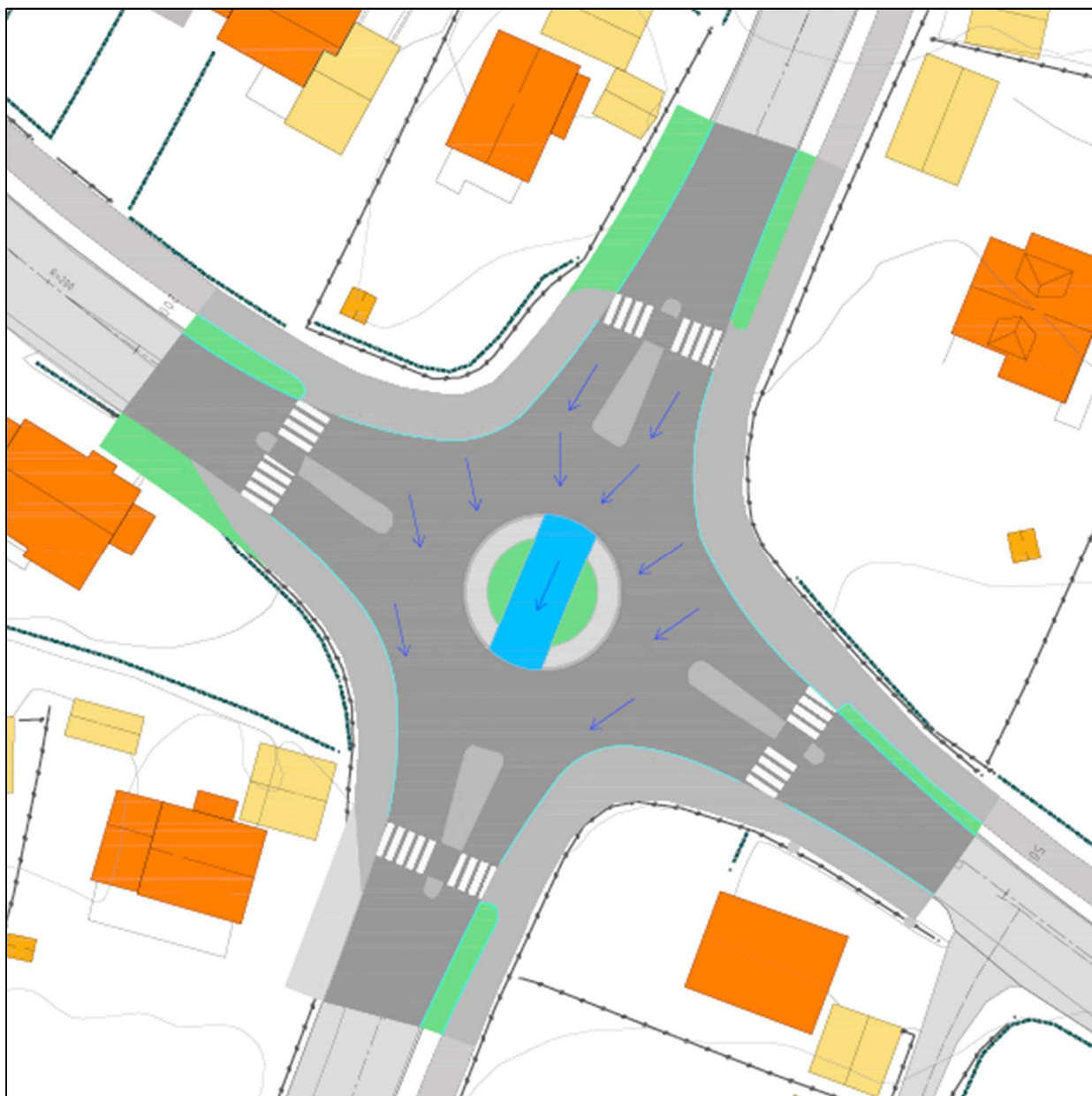


Rundkjøringer i flomveger – samarbeidsprosjekt mellom Hamar kommune og Innlandet fylkeskommune



Innledning

Hamar kommune har i dag GIS-basert oversikt over flomveger i kommunen. Dette viser de naturlige dreinslinjene for overvann og flomvannet. Det finnes i dag ingen overvannsplan/styrtregnsplan for Hamar kommune.

Det er identifisert at i en fremtidig overvannsplan/styrtregnsplan kan vegnettet spille en stor rolle som fremtidige, planlagte flomveger. Noen av disse vegene er relativt store og har stort potensial for å lede mye vann. I Hamar finnes det mange rundkjøringer, noe som kan påvirke muligheten for å bruke vegnettet som flomveg i fremtiden. I bacheloroppgaven «Flomveger og flomplanlegging i Hamar» ble det identifisert at i en «normalt» utformet rundkjøring vil vannet renne ut sidevegene og ikke nødvendigvis i ønsket retning. Det er derfor et behov for å utarbeide noen prinsippløsninger for rundkjøringer i flomveger slik at disse ikke er begrensende for å lage en god overvannsplan/styrtregnsplan for Hamar kommune.

Hamar kommune fikk tildelt klimasatsmidler fra Miljødirektoratet i februar 2020 for å gjennomføre et prosjekt som skal studere og forsøke utarbeide en/eller flere prinsippløsninger for utforming av rundkjøringer i flomveger. Målet er å finne løsninger som kan tas i bruk hvis det i fremtiden skal endres eller etableres nye rundkjøringer i noen av de vegtraseene man i Hamar ønsker å bruke som flomveger. Det er også et mål for prosjektet at andre vegeiere skal kunne dra nytte av studiet. Prosjektet er gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom Hamar kommune og Innlandet fylkeskommune, med Norconsult som innleid rådgiver.

Sammendrag

Hensikten med prosjektet har vært å studere og komme frem til gode løsninger for best mulig utforming av en rundkjøring i en flomveg.

Prosjektet startet med en bred kreativ prosess i prosjektgruppen hvor vi utarbeidet mange forslag til utforming av flomtilpassede rundkjøringer. Videre valgte man etter en evaluering å gå videre med 7 forskjellige løsninger.

Prosjektet bestemte å bruke rundkjøringen i krysset Vognvegen X Furubergvegen som case-rundkjøring. Denne ble valgt fordi rundkjøringen ligger i en eksisterende flomveg og er en typisk rundkjøring med en «vanlig» utforming.

Vi har beregnet og modellert hvor mye vann som kommer til rundkjøringen både i dag og slik det kan bli planlagt i en fremtidig styrtregnsplan. I modellen har vi benyttet 200-års regn med 40% klimapåslag. I en fremtidig overvannsplan/styrtregnsplan er et mulig scenario at flere nedbørsfelt enn i dag planlegges til den valgte rundkjøringen. Vi har derfor valgt et større nedbørsfelt enn dagens flomkart viser. Vi ser også for oss at man i en fremtidig plan kun ønsker å styre flomvann fra rundkjøringen ned Vognvegen, ikke Furubergvegen.

En viktig observasjon er at den studerte rundkjøringen ikke har utløpskapasitet i utløpet/vegnettet nedstrøms til et utvidet nedbørsfelt, slik at det vil bli oppstuing i rundkjøringa selv om rundkjøringen blir utformet på en god måte. Dette er forhold man må ta med i betraktning når man planlegger flomveger i en styrtregnsplan. Vi viser at man kan øke kapasiteten i vegene inn/ut betraktelig ved å endre kantsteinshøyden.

Vi vurderte nye 7 forslag til utforming av rundkjøring hvor vi blant annet simulerte hvordan vannet ville renne gjennom rundkjøringa i flere trinn opp til 200-års nedbør med 40% klimapåslag. Forslagene med å heve de sideveger man ikke ønsker å lede flomvannet inn på (forslag 5) og forslaget med hevede sideveger med en kanal gjennom sentraløya med tverrfall mot sentraløya (forslag 6) var de mest effektive løsningene. Det ser ut til at tverrfallet mot sentraløya er den største bidragsyteren for å styre flomvannet.

En styrtregnsplan for Hamar kan i verste fall medføre at man, for å ha bedre kontroll på flomvegene får større flomveger enn man har naturlig i dag. Med det menes at det kan bety at man drenerer vann fra større områder enn tidligere til flomvegene fordi man ønsker at disse skal gå over offentlig eller flomrobust grunn fremfor gjennom villastrøk eller annen grunn hvor en stor flomhendelse kan være kritisk. Det er også derfor viktig å ha en overordnet overvannsplan/styrtregnsplan for å ha full kontroll på vannmengder i hele flomvegen fra øverst til nederst.

Hovedkonklusjonen er at utforming av rundkjøringen er viktig for flomavledningskapasiteten gjennom rundkjøringen. Det lar seg gjøre å utforme en rundkjøring slik at den virker godt i en flomsituasjon, og vi viser flere gode løsninger vi ser fungerer. Det er svært viktig å vite ved nyetablering av en rundkjøring om den ligger i en eksisterende eller planlagt flomveg og hvor mye vann man må planlegge for. Videre er det ikke selve rundkjøringen som i dette tilfellet er flaskehalsen i flomvegen, men kjørevegene oppstrøms og nedstrøms, det er derfor viktig å se helheten i vegnettet.

Summary

The purpose of the project was to evaluate various solutions for the best possible design of a roundabout in a floodway.

The project started with a broad creative process which resulted in many suggestions for the design of the roundabout. 7 different alternatives were chosen for further investigation. We have calculated and simulated how much water enters the roundabout using 200-year rainfall with a 40% climate change adaption.

In a future Surface Water Management Plan (SWMP), it is possible scenario that precipitation fields are larger than today's situation. We have therefore chosen a larger precipitation field than the one shown in the flood map of the present situation. We also expect that in a future SWMP will require the control of floodwater from the roundabout down Vognvegen, and not Furubergvegen.

The alternative of raising the side roads you do not want to direct the floodwater into (proposal 5) and the alternative with raised side roads and a channel through the central island with a transverse slope towards the central island (proposal 6) were the most effective alternatives. It is assumed that the transverse slope towards the central island is the largest contributor to controlling the flood water.

The projects main conclusion is that the design of a roundabout in is important for the flood diversion capacity through the roundabout. It is therefore very important to know when establishing a new roundabout whether it is in an existing or planned floodway.

Furthermore, it is not the roundabout itself that is the bottleneck in a flood road, but the driveways upstream and downstream. This confirms the importance of Surface Water Management Plans.

Innhold

Innledning.....	2
Sammendrag	3
Bakgrunn	6
Organisering og arbeidsform.....	7
Økonomi	7
Arbeidsmetodikk	8
Diskusjon og valg av alternativene	10
Forutsetninger for diskusjon	10
Valgte løsninger.....	17
Beregningsgrunnlag.....	18
Resultater	21
Oppsummering av resultatene.....	27
Konklusjon	30
Anbefalinger til videre arbeid.....	31
Referanser	32

Bakgrunn

Hamar kommune er en typisk innlandskommune med beskjedne nedbørsmengder og stabile temperaturer. Årlig gjennomsnittsnedbør er 575 mm i året og gjennomsnittstemperatur er 4,3°C (Klimaprofil Hedmark). Men gjennomsnittlig årsnedbør i Hedmark er beregnet å øke med ca. 15 % frem mot år 2100 og det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Mer intense regnskyll vil kunne gi andre typer flommer enn de klassiske snøsmelteflommene vi har mest erfaring med i Norge. Dette kan opptre på steder som ikke tidligere har vært utsatt. Dette vil stille krav til overvannshåndteringen. Nedbørsmengden på dager med mye nedbør anslås for Østlandet å øke med 30 % fram til 2100 ved høy framskrivning. Dette kan gi store utfordringer knyttet til overvannshåndtering i områder med mange tette flater (Hamar kommune, Kommuneplanens arealdel 2018-2030).

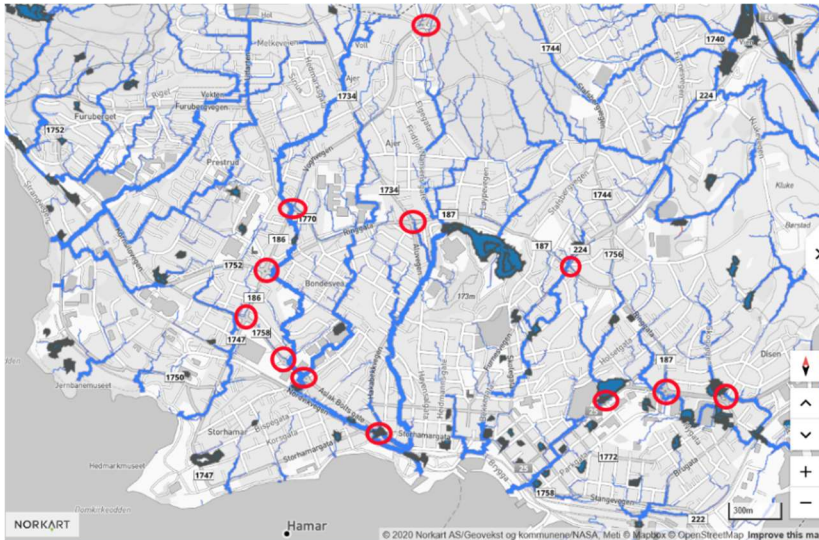
Hamar kommune har i dag GIS-basert oversikt over flomveger – et såkalt flomvegskart. Man kan se på kartet hvor vannet kan forventes å renne ved ekstremnedbør. Verktøyet gir også mulighet til å identifisere hvor det kan være hensiktsmessig å gjøre tiltak for å styre flomvegene på en sikker måte. Dette er derfor et viktig planverktøy i et videre arbeid med overvannsplan/styrtregplan for Hamar kommune. En slik plan gjør det mulig å på sikt styre flomvegene til nye, tryggere traseer eller bedre sikring av eksisterende.

En overvannsplan viser hvor man ønsker at normalt regn skal renne, fordrøyes og/eller infiltreres. En styrtregplan vil vise hvor flomvann skal renne under store nedbørsepisoder, da vil alt vann renne over grunnen som flomvann og det kan potensielt føre til store skader hvis flomvegene ikke er tilrettelagt.

Gjennom en Bacheloroppgave i 2019 ble en av de viktigste flomvegene i Hamar kartlagt som case og det ble identifisert hva som skal til av tiltak for å sikre denne utvalgte flomvegen helt ut i Mjøsa. Man så da at både flomvegen som ble analysert i oppgaven og flere andre flomveger i Hamar mulig kan lede mye vann og ha stort skadepotensiale hvis man ikke gjør tiltak for å styre vannet i ønsket retning. I Hamar så man at store veger kan ha potensiale til å være gode flomveger og rundkjøringer kan være den største fysiske utfordring for å få dette til. I en rundkjøring vil vannet naturlig renne ut sidevegene og ikke nødvendigvis følge vegen videre i ønsket retning.

Per dags dato er det ikke funnet noen gode løsninger for utforming av rundkjøringer i flomvegstraseer i Norge. Det er derfor behov å utvikle noen prinsipløsninger som kan tas i bruk hvis det i fremtiden skal endres eller etableres nye rundkjøringer i noen av de vegtraseene man i Hamar ønsker å bruke som flomveger.

Bildet under viser rundkjøringer i Hamar som ligger i flomveger i dag og som i en fremtidig styrtregplan også kan vise seg å være problematiske for å styre vannet i den retning vi ønsker ned mot Mjøsa. Det er mange rundkjøringer i de store veien i Hamar, potensialet for å ta løsningen i bruk er derfor stor.



Figur 1: Skjermdump av Hamar kommune sitt digitale flomvegskart, påtegnet røde sirkler som angir plassering av rundkjøringer.

Prosjektets mål

Prosjektet skulle utvikle minst 3 prinsipløsninger som kan brukes dersom man skal bygge en rundkjøring i en flomveg. Resultatet vil være viktig for Hamar kommunes videre arbeid med flomveger i fremtiden og i diskusjon sammen med andre vegeiere og ha en overføringsverdi til andre vegeiere.

Organisering og arbeidsform

Det var en forutsetning fra Hamar kommune sin side at fylkeskommunen ble involvert. Fylkeskommunen er vegeier av fylkesvegene og dermed alle rundkjøringene i Hamar. Det er etablert en prosjektorganisasjon hvor Fylkeskommunen bidrar med prosjektledelse. Fylkeskommunen bidrar ellers faglig i prosjektet, i tillegg til Vann- og avløp, Bydrift og Smartby fra Hamar kommune. Både Statens vegvesen og NVE ble invitert inn i prosjektgruppe, men hadde dessverre ikke anledning til å delta.

Prosjektgruppen har bestått av Claire Bant (Innlandet fylkeskommune), Kari Reistad (Hamar kommune), Morten Haug (Hamar kommune), Kristin Eriksen (Hamar kommune), Trond Elveos (Innlandet fylkeskommune), Kine Skarstein (Innlandet fylkeskommune), og Per Ragnar Risberget (Innlandet fylkeskommune). Claire Bant har vært prosjektleder. Norconsult er engasjert til å bistå prosjektgruppen med å konkretisere arbeidet.

Følgende personer hos Norconsult har vært involvert i prosjektet:
Vidar Antonsen (oppdragsleder), Vidar Metveit (vegplanlegger) og Li Li (rådgiver VA)

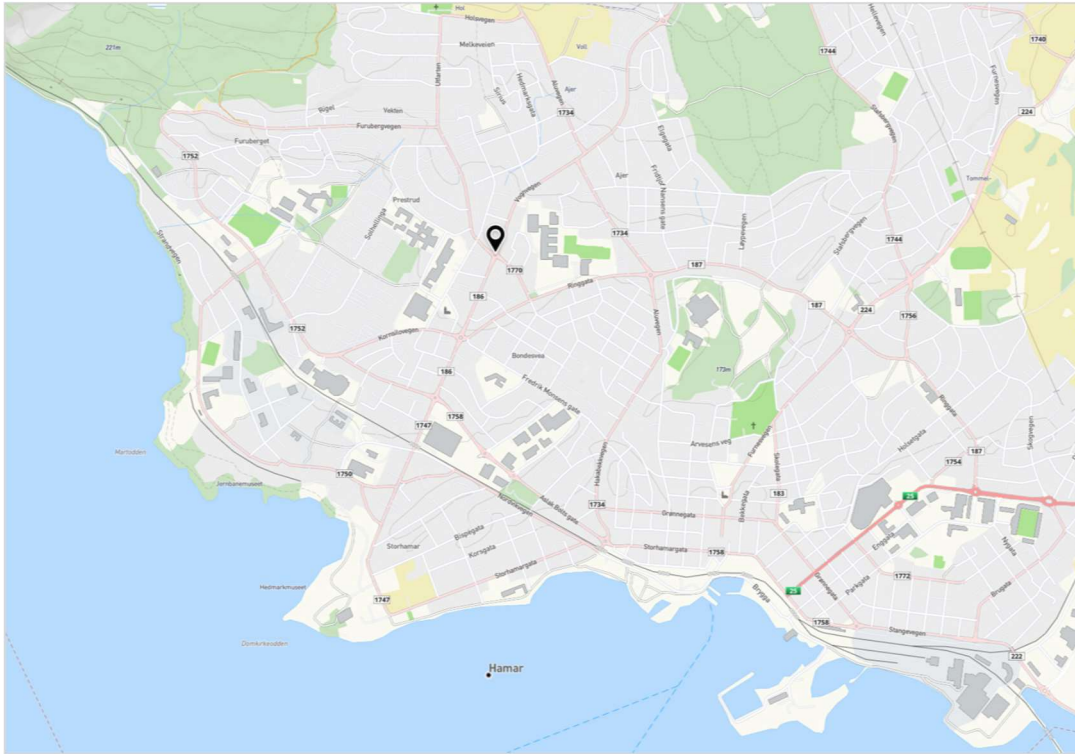
Prosjektgruppen ble satt sammen slik for å sikre involvering, samarbeid, kompetanse, og bredde i organisasjonene.

Økonomi

Det ble søkt klimasatsmidler av Miljødirektoratet i februar 2020 og Hamar kommune ble tildelt et tilskudd på NOK 350 000 til prosjektet. Denne summen brukes i sin helhet til betaling av konsulent. Egeninnsats fra Hamar kommune og Innlandet fylkeskommune er ikke belastet prosjektet økonomisk. Prosjektet har derfor hatt en total kostnadsramme på 350 000 kr.

Arbeidsmetodikk

Prosjektet bestemte å bruke en bestemt rundkjøring i krysset Vognvegen X Furubergvegen som case-rundkjøring. Denne ble valgt fordi rundkjøringen ligger i en eksisterende flomveg og er en typisk rundkjøring med en «vanlig» utforming.



Figur 2: Oversiktskart over Hamar. Pil markerer rundkjøring.

Det har jevnlig blitt avholdt arbeidsmøter mellom oppdragsgiver og Norconsult AS. Til å begynne med ble det gjennomført en idédugnad hvor det ble foreslått ulike alternativer som utgangspunkt for videre diskusjoner. Foreløpige funn har fortløpende blitt presentert og diskutert i arbeidsmøter. Basert på beslutninger i arbeidsmøter har utvalgte forslag blitt ytterligere detaljert og igjen vært gjenstand for diskusjon på neste arbeidsmøte.

Innledningsvis ble det gjort forenklede analyser i Scalgo Live for å se på nedbørsfelt som kunne tenkes bli ledet til rundkjøringene. Dette for å kunne danne seg et bilde av størrelsen av nedbørsmengder.

Dimensjonerende klimapåslag er satt til 1,4 jfr. tabell fra Miljødirektoratets webinar om «Klimatilpasning: Dimensjonerende nedbør og klimapåslag» da maksimal nedbørsmengde inntreffer fra 60 – 120 minutter og gjentakintervallet 200 år. Dette er en konservativ tilnærming til klimaprofilen for Hamar.

Nyanserte Klimapåslag for nedbør

	Dimensjonerende gjentakintervall < 50 år	Dimensjonerende gjentakintervall ≥ 50 år
≤ 1 time	40 %	50 %
>1 – 3 timer	40 %	40 %
>3 – 24 timer	30 %	30 %

Figur 3: Kilde: <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/arrangementer/2020/mai-2020/klimatilpasning-dimensjonerende-nedbør-og-klimapåslag/>

Videre ble det gjort et forenklet overslag for å se på flomavledningskapasiteten til hovedvegene. Her ble vegene forenklet til kanaler med rett bunn. De forskjellige alternativene ble modellert opp i Novapoint og importert i HEC-RAS for simulering av hvor vannet tar vegen.

Diskusjon og valg av alternativene

Forutsetninger for diskusjon

I diskusjonen i starten av prosjektet lå følgende forutsetninger til grunn for å komme frem til alternative løsninger man skulle undersøke videre:

1. Lengdefall gjennom rundkjøring. I og med at rundkjøringene skal ligge i en flomveg så bør dette kravet i de aller fleste tilfeller være tilfredsstillt.
2. Det har kun blitt vurdert åpne løsninger. Lukkede løsninger har blitt valgt bort på grunn av robusthet, kapasitet, driftsvennlighet og investeringskostnader.
3. Løsningene skal kunne driftes med maskinelt utstyr (premiss fra driftsavdelingen i Innlandet fylkeskommune).
4. En annen viktig forutsetning er at flomvegene skal fungere uten beredskap. Det vil si at det ikke skal være nødvendig for en driftsentreprenør å følge med på værmeldingen og sette ut objekter for å styre flomvannet.
5. Flomvannet skulle i dette eksemplet kun ledes videre ned den ene vegarmen, Vognvegen og ikke ned Furubergveien.
6. Ikke sykkelfelt i kjørevegen. Dette er fordi en slik løsning gir kun adgang til kantstein med 10 cm vis på grunn av faren for å slå borti kantsteinen med pedalen. Hvis det er ønskelig med sykkelfelt i kjørevegen må nødvendig vishøyde for å kontrollere vannet tas på utsiden av fortauet. Se skisser i Vedlegg 1 for forslag til løsning.

Diskuterte forslag til løsninger

Prosjektet startet med en bred kreativ prosess hvor vi fikk på bordet mange forslag til utforming av rundkjøringen. I dette kapitlet viser vi de viktigste av disse forslagene. I kapitlet «Valgte forslag» vises de 7 forslag man valgte å undersøke videre.

Forslag 1 – Flomveg gjennom sentraløy:



Forslag 1:

- Utforme hele rundkjøring med en «grøfteprofil», fall mot midten. Vannet ledes mot midten og gjennom rundkjøringen.
- Rundkjøring med flomvegen gjennom midten
- Bildet er kun en illustrasjon av en mulig utforming

Fordeler	Ulemper
Bred flomveg med god kapasitet i flomvegen	I byområder er det ofte infrastruktur i sentraløya i form av lysmaster og eventuelt vann- og avløpskummer.
Driftsvennlig	Det må etableres negativt takfall nedstrøms deleøy for å kanalisere vannet til flomvegen i sentraløya.
Endret fall i rundkjøring vil trolig ikke medføre ulemper vinterstid.	Sikring mot å få trafikanter inn i kanalen.
Robust ved hyppige nedbørshendelser siden kanalen blir oftere utsatt for flom enn vegbanen.	Deleøy oppstrøms rundkjøring vil lede vannet utenom kanal. (Splitter vannstrømmen).
	Rundkjøringen bør utformes annerledes enn vanlige rundkjøringer for å gjøre trafikantene oppmerksom på at rundkjøringen ikke er «som vanlig».

Løsning med kanal gjennom sentraløy er vist på skisse «Forslag 1».

Forslag 2 – justering av tverrfall:



Forslag 2:

- Lede vannet ved å justere tverrfallet på kjørebanelen i rundkjøringen
- Vurder mulighet for bruk av fysiske løsninger som ikke er permanente, men som kan settes på plass, f.eks. stenger armer for å lede vannet dritt man vil ha det.

Styrtregn oppstår som regel plutselig. Av den grunn ser vi det som utfordrende å ha en løsning som er avhengig av at en driftsentreprenør setter ut midlertidige barrierer. Denne løsningen vil kreve at driftsentreprenøren har avsatt beredskapsressurser, men fordi styrtregn kan oppstå plutselig ser vi at det kan bli utfordrende å iverksette midlertidige tiltak raskt nok på tross av tilgjengelig beredskap. Det er bakgrunnen for forutsetningen om at flomvegen skal fungere uten en beredskapsløsning.

Fordeler	Ulemper
Midlertidige barrierer er rimelig i innkjøp	Barrierer må lagres og eventuelt kjøres på plass.
	Krever fysisk tiltak fra driftsentreprenør.
	Krever en beredskapsløsning.
	Justering av tverrfall kan bli kostbart.
	Vegen blir fysisk stengt.

Løsning med justering av tverrfall er vist på skisse «Forslag 2».

Forslag 3 – flomveg i gang- og sykkelveg



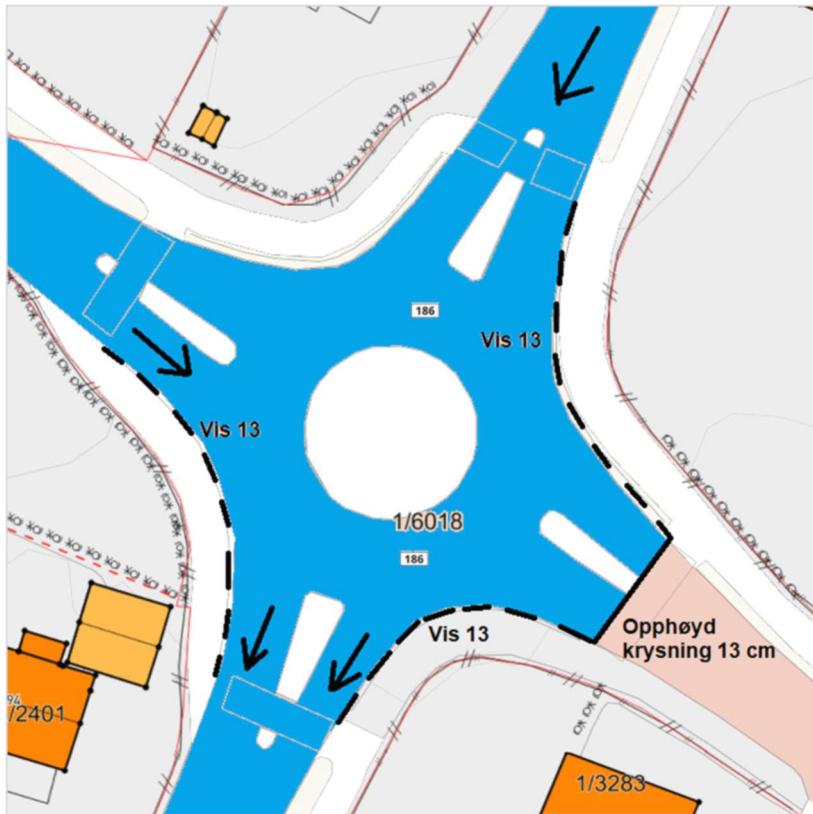
Forslag 3:

- Er det mulig med en gang- og sykkelveg ved siden/eller gjennom en rundkjøring, som kan også brukes som flomveg ved styrtregn?
- Bildet er kun en illustrasjon av en mulig utforming

Fordeler	Ulemper
Ved å utnytte gang- og sykkelvegen vil man kunne øke kapasiteten på flomvegen	Som regel er gang- og sykkelveger tett knyttet opp til rundkjøringen.
	Plasskrevende – rundkjøringer er vanligvis urbane veg elementer. Som regel er det begrenset med plass rundt rundkjøringen til å anlegge gang- og sykkelveger som ledd i flomvannshåndtering.
	Ved å kun ha flomveg i gang- og sykkelvegen så vil denne ha mindre kapasitet enn kjørevegen.

Det er enighet i prosjektgruppa om at forslag 3 er en veldig lite sannsynlig løsning og av den grunn forkastes forslaget.

Forslag 4 – Opphøyde krysningpunkter



Ved å etablere opphøyd krysningpunkt (høyde 13 – 15 cm) i de armene man ikke ønsker styrtregnet inn i vil man ved relativt enkle grep styre styrtregnet. Et eventuelt lengdefall ut armen må kompenseres for i forhold til nødvendig høyde på den opphøyde krysningen. Dette forutsetter kantstein mellom fortau og sirkulasjonsareal, og det bør etableres sandfang for å fjerne muligheten for stående vann ved det opphøyde krysningpunktet hvis det er lengdefall ut av armen.

Fordeler	Ulemper
Relativt enkelt tiltak	Opphøyd krysningpunkt
	Opphøyd krysningpunkt oppstrøms rundkjøring kan lede flomvann på ville veger, da må det inn tiltak for å lede flomvann sikkert forbi opphøyd krysningpunkt.
	Mulig man må etablere sluk for å forhindre stående vann.

Løsning med opphøyd krysningpunkt er vist på skisse «Forslag 4».

Forslag 5 – hevede sidearmer – standard sentraløy

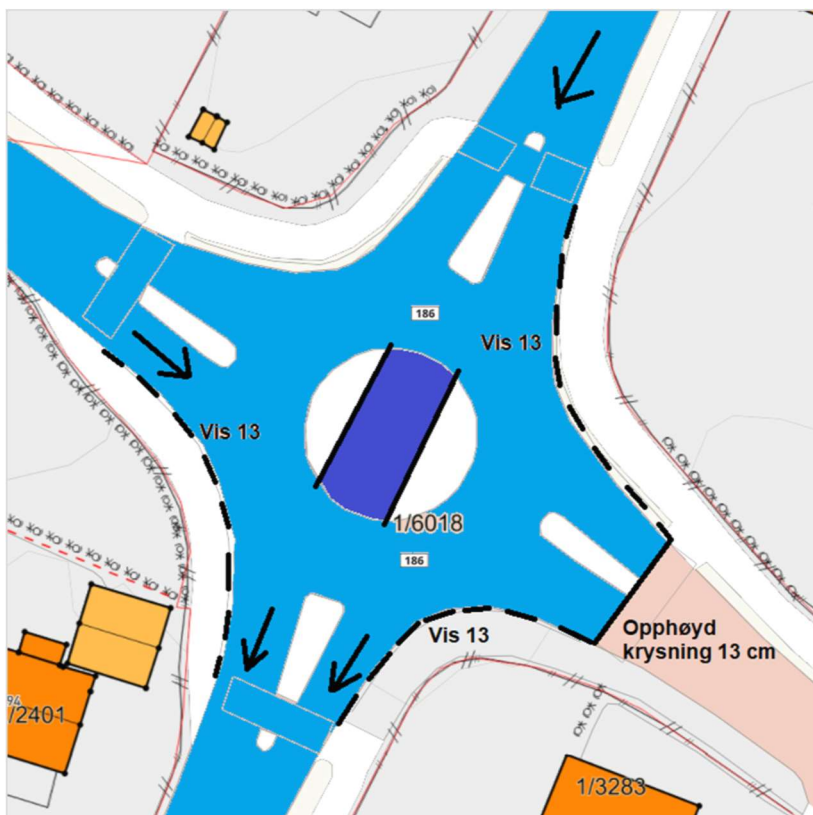
Forslag 5 er i prinsippet den samme løsningen som forslag 4, men i stedet for opphøyd krysningspunkt, hever man i stedet armene man ikke ønsker som flomveg.

Fordeler	Ulemper
Robust tiltak	Kostnader med heving av armen, samt følgekostnader for sideterreng. Dette kan medføre betydelige kostnader hvis det er tilstøtende opparbeidede eiendommer.

Løsning med heving av sidearm er vist på skisse «Forslag 5».

Forslag 6 – hevede sidearmer, flomveg gjennom senter

Forslag 6 er en høykapasitetsløsning som kombinerer forslag 1 med prinsippene i forslag 4. For å få flomvegen i senter av rundkjøringen til å ta unna må det oppstrøms etableres fall mot senter av rundkjøringen.



Fordeler	Ulemper
Løsning som gir god kapasitet gjennom rundkjøringen	Sentraløya må bygges om, dette kan bli en betydelig kostnad
	Etablere opphøyde krysningspunkter

Løsning med justering kanal og opphøyd krysningspunkt er vist på skisse «Forslag 6».

Forslag 7 - Hybrid-løsning

I prosjektmøte nummer 7 ble det bestemt å skissere opp en annen variant av kanal gjennom sentraløy hvor Vognvegen er prosjektert med V-fall (omvendt takfall) fra nord til sør for å forsøke å kanalisere mest mulig flomvann. I tillegg er det satt opp en kant på 40 cm mellom eiendommer og fortau for å se på hvordan vannet «oppførte» seg gjennom rundkjøringen ved at man i praksis gjorde om rundkjøringen til et lite basseng.

Løsning på skisse for forslag 7-hybrid er vist i «Forslag 7».

Valgte løsninger

Prosjektgruppen valgte å gå videre med følgende forslag:

Dagens - (S4a): Vanlig rundkjøring - slik rundkjøringen er i dag.	For å se hvordan rundkjøringen fungerer i dag, og fungerer som referansepunkt for de andre løsningene.
Forslag 1 - (S6a): Rundkjøring med kanal gjennom sentraløya	Dette for å ha med seg en høykapasitetsløsning.
Forslag 4 – (S4aFH Furubergvegen): Vanlig rundkjøring med opphøyd krysningspunkt i Furubergvegen øst	For å se nærmere på hvor «enkelt» man kan gjøre det, holder det med et opphøyd krysningspunkt?
Forslag 5 - (S4aH): Vanlig rundkjøring hvor Furubergvegen øst er hevet	Det er en avart av forslag 4, men i stedet for opphøyd krysningspunkt, er vegarmen hevet.
Forslag 6 - (S6aH): Rundkjøring med kanal gjennom sentraløya, Furubergvegen øst hevet	Her ønsket man å se nærmere på en høykapasitetsløsning kombinert med forslag 4.
Forslag 7 - hybrid: Rundkjøring med kanal, opphøyd krysningspunkt Vognvegen nord)	Her har man kombinert flomveg gjennom rundkjøring, opphøyd krysningspunkt samt høy vis på kantstein for å holde flomvannet inne på vegarealet.
Forslag 8 (S4aFH): Vanlig rundkjøring, med opphøyd krysningspunkt i Vognvegen oppstrøms rundkjøring	For å se hvilken konsekvens et opphøyd krysningspunkt oppstrøms rundkjøringen får før flomvannet når rundkjøringen.
Forslag 9 (S6aFH): Kanal gjennom sentraløy, opphøyd krysningspunkt Vognvegen nord.	For å se hvilken konsekvens opphøyd krysningspunkt oppstrøms rundkjøringen får før flomvannet når kanalen gjennom rundkjøringen.

Beregningsgrunnlag

Detaljerte grunnlagsdata ligger i vedlegg 1 Datarapport.

Nedbørsfelt og flommengder i dag

I dagens situasjon er det stort sett kun flomvann fra Furubergvegen som renner til rundkjøringen og dette tar veien videre ned Vognveien. Det kommer noe flomvann ned Vognvegen og dette renner inn i Furubergveien. Vi antar at Furubergveien nedstrøms rundkjøringen ikke er en ønsket flomveg i fremtiden men at en styrtregnplan vil styre vannet ned Vognvegen fra denne rundkjøringen, også hvis det skulle planlegges for mer flomvann i Vognveien ned til rundkjøringen. En viktig premisse er derfor at en rundkjøring akkurat her må utformes slik at vannet ikke kan ta veien ned Furubergveien fra rundkjøringen.



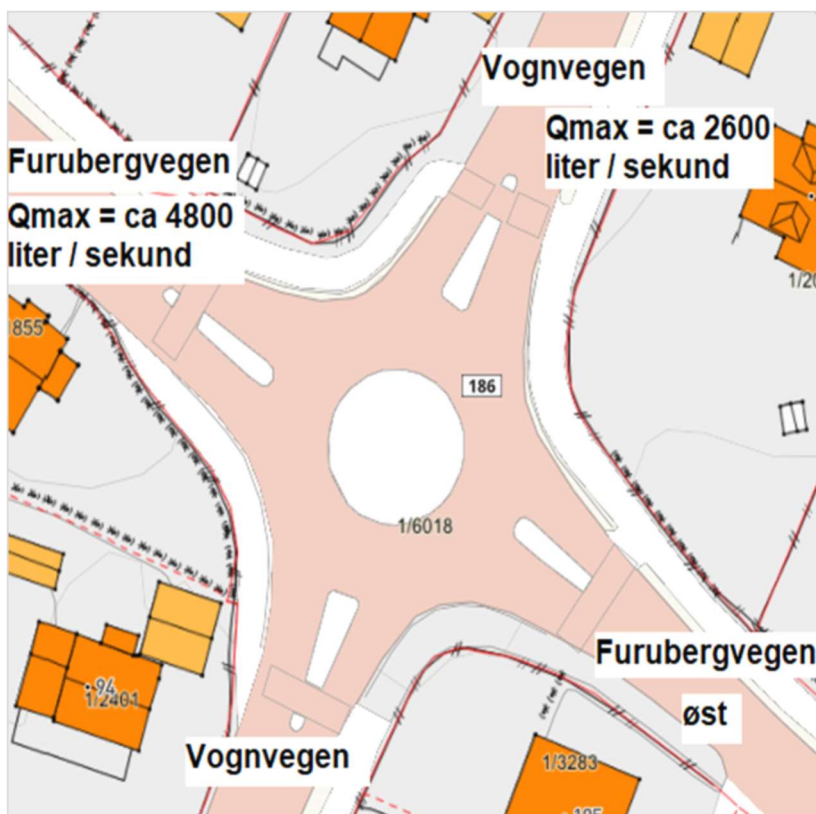
Figur 4: Skjermdump fra <https://kommunekart.com/klient/hedmarkenkart/temadata> som viser dagens flomsituasjon.

Simulerte nedbørsfelt og flommengder

I en fremtidig overvannsplan/styrtregnsplan er et mulig scenario at flere nedbørsfelt planlegges til den valgte rundkjøringen og at man planlegger for mer vann særlig ned Vognveien. Vi ser også for oss at man i en fremtidig overvannsplan/styrtregnsplan kun ønsker å styre flomvann fra rundkjøringen ned Vognvegen, ikke Furubergvegen. Vi har derfor valgt å simulere med et større nedbørsfelt enn i dag og derfor større vannmengder enn dagens situasjon. Det henvises til vedlegg 1 Datarapport for en oversikt over nedbørsfeltene som vi antar blir lagt til denne flomvegen.

Ut fra 200-års regn med 40% klimapåslag er det gjort en beregning av maksimal teoretisk avrenning til Furubergvegen og Vognvegen der disse kommer inn i rundkjøringen (dette forteller oss hvor mye vann man kan forvente inn i rundkjøringen i en flomsituasjon).

Potensielt kan det komme 4 822 liter /s fra Furubergvegen og 2 653,8 liter /s fra Vognvegen inn i rundkjøringen (se figur 5).



Figur 5: Kartutsnitt over rundkjøringen.

Maksimal avrenning fra de ulike nedbørsfeltene:

Nedbørsfelt	Qmaks liter / sekund
Felt 1 Furubergvegen	1 322,8
Felt 1 Vognvegen	168,7
Felt 2 Aluvegen (til Vognvegen)	2 485,1
Felt 3 Utfarten (til Furubergvegen)	2 252,2
Felt 4 Store Prestruds veg (Til Furubergvegen)	1 247,0
Sum	7 475,8
Maksimal teoretisk avrenning til Furubergvegen	4 822,0
Maksimal teoretisk avrenning til Vognvegen	2 653,8

Flomkapasitet i vegnettet

Oppstrøms kapasitet

Av overslagsberegninger for kapasiteter ser man at Furubergvegen har kapasitet mellom 2 008 og 3 210 liter /s (beregnet for flere alternative vis-høyde på kantstein), mens Vognvegen har kapasitet mellom 2008 og 3210 liter /s.

Nedstrøms kapasitet

Kapasitet nedstrøms rundkjøringen er 1 900 – 2 930 liter /s, og dette holder strengt tatt bare for å håndtere Vognvegen. Rundkjøringen klarer fint å håndtere dagens avrenning (1 322,8 + 168,7), men så fort man fører mer flomvann til rundkjøringen så er utløpskapasiteten oversteget. Dette er et viktig resultat i et eventuelt arbeid videre med en styrtregnsplan for Hamar.

Tabellen under viser overslagsberegninger for kapasiteter i Vognvegen og Furubergvegen dersom man endre vis-høyden kantstein fra 10cm til 13cm.

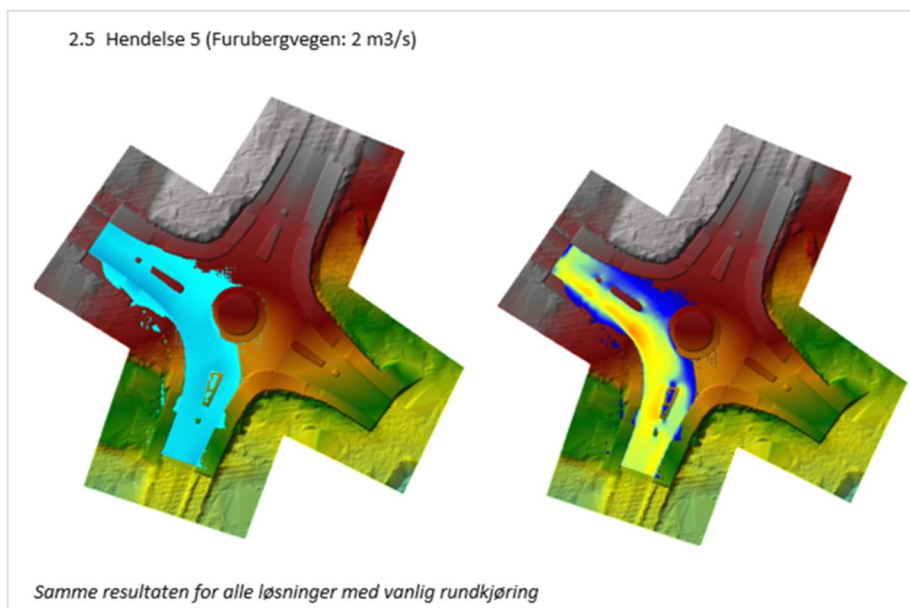
Arm rundkjøring Vognvegen x Furubergvegen	Kapasitet, liter /s 10 cm vis-høyde kantstein	Kapasitet, liter /s 13 cm vis-høyde kantstein	Kapasitetsøkning 13 cm vis i forhold til 10 cm vis Prosent
Arm A - Vognvegen, oppstrøms	2 008	3 210	60
Arm B - Furubergvegen	2 108	3 360	59
Arm C - Vognvegen, nedstrøms	1 900	2 930	54
Veg bredde 5,5 meter, 2 ‰	1 009	1 680	54
Veg bredde 6,5 meter, 2 ‰	1 290	1 990	54

Resultater

Det er gjort simuleringer for alle de 7 alternativene, i tillegg til dagens situasjon, for flere forskjellige nedbørshendelser. I denne rapporten vises det simuleringsresultat for 200-års regn med 40% klimapåslag, avrundet til 5 m³/sekund i Furubergvegen og 3 m³/sekund i Vognvegen. For resterende simuleringer se Vedlegg 1 Datarapport. I kapitlet «*Diskusjon*» forklares det hva som skjer når man slipper på gradvis mer vann opptil 200-års regn med klimapåslag.

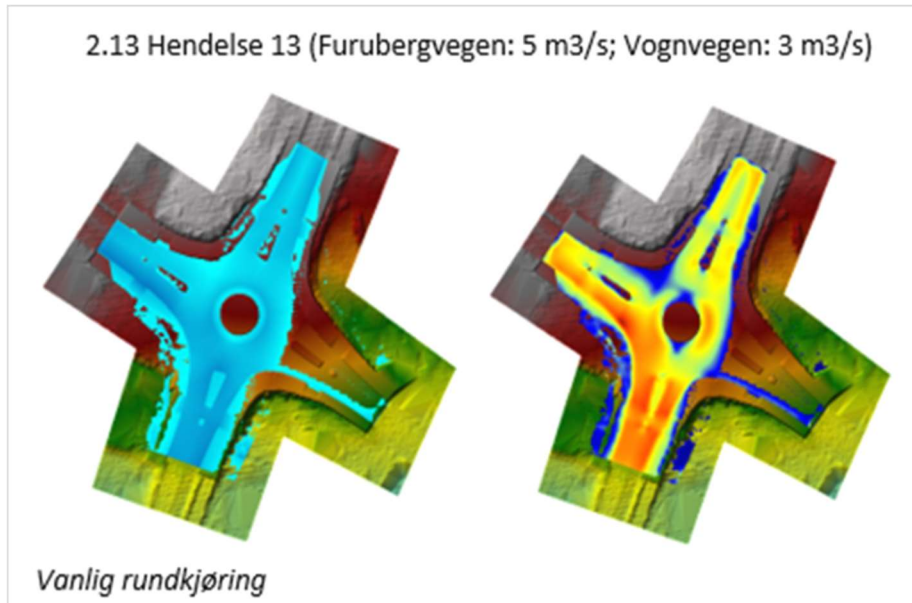
Dagens situasjon – slik rundkjøringen er i dag

I dagens situasjon er det kun flomvann fra Furubergvegen som renner til rundkjøringen. Når man ser på resultatene av simuleringene i HEC-RAS, så ser man at dagens løsning (med felt 1 i Furubergvegen) fungerer tilfredsstillende med unntak av noe vann på avveie.



Figur 6: Utklipp fra datarapport. Utklippet viser hvor flomvannet fra Furubergvegen tar veien. Diagrammet til venstre viser vannutbredelse, og diagrammet til høyre viser vannhastigheten. Rødt = 5 m/s, grønt = 1,5 m/s

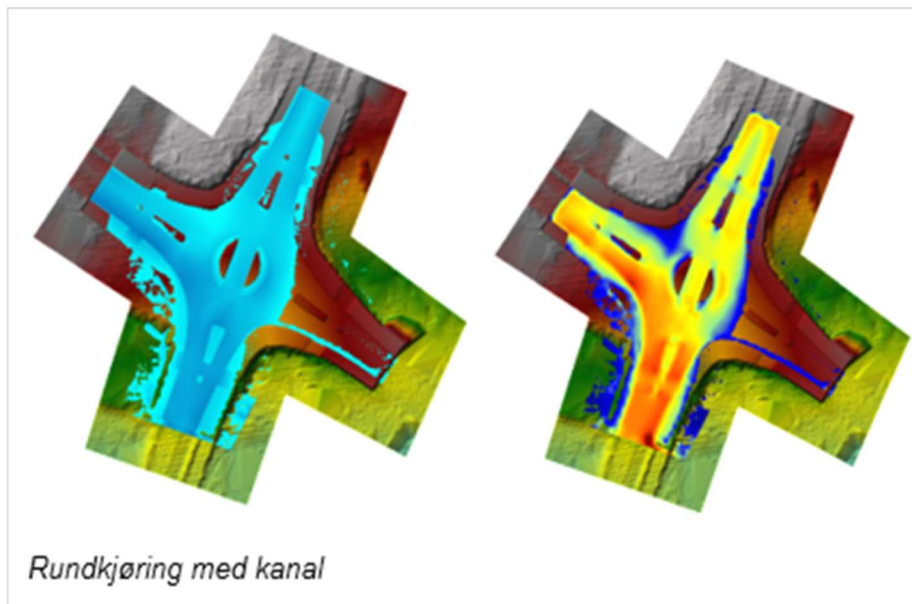
Ser man på en fremtidig situasjon hvor man leder flomvannet fra både Furubergvegen og Vognvegen, med 5 m³/sekund i Furubergvegen og 3 m³/sekund i Vognvegen vil det se slik ut rundt dagens rundkjøring (uten tiltak):



Figur 7: Utklipp fra datarapport. Kapasiteten på armene i rundkjøringen er overskredet, og man ser vann på avveie på tilstøtende eiendommer. Noe av flomvannet blir ledet videre ned Furubergvegen, ca. 60 liter /s.

Forslag 1 – Rundkjøring med kanal

Under er det utklipp av simulering i HEC-RAS med de største teoretiske flommengdene i Furubergvegen (5 m³/sekund) og Vognvegen (3 m³/sekund):

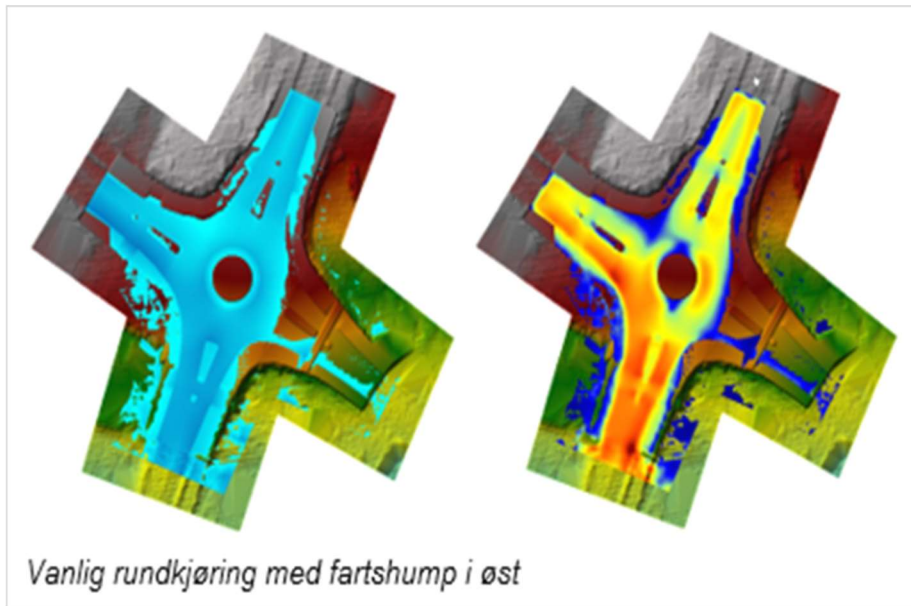


Figur 8: Forslag 1 Vanndybde til venstre, hastighetsprofil til høyre.

Simuleringene viser at ved denne løsningen blir det videreført ca. 15 liter /s av flomvann ned Furubergvegen (armen til høyre).

Forslag 4 – Vanlig rundkjøring, opphøyd krysningspunkt i øst

Under er det utklipp av simulering i HEC-RAS med de største teoretiske flommengdene i Furubergvegen (5 m³/s) og Vognvegen (3 m³ /s):

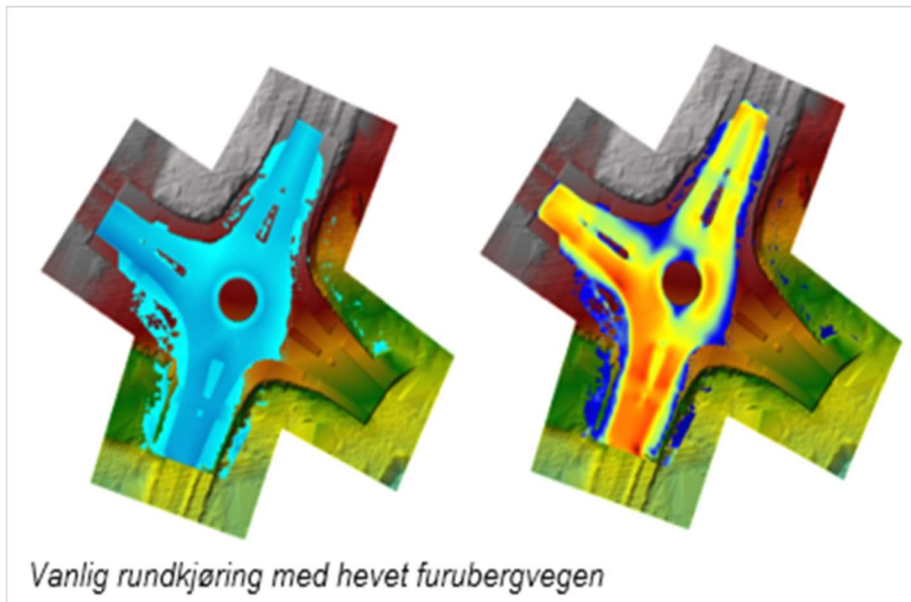


Figur 9: Forslag 4. Vanndybde til venstre, hastighetsprofil til høyre.

For denne løsningen blir det videreført flomvann ned Furubergvegen, ca. 55 liter /s.

Forslag 5 – Vanlig rundkjøring, Furubergvegen hevet i øst

Under er det utklipp av simulering i HEC-RAS med de største teoretiske flommengdene i Furubergvegen (5 m³ /s) og Vognvegen (3 m³ /s):

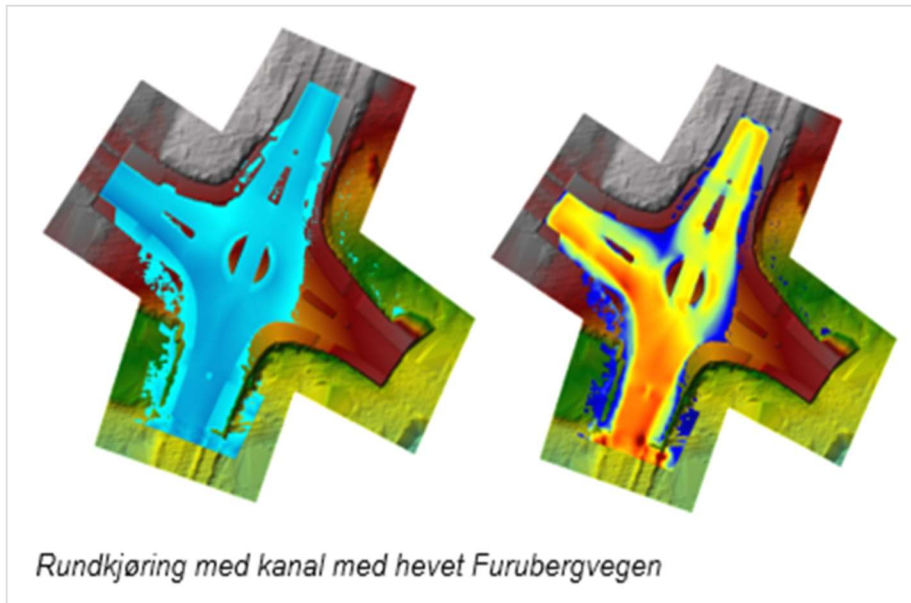


Figur 10: Forslag 5 – vanlig rundkjøring, Furubergvegen hevet i øst.

For denne løsningen blir ikke vann videreført ned Furubergvegen.

Forslag 6 – Kanal gjennom rundkjøring, Furubergvegen hevet i øst

Under er det utklipp av simulering i HEC-RAS med de største teoretiske flommengdene i Furubergvegen (5 m³ /s) og Vognvegen (3 m³ /s):

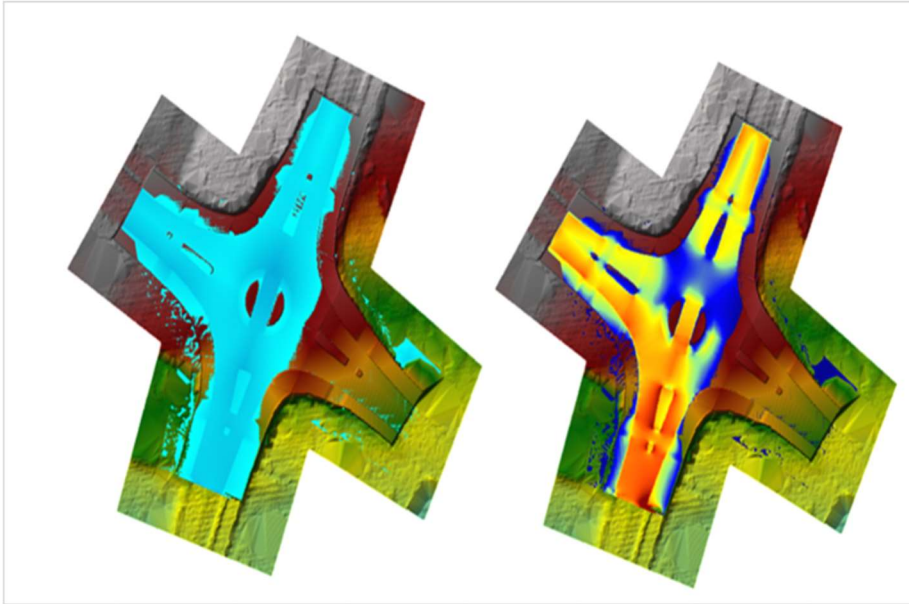


Figur 111: Forslag 6 – Kanal gjennom rundkjøring, Furubergvegen hevet i øst.

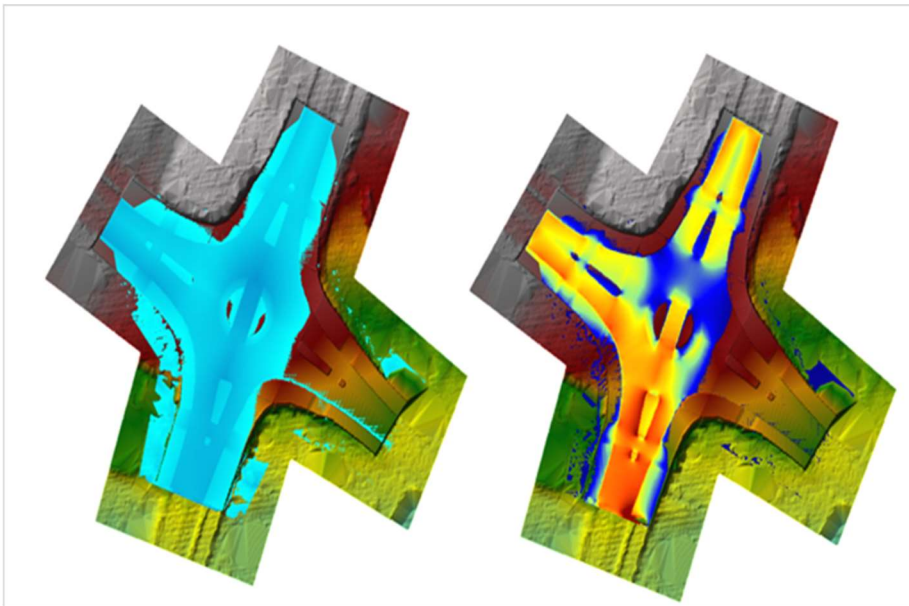
For denne løsningen blir ikke vann videreført ned Furubergvegen. Når Furubergvegen øst er hevet, har ikke kanalen noen funksjon, annet enn at det visuelt ser ut for at det er et større sideareal nedstrøms rundkjøringen som blir oversvømmet.

Forslag 7 – Hybrid

Figur 12 viser et utklipp av simulering i HEC-RAS. Fordi dette er en kombinasjon av flere løsninger så har forslaget blitt simulert med de største teoretiske flommengdene i Furubergvegen (5 m³ /s) og Vognvegen (3 m³ /s). Det ble også valgt å gjennomføre en simulering hvor de største teoretisk flomverdiene ble doblet (Furubergvegen 10 m³ /s, Vognvegen 6 m³ /s).



Figur 12: Forslag 7 – hybrid. Vanndybde til venstre, vannhastighet til høyre. 5 og 3 m³, totalt 8 m³ tilført vannmengde.

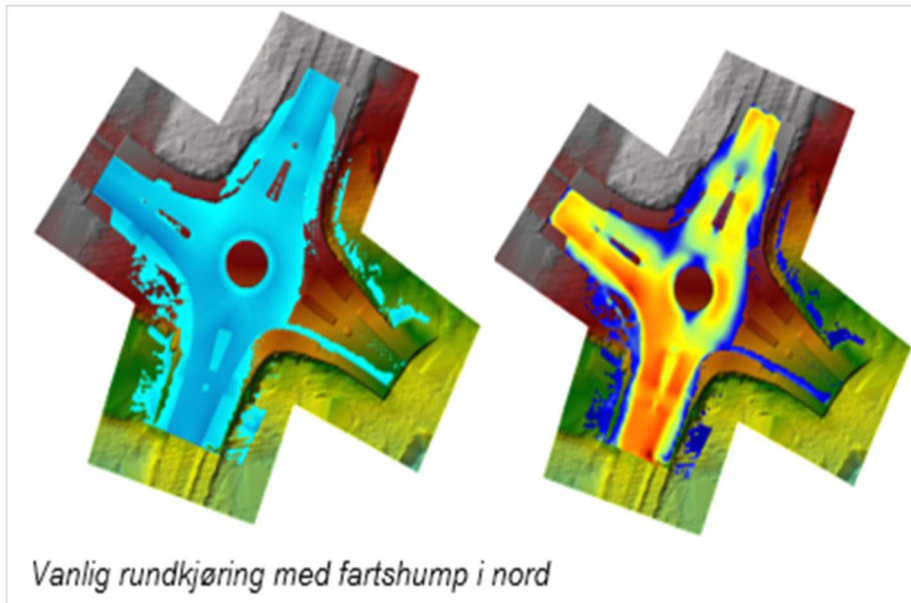


Figur 13: Forslag 7 – hybrid. Vanndybde til venstre, vannhastighet til høyre. 10 m³ og 6 m³, totalt 16 m³ tilført vannmengde.

Forslag 7 har lite vann på avveie i sidearealer. Dette kommer hovedsakelig av den 40 cm høye kanten plassert mellom fortauskant og tilstøtende eiendommer. Når man doubler vannmengdene ser man at det er betydelig mer vann på avveie, og at noe av flomvannet finner veien videre ned Furubergvegen. Man ser videre at vannet i kanalen gjennom sentraløya går ut over sine bredder.

Forslag 8 – Vanlig rundkjøring, opphøyd krysningspunkt i Vognvegen oppstrøms

Under er det utklipp av simulering i HEC-RAS med de største teoretiske flommengdene i Furubergvegn (5 m³/s) og Vognvegen (3 m³/s):

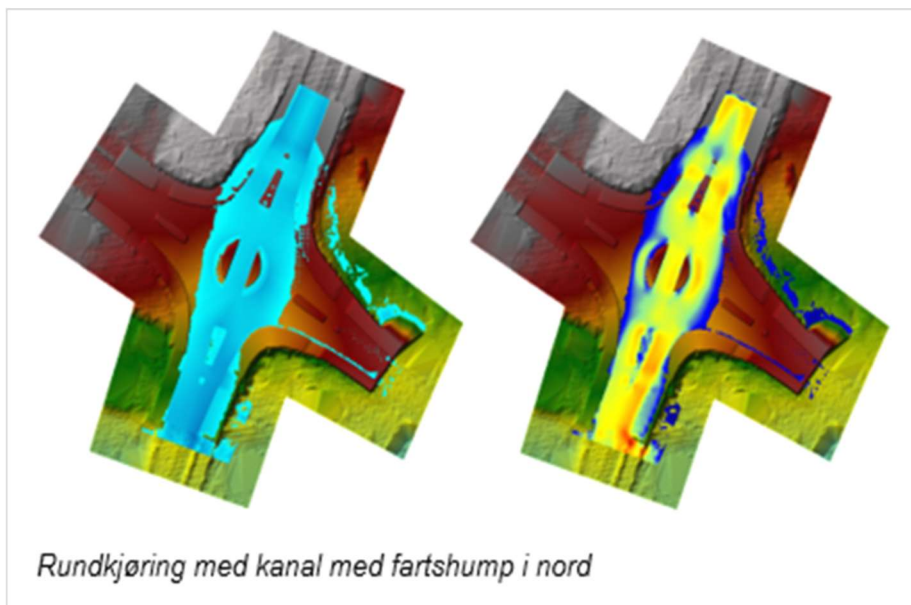


Figur 124: Forslag 8 – vanlig rundkjøring, opphøyd krysningspunkt i Vognvegen oppstrøms rundkjøring.

For denne løsningen blir det videreført ca. 48 liter/s ned Furubergvegen. Denne løsningen viderefører mindre vann ned Furubergvegen enn Forslag 4 (55 liter/s).

Forslag 9 – Kanal gjennom sentraløy, opphøyd krysningspunkt oppstrøms rundkjøring Vognvegen

Under er det utklipp av simulering i HEC-RAS med de største teoretiske flommengdene i Furubergvegn (5 m³/s) og Vognvegen (3 m³/s):

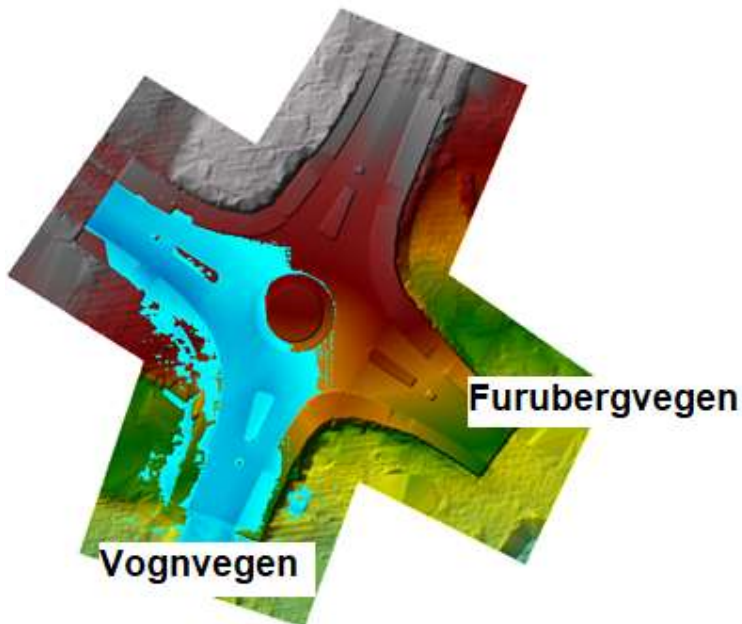


Figur 15: Forslag 9 – Kanal gjennom rundkjøring, opphøyd krysningspunkt oppstrøm i Vognvegen.

For denne løsningen blir det videreført ca. 15 liter/s ned Furubergvegen.

Oppsummering av resultatene

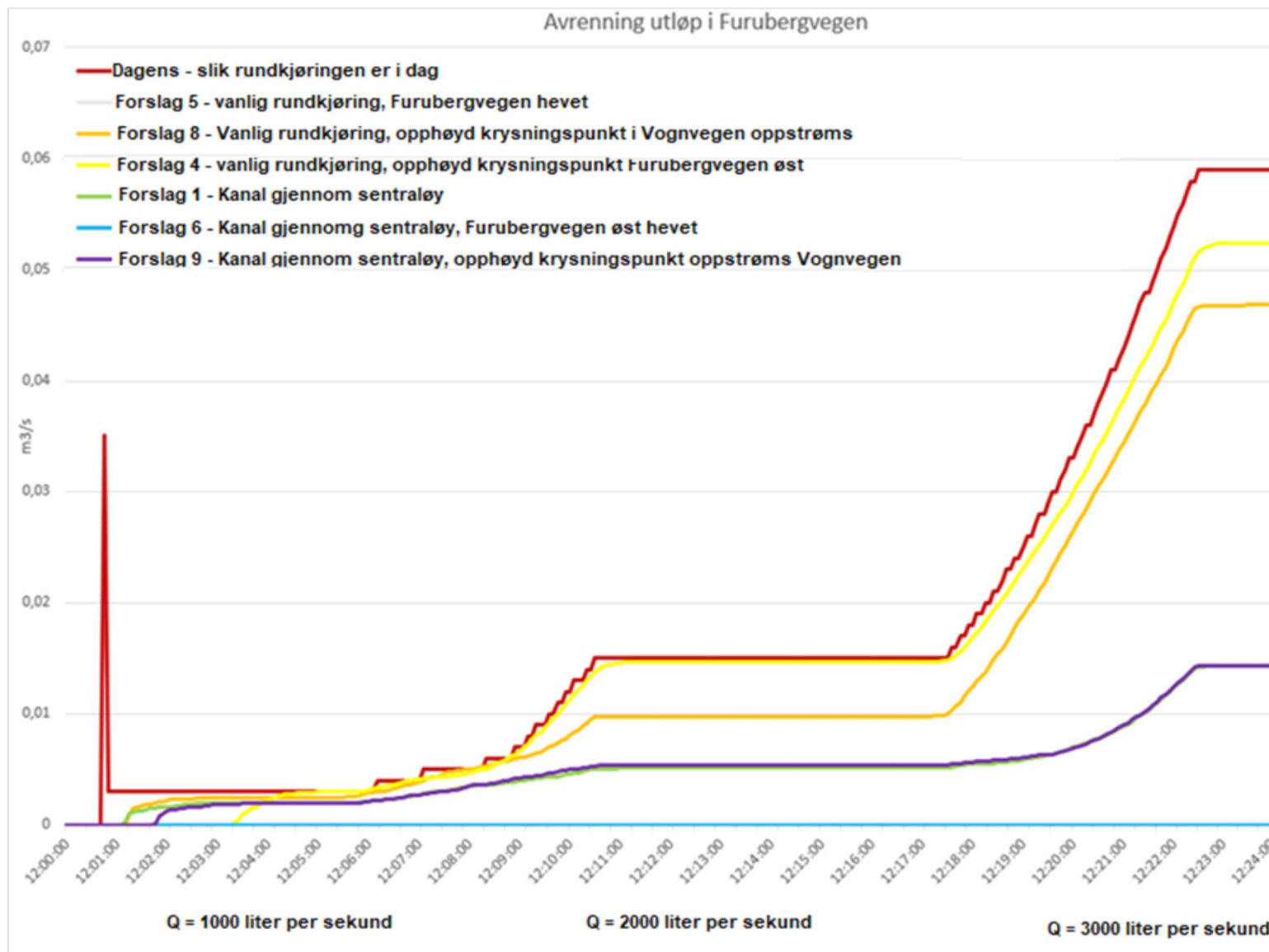
Det henvises til Vedlegg 1, Datarapport for en detaljert beskrivelse. Det er ikke ønskelig at flomvann renner ut fra rundkjøringa ned Furubergvegen. For denne spesifikke rundkjøringen vil i dag ikke vann fra Furubergvegen kunne renne gjennom rundkjøringen og videre ned Furubergvegen. Alt vannet fra Furubergveien renner ned Vognvegen. Dette er vist i figur 16:



Figur 136: Utklipp fra datarapport. Ved en vannmengde på 5 m³/sekund i Furubergvegen, så forsvinner alt flomvannet ned Vognvegen, og ikke noe flomvann fortsetter videre østover i Furubergvegen.

I flomvegskartet ser vi at vann fra Vognveien naturlig drenerer gjennom rundkjøringa og ned Furubergveien. Av den grunn ser man videre på Vognvegen, som er den eneste flomvegen som har mulighet til å tilføre vann til Furubergvegen østover.

Figur 17 viser videreført vannmengde østover ned Furubergvegen for alle alternativer. Vi har tidligere vist at det er kun flomvann fra Vognvegen som kan ta seg østover ned Furubergvegen. Tid er vist langs x-aksen, og videreført vannmengde (m³/s) langs y-aksen. Videreført vannmengde er fra 0 liter/s til maksimalt 55 liter/s.



Figur 17: Utklipp fra datarapport. Avrenning i Furubergvegen østover (dit vi egentlig ikke ønsker vannet). Det er snakk om beskjedne vannmengder med lav hastighet.

I starten slippes det på 1000 liter/s. Ved neste sprang i grafen er tilført vannmengde 2000 liter/s, mens det ved siste sprang er en vannmengde på 3000 liter/s.

Ved vannmengde 1000 liter/s er det veldig få variasjoner og alle løsninger ligger på videreført vannmengde på 0 – 3 liter/s. Ved vannmengde 2000 liter/s er forskjellen mellom de ulike alternativene tydeligere. Forslag 5 (vanlig rundkjøring, Furubergvegen øst hevet) og Forslag 6 (løsningen med kanal og hevet Furubergvegen) sender alt vannet som ønsket ned Vognvegen. Ettersom det vises lite forskjell mellom forslag 5 og forslag 6 kan man anta at en kanal gjennom rundkjøringen har lite funksjon.

Som forventet er det dagens løsning som viderefører mest vann ned Furubergvegen (dit vi ikke ønsker vannet). Grafen viser at dagens løsning og forslag 4 (opphøyd krysningspunkt øst) viderefører nesten 15 liter/s ned Furubergvegen da 2000 liter/s er slippet ut i rundkjøringen. Høydedifferansen fra innerkant sentraløy til krysningspunkt øst er 50 cm ifølge www.hoydedata.no. Med en opphøyd høyde på 13 cm ligger opphøyd krysningspunkt 37 cm lavere enn innerkanten på sentraløya. Av den grunn er det forståelig hvorfor opphøyd krysningspunkt øst ikke stopper så mye vann.

Verdt å merke seg er at det for forslag 1 (rundkjøring med kanal) og forslag 6 (rundkjøring med kanal og hevet Furubergvegen) er det omtrent ikke noe forskjell. Det antas at den største bidragsyteren til å lede vannet ikke ønsket retning (ned Vognvegen) er at man for kanalløsningen har etablert et høybrekk ved innkjøringen til rundkjøringen, og at det er dette høybrekket som leder vannet i ønsket retning, antakeligvis hjulpet av at lengdefallet sørover (Vognvegen) er større enn lengdefallet østover (Furubergvegen).

Hevet arm mot øst i Furubergvegen er eneste tiltaket som forhindrer vann å renne ned Furubergvegen. Dette er uavhengig om det er kanal i sentraløya, eller vanlig utformet rundkjøring.

Ved vannmengde 3000 liter/s har forskjellene mellom de ulike løsningene blitt enda tydeligere. Det er mer effektivt med forslag 8 (opphøyd kryssning i Vognvegen nord), enn forslag 4 (vanlig rundkjøring, opphøyd krysningspunkt Furubergvegen øst). Årsaken til dette er mest sannsynlig at opphøyd kryssning i Vognvegen nord leder mer av flomvannet mot vest, slik at det er mindre vann som kan fortsette ned Furubergvegen. Ellers er forslag 1 og forslag 6 tilnærmet like i videreført vannmengde. Selv om vannmengden øker fra 2000 liter/s til 3000 liter/s så er lengdefallet i Vognvegen større enn i Furubergvegen.

Konklusjon

Beregningene viser tydelig at det er viktig å ha kontroll på hydraulikken i rundkjøringen slik at vannet ledes videre og ikke samles som et basseng i rundkjøringsarealet eller renner uønskede veger. Det er ikke nødvendigvis selve rundkjøringen som er flaskehalsen i flomvegen, begrensende faktor er i vårt tilfelle kapasiteten i vegnettet nedstrøms.

I utgangspunktet er det ikke veldig mye vann som finner vegen østover i Furubergvegen, men man ser en forskjell på de ulike alternativene. Som forventet er dagens løsning (uten tiltak) den løsningen som viderefører mest vann mot Furubergvegen. Løsningen som ikke viderefører vann til Furubergvegen østover er løsningen med kanal i midten av rundkjøringen og hevet Furubergvegen øst, samt heving av Furubergvegen øst. I og med at det ikke er forskjell mellom hevet sidearm og hevet sidearm i kombinasjon med kanal så konkluderes det med at det er den hevede sidearmen som stopper flomvannet.

Løsningene som fungerer best og ikke viderefører vann til Furubergvegen østover, er forslagene 5 (Løsning med heving av Furubergvegen øst) og 6 (kanal i midten av rundkjøringen og hevet Furubergvegen øst). I og med at det ikke er forskjell mellom hevet sidearm og hevet sidearm i kombinasjon med kanal så konkluderes det med at det er den hevede sidearmen som stopper flomvannet. De nest beste forslagene er forslag 9 (Kanal og opphøyd krysningspunkt oppstrøms Vognvegen) og forslag 1 (Kanal).

Allerede i prosjekteringsfasen bør man avgjøre hvor man ønsker å lede flomvannet. Det er også viktig å gjøre et overslag for hvor mye overvann man skal håndtere slik at man kan finne tilstrekkelige tiltak for å lede flomvannet trygt dit man vil. Det er begrensninger på hvor mange flomfelter man kan lede til en «hovedflomveg». Det bygger raskt på seg, og vi ser at det i vårt eksempel ikke er rundkjøringen som er flaskehalsen, men selve vegene. På veger med kantsteinsvis har overordnede beregninger vist at man ved å gå opp fra 10 cm vis til 13 cm vis kan øke kapasiteten i flomvegen i størrelsesorden 50%.

Det er viktig med en overordnet strategi i kommunen/fylket/nedbørsfeltet for hvor man ønsker å lede flomvann. Da kan man se om rundkjøringen ligger i en eksisterende eller planlagt flomveg. Videre er det da mulig å gjøre overslag på vannmengder og hvor flomvegen kommer inn i rundkjøringen og hvor det renner videre.

Planlagte flomveger må være forberedt/tilpasset slik at de faktisk egner seg som flomveger. Man skal i en overvannsplan/styrtregnsplan vurdere grundig å samle for mange flomveger, da vannmengdene fort øker. Det kan potensielt være mye vann som renner gjennom rundkjøringen, simuleringer viser at ved 200-års regn er det store vannmengder i rundkjøringens areal og vannet kan ha høy hastighet.

Anbefalinger til videre arbeid

Hamar kommune har sett gjennom flere prosesser at det er behov for en overvannsplan og en styrtregnsplan og ut fra dette sikre bedre og tryggere styring av vann ved ekstreme nedbørshendelser. Dette må gjøres i samarbeid mellom kommune, fylkeskommune, Statens vegvesen, NVE og andre berørte parter.

Referanser

Granerud (2018). Flomveger og flomplanlegging i Hamar, Bacheloroppgave Oslo Met.

Hamar kommune (2018). Kommuneplanens arealdel 2018-2030

<https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/arrangementer/2020/mai-2020/klimatilpasning-dimensjonerende-nedbor-og-klimapaslag/>

<https://kommunekart.com/klient/hedmarkenkart/temadata>

[Channel flow calculator \(sturfels.com.au\)](https://sturfels.com.au)

<https://kommunekart.com/klient/hedmarkenkart/hedmarkenkart>

www.hoydedata.no