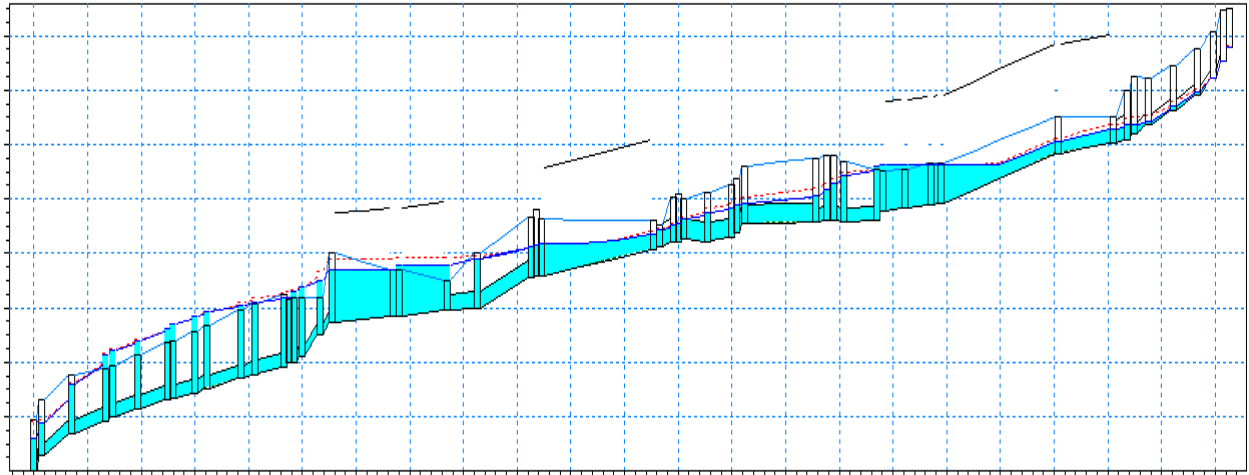
Ovenstående plot er med en 20 år-regn, der ikke er klimafremskrevet.

Nedenstående figur viser en 100 års-regn, der er klimafremskrevet.

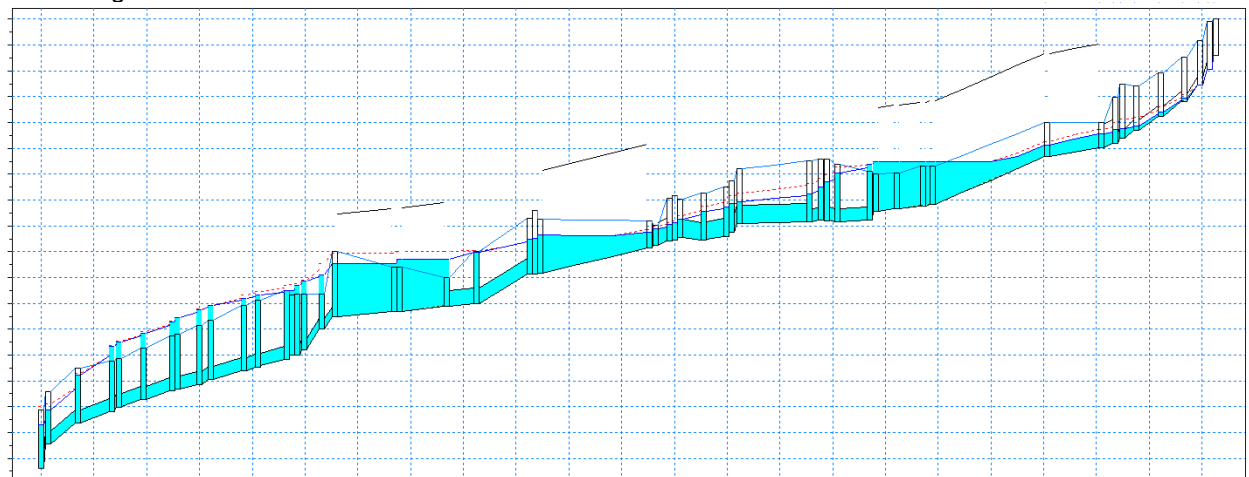


Længdeprofil af Tevandsbækken til udløb i Zahrtmannsøen.

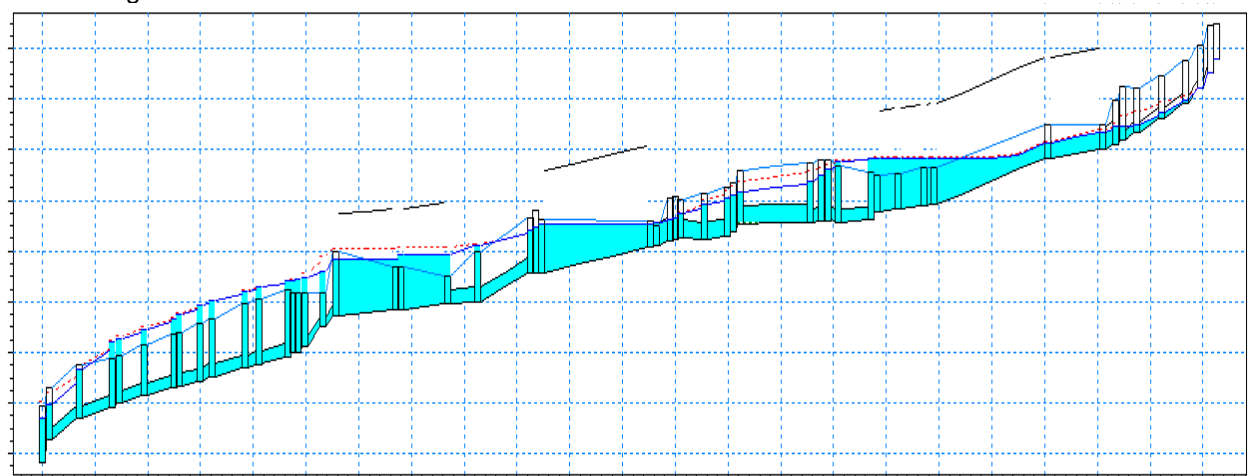
20 års-regn ikke klimafremskrevet



50 års-regn ikke klimafremskrevet



100 års-regn- klima fremskrevet.

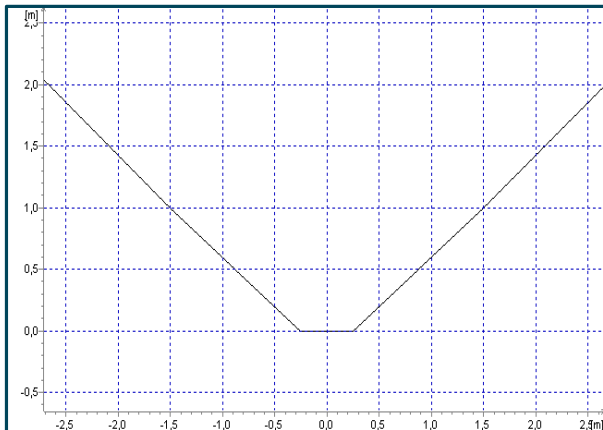


Planberegning

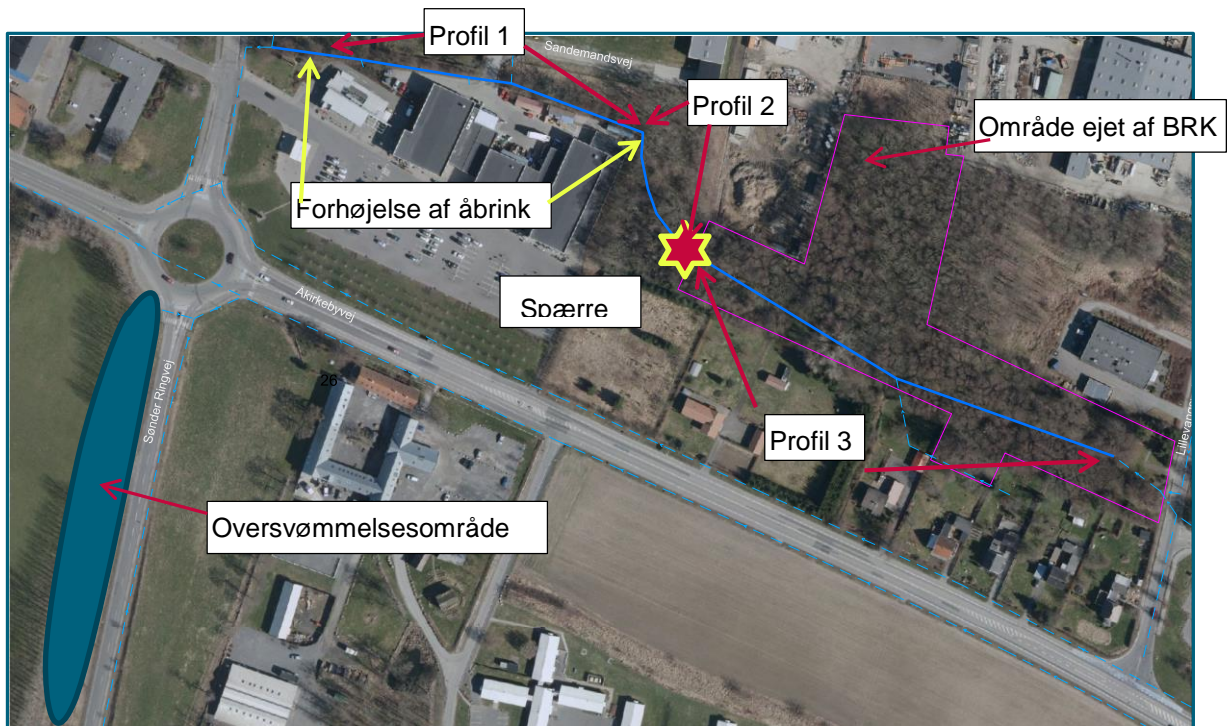
Udvidelse og forsinkelse af åløb ved Sandemandsvej

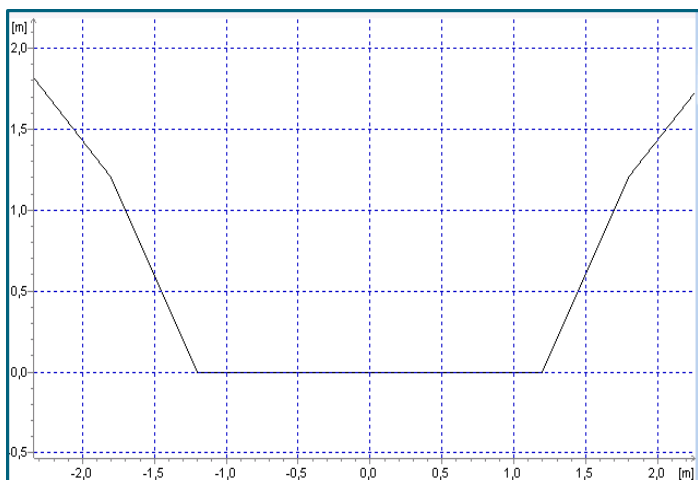
I planberegningerne udført i februar og marts, er der opstrøms, hvor Tevandsbækken bliver rørlagt, ved krydsning af Øster Ringvej etableret forsinkelse, dels ved udvidelse af eksisterende bassin og dels ved øget vandløbsbredden, forhøjelse af brinkerne og forsinkelse af vandet ved etablering af spærring med reduceret gennemløb.

I status beregningen er nedenstående vandløbsprofil anvendt.

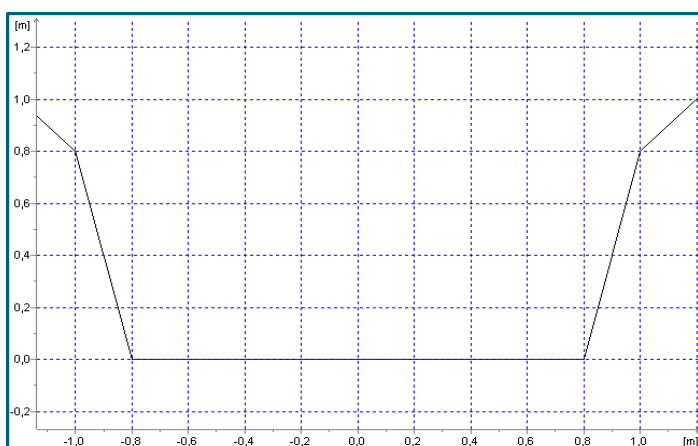


I planberegningen er der på strækning 1 mellem eksisterende bassin og opstrøms til hvor vandløbet knækker anvendt profil 1 og på strækning 2 fra vandløbsknæk til spærring profil 2 og profil 3 er anvendt på sidste strækning opstrøms spærringen, strækning 3.

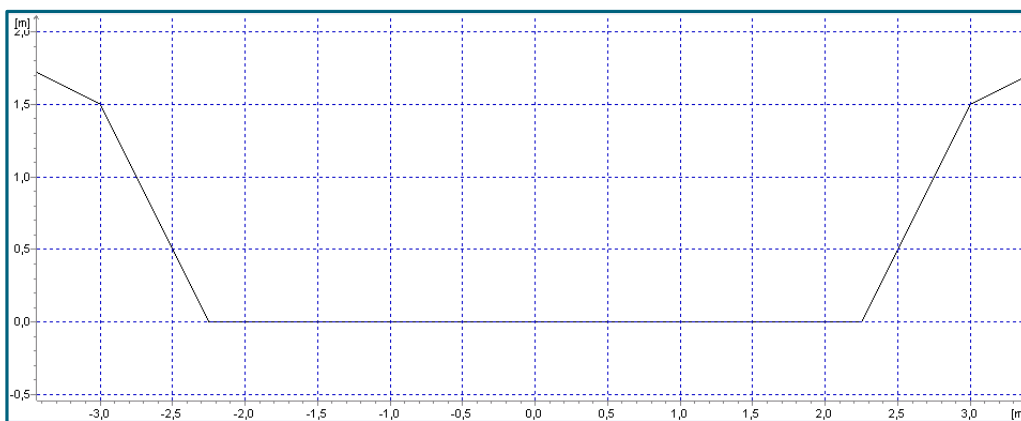




Profil 1:
 Bundbredde på 2,4 m,
 højde til terræn 1,2 m, hvor
 vandløbsbredden er 3,6 m.



Profil 2:
 Bundbredde på 1,6 m,
 højde til terræn 0,8 m, hvor
 vandløbsbredden er 2 m.

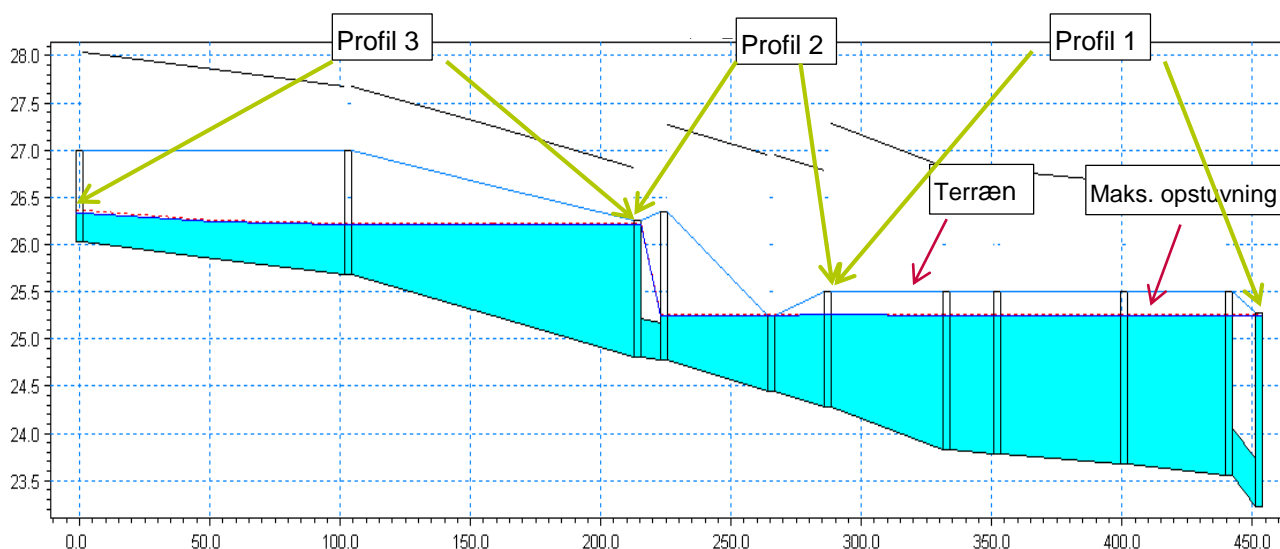


Profil3: Bundbredde på 4,5 m, højde til terræn 1,5 m, hvor vandløbsbredden er 6 m.

Skal opstuvningen kun ske på grund ejet af Bornholms Regionskommune etableres spærringen ved skrænten til industrigrunden Sandemandsvej nr. 6. Se figur side 10.

Forsinkes vandet ved en spærring med et gennemløb på Ø400 og hæves åbrinkerne på strækningen fra eksisterende bassin til hvor vandløbet knækker til kote 25.50. Er der

ved en 100 års-regn opstuvning lige til terræn på strækning mellem vandløbsknækket og spærringen. I dette tilfælde er der på stækning 3 (opstrøms spærringen) brug for et bassin volumen på 760 m³- udover vandløbsbredden på 6 m.



Er der ikke mulighed for så meget bassinvolumen på strækning 3, er en anden mulighed at gennemløbet i spærringen øges. Det kræver så at der også er mulighed for opstuvning nedstrøms spærringen.

Der er udført beregninger med et gennemløb på Ø500 og ekstra bassinvolumen enten på nabogrunden til det eksisterende bassin eller på Bechs Cartonages grund. For en 100 års klimafremskrevet regn er der behov for et bassinvolumen på 375 m³ både opstrøms- og nedstrøms spærringen.

Nedenstående tabel viser bassin behovet for 20, 50 og 100 års-regn, ved gennemløb på henholdsvis Ø400 og Ø500.

	Ø400 gennemløb	Ø500 gennemløb	
		Nedstrøms spærring	Opstrøms spærring
	M ³	M ³	M ³
20 års- regn	190	0	0
50 års-regn	475	83	170
100 års-regn	760	375	375

I beregninger i forbindelse med denne revision er området ved Sønder Ringvej, syd for Åkirkebyvej brugt som oversvømmelses areal- se figur side 10.

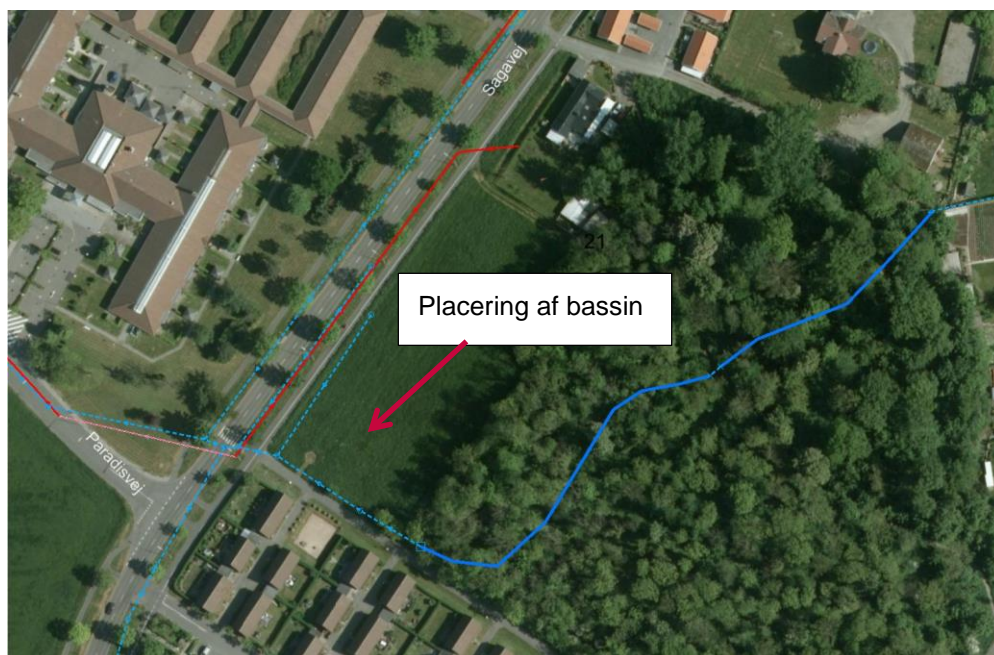
Det er endt med følgende tiltag:

- Gennemløbet i spærringen øges til Ø550
- Ledning fra Tevandsbækken til eksisterende bassin øges til Ø800
- Der etableres ekstra Ø900 afløbsledning fra eksisterende bassin til Åkirkebyvej
- Der er overløb til oversvømmelsesområdet i brønd 1969500, med overløbskoter i kote 23.65, der er 0,5 m over bundkote.

Disse tiltag medfører, at der for en 100 års klimafremskrevet regn ikke er behov for opstuvningsvolumen opstrøms spærringen, strækning 3, ud over øget vandløbsbredden, profil 3 – se side 11.

Mulighed for opstuvning på området syd for Åkirkebyvej og ekstra afløbsledning gør at, der ikke er behov for udvidelse af eksisterende bassin eller etablering af bassinvolumen på omkringliggende grunde. For en 100 års klimafremskrevet regn er nødvendig bassinvolumen ved eksisterende bassin ca. 1800 m³ og ca. 1500 m³ ved det nye område.

Bassin ved Sagavej og afkobling af regnvand til Zahrtmannsøen

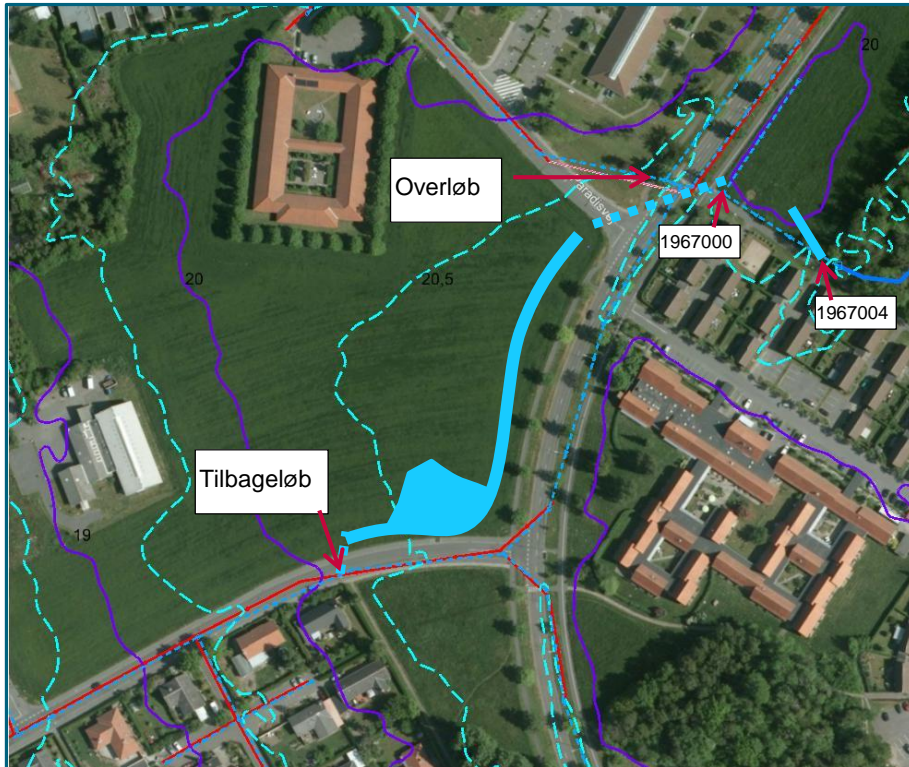


I planberegningerne, der er udført i forbindelse med denne revision, er der på baggrund af første skitse fra landskabsarkitekterne (se nedenstående skitse) indlagt et bassin på 1800 m³ på det grønne område øst for Sagavej, fra kote 19.25 til kote 20.25. Desuden er der lagt et bassin volumen på vest side af Sagavej/Paradisvej på 600 m³.



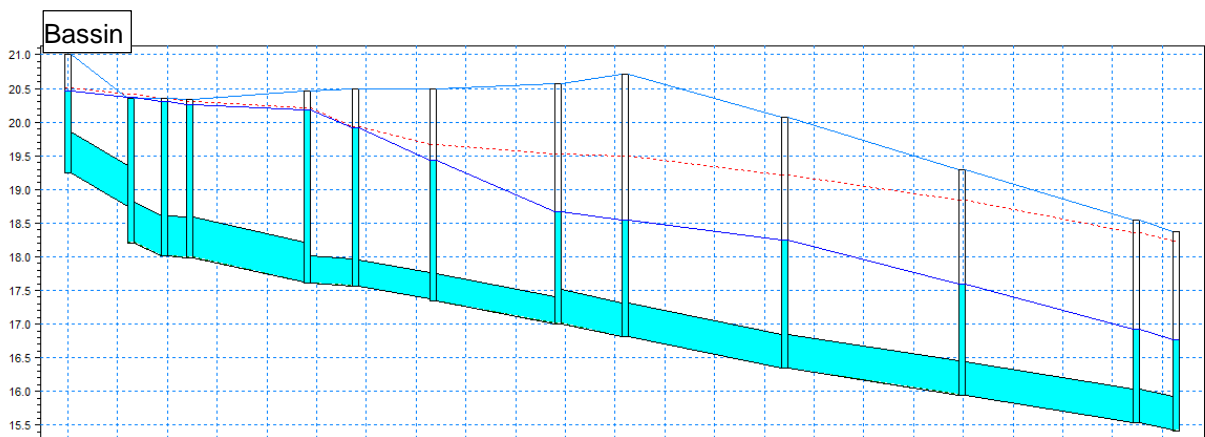
I beregningen er der tilløb til første del af bassinet via en åben rende fra eksisterende brønd 1967004. Der er tilbageløb til eksisterende brønd 1967000 via Ø400 ledning. Erstatte den rørlagte del af Tevandsbækken fra 1967004-1967000. Desuden er der etableret forbindelse til anden del af bassinet, der er placeret på vest siden af Sagavej. I beregningen er der lagt en åben rende langs Sagavej, og i hjørnet mellem Sagavej/Galløkkevej er et bassinvolumen på 600 m³ placeret, der er tilbageløb til brønd 1526100 på Galløkkevej. For at renden i det grønne område ikke skal blive alt for dyb, er top af forbindelsesledningen placeret ca. 0,6 meter under terræn, det giver en udløbskoten i det grønne område på 19,30. Det betyder at den første mængde regn, der tilledes bassinet skal afledes via eksisterende ledning. Forbindelsesledningen er placeret 10 cm over bassinbund.

I dag er der i krydset Paradisvej/Sagavej mulighed for afledning af regnvandet mod vest til Zahrtmannsøen og mod syd til kysten. I planberegningen er afledningen mod vest fjernet, det er for at reducere vandmængden til Zahrtmannsøen og herved at reducere opstuvning omkring søen.



Beregning med en 20 års regn, der ikke er klimafremskrevet, viser at et samlet bassin volumen på 2400 m³ lige er nok, mens der for de øvrige regn er opstuvning over kote 20.25. En årsag til dette er, at ledningen fra det nye bassin til udløb, hvor der ikke læn- gere er mulighed for aflastning via Zahrtmannsøen bliver overbelastet ved kraftige regn.

Beregning med en 100 års regn der ikke er klimafremskrevet viser stuvning i bassinet på øst siden af Sagevej til kote 20.50, det svarer til et bassin volumen på ca. 4600m³, og er lig oversvømmelse af hele området. Desuden er viser beregningen opstuvning til terræn i afskærende ledning mod udløb. Se nedenstående figur.

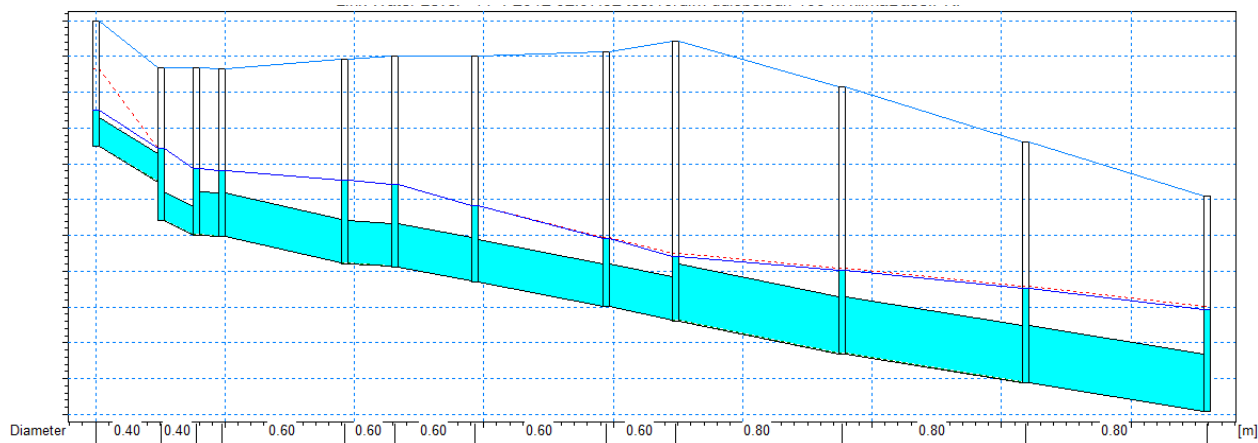


Der er udført beregning, hvor ledningsdimensionen i den afskærende ledning er øget, strækning fra bassin til brønd 1967000 bibeholdes som Ø400, strækning i Sagavej til brønd 1526300 øges til Ø600 og resten af udløbsledning øges til Ø800

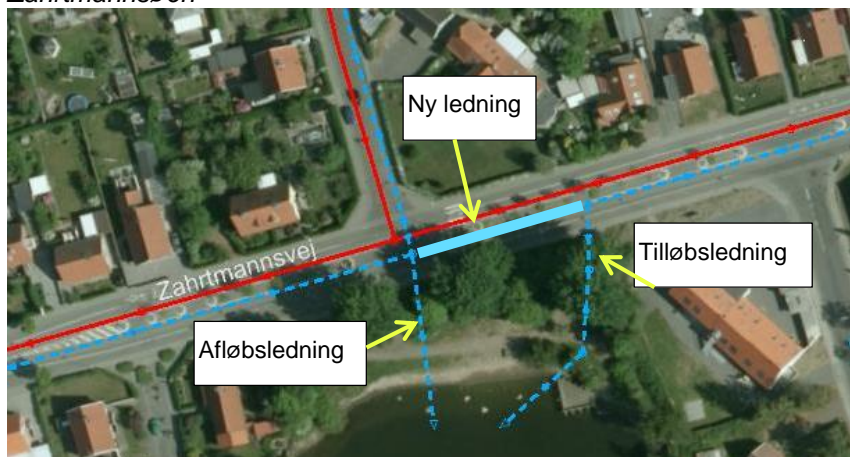


Bereg-

ninger med ovenstående tiltag viser, at bortset fra en 100 års klimafremskrevet er opstuvning under kote 20.25, ved 100 års regnen er der opstuvning til ca. kote 20.35, der svarer til et bassinvolumen på ca. 2500 m³ + 700 m³. Desuden er der ikke længere opstuvning til terræn i den afskærende ledning.



Zahrtmannsøen



Nord for Zahrtmannsøen er der tilløb til søen, i dag er det sådan at alt vand fra området ved Zahrtmannsvej, Almindingsvej og Åkirkebyvej bliver tilløbet søen. Der er afløb fra søen til Zahrtmannsvej lidt syd for tilløbet til søen.

I planberegningen er der etableret forbindelse mellem tilløbsbrønd og afløbsbrønd.

Der er lagt en Ø400 ledning. Der vil kun ske tilløb til søen, når den nye ledning er fuldt løbende.

Desuden er der på den vestlige side af søen etableret en ny afløbsledning, der tilsluttes i eksisterende regnvandsbrønd på Bellmannsvej.

Bundkoten i eksisterende brønd er 12,96. Dette gør at søens vandspejl kan sænkes. I beregningerne er vandspejlet sænket til kote 14. Den nye ledning er Ø250 med et fald på 5 %.

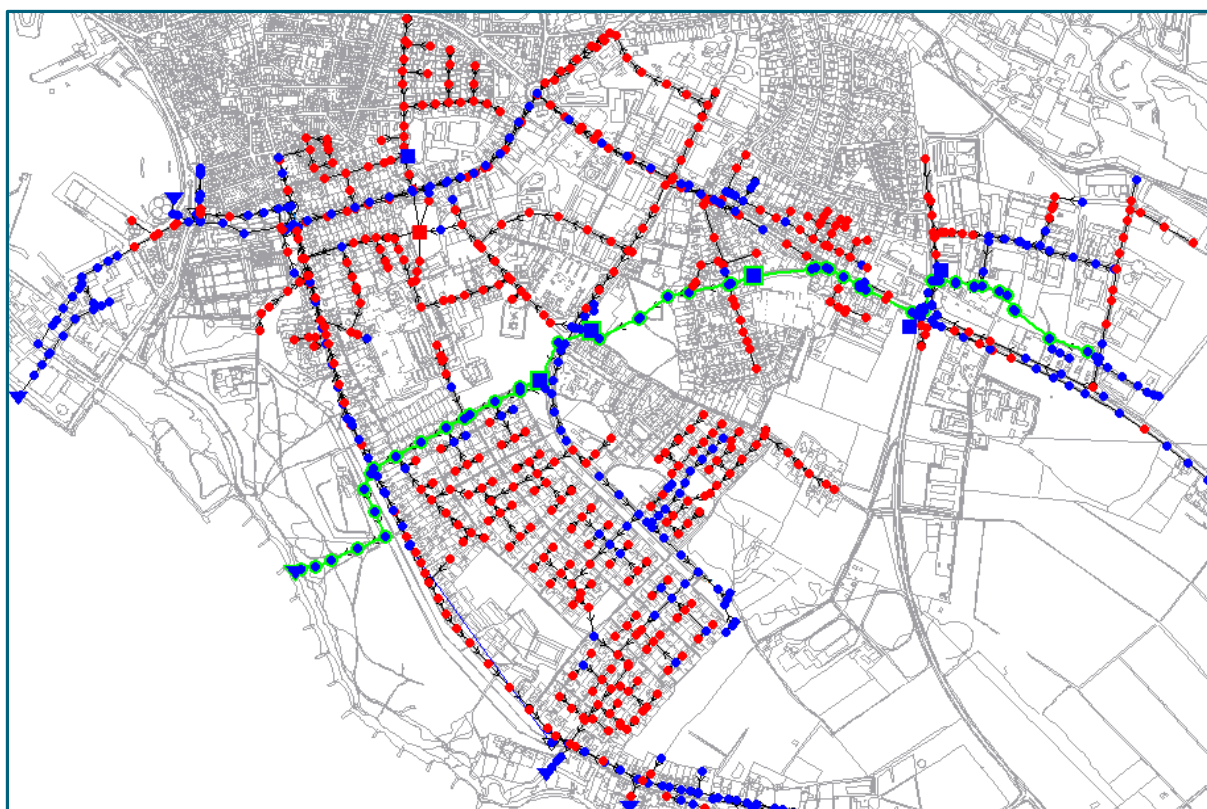
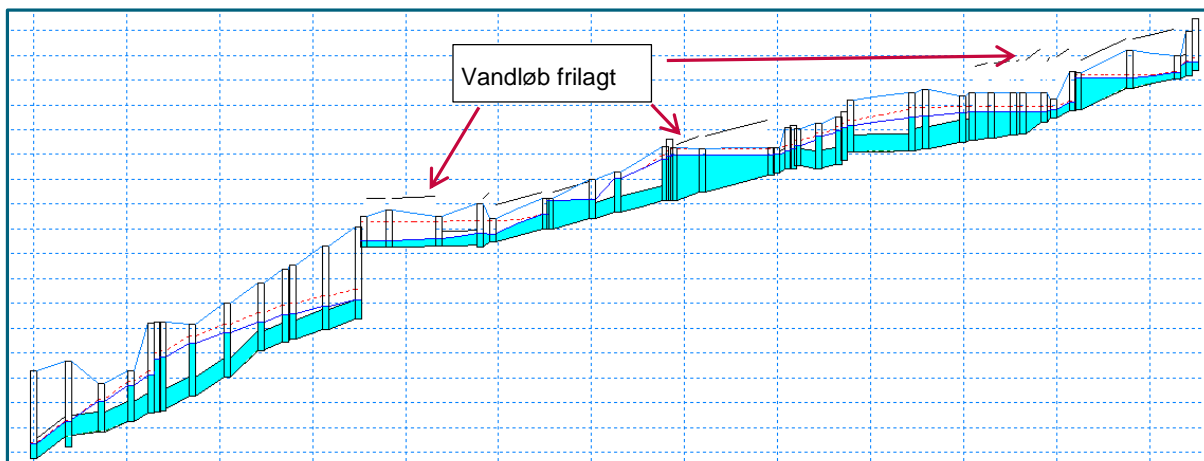


17/25

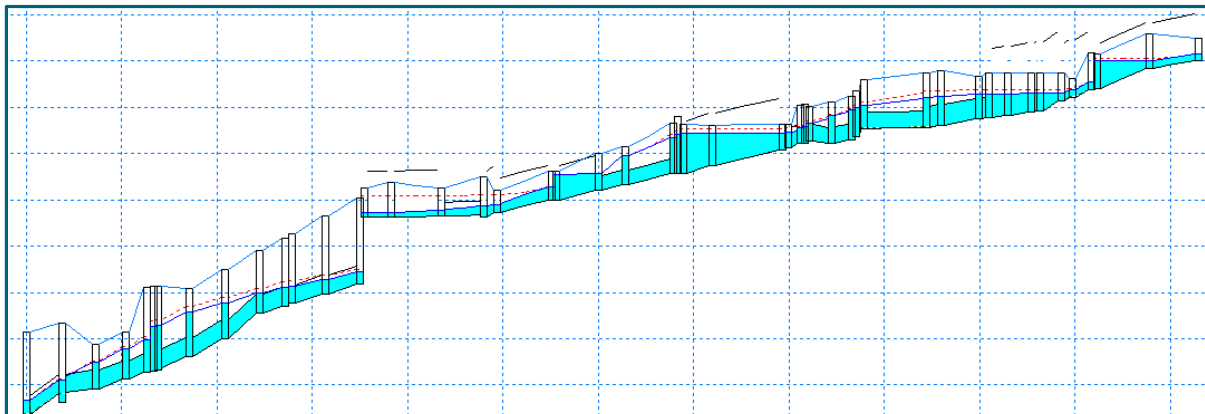
Resultat af planberegning

Beregning med ovenstående plantiltag viser at der ved 20, 50 og 100 års regn ikke ske opstuvning til terræn i selve Tevandsbækken.

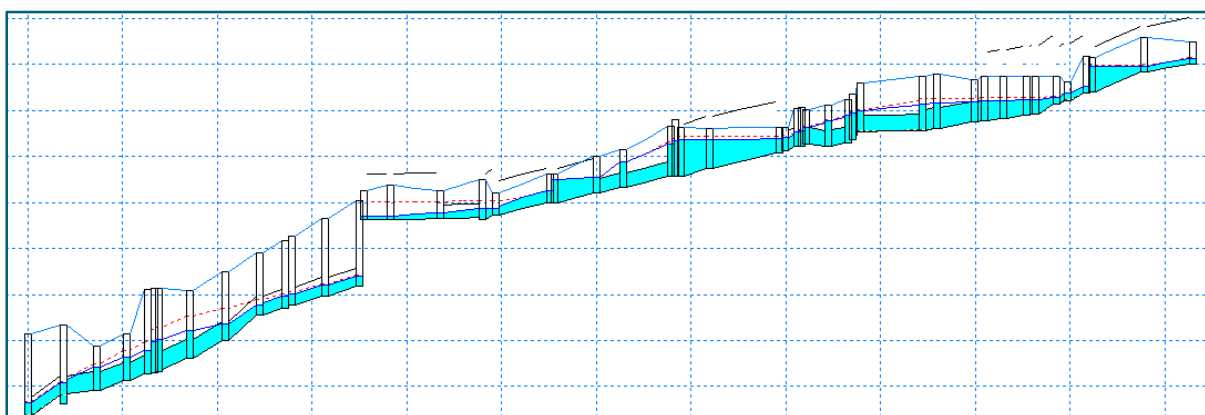
Nedenstående plot er længdeprofil af Tevandsbækken, fra industrikvarteret til udløb ved kysten, med en 100 år-regn, der er klimafremskrevet.



Som det ses at oversigtsplottet for klimafremskrevet 100 års regn, er der opstuvning til terræn rigtig mange steder i oplandet.



Længdeprofil for en 50 års regn, der er klimafremskrevet.



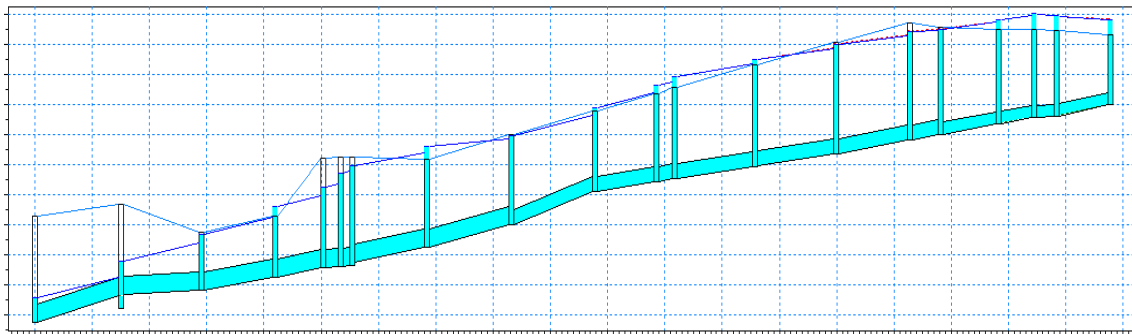
Længdeprofil for en 20 års-regn, der er klimafremskrevet

De viste længdeprofiler er, hvor afløbsledningen fra bassin på Sagavej til udløb ved kysten er øget, øges ledningen ikke, er der ved de store regn opstuvning omkring bassinet. Ved de ikke klimafremskrevne regn kan opstuvning klares ved at hele det grønne område, øst for Sagavej må oversvømmes, men med klimafremskrevne regn, 50 års og 100 års regn, er der behov for øget aflastning væk fra bassinet.

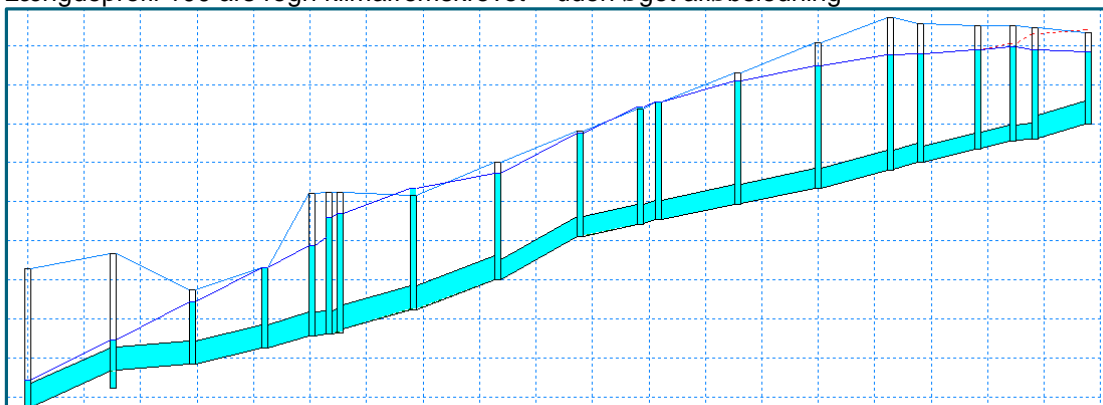
Så kan opstuvning af hele det grønne område øst for Sagavej samt opstuvning vest for Sagavej svarende til en volumen på ca. 700 m³ accepteres ved de kraftige regn, større end 20 års-regn, kan udskiftning af afløbsledningen evt. ske i forbindelse med kommende renovering i området.

De kraftige regn giver også anledning til opstuvning til terræn i afskærende ledning, dog ikke mere opstuvning i afskærende ledning end der er i status beregningen. Se nedenstående længdeprofiler.

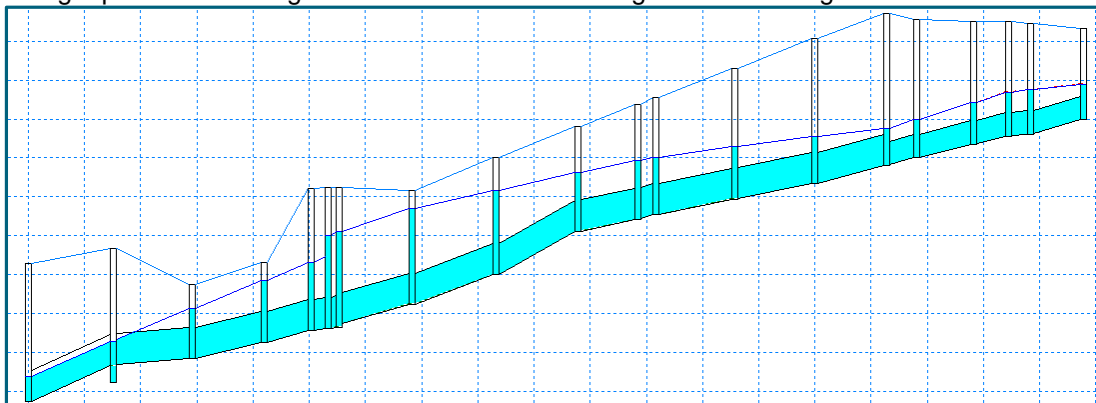
Længdeprofil 100 års regn klimafremskrevet - status



Længdeprofil 100 års regn klimafremskrevet – uden øget afløbsledning



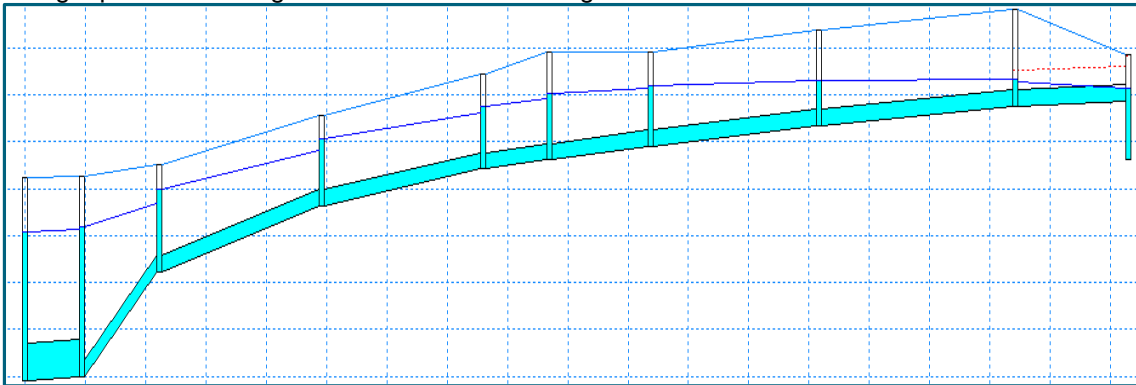
Længdeprofil 100 års regn klimafremskrevet – med øget afløbsledning



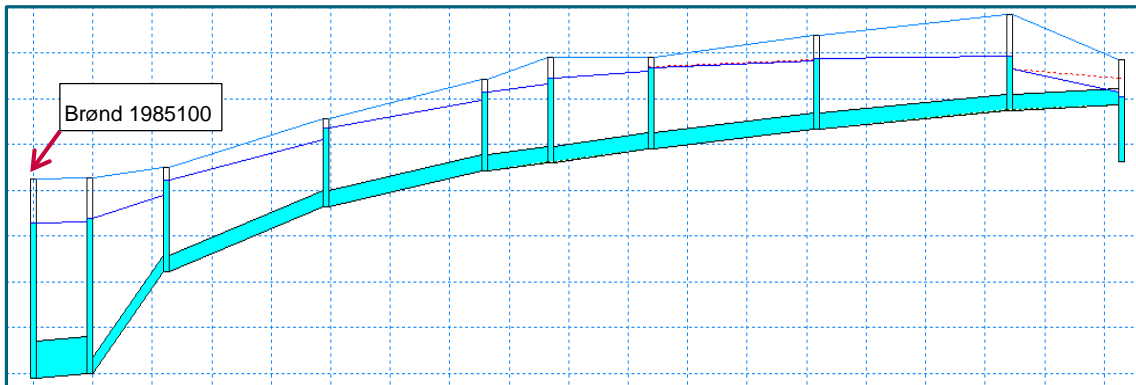
Ved Zahrtmannsøen er der i planberegningen etableret en ny afløbsledning og der er etableret mulighed for øget afledning i ledningen på Zahrtmannsvej. Nedestående plot viser hvilke øget opstuvning det giver anledning til nedstrøm. Der er vist plot for en 20 års regn uden klimafremskrivning og for en 100 års regn med klimafremskrivning.

Ledning i Zahrtmannsvej:

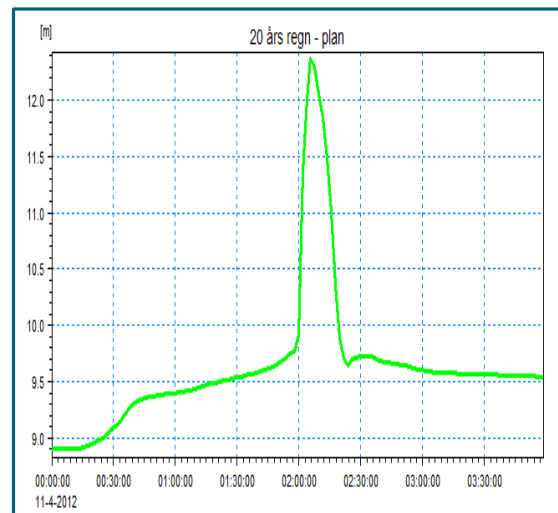
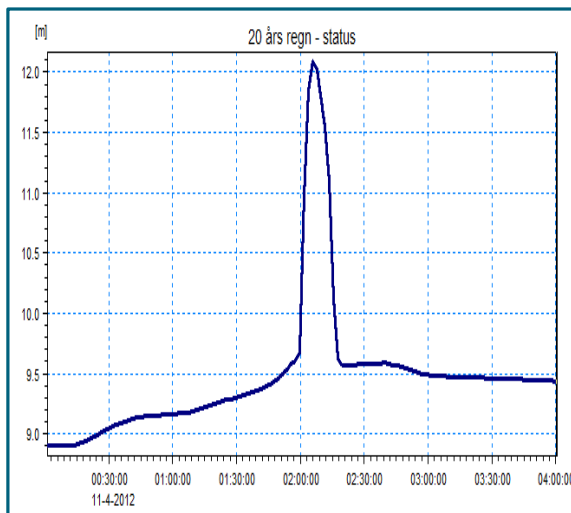
Længdeprofil 20 års regn uden klimafremskrivning.- status



Længdeprofil 20 års regn uden klimafremskrivning.- plan

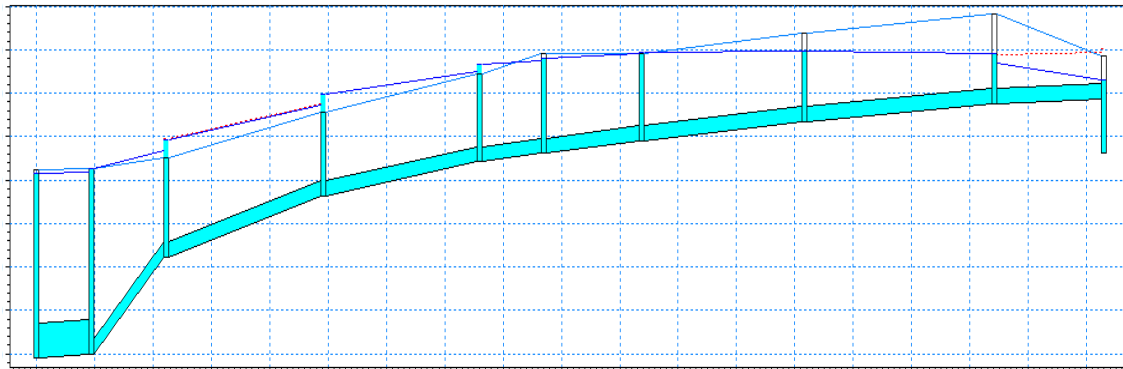


Vandstand i brønd 1985100- Zahrtmannsvej.

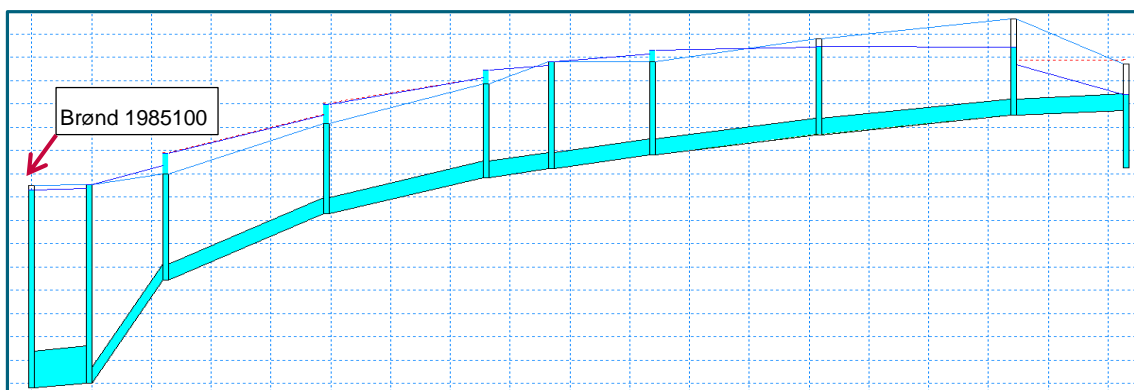


Terrænkote i brønd 1985100 er 13,25

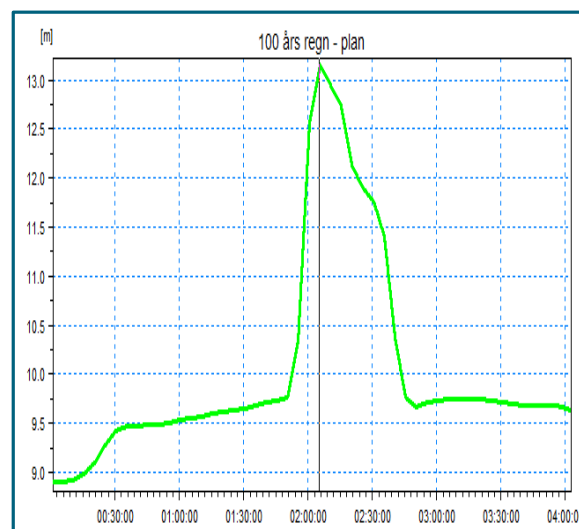
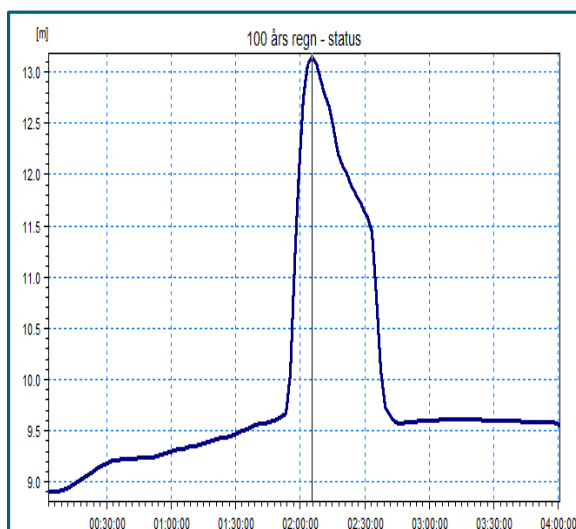
Længdeprofil 100 års regn med klimafremskrivning- status



Længdeprofil 100 års regn med klimafremskrivning- plan



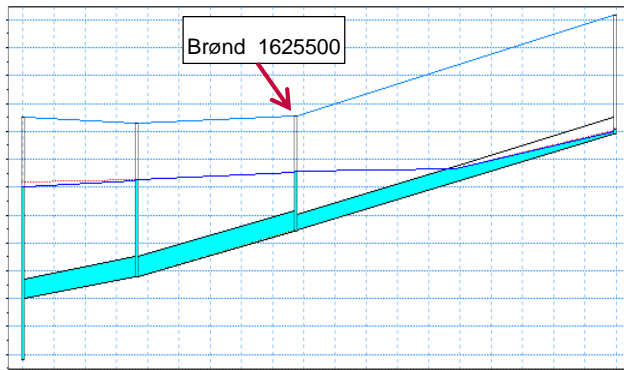
Vandstand i brønd 1985100- Zahrtmannsvej.



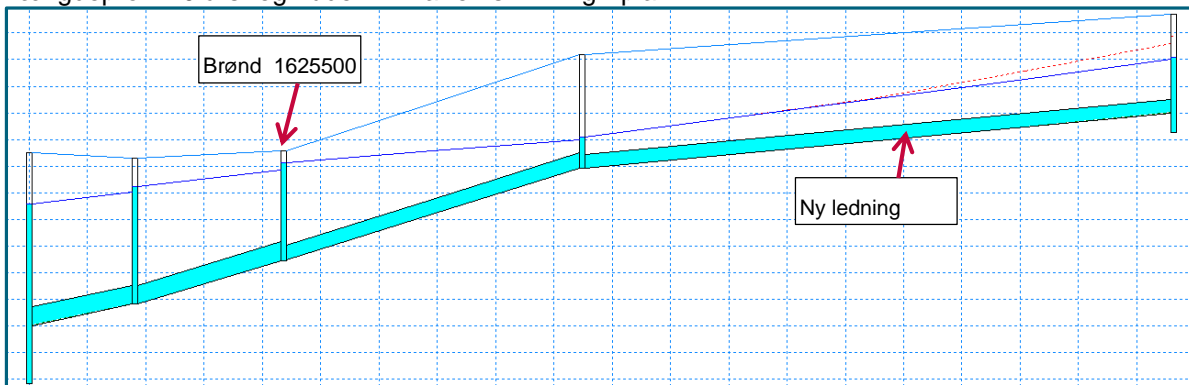
Ved 20 års regnen er opstuvningen i brønd 1985100 øget med ca. 30 cm, men under terræn, for 100 års regnen er forskelen kun 1-2 cm og stadig lige under terræn.

Ledning i Bellmansvej:

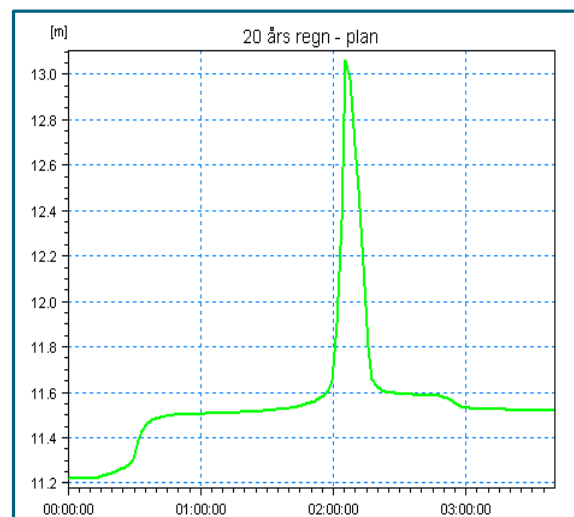
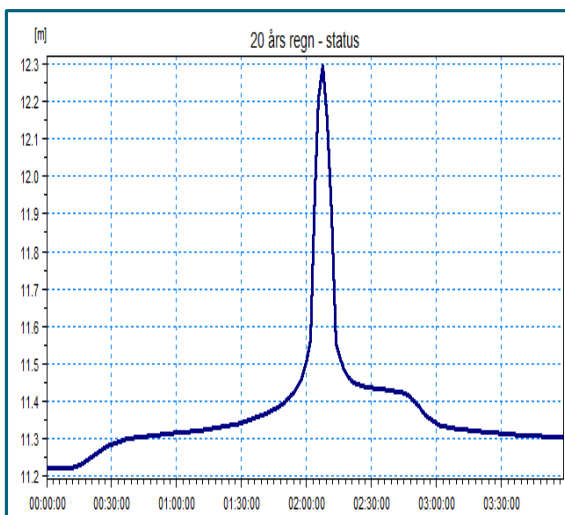
Længdeprofil 20 års regn uden klimafremskrivning.- status



Længdeprofil 20 års regn uden klimafremskrivning.- plan

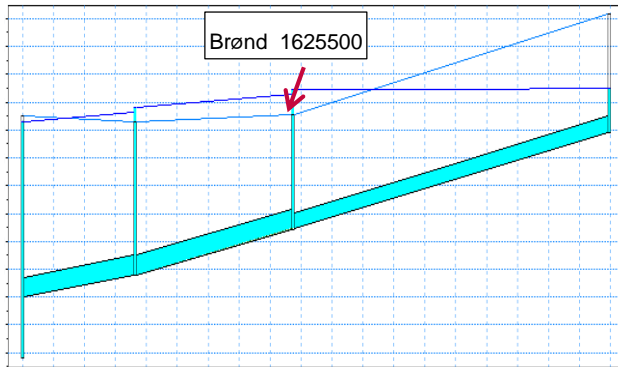


Vandstand i brønd 1625500- Bellmansvej

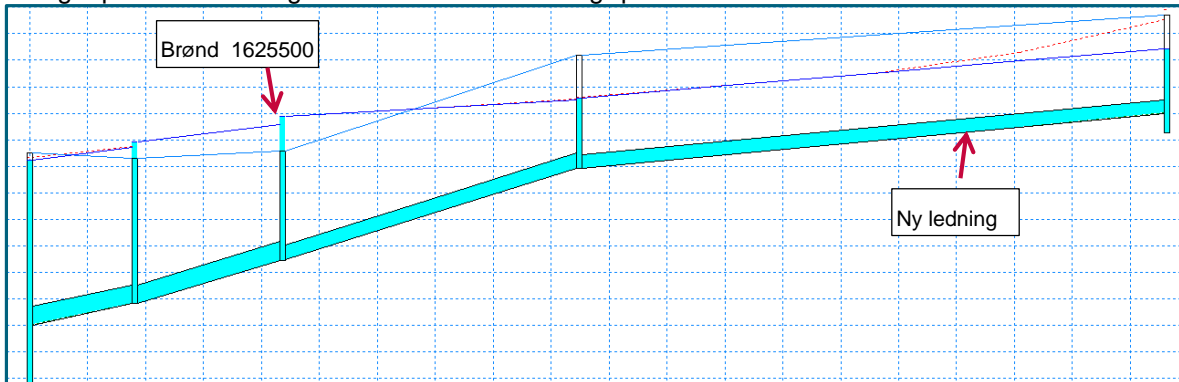


Terrænkote i brønd 1625500 er 13,28

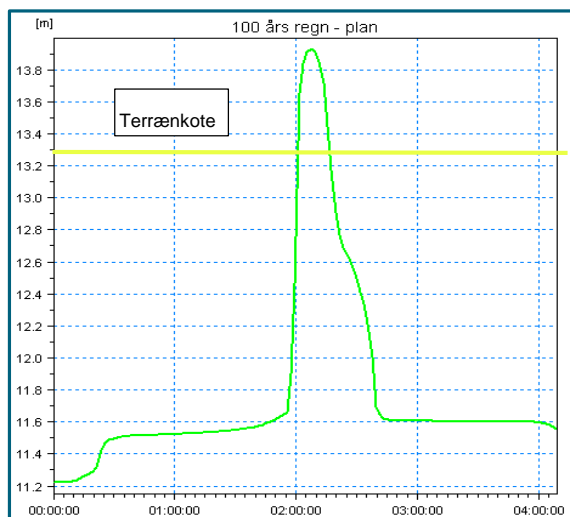
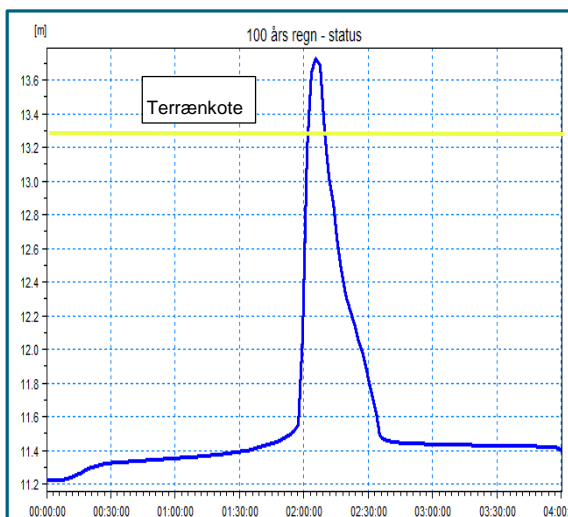
Længdeprofil 100 års regn med klimafremskrivning.- status



Længdeprofil 100 års regn med klimafremskrivning- plan



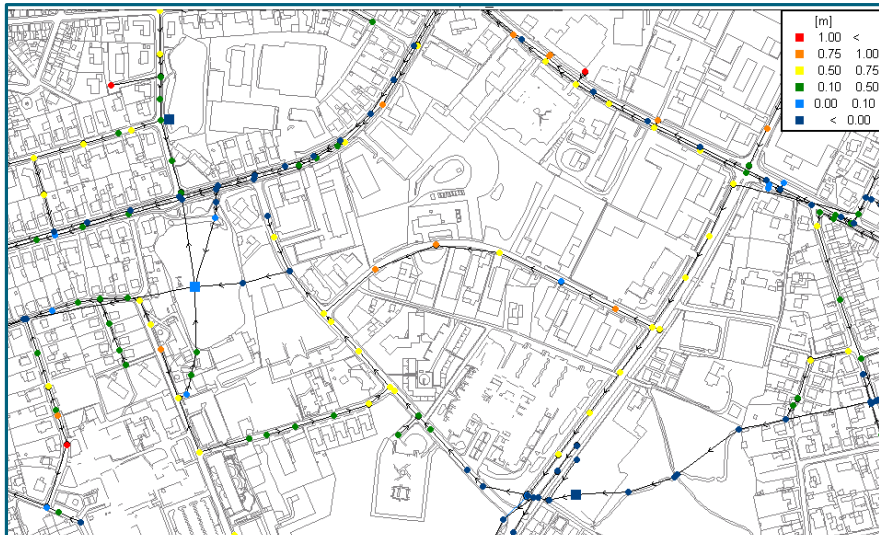
Vandstand i brønd 1625500- Bellmansvej



Ved 20 års regnen er opstuvningen i brønd 1625500 øget med ca. 80 cm, men under terræn. For 100 års regnen er der opstuvning til terræn både i status og plan men opstuvninger er ca. 20 cm højere i planberegningen. For en 50 års regn er der ikke stuvning til terræn i status men der er stuvning til terræn i planberegningen.

Ved 100 års-regnen er der opstuvning over terræn omkring Zahrtmannsøen. Se nedenstående figur. I planberegningen er vandstanden i Zahrtmannsøen 15.97.

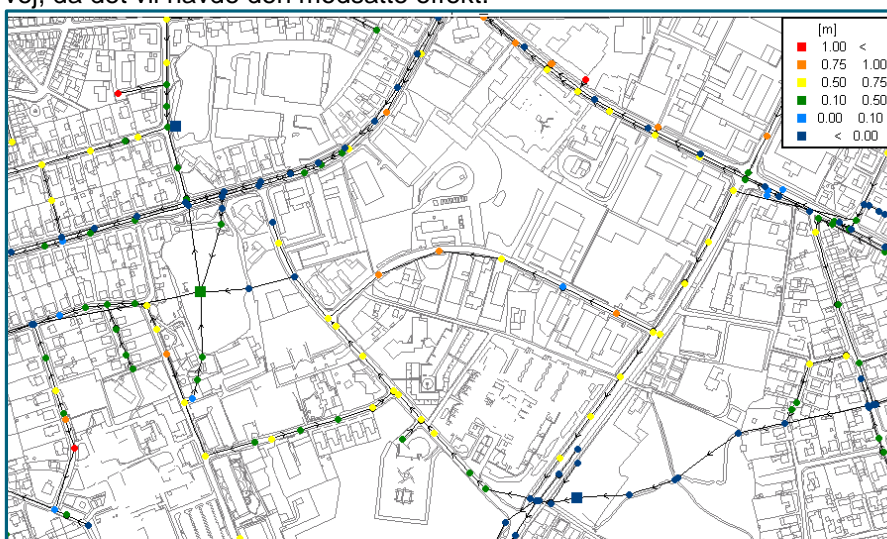
I planberegninger er der, som beskrevet tidligere, etableret forbindelse mellem tilløb- og afløbsbrønd til Zahrtmannsøen på Zahrtmannsvej. Det medfører øget vandstand i afløbsbrønden og at søen først aflaster via denne ledning når vandstanden i brønden er lavere end vandstanden i søen.



Det er muligt at fjerne en del af opstuvningen i området ved at der i krydset Paradisvej/Sagavej også etableres overløb fra ledningen der løber mod Zahrtmannsøen til det grønne areal på modsat side af Sagavej/Paradisvej.

Nedenstående plot er for beregning, hvor der er etableret overløb og det er aflastet ca. 210 m³ til det grønne område. Her er vandstanden i Zahrtmannsøen på 15.93.

Men det er vigtigt at overløbsledningen udformes så vandet ikke kan løbe den anden vej, da det vil have den modsatte effekt.



Skal vandstanden i Zahrtmannsøen sænkes yderligere er lokale LAR-løsninger i området en mulighed.