

Avrenningsmønster – en videreutvikling av dreneringslinjer som overvannsmodell

Av Ingrid Kristine Ydse, Trym Teigene og Webjørn Finsland

Ingrid Kristine Ydse (M.Sc. i miljøvitenskap) er prosjektingeniør i Plan- og bygningsetaten i Oslo.

Trym Teigene (M.Sc. i geomatikk) er senioringeniør i Plan- og bygningsetaten i Oslo.

Webjørn Finsland (Cand. scient. i geografi) er senioringeniør i Plan- og bygningsetaten i Oslo.

Summary

Runoff pattern – a further development of drainage lines as a stormwater model. Drainage lines are a simple mathematical calculation of how stormwater will flow based on terrain shape and slope. Water volumes, vegetation, manholes, pipe systems, and infiltration are not taken into consideration. The result can thus be seen as an estimate of where stormwater will flow if drains and culverts are inaccessible. A drainage line always follows the steepest path down a terrain model. Therefore the quality of the terrain model is decisive when calculating drainage lines. Drainage lines have been calculated for the city of Oslo for several years, and we find that they vary even in areas without changes in terrain. This creates uncertainty about where the water flows, and the credibility of the method is weakened when the drainage lines are inconsistent from year to year. By calculating drainage lines several times and adding small random variations to the terrain model, we create many scenarios for how stormwater can flow. The average of all these drainage scenarios gives us a runoff pattern. Seeing the runoff pattern together with drainage lines sheds light on the uncertainty of drainage lines. It shows that stormwater can take several paths, not just the steepest.

Sammendrag

Dreneringslinjer er en enkel matematisk beregning av hvordan overvann vil renne basert på terrengform og helning. Det tas ikke hensyn til vannmengder, vegetasjon, kummer, rørsystem og infiltrasjon. Dette kan derfor sees på som en beregning av hvilke veier overvann vil renne dersom sluk, stikkrenner og kulverter er utilgjengelige. En dreneringslinje følger alltid den bratteste veien ned en terrengmodell. Derfor er kvaliteten på terrengmodellen utslagsgivende ved beregning av dreneringslinjer. I Oslo er det beregnet dreneringslinjer fra flere årstall, og vi ser at de varierer også i områder uten terrengendringer. Dette skaper usikkerhet om hvor vannet egentlig renner, og troverdigheten til metoden svekkes når dreneringslinjene ikke er konsistente fra år til år. Ved å beregne dreneringslinjer flere ganger og for hver runde legge til små tilfeldige variasjoner i terrengmodellen, lager vi mange scenarioer for hvordan overvannet kan renne. Gjennomsnittet av alle disse dreneringsscenarioene gir oss et avrenningsmønster. Avrenningsmønsteret sett i sammenheng med dreneringslinjene kan belyse usikkerheten i dreneringslinjene. Det viser at overvann kan ta flere veier, ikke bare den bratteste.

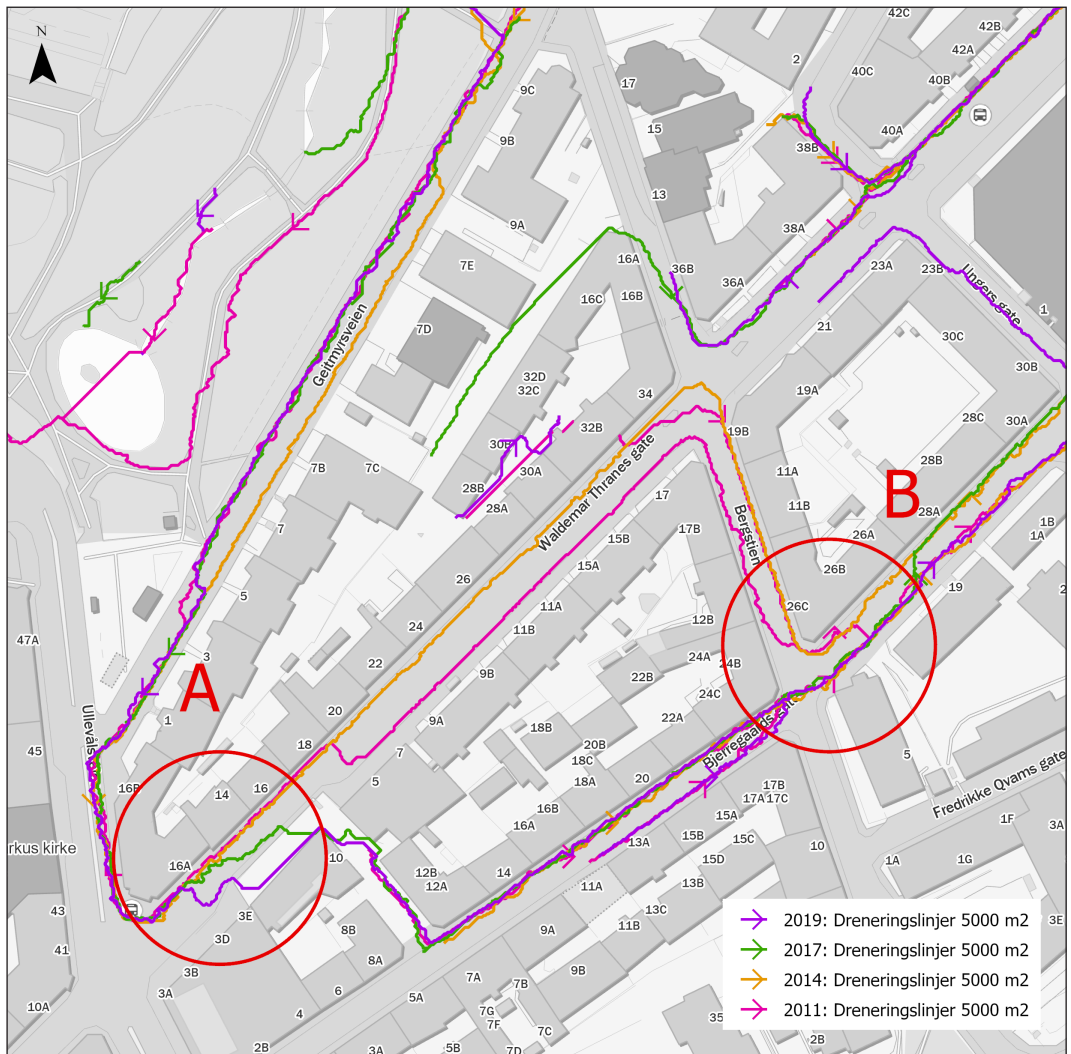
Innledning

I byområder med stor andel tette flater, vil mye av avrenningen skje på overflaten. Ved større nedbørshendelser, ser vi at enkelte områder er utsatte for skade på bygg og infrastruktur. Det skjer også overløp fra avløpssystemet som forurenser vassdragene og fjorden. Disse problemene forventes å øke fremover, både på grunn av fortetting og klimaendringer.

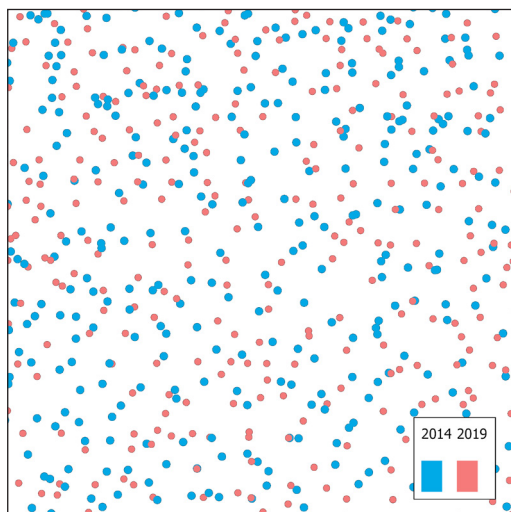
Overvannshåndtering er derfor et sentralt tema i all byutvikling. God forståelse for hvordan vannet renner, er viktig både for å identifisere områder der overvann gjør skade og skaper

uønskede problemer, og som kunnskapsgrunnlag for design av fremtidige løsninger.

Dreneringslinjer har vist seg å være et veldig nyttig verktøy for å utforske hvor overvann renner. I Oslo brukes dreneringslinjer sammen med en hydraulisk overvannsmoell som utgangspunkt for planleggingen og byggesaksbehandling. De første dreneringslinjene for Oslo kommune ble beregnet i 2011. De har siden blitt beregnet i 2014, 2017, 2019 og 2021. Vi har sett at en del av dreneringslinjene endres fra år til år, uten at det har vært endring i terrenget, som illustrert i Figur 1. Dette skaper usikkerhet om



Figur 1. Kartutsnitt som viser at dreneringslinjene fra ulike år tar ulike retninger mellom punkt A og B.



Figur 2. Sammenligning av punktene fra laserskanning i 2014 og 2019.

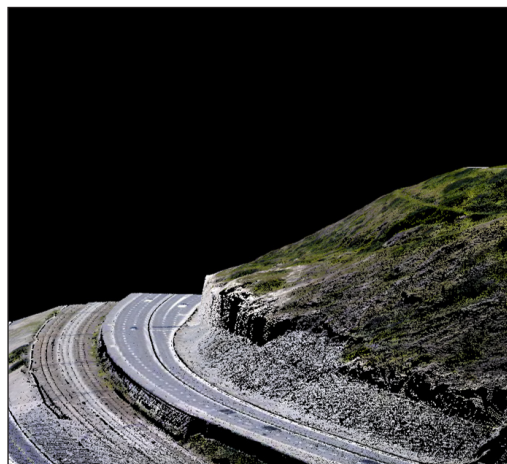
hvor vannet egentlig renner, og troverdigheten til metoden svekkes. Årsaken til dette finner man i hvordan terrengmodellen blir laget og hvordan dreneringslinjene blir beregnet.

Terrengmodell som grunnlag

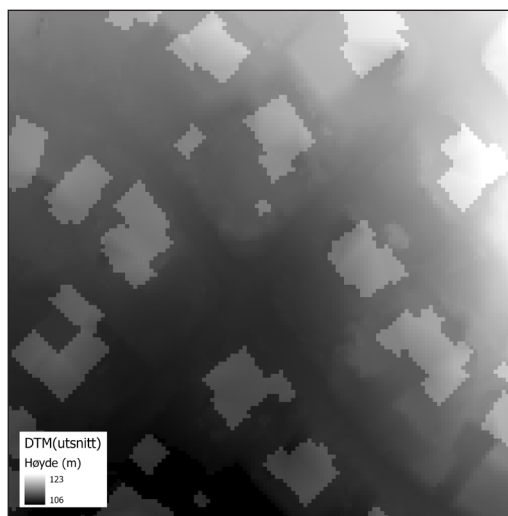
En digital terrengmodell (DTM) er et rutenett der alle ruter har en fast størrelse, for eksempel 1x1 m, og en høydeverdi. Datagrunnlaget til terrengmodellen er en punktsky fra flybåren laserskanning. I Oslo blir det skannet regelmessig hvert andre til tredje år. Punktskyen består av koordinatfestede punkter med høydeverdi, som igjen beskriver terrenget. Figur 2 viser hvordan punktene fra to laserskanninger fordeles i terrenget. Figur 3 viser hvordan punktskyen ser ut i 3D. Plasseringen av punktene vil naturligvis variere fra skanning til skanning. Når disse punktene brukes til å lage terrengmodellen, gjøres det en estimering av høydeverdien basert på punktene som treffer innenfor hver rute. Siden datainnsamlingen er litt forskjellig, vil også de to avledede terrengmodellene bli litt forskjellige, selv om området i realiteten er uendret.

Dreneringslinjer som overvannsmode

Dreneringslinjer er en enkel, matematisk analyse av en digital terrengmodell, hvor drenerings-



Figur 3. Punktsky i 3D.

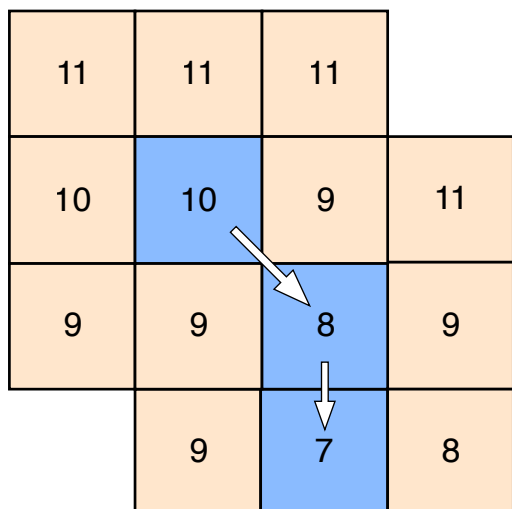


Figur 4: Digital terrengmodell. Bygningsflatene er lysere fordi de har en større høydeverdi enn områdene rundt.

retningen for hver rute kun er den laveste av de åtte omkringliggende rutene (D8-metoden) (Carrara, 1988). Dette er illustrert i Figur 5, der vannet vil renne fra startrute med høyde 10 ned til ruten med høyde 8. Ved å koble sammen dreneringsretningene, dannes dreneringslinjer. Dreneringslinjene kan deretter kategoriseres etter hvor stort område som vil renne til hver linje. Kategoriseringen gjøres ved å legge sammen det akkumulerte nedbørsfeltet som tilhører hver dreneringslinje.

Kategoriene som brukes i Oslo kommune er som følger:

- større enn 50 000 m²
- 5000 - 50 000 m²
- 500 - 5000 m²



Figur 5. Illustrasjon av rutene i en DTM og deres høydeverdier, som viser hvilken retning vannet vil renne etter D8-metoden.

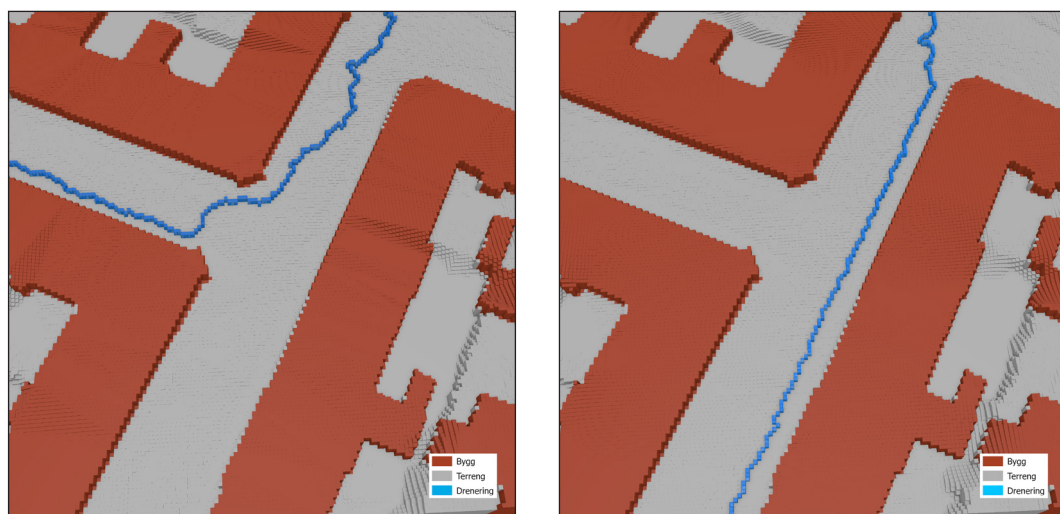
I virkeligheten kan vannet ofte ta flere ulike retninger, avhengig av dybde, hastighet og små terrengvariasjoner. Spesielt finnes det i relativt flate områder flere mulige veier vannet kan renne videre, men bare laveste vei blir valgt i

beregningen. Ofte er det snakk om millimeter og centimeter som avgjør hvilken retning den beregnede avrenningen tar. Dette illustreres i Figur 6, der små høydeforskjeller gjør at dreneringslinjen for 2014 går ned en annen gate enn i 2019, selv om området er uendret.

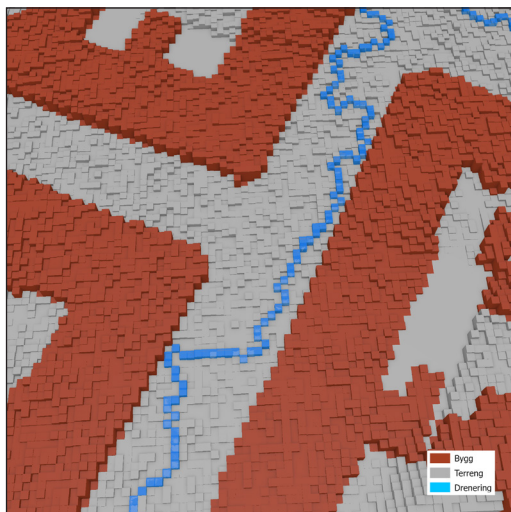
Fra dreneringslinje til avrenningsmønster

En måte å ta høyde for uøyaktigheter i terrengmodellen, ujevnheter i terrenget og ulike vannhastighet og -dybde på, er å beregne dreneringslinjer flere ganger. For hver beregning har vi lagt til et tilfeldig tall i hver rute i terrengmodellen. Dette er illustrert i Figur 7, som viser to eksempler der alle terrengmodellens ruter er hevet eller senket mellom 0 og 0,5 m. Figuren viser at det ikke er mye endring som skal til i flate områder før en dreneringslinje føres i en annen retning.

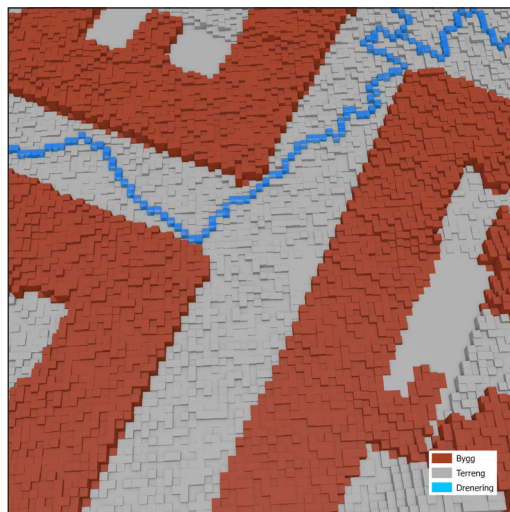
Når dreneringslinjer beregnes flere ganger med små variasjoner i terrengmodellen, vises de ulike veiene vannet kan ta. Dette kan beskrives som ulike scenarier. For hvert scenario er det laget en egen terrengmodell som tar utgangspunkt i den originale terrengmodellen, men der hver rute summeres med en tilfeldig verdi mellom - 0,5 og + 0,5 m. Dreneringslinjene i hvert scenario er beregnet som vanlig med D8-metoden, som tar utgangspunkt i at vannet i en rute sendes videre til den laveste av de åtte



Figur 6. Dreneringslinje beregnet i 2014 til venstre og 2019 til høyre.



Figur 7. Viser terrengmodell som er lagt til tilfeldige verdier. Dreneringslinjen vil ta to ulike retninger som følge av dette.



omkringliggende rutene (Carrara, 1988). Gjennomsnittet av alle scenarioene er beregnet til slutt, og dette utgjør avrenningsmønsteret. Ved symbolisering av avrenningsmønsteret, valgte vi å la rutene med lavest gjennomsnittsverdi være nesten helt transparente, mens rutene med høyt gjennomsnitt har fått en mørk farge. Denne symboliseringen gjør at avrenningsmønsteret fremheves der mange dreneringsscenarier sammenfaller.

Fremgangsmåten vi fulgte for beregningen av avrenningsmønsteret er som følger:

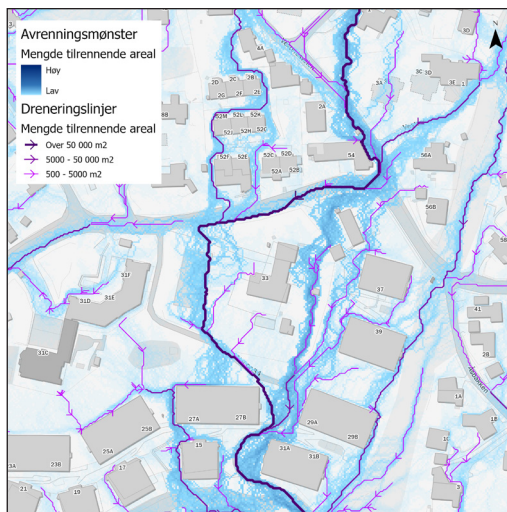
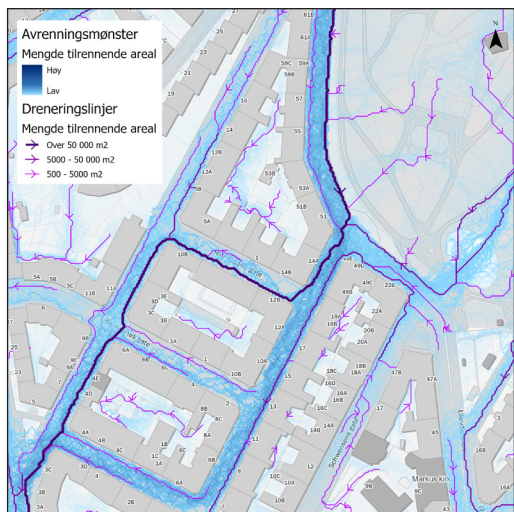
1. Genererte en DTM fra laserdata med oppløsning på 1 x 1 meter for Oslo kommune.
2. Laget et nytt raster med tilfeldige, uniformt fordelte verdier mellom - 0,5 og + 0,5 meter (Se «Create random raster» i ArcGIS Pro).
3. Summerte DTM laget i trinn 1 og rasteret med tilfeldige verdier i trinn 2.
4. Beregnet dreneringslinjer for den modifiserte DTM-en.
5. Gjentok trinn 2 til 4 et ønsket antall ganger, i vårt tilfelle 50.
6. Beregnet gjennomsnittet av alle dreneringslinjene/scenarioene og symboliserte på ønsket måte. Resultatet ble et avrenningsmønster for området.

Hva viser resultatene?

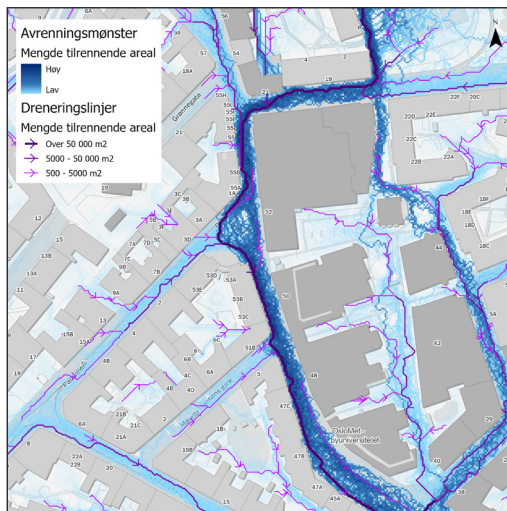
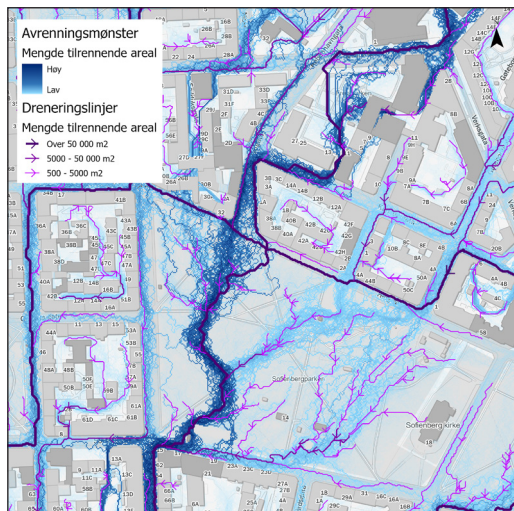
Dreneringslinjene fra den originale terrengmodellen viser den mest sannsynlige veien hvor overvannet vil renne. Avrenningsmønsteret viser de alternative veiene vannet kan ta. Det virker å være et godt supplement til dreneringslinjene som overvannsmødel, fordi det fremhever usikkerheten som ligger i metoden til beregning av dreneringslinjer. Ved å bruke avrenningsmønsteret sammen med dreneringslinjene, får man et mer nyansert bilde av hvilke veier overvannet vil renne ved nedbørshendelser. Avrenningsmønsteret illustrerer de ulike retningene dreneringslinjene kan ta, og det fremhever de stedene hvor vannet "alltid" vil renne. Istedenfor å bare vise bratteste vei ned terrenget, slik som dreneringslinjer gjør, viser avrenningsmønsteret alternative veier i terrenget. Kartutsnittene i Figur 8 og 9 viser eksempler på situasjoner der dreneringslinjen og avrenningsmønsteret renner samme sted, og andre eksempler der en større andel av scenarioene i avrenningsmønsteret tar en annen retning enn dreneringslinjen.

Parametervalg og videre arbeid

Avrenningsmønsteret er nytt og i liten grad testet mot faktisk situasjon. Valg av parameterverdier er derfor en kilde til usikkerhet. Parame-



Figur 8: Eksempler der dreneringslinjen tar en annen retning enn majoriteten av avrenningsmønsteret.



Figur 9: Eksempler der dreneringslinjen og de fleste scenarioene i avrenningsmønsteret har samme plassering.

tere som antall iterasjoner/scenarioer spennet på de tilfeldige verdiene og oppløsning på terrengmodell vil påvirke avrenningsmønsteret.

Vi gjorde forsøk med forskjellige antall iterasjoner. Det ble valgt 50 iterasjoner i denne versjonen, som et kompromiss mellom prosesseringstid og det at hvordan vannet spres utover terrenget kommer tydelig frem. Ved flere iterasjoner blir mønsteret bare enda tydeligere.

Vi forsøkte å legge til tilfeldige tall på +/- 0,05 m, +/- 0,2 m, +/-0,5 m og +/-1 m. Vi valgte +/-0,5 m, fordi avrenningsmønsteret da viste en til-

fredsstillende grad av utflytning av overvannet i flate områder.

Oppløsningen på terrengmodellen påvirker også resultatene. I denne beregningen ble det brukt en terrengmodell med oppløsning på 1 x 1 m. Det er ønskelig med en så detaljert terrengmodell som mulig, samtidig som en veldig detaljert terrengmodell bruker mye prosesseringstid. Det er derfor nødvendig å finne et krysningspunkt mellom detaljnivå og prosesseringstid. Valget i denne omgangen falt på 1 x 1 m.

Avrenningsmønsteret kan bidra til å belyse usikkerheten i metoden for beregning av dreneringslinjer og vise at overvann kan ta flere veier, ikke bare den bratteste. Avrenningsmønsteret vil vises i Oslo kommunes innsynsløsning «Planinnsyn», sammen med dreneringslinjer og resultater fra kommunens hydrauliske modell. Denne er tilgjengelig for både saksbehandlere og publikum. Vi mener at kombinasjonen av dreneringslinjer og avrenningsmønster gir et mer beskrivende bilde av

virkeligheten enn dreneringslinjene gjør alene. I videre utforskning av denne metoden, vil det være aktuelt å sette observasjoner fra nedbørshendelser i sammenheng med avrenningsmønsteret, for å kunne justere parameterne som ble brukt i metoden.

Referanser

Carrara, A. (1988). Drainage and Divide Networks Derived from High-Fidelity Digital Terrain Models. Quantitative Analysis of Mineral and Energy Resources, 581–597. doi:10.1007/978-94-009-4029-1_34