NVE

RAPPORT

Nr 44/2019

Bruk av registrerte overvannskader for validering av beregnede vannveier og overvannansamlinger (bluespots).

En studie gjort i Oslo kommune.

Anna Haaland Aano, Rengifo Zenon Ortega Mora, Deborah Lawrence, Thomas Skaugen

Rapport, bokmål nr 44-2019

Bruk av registrerte overvannskader for validering av beregnede vannveier og overvannansamlinger (bluespots).

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Anna Haaland Aano
Forfatter: Anna Haaland Aano, Rengifo Zenon Ortega Mora, Deborah Lawrence, Thomas Skaugen

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Urban flom ved Grønlands Torg (2013). Foto: Kenneth Sporsheim.
ISBN: 978-82-410-1943-2
ISSN: 1501-2832

Sammendrag: Rapporten tar for seg sammenhengen mellom registrerte overvannskader og GIS-beregnede vannveier og vannansamlinger (bluespots) i Oslo kommune. Er det slik at bluespots og vannveiene beregnet fra digitale terrengmodeller kan forklare områder med vannskader?

Analyser viser at de fleste vannskadene skjer i nærheten av vannveier og bluespots (flest i underkant av 20 meter) og at antall vannskader minker med økende avstand til vannveier og bluespots.

Emneord: Overvann, vannskader, overvannskader, bluespot, vannvei, dreneringslinjer, urbanhydrologi, nedbør, ekstremnedbør, vannansamling, nedsenkninger, Oslo Kommune, Finans Norge, skadestatistikk, skadeanalyse.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

24.10.2019

Bruk av registrerte overvannskader for validering av beregnede vannveier og overvannansamlinger (bluespots).

En studie gjort i Oslo kommune.

Norges vassdrags- og energidirektorat
2019

Innhold

Forord 3
Figurliste: 4
Tabelliste: 4
SAMMENDRAG 5
1 INNLEDNING 6
2 BAKGRUNN OG METODER 7
2.1 Vannskadedata for Oslo kommune 7
2.2 Bluespots i Oslo 8
2.3 Vannveier 10
2.4 Interpolering med Kernel Density Estimation 11
3 ANALYSER I QGIS 12
3.1 Avstand fra skade til bluespot og vannvei 12
3.2 Avstandsanalyse (histogram) 14
3.3 Buffersoner rundt bluespots 14
3.4 Kernel Density Estimation (KDE) 14
4 RESULTATER 16
4.1 Fordeling av skader med avstand til vannvei 16
4.2 Fordeling av skader med avstand til bluespot 17
4.3 Bluespots og buffersoner 18
4.4 Kernel Density Estimation 19
4.4.1 KDE bluespot 19
4.4.2 KDE skade 20
4.5 Erstatnings- og skadefordeling i Oslo 22
5 DISKUSJON 24
5.1 Utfordringer og usikkerhet ved bruken av skadedata 24
5.2 Bluespots og vannveier 25
5.3 KDE interpolering 26
6 KONKLUSJON 27
7 Takk 28
8 REFERANSER 28

Forord

Rapporten er skrevet i forbindelse med NVEs to urbanhydrologiske prosjekter: (i) Sustainable URban Flood management (SURF, finansiert av Norges Forskningsråd) og (ii) Vann i By og tettsteder (ViB, finansiert av intern FoU midler).

Økt intensitet og hyppighet av kraftig nedbør er forventede følger av klimaendring. Sammen med en stadig vekst og fortetting av byer betyr det at norske kommuner må forberede seg på flere og mer utfordrende overvannsproblemer.

Høsten 2018 fikk en gruppe i Hydrologisk Modellering (HM) i NVE tilgang til overvannskadedata fra Oslo kommune. Disse overvannskadene hadde Oslo kommune fått av Finans Norge i forbindelse med et pilotprosjekt i 2014 (Brevik m.fl., 2014).

I tillegg er det modellert vannveier (dreneringslinjer som viser hvor overvann vil renne på overflaten) og bluespots (oppsamlingspunkt for vann).

Denne rapporten tar for seg registrerte overvannskader og GIS-genererte vannveier og bluespots og ser om det kan etableres en sammenheng mellom disse.

Oslo, oktober 2019

Svein Taksdal
Fungerende Avdelingsdirektør
Hydrologisk Avdeling

Hege Hisdal
Seksjonssjef
Hydrologisk Modellering

Figurliste:

Figur 1a) Illustrasjon av geokoding - prosessen som omgjør adresser til koordinater (Geocoding with ArcGIS, 2018) og b) kriteriene som er brukt til vasking av data (Brevik m.fl., 2014). 7
Figur 2) Bluespots før og etter filtrering. Små bluespots og bluespots i åpne vannflater er filtrert bort. 9
Figur 3) Ulik båndbredde gir ulik form på kurven. En høy båndbredde gir en jevnere kurve enn en lavere båndbredde. Fra L. Lacopini, 2015 (http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2437.3206). 11
Figur 4) Ulike former for kernel-form. Ulik type vil gi et litt ulikt utseende på kurven. Fra Wikipedia, 2019 (https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_(statistics). 12
Figur 5) Kart over Oslo som viser de beregnede vannveiene og avstand (meter) fra disse. Lysere farge indikerer kortere avstand, mens mørkere farge indikerer lengre avstand. 13
Figur 6) Fordeling av skader med avstand til nærmeste vannvei. 20-metersintervaller. 16
Figur 7) Fordeling av skader med avstand til nærmeste bluespots. 20-metersintervaller. 17
Figur 8) Buffersone rundt bluespot-sentrum med radius på 50 meter. 1389 skader vil i dette tilfellet være dekket av en bluespot/buffersone. 18
Figur 9) Oslo. KDE bluespot, vektet på areal av bluespots. Mørkere farge indikerer større tetthet. Ringen viser det mørkeste, og altså tetteste området. 19
Figur 10) Kartutsnitt fra det mørkeste området – altså området med størst tetthet. Skader er vist med røde prikker, bluespot med blå områder og vannveier med blå linjer. 20
Figur 11) Oslo. KDE skade, vektet på avstand til vannvei. Mørkere farge indikerer større tetthet. Ringen viser det området med den høyeste tettheten. 21
Figur 12) Oslo. KDE skade, vektet på avstand til vannvei. Her er skadene vist på kartet over KDE-en. 21
Figur 13) Nærbilde av området ringet inn i figur 11 og 12 (området med høyest KDE-skade-verdi). Skadene er vist som røde rundinger og vannveier i blått er også med. 22
Figur 14) kartet viser skadefordelingen i Oslo. Jo større prikk, jo høyere erstatningssum på skaden. 23
Figur 15) Skader i Oslo der større prikk betyr høyere erstatningssum. I tillegg er KDE på bluespot vist, hvor mørke området indikerer høy tetthet av bluespots, mens lysere områder indikerer mindre tette områder. 23

Tabelliste:

Tabell 1) Tabellen viser hvilke verdier som er valgt for de ulike parameterne for KDE skade og KDE bluespot. 15
Tabell 2) Statistikk over skadefordeling: skade med avstand til vannvei. 16
Tabell 3) Statistikk over skadefordeling: skader med avstand til bluespots 17
Tabell 4) Tabellen viser hvor mange bluespots det vil være dersom radiusen til hver bluespot øker med henholdsvis 10, 25, 50 og 100 meter, og hvor mange skader som ville ha falt innenfor bluespots i hvert av disse tilfellene. 18

SAMMENDRAG

I denne rapporten har vi sett på sammenhengen mellom registrerte overvannskader og GIS-genererte vannveier (dreneringslinjer) og bluespots (vannansamlinger) i Oslo.

For det første ser vi en sammenheng mellom overvannskader og avstand til bluespots. Det er betydelig flere skader i nærheten av bluespots og antall skader minker med økende avstand til disse. 673 av 2246 skader (30 %) har mindre enn 20 meters avstand til nærmeste bluespot og hele 1319 av 2246 skader (60%) har en avstand på 40 meter eller mindre.

Forholdet mellom skader og avstand til nærmeste vannvei følger omtrent samme mønster. Også her ser vi betydelig flere skader i kort avstand til vannveier og antall skader minker med økende avstand, foruten noen få unntak. For eksempel: størst hyppighet av skader finnes i intervallet 20-40 meter fra vannskaden og ikke i intervallet 0-20 meter (247 mot 230 skader). Forklaringen er sannsynligvis at vannveiene ofte sammenfaller med vanlige veier, mens skadene skjer og registreres på selve huset. Det er ofte en viss avstand mellom hus og vei i utgangspunktet. I følge lov om vegar (veglova, 1963, § 29) er det regler på byggegrenser og avstand mellom hus og veg («Byggegrensene skal gå i ei avstand på 50 meter frå riksveg og fylkesveg og 15 meter frå kommunal veg. For gang- og sykkelveg er avstanden 15 meter»). Dette forklarer hvorfor det er flere skader i det andre intervallet enn det første.

Usikkerheter i skadedata og beregnede vannveier og bluespots gjør at vi ikke kan forvente et perfekt forhold mellom skade og vannvei og skade og bluespots. Overvannsskadene er registrerte skader fra et lengre tidsrom (2008 – 2014), mens vannveier og bluespots er beregnet ut i fra én spesifikk nedbørshendelse. Selv om vi ser en sammenheng mellom skader og bluespots og skader og vannveier, er det store usikkerheter. Vi kan dermed ikke med sikkerhet si at «den skaden skyldes den vannansamlingen eller den vannveien».

Kort oppsummert: På grunn av usikkerhet i data er det ikke mulig å finne et perfekt forhold mellom skade og vannvei eller skade og bluespot, men vi ser likevel en tydelig sammenheng. En konklusjon er dermed at det er større sannsynlighet med skade på hus jo nærmere en bluespot eller en vannvei huset ligger.

1 INNLEDNING

Klimaendringer vil føre til økning i intensitet og frekvensen av kraftige regnbyger (Hanssen-Bauer m.fl., 2015). Samtidig ser vi en fortsatt økende urban vekst som fører til flere tette flater i byen. Disse to faktorene – mer nedbør og flere tette flater – gjør at det i fremtiden må stilles større krav til overvannshåndtering i norske kommuner. En undersøkelse viser at 60 % av de norske kommunene hadde utilstrekkelig overvannskapasitet for framtidig nedbørshendelser og manglende lokal kompetanse, verktøy og prosedyrer for bærekraftig forvaltning av urbant flomvann (NOU, 2015).

NVE jobber for tiden med to overvannsprosjekter: (i) Sustainable Urban Flood management (SURF) og (ii) Vann i by og tettsteder (ViB);

(i) SURFs hovedformål er å bygge kompetanse innen urbanhydrologiske analyser og modellering, og utvikle egnede verktøy som vil styrke norske kommuners evne til å utforske, forutse og begrense truser mot menneskers sikkerhet, kulturarv og infrastruktur mot urbane flommer.

(ii) Vann i by og tettsteder (ViB) er et FoU-finansiert prosjekt som tar for seg den samme problematikken; overvann i urbane områder. Arbeidspakke 7 (AP7) («Fra anvendt geomorfologi til urbanhydrologisk modellering») er spesielt relevant i forbindelse med denne rapporten. AP7 har blant annet jobbet med å identifisere områder hvor terrengformasjoner kan føre til akkumulasjon av vann (bluespots), som igjen kan føre til lokale overvannsproblemer.

Overvannshåndtering står høyt på planen også i Oslo kommune. Gjennom «Strategi for overvannshåndtering» (vedtatt av bystyret i Oslo 05.02.14) har kommunen definert flere mål for overvannshåndtering i byen. I kommunens handlingsplan for overvann står det innledningsvis følgende: «Dreneringslinjene gir et teoretisk bilde av hvor overvannet vil renne når det regner, men det sier ikke noe om mengder eller hvor overvannet skaper problemer og gir skader. Dette er mye mer komplekst og avhenger blant annet av terrengets overflate og helning, grunnforhold, avløpssystemets kapasitet, utforming av bebyggelse med mer.» Videre står det «For å modellere dette [eventuelle problemområder] må vi ha kjennskap til virkelige skader og hendelser som vi kan kalibrere resultatene mot, både for å finne hvor mye de ulike elementene bidrar og hvordan de påvirker resultatene. Kjennskap til virkelige skader og hendelser er også viktig for å prioritere arbeidet mellom ulike deler av byen.» (Oslo kommune, 2014).

De overnevnte faktorene har i forbindelse med denne rapporten blitt beregnet: Vannveier (dreneringslinjer) og bluespots er modellert og i tillegg har NVE fått tilgang til overvannskadedata fra Oslo kommune.

Formålet med denne rapporten er å finne ut om det er en sammenheng mellom overvannsskadene og bluespots og/eller vannveier og på den måten bruke disse skadene til validering av beregnede vannveier (dreneringslinjer) og overvannansamlinger (bluespots) i Oslo.

2 BAKGRUNN OG METODER

2.1 Vannskadedata for Oslo kommune

Finans Norge har i forbindelse med et tidligere pilotprosjekt (Brevik m.fl., 2014) innhentet informasjon om vannskader i flere kommuner i Norge. Overvannsprosjektet i Oslo kommune mottok i desember 2014 et sett med 38 660 skader fra tidsrommet 01.01.2008 – 28.10.2014. Disse dataene er hentet fra seks forskjellige forsikringsselskaper og utgjorde en totalsum på 1,73 milliarder norske kroner. Før prosjektet kunne gjøre nytte av dataene var det nødvendig å gjøre de tilgjengelige for bruk i kartanalyser (Oslo kommune, 2014). Dataen fra Finans Norge ble derfor geokodet og vasket. Geokoding (figur 1a) er prosessen som omdanner geografisk data som for eksempel gateadresser og postnummer til geografiske koordinater (Geodata, 2019). Skadene fra Finans Norge var registrert på adresse og for å kunne overføre dem til GIS-verktøy måtte de få koordinater. Vasking av data betyr å sortere ut de relevante skadene ut i fra det vi er interessert i. Settet med 38 660 skader inneholdt alt av vannskader. I overvannsprosjektet (og i denne rapporten) er kun overvannsskadene interessante og vaskingen ble gjort på bakgrunn av dette. Figur 1b) viser hvilke utvalg av vannskadene som ble gjort.

Av de opprinnelig 38 660 skadene var det flere som ikke lot seg geokode. Disse måtte fjernes og vi satt igjen med 25 877 skader. Blant disse var skader som ikke var relatert til overvann og/eller nedbør, men som hadde oppstått på grunn av for eksempel lekkasje i rør. Disse er ikke av interesse til formålet og ble derfor fjernet. Basert på VASK-analyse (figur 1b) ble de aktuelle skadene valgt ut og til slutt satt vi igjen med 2396 skader (tilsvarende 9,3 % av det opprinnelige datasettet) fordelt på 1895 unike datoer. Det er flere usikkerheter knyttet til disse dataene (les mer om det i kapittel 5). Feilregistreringer (skader som for eksempel er registrert på feil hus eller ligger utenfor Oslo kommune) er ekskludert fra datasettet. Til videre analyse står vi igjen med 2248 vannskader.

a)

b)

VASKing av data er basert på følgende koder:

Installasjon:

- G – Utvendig vann- og avløpsanlegg.
- H – Vanninntrenging utenfra gjennom grunn.
- I – Vanninntrenging utenfra over grunn.

Kilde:

- I – Nedbør. Smeltevann. Grunnvann.

Årsak:

- G – Stopp i avløp. Tilbakeslag.
- I – Ytre påvirkning.
- J – Drenering.

Figur 1a) Illustrasjon av geokoding - prosessen som omgjør adresser til koordinater (Geocoding with ArcGIS, 2018) og b) kriteriene som er brukt til vasking av data (Brevik m.fl., 2014).

2.2 Bluespots i Oslo

En 'bluespot' er et sted hvor kortvarig ansamling av overvann forekommer. Nedsenkninger og ujevnheter i terrenget som fylles med vann vil derfor være bluespots. Areal og dybde til bluespots vil variere som en funksjon av nedbørintensitet, nedbørsvarighet og bakkens terrengformasjon og infiltrasjonsegenskaper (Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, 2019). Fra et hydraulisk perspektiv fungerer bluespots som en kortvarig, temporær overvannslagring som samler og fordrøyer overvann fra arealer oppstrøms. Bluespots er altså lavpunkter i terrenget med innløp og utløp av overvann og de representerer arealer som er utsatt for flom ved ekstreme nedbørshendelser (Ortega, 2019).

Beregning av bluespots baseres på en digital terrengmodell (DTM). Nøyaktigheten og troverdigheten av DTM-en er derfor en viktig faktor for å kunne lage pålitelige nedsenkningsmodeller (Di Salvo m.fl., 2017). I GIS defineres en nedsenkning som et område med lavereliggende celler enn områdene rundt. Manglende eller dårlige data, samt utjevning av interpoleringsfunksjoner kan føre til at vi mister noen av disse nedsenkningene. Cellestørrelsen er derfor også avgjørende. I følge Karel, Pfeiffer og Briese (2006) og Kraus (2004) er det spesielt tre viktige komponenter å ta hensyn til for å lage en korrekt og god DTM: (i) datatetthet på høyde, (ii) nøyaktige høydemålinger og (iii) egnethet på interpoleringsmetoden for relieff og helning på studieområdet.

Bluespots som er brukt til analysene i denne rapporten er gjort på bakgrunn av én spesifikk nedbørshendelse. 26. juni 2014 ble det satt ny nedbørsrekord I Oslo. I løpet av kun én time (16.00 – 17.00) kom det 44,5 mm regn. Basert på denne hendelsen, et bilde av en bil med vann halvveis opp dekket, DTM og analyser gjort i overvannsmodellen r.sim.water.mp, har vi modellert og fått en oversikt over hvordan vannet i Oslo vil renne og hvor vannet vil samle seg.

Bluespots modelleres i GRASS GIS ved å bruke en distribuert hydrologisk modell som kalles Simulated Water and Erosion (SIMWE). I SIMWE benyttes modulen r.sim.water.mp som gjør det mulig å beregne overflateavrenning, vannføring og vanndybde for enkelte ekstreme nedbørshendelser. R.sim.water.mp er en romlig hydrologisk modell basert på Monte Carlos simuleringsmetode og er implementert i GIS-modulen (Hofierka og Knutová, 2015). Vannretningen og vannhastigheten i SIMWE er en funksjon av terrenget (endring i helning, aspekt og friksjon) og beskrives av Manningskoeffisient. I dette tilfellet brukes et arealressurskart i målestokk 1:5000 (AR5) for å definere Manningskoeffisienten. AR5 er et detaljert, nasjonalt, heldekkende datasett og den beste kilden til informasjon om landets arealressurser (Frydenlund, 2019).

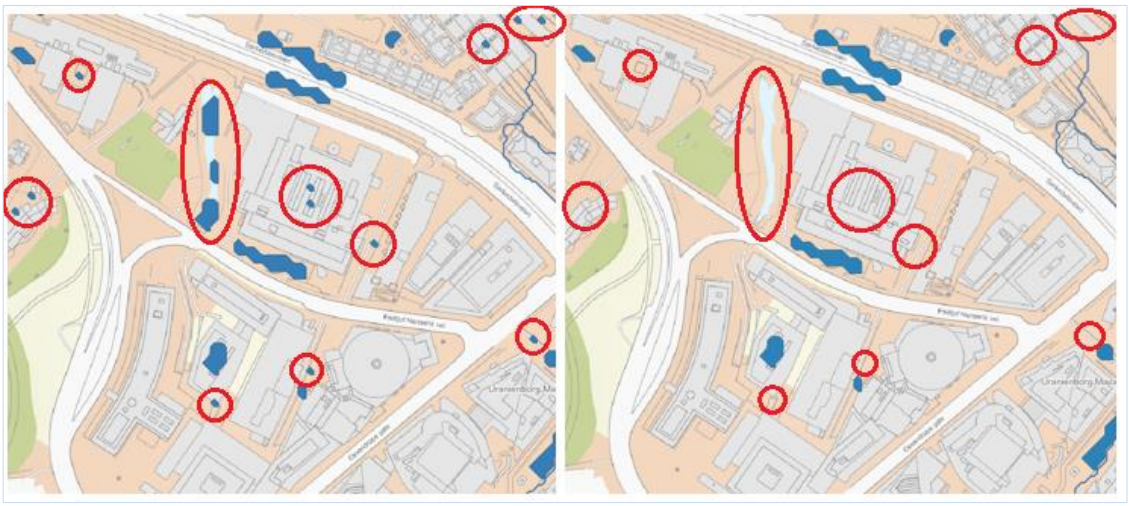
Infiltrasjonsraten avhenger av egenskapene til løsmassene og av overflatedekket. Infiltrasjonsraten er dynamisk og endres med tid og sted. I en by med mye tette flater som asfalt og hustak, men også hager og parker, vil infiltrasjonsraten variere; den vil være høyere på grønne områder enn på asfalt- og takområder. Infiltrasjonsraten vil også variere fra grøntområde til grøntområde og innad i ett og samme grøntområde. Grunnen til dette er at faktorer som vannmetningsgrad, vegetasjon, tele i jorda etc. vil påvirke infiltrasjonsevnen (Ortega, 2019). Infiltrasjonen er i simuleringene med SIMWE satt til null på grunn av manglende informasjon om infiltrasjonsegenskaper (Ortega, 2019).

Tilgjengelig nedbør er definert som nedbørintensitet minus infiltrasjonsrate og skal gis i millimeter per time (Mitasova, 2014). Nedbørintensiteter er vanligvis tilgjengelig fra meteorologiske stasjoner. For denne rapporten er nedbørshendelsen fra 26.juni 2014 bruk.

Utgangsdata fra SIMWE inkluderer et kart som viser bluespots og to rasterkart: ett som viser vanndybden og ett annet som viser vannføringen (m^3/s) (Mitasova, 2014).

Opprinnelig hadde vi 36 523 bluespots for Oslo-området. Vi antar at bluespots med liten utstrekning heller ikke gjør noen betydelig skade. Derfor er bluespots med areal mindre enn 20 m^2 filtrert bort. Bluespots som havner i åpne vannflater er fjernet av naturlige årsaker – her er det vann uansett. I følge Federal Emergency Management Agency (FEMA, 2014) kan små vannansamlinger forekomme nærmest overalt. Likevel er de minste så små at de ikke utgjør noen fare eller trussel for hverken dyr, mennesker, bygninger eller biler. Av denne grunn har det i liknende tilfeller (for eksempel et case fra Roma, Italia (Di Salvo m.fl., 2017)) valgt å fjerne alle nedsenkninger grunnere enn 30 cm. På bakgrunn av dette er kun bluespots dypere enn 30 cm blitt tatt med i analyser i denne rapporten.

Ved å filtrere vekk disse bluespots er antall redusert fra 36 523 til 16 822. Figur 2 viser et eksempel på bluespots i et område ved Majorstuen før og etter filtrering. Små bluespots og bluespots i åpent vann er fjernet på bildet i figur 2b.



Figur 2) Bluespots før og etter filtrering. Små bluespots og bluespots i åpne vannflater er filtrert bort.

2.3 Vannveier

En vannvei (dreneringslinje) er en linje som viser hvor vann vil renne på overflaten. Disse vannveiene er hovedsakelig avhengig av topografien, men cellestørrelse er også av betydning. Tettheten av vannveier avhenger av hvor mange celler som skal til for at det skal dannes en vannvei, og dette er styrt av GIS-operatøren. Vannveiene kan ikke si noe om hvor mye vann eller hvor overvannet vil komme til å skape problemer. Til dette trenger vi mer informasjon om blant annet initialtilstand og grunnforhold, kapasiteten til avløpssystemet og utforming av bebyggelse (Oslo kommune, 2014).

Et urbant elvenettverk er en blanding av åpne og lukkede vannveier. Lukkede vannveier er deler av det naturlige elvenettverket som er lagt i rør og dermed har blitt en del av byens vann- og avløpssystem over tid. Åpne vannveier omfatter åpne deler av det naturlige elevnettverket, men også annen menneskeskapt infrastruktur, f.eks. bygninger, veier, t-banespor og kanaler, som kan påvirke overflatevannsavrenningen (Ortega, 2019).

I Oslo er de fleste naturlige elver og bekker lagt i rør. Dette har vært med på å øke problematikken rundt styrtregn. Rørene er ikke dimensjonert til å takle så store og plutselige vannmengder som vi har hatt flere tilfeller av i de siste årene (for eksempel nedbørsrekorden i juni 2014) og som er forventet å komme enda hyppigere i framtiden. Et av tiltakene for å bedre håndtere styrtregn, og som et ledd i løsning av overvannsproblematikken, er å åpne gamle bekkeløp og elver i Oslo. Dette er kommunen allerede i full gang med, og deler av Alnaelva, Hovinbekken og Frognerelva er allerede åpnet (Oslo kommune, 2015).

Vannveier modelleres ved å bruke Multiple Flow Direction-algoritmen (MFDA) kombinert med AT-Search-algoritmen, som er en funksjon av overflateavrenning (Ehlschlaeger, 1989; Jarosław, 2011; Ortega, 2018). Denne tilnærmingen forutsetter at:

(i) Vi har en hybrid digital terrengmodell (DTM) som inneholder bygninger, veier og annen urban struktur.

(ii) Nedbør renner av fra bygninger og andre tette flater over til veier og andre overflatestrukturer.

(iii) Det ikke tas hensyn til endringer over tid av menneskeskapte bruksarealer.

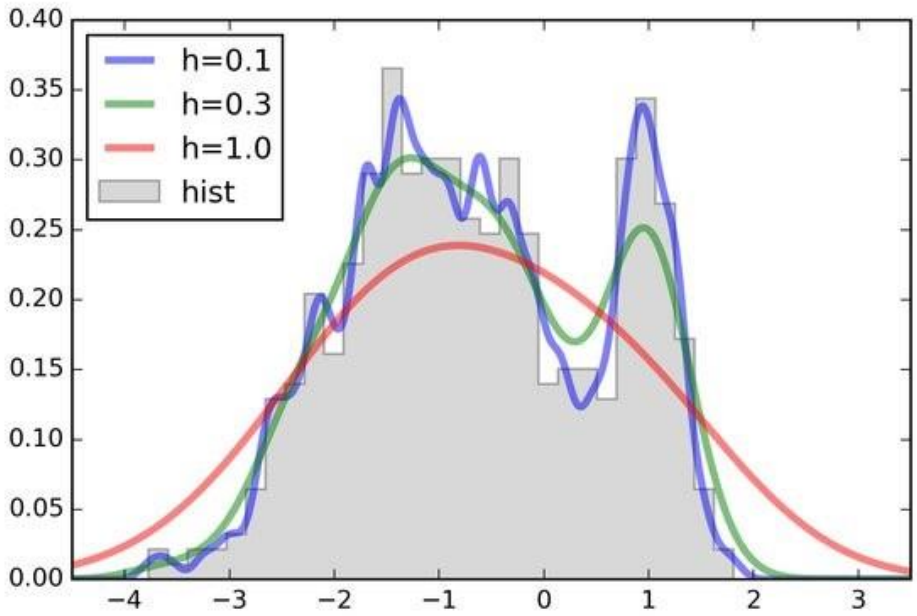
(iv) Veier betraktes som en proxy av elvenettverket (Ortega, 2019).

Multiple Flow Direction-algoritmen (MFD) er en hydrologisk modell som simulerer overflateavrenning og akkumulasjonsprosess. Kontinuerlig avrenningsretning og avrenningsfordeling blir tatt hensyn til og topografien i landskapet bestemmer strømretningen (Pilesjö og Zhou, 1996). Med MFD-algoritmen vil strømningsretningen for hver celle være mot de(n) lavereliggende nabocellen(e). Slik lages det et rasterkart som viser overvannets strømretning (Qin m.fl., 2007).

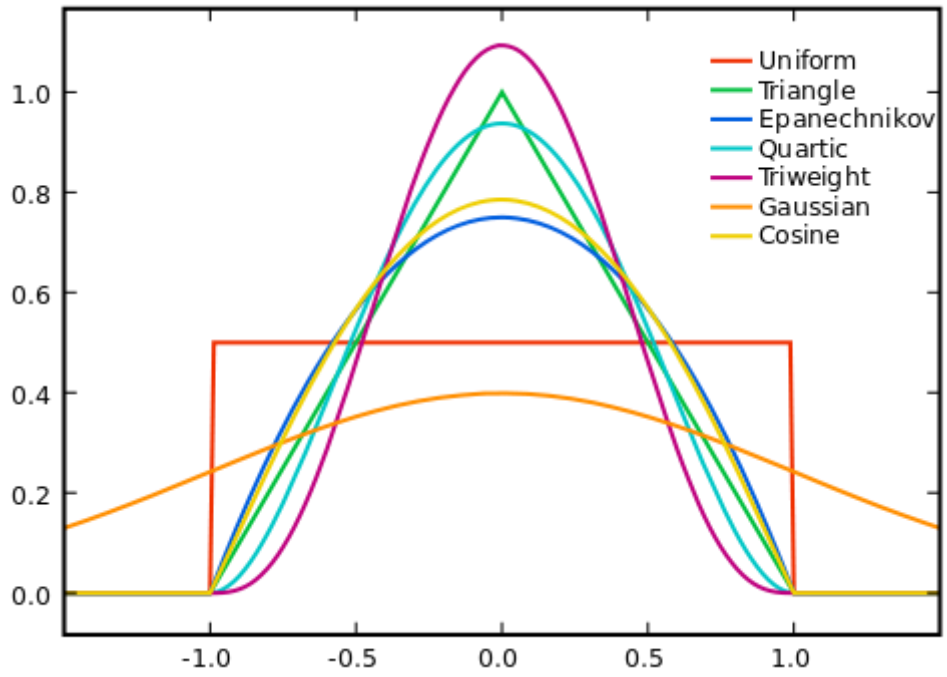
2.4 Interpolering med Kernel Density Estimation

Kernel Density Estimation (KDE) er en ikke-parametrisk statistisk metode for interpolering. 'Ikke-parameterisk' betyr at vi ikke forutsetter at dataene følger en bestemt statistisk fordeling. KDE beregner tettheten av en variabel i et datasett, vektet på en annen variabel (Silverman, 1998).

En KDE tilpasser en kurve til en tetthetsfordeling av alle datapunktene. For å bestemme en KDE må vi definere den såkalte båndbredden (eng: bandwidth), fordi dette bestemmer hvor mange nærliggende punkt som skal tas hensyn til i estimeringen og vil påvirke resultatene. Med en høy båndbredde vil flere punkt brukes i estimeringen, og resultatet er en glattere kurve, mens en lavere båndbredde vil gi en mer ujevn kurv (figur 3) (Conlen, 2019). Ved å endre båndbredden kan også formen på kurven (eng: kernel shape) endres: en lavere båndbredde kan føre til en høyere, mer spissede kurve, og en høyere båndbredde kan gi en bred og jevn, dvs. uniform, fordeling (figur 4).



Figur 3) Ulik båndbredde gir ulik form på kurven. En høy båndbredde gir en jevnere kurve enn en lavere båndbredde. Fra L. Lacopini, 2015 (http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2437.3206).



Figur 4) Ulike former for kernel-form. Ulik type vil gi et litt ulikt utseende på kurven. Fra Wikipedia, 2019 (https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_(statistics).

Interpolering ved hjelp av Kernel Density Estimation kan brukes til å presentere resultatene visuelt, for eksempel som varmekart (eng: heatmap). Dette er en populær måte å representere og visualisere data – for eksempel hendelser eller forekomster – på et normalt rastergrid (MapService, 2014). Hvert piksel i griddet er da påvirket av avstanden til hvert observerte punkt.

3 ANALYSER I QGIS

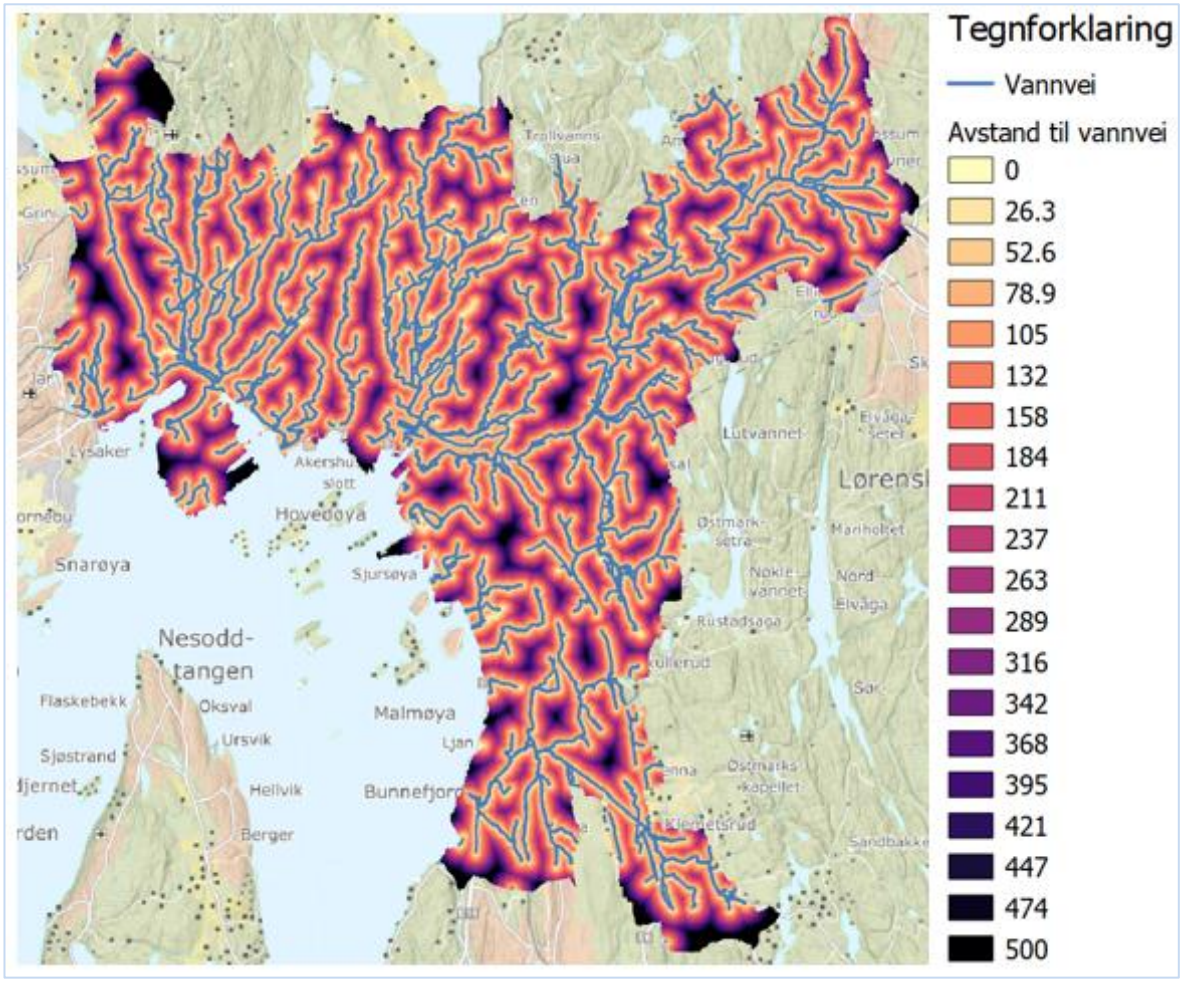
3.1 Avstand fra skade til bluespot og vannvei

V.distance er et verktøy tilgjengelig i QGIS som kan brukes for å finne avstand mellom to elementer i et vektorkart. I dette tilfellet er det brukt for å finne avstand fra hver rapporterte vannskade til nærmeste bluespot. *V.distance* beregner den korteste avstanden fra sentrum av skaden (punkt) til ytterkanten på nærmeste bluespot (polygon) (Soimasuo, 2019).

R.stream.distance er et verktøy for å finne avstand fra hver rapporterte vannskade til nærmeste vannvei. Her tas det hensyn til de urbane nedbørsfeltene (Jasiewicz, 2018), enten oppstrøms eller nedstrøms.

R.stream.distance sitt oppstrømsverktøy har to alternativer; nearest local maximum/divide og farthest maximum/divide. Førstnevnte gir den korteste veien, mens sistnevnte gir den lengste veien. I hydrologisk forstand betyr dette den korteste eller lengste veien en vannpartikkel kan ta for å nå en bestemt celle. Avstandene er basert på terreng og vannskiller og avviker derfor fra euklidske avstander som er den korteste vei uavhengig av terreng og vannskiller (Soimasuo, 2019).

I denne rapporten ønsker vi å finne korteste mulig avstand fra en skade til nærmeste vannvei, og derfor er første alternativ brukt. Figur 5 viser et varmekart over Oslo, hvor vannveiene er tegnet inn med blå. Fargene representerer avstand til nærmeste vannvei. Gul representerer kort avstand til vannvei, mens jo mørkere fargen er, dess større avstand er det nærmeste vannvei (se kart og tegnforklaring i figur 5).



Figur 5) Kart over Oslo som viser de beregnede vannveiene og avstand (meter) fra disse. Lysere farge indikerer kortere avstand, mens mørkere farge indikerer lengre avstand.

3.2 Avstandsanalyse (histogram)

Videre har vi analysert avstanden mellom skade og nærmeste bluespot og skade og nærmeste vannvei med bruk av histogrammer. Histogrammene viser hvordan skadene er fordelt i forhold til avstand til bluespot og vannveier. Den lengste avstanden fra skade til vannvei vist i figur 5 er 720 meter, og 0-meters intervaller er valgt for å illustrere skade- og avstandsfordelingen i histogrammet. Den lengste avstanden fra skade til nærmeste bluespot er 213 meter. For å få sammenlignbare resultater som med avstandsanalysen for skade til vannvei, brukes 20 meters-intervaller i dette tilfellet også.

3.3 Buffersoner rundt bluespots

Bluespots beregnet i denne rapporten er basert på vannansamling ved en nedbørshendelse på 44.5 mm på én time. Siden bluespots er temporære og avhenger av og varierer med ulik nedbørsmengde, vil størrelse og utstrekning til en bluespot variere. For å forsøke å ta hensyn til dette, har vi laget buffersoner rundt hver bluespot. På denne måten kan vi se om flere registrerte skader faller innenfor bluespots (med buffersonen). Vi har laget flere buffersoner med ulik radius, med utgangspunkt i sentrum (bluespot centroid). Alle er laget ved hjelp av verktøyet «v.buffer» i QGIS. Verktøyet «Point count inside buffer zone» kan da brukes for å telle antall skader (punkt) som faller innenfor hver bluespot (buffersone).

3.4 Kernel Density Estimation (KDE)

KDE-interpolering kan gjøre i GIS. Da må det defineres et datasett, hvilken informasjon skal brukes som vekt, en radius (båndbredde), type kernel-form, utstrekning på output kart og romlig oppsløsning (cellstørrelse). Følgende parametere må derfor bestemmes:

- «Points» angir hvilket datasett som skal brukes.
- «Weights» angir vekt, altså hvilken variabel datasettet skal bli vektet på.
- «Radius» er båndbredde (se fig. 3) og bestemmer området rundt hvert punkt som skal tas hensyn til når tetthetsanalysen gjøres.
- «Kernel» er formen på kurven (se fig. 4). I QGIS kan man velge mellom Quartic-kernel eller Gaussisk kernel.
- «Output extent» bestemmer utstrekningsområdet/kartutsnittet som skal brukes.
- «Cellsize» er størrelsen på cellene/ hvor fin oppløsning som brukes.
- «Fit» bestemmer om vi skal bruke celler eller noder.

For denne rapporten er det gjort to forskjellige KDE-analyser: KDE på skader og KDE på bluespots. Tabell 1 viser hvilke verdier som er valgt for de ulike parameterne.

Tabell 1) Tabellen viser hvilke verdier som er valgt for de ulike parameterne for KDE skade og KDE bluespot.

KDE Skade:	KDE bluespot:
Points: vannskader	Points: filtrerte bluespots
Weight: avstand til vannvei. Liten avstand vektlegges mer enn stor avstand.	Weight: størrelsen på bluespot (areal). En stor bluespot vektlegges mer enn en mindre bluespot.
Radius: 500 meter	Radius: 500 meter
Kernel: quartic	Kernel: quartic
Output extent: hele Oslo byggesone	Output extent: hele Oslo byggesone
Cellsize: 5 meter	Cellsize: 5 meter
Fit: celler	Fit: celler

I KDE på skader er det avstanden fra skade til vannvei som er vektet. En skade som ligger nærme en vannvei vil bli vektlagt mer enn en skade som ligger langt unna en vannvei. I KDE på bluespot er vekten arealet til bluespots. På denne måten blir bluespots med større areal vektlagt mer enn bluespots med mindre areal. Dette er basert på antakelsen om at større bluespots gjør mer skade enn små. Derfor velger vi å vektlegge de store mer i en slik KDE-analyse.

En radius på 500 meter er valgt av to hovedgrunner. For det første på grunn av prosesseringskapasiteten i GIS. Med en mindre radius (finere oppløsning) vil prosesseringen ta mye lengre tid. Den andre årsaken er å unngå underestimering. Di Salvo m.fl., (2017) gjorde en studie om flomfare i urbane områder i Roma. Her brukes blant annet informasjon om nedsenkninger i byen og data over områder i byen hvor har forekommet oversvømmelse i forbindelse med ekstreme nedbørshendelser. For å unngå underestimeringen av flomutsatte områder, ble det laget en buffersone rundt flom-/punktdataen (Di Salvo m.fl., 2017). Denne studien fikk gode og pålitelige resultater. I tillegg har den en metodikk som kan overføres til andre steder, deriblant Oslo. Studien fra Roma bruker data som er tilgjengelige også i Norge. Forskjellige terrengforhold er ikke avgjørende for denne metoden. Av disse grunner er samme tankegang og metodikk fra studien i Roma overført til bruk i denne rapporten.

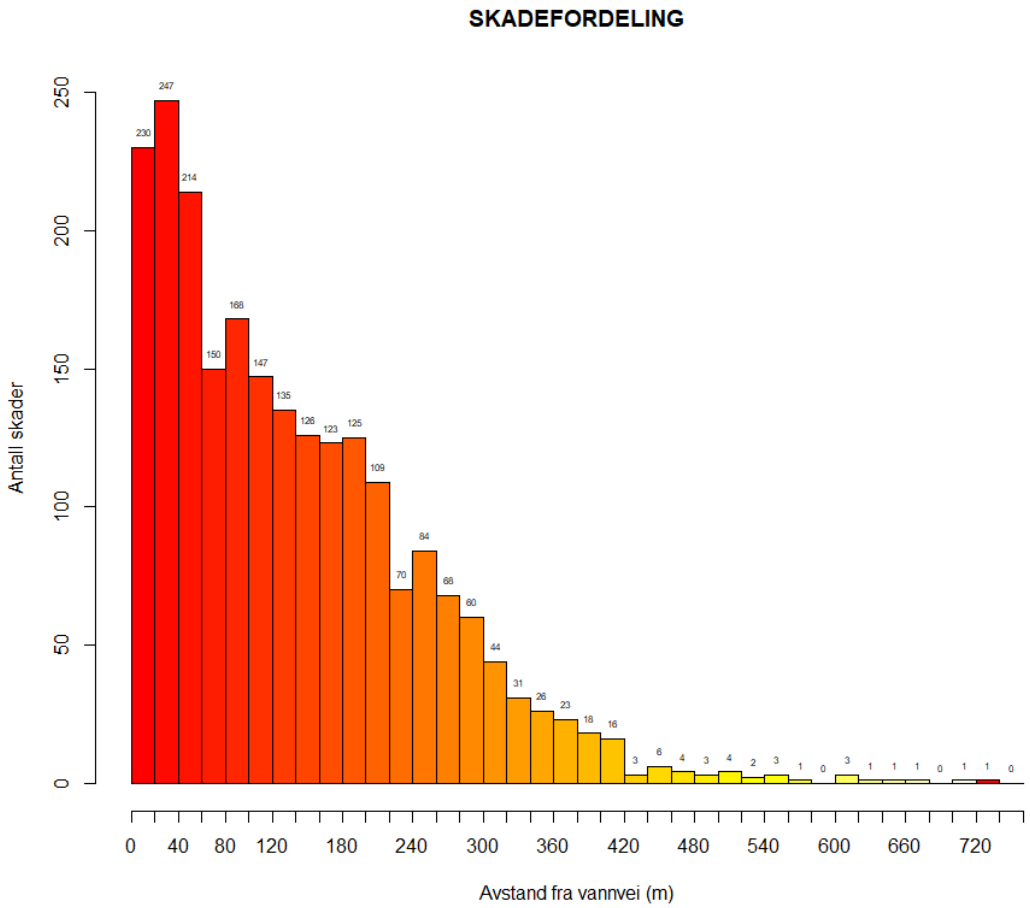
4 RESULTATER

4.1 Fordeling av skader med avstand til vannvei

Statistikk over avstand fra skade til nærmeste vannvei viser at den største avstanden er på 720 meter (tabell 2). Figur 6 viser fordelingen av skader med avstand til vannvei. X-aksen viser avstand (m) mellom skade og vannvei, mens y-aksen viser antall skader som tilhører hvert intervall. Fra figur 6 ser vi et tydelig mønster: det er mange skader i kort avstand til en vannvei og det blir færre skader jo større avstanden blir. Enkelt oppsummert kan vi si at jo lengre unna vannveien vi kommer, jo færre skader er det. Men det finnes noen unntak: for eksempel: Andre intervall (20 – 40 meter) inneholder flest skader (247, mot første intervall med 230 skader). Det er det likevel 11 meter som er den enkeltavstanden som finnes flest ganger. Hele 27 skader har 11 meters avstand til nærmeste vannvei (tabell 2).

Tabell 2) Statistikk over skadefordeling: skade med avstand til vannvei.

Statistikk:	Verdi:
Middelverdi:	139
Median:	115
Minimum:	0
Maksimum:	720
Modus:	11



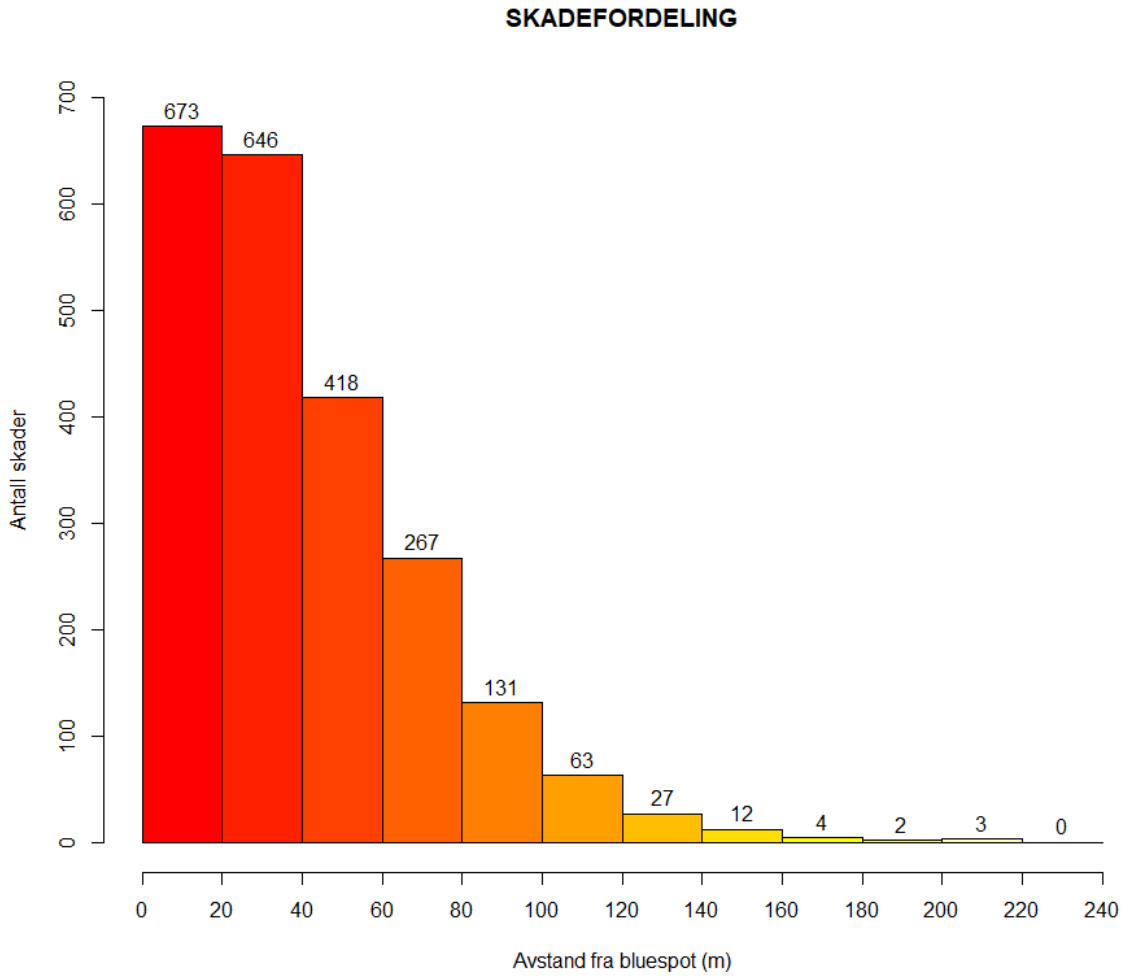
Figur 6) Fordeling av skader med avstand til nærmeste vannvei. 20-metersintervaller.

4.2 Fordeling av skader med avstand til bluespot

Statistikk over avstand fra skade til nærmeste vannvei viser at den største avstanden er på 113 meter (tabell 3). Figur 7 viser fordelingen av skader med avstand til bluespot. X-aksen viser avstand (m) mellom skade og bluespot, mens y-aksen viser antall skader som tilhører hvert intervall. Figur 7 viser det samme tydelige mønsteret som i figur 6: det er mange skader i kort avstand til en bluespot, mens det blir færre skader jo større avstanden blir. Det første intervallet, fra 0 – 20 meter, inneholder flest skader (673) mot andre intervall, fra 20 – 40 meter, som inneholder nest flest skader (612). Enkeltavstanden som opptrer flest ganger er 15 meter (hele 59 ganger) (tabell 3).

Tabell 3) Statistikk over skadefordeling: skader med avstand til bluespots

Statistikk:	Verdi:
Middelverdi:	41
Median:	34
Minimum:	1
Maksimum:	213
Modus:	15



Figur 7) Fordeling av skader med avstand til nærmeste bluespots. 20-metersintervaller.

4.3 Bluespots og buffersoner

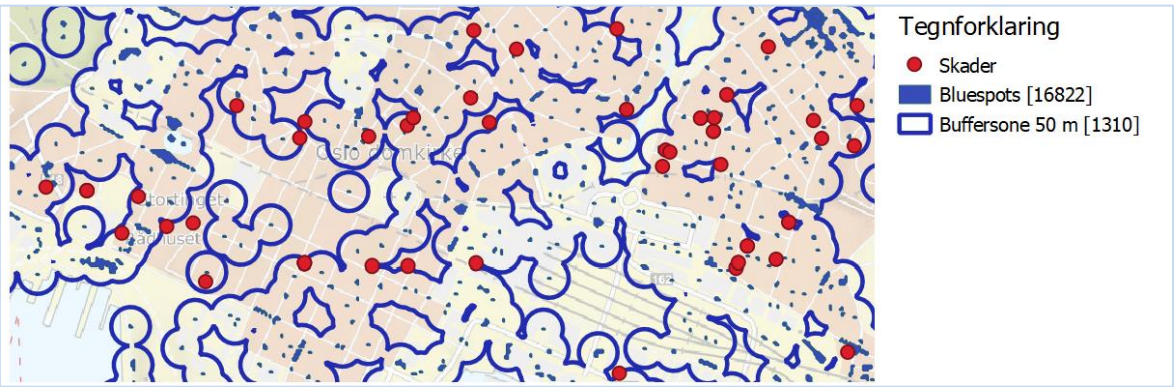
I utgangspunktet er det kun to av 2248 skader som faller innenfor en bluespot. Større nedbørshendelser vil gi større bluespots og da vil sannsynligvis flere skader falle innenfor en bluespot. For å ta hensyn til dette er det laget buffersoner rundt hver bluespot. Med økende radius på buffersone, vil to eller flere nærliggende bluespots «vokse» sammen og potensielt vil flere skader falle innenfor de nye, større bluespots.

Tabell 4 viser antall bluespots som en funksjon av bluespot-radius økte med 10, 25, 50 og 100 meter. I tillegg vise tabellen hvor mange skader som ville ha falt innenfor en bluespot i disse tilfellene. I utgangspunktet har vi beregnet 16 822 bluespots i Oslo. Kun to av 2248 skader sammenfaller med en av disse. Dersom alle bluespots ble større, med en radius på 10 meter, ville antall bluespots bli redusert fra 16 822 til 15 549. En radius på henholdsvis 25, 50 og 100 meter ville redusert antallet bluespots til 7943, 1310 og 32. Jo større radius på buffersone, jo færre bufferområder og dess flere skader innenfor hver.

Tabell 4) Tabellen viser hvor mange bluespots det vil være dersom radiusen til hver bluespot øker med henholdsvis 10, 25, 50 og 100 meter, og hvor mange skader som ville ha falt innenfor bluespots i hvert av disse tilfellene.

Radius (m):	Antall bluespots:	Antall skader i en bluespot:
0	16 822	2
10	15 549	58
25	7943	614
50	1310	1389
100	32	2089

Figur 8 viser størrelsen på bluespots når en radius på 50 meter er brukt. I tillegg ser vi at langt flere av skadene da ville vært dekket av en bluespot. Med en radius på 100 meter ville nesten alle skadene vært dekket av en bluespot. Det er likevel viktig å nevne at for å få så store bluespots må det enorme nedbørsmengder til, så dette er en ren hypotetisk analyse.

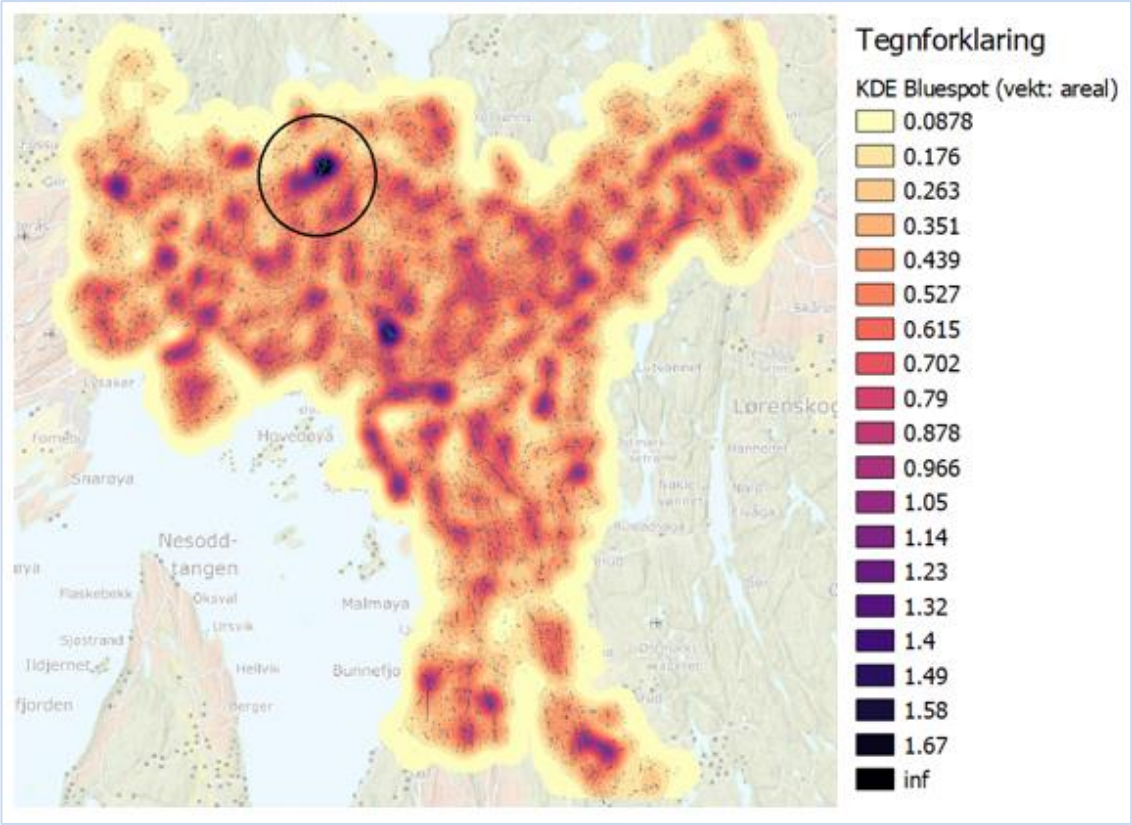


Figur 8) Buffersone rundt bluespot-sentrum med radius på 50 meter. 1389 skader vil i dette tilfellet være dekket av en bluespot/buffersone.

4.4 Kernel Density Estimation

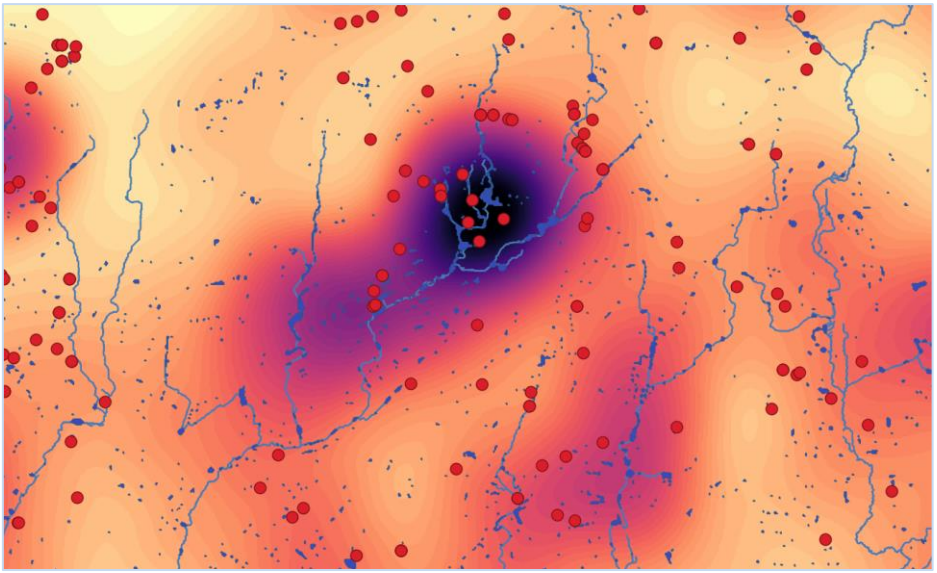
4.4.1 KDE bluespot

Figur 9 og 10 viser resultater for KDE-analyser med bluespot vektet på arealet til bluespots. Større tetthet er vist med mørkere farge. Noen områder skiller seg ut med en større tetthet på bluespot, f.eks. området rundt Sogn, Berg og Tåsen (ringet rundt i figur 9).



Figur 9) Oslo. KDE bluespot, vektet på areal av bluespots. Mørkere farge indikerer større tetthet. Ringen viser det mørkeste, og altså tetteste området.

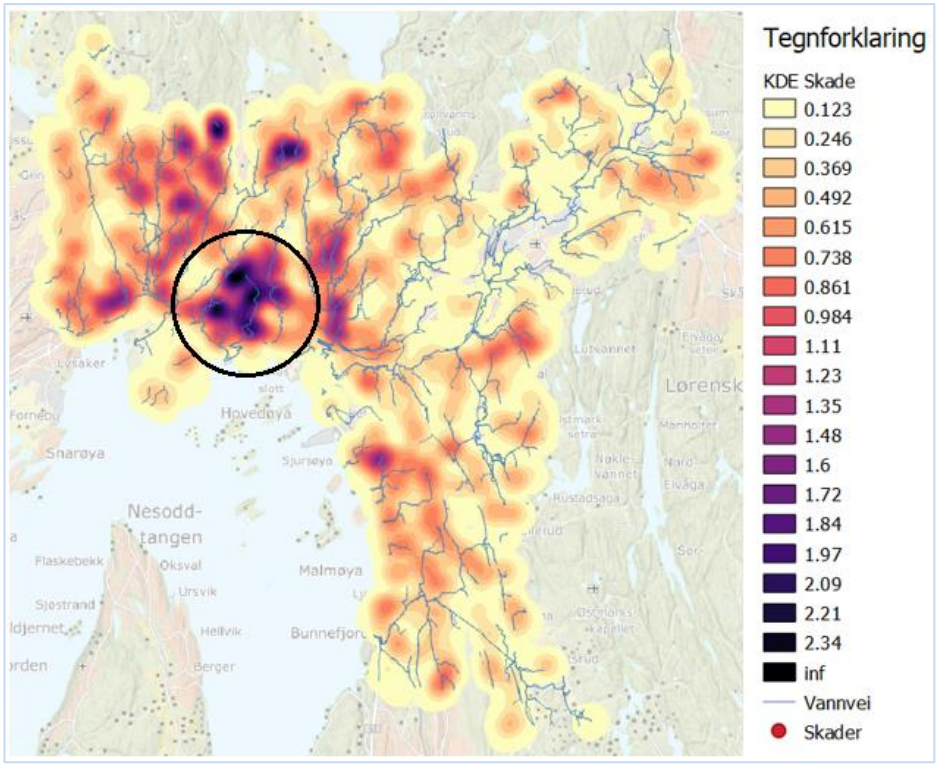
Figur 10 viser det mørkeste området – området som er inni sirkelen på figur 9. Vi ser tydelig at mange bluespots ligger i de røde områdene. Utenfor disse områdene er det likevel også mange bluespots, til tross for den gule bakgrunnsfargen (som betyr en lav KDE-verdi). Grunnen til at dette området har fått en relativt liten KDE-verdi tross antall bluespots, er at bluespots som ligger her er relativt små i areal og dermed vektlegges mindre. Størst vekt av bluespots ser ut til å være i nærheten av vannveiene. Likevel ser vi at det er en del skaderegistreringer utenfor det aller rødeste området. Her finnes det en del bluespot, men disse er små. Dette tyder på at også små bluespots kan i noen tilfeller gi vannskader.



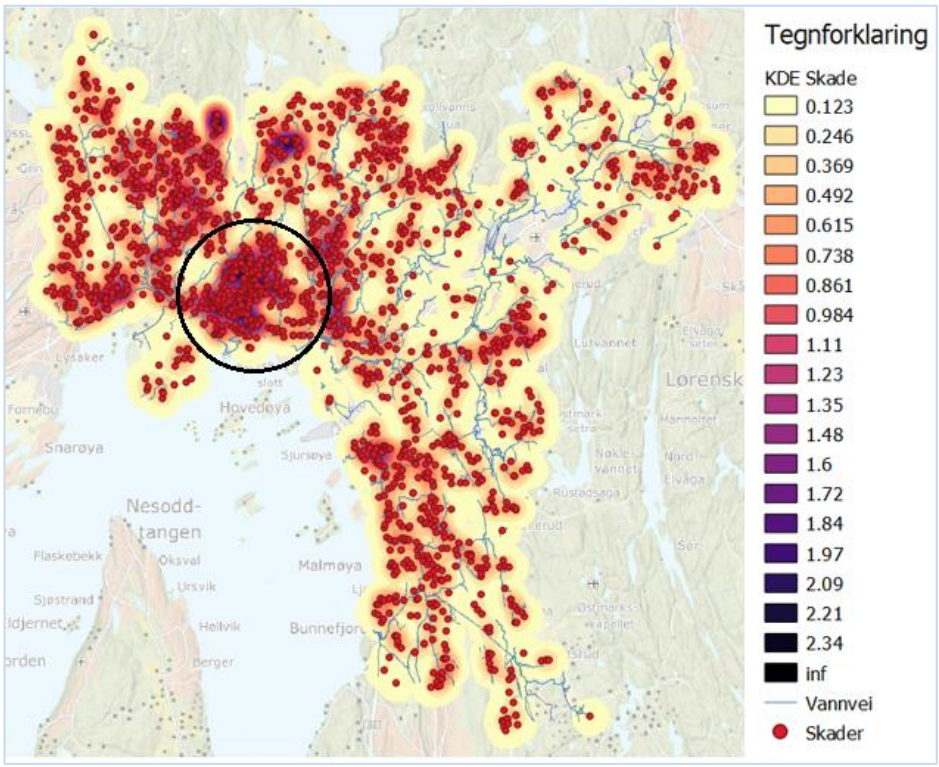
Figur 10) Kartutsnitt fra det mørkeste området – altså området med størst tetthet. Skader er vist med røde prikker, bluespot med blå områder og vannveier med blå linjer.

4.4.2 KDE skade

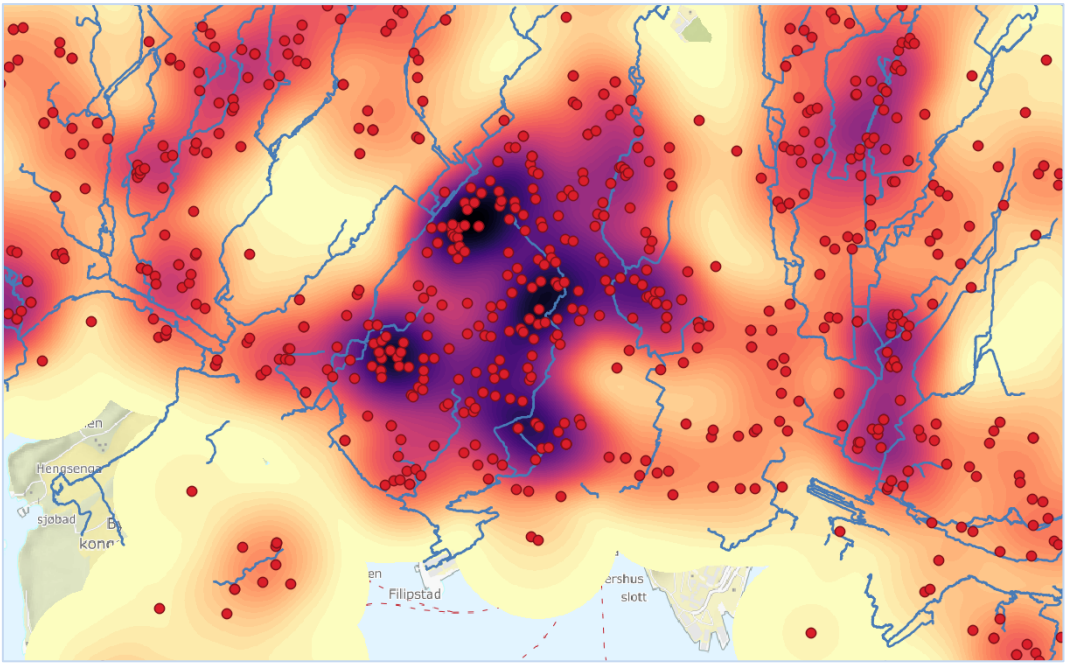
Figur 11 og 12 viser resultater for KDE-analyser med skader vektet på nærhet til vannvei. Liten avstand mellom rapporterte skader og vannveier får stor vekt, mens større avstand får mindre vekt, og mørkere områdene på kartet viser større tetthet. Vi ser igjen at noen områder skiller seg ut, f.eks. området bak Slottet (Uranienborg, Frogner, Homansbyen) (ringet rundt i figur 11 og 12). Figur 12 viser også KDE for skade og her er i tillegg skadedataen plottet. Figur 13 viser området med høyest KDE-skade-verdi og er det området som er ringet inn i figur 11 og 12. Skader og vannveier vises også på figuren.



Figur 11) Oslo. KDE skade, vektet på avstand til vannvei. Mørkere farge indikerer større tetthet. Ringen viser det området med den høyeste tettheten.



Figur 12) Oslo. KDE skade, vektet på avstand til vannvei. Her er skadene vist på kartet over KDE-en.

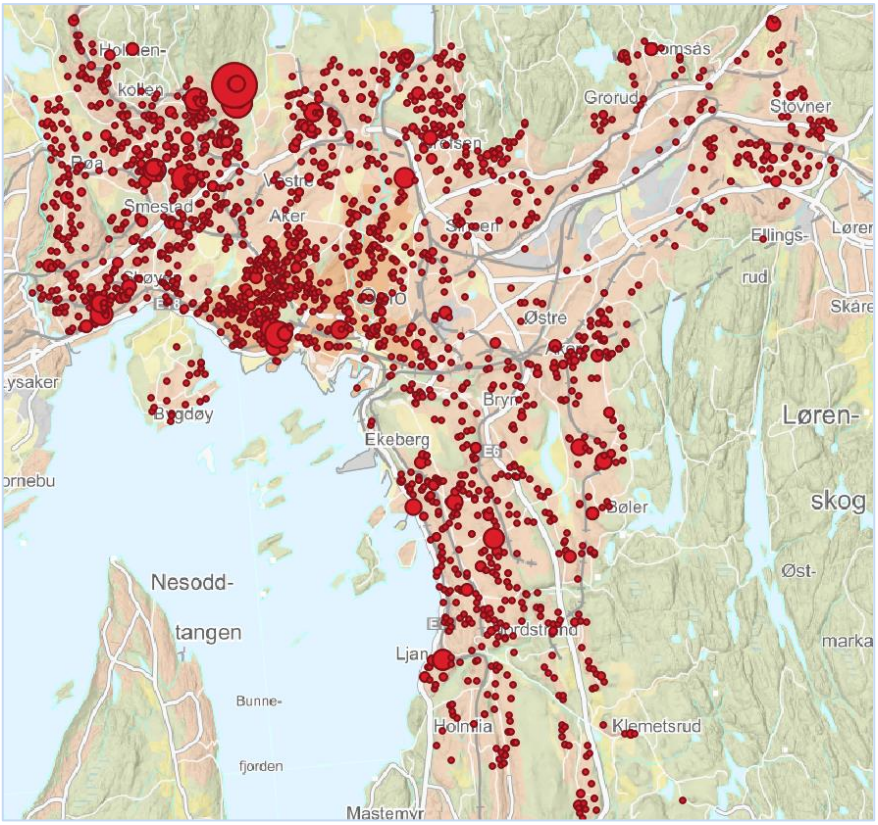


Figur 13) Nærbilde av området ringet inn i figur 11 og 12 (området med høyest KDE-skade-verdi). Skadene er vist som røde rundinger og vannveier i blått er også med.

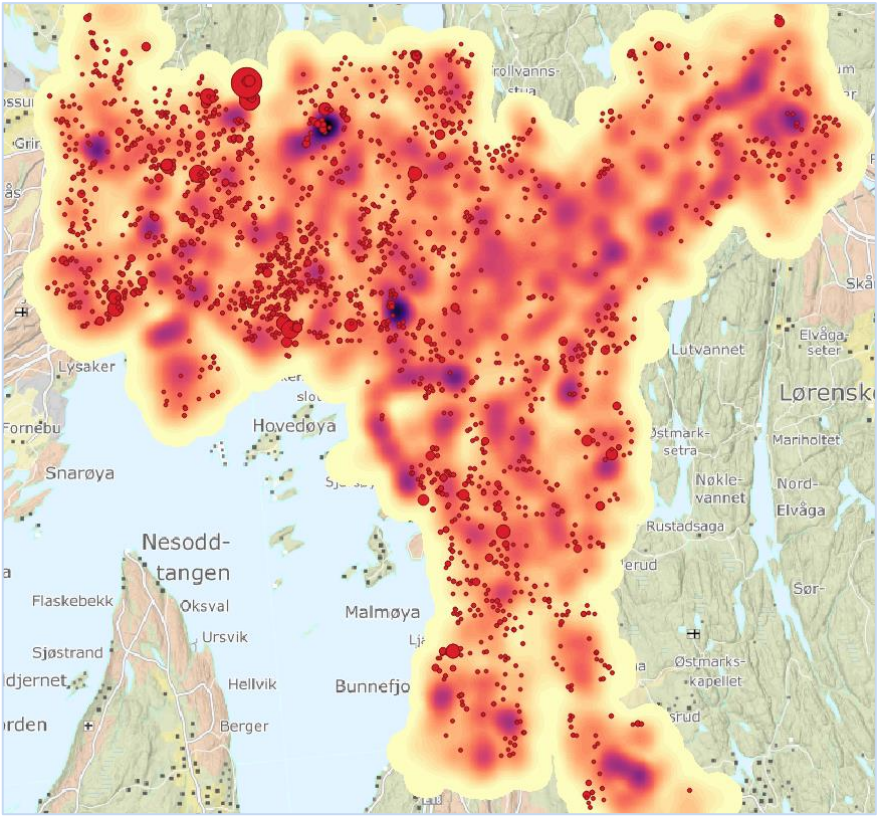
4.5 Erstatnings- og skadefordeling i Oslo

For å framstille skadene på en annen måte, har vi laget et kart som tar hensyn til erstatningssummen til hver enkelt overvannsskade. Figur 14 viser skadefordelingen i Oslo. Hver skade er representert av en rød prikk, og større prikk viserhøyere erstatningssum. Hvis vi ser dette kartet i sammenheng med kartet for KDE skade (figur 11 og 12), ser vi noen likheter. Dette er naturlig da begge kartene er laget på bakgrunn av de samme skadedataene. Ser vi derimot kartet opp mot kartet for KDE bluespot (figur 9), ser vi ikke samme tydelige sammenheng.

Figur 9 (KDE bluespot) og 11 og 12 (KDE skade) viser at området med høyest tetthet av bluespots ikke er det samme som området med høyest tetthet av skade. Men tetthet av antall skader kan være annerledes enn tetthet av skadeomfang (erstatningssum for skaden). Bakgrunnen for kartet i figur 13 var å sammenligne områdene med høyest tetthet av bluespots med områdene med høyest tetthet av skader i erstatningssum for å se om det er et samsvar mellom dem. Figur 15 viser overvannskadene i forhold til erstatningssum sammen med KDE for bluespots. Her ser vi tydelig at de tetteste områdene med bluespots ikke er direkte knyttet til høye erstatningssummer.



Figur 14) kartet viser skadefordelingen i Oslo. Jo større prikk, jo høyere erstatningssum på skaden.



Figur 15) Skader i Oslo der større prikk betyr høyere erstatningssum. I tillegg er KDE på bluespot vist, hvor mørke området indikerer høy tetthet av bluespots, mens lysere områder indikerer mindre tette områder.

5 DISKUSJON

Forskjellen mellom kart for skadedata og beregnede vannveier og bluespots viser at det ikke er et veldig klart og entydig forhold mellom a) skade og vannvei og b) skade og bluespots. Overvannsskadene er registrerte skader fra et lengre tidsrom (2008 – 2014), mens vannveier og bluespots er beregnet ut i fra én spesifikk nedbørshendelse. Imidlertid viser histogrammene at det er en sammenheng mellom skader og bluespots/vannveier slik at det kan være nyttig å diskutere usikkerhetskilder rundt både skadedata og estimeringsmetoder for bluespots og vannveier.

5.1 Utfordringer og usikkerhet ved bruken av skadedata

Skadedataen kommer fra seks forskjellige forsikringsselskaper i Oslo og dekker sannsynligvis 90 % av alle registrerte skader (Brevik m.fl., 2014). Det betyr at det fortsatt er 10 % registrerte skader som ikke er tilgjengelige. Vi har heller ingen kontroll på vannskader som ikke er registrert.

Et annet usikkerhetsmoment er registrering av skadedato. Noen ganger skrives i stedet dato for når skade registreres, mens andre ganger kan det være usikkert når skaden faktisk skjedde (for eksempel hvis skaden skjedde mens huseier var bortreist).

Vannskader registreres på adresse. Utfordringen med dette er at én og samme adresse kan dekke et stort område. I GIS-systemene er en vanlig adresse vanligvis registrert på inngangsdøren og når dette sees ovenfra (som i et GIS), vil det se ut som skaden er på taket. Dette er problematisk når vi prøver å sammenligne skader med bluespots, fordi tak ikke er en nedsenkning. For å få så detaljerte data som mulig, er det ønskelig med GPS-koordinater til skadestedet.

Menneskelige feil og variasjoner i registreringsvaner er også potensielle feilkilder. I tillegg har ulike forsikringsselskap ulike retningslinjer for hvordan takstmenn skal registrere skadene. Hvordan en skade blir registrert kan også avhenge av hvilke type forsikring boligen har (personlig kommentar, Mia Ebeltoft).

Kartene som viser skadefordelingen i Oslo (figur 11-15) viser en tydelig forskjell mellom Oslo øst og Oslo vest. Enten kan dette skyldes at det faktisk skjer flere vannskader på vestkanten enn østkanten, eller – kanskje mer sannsynlig – så finnes en annen forklaring. Det finnes mulige sosioøkonomiske grunner (Altshuler, 2019): (i) Beboerne på vestkanten registrerer flere skader (dvs. også skade med mindre omfang), (ii) større verdi i eiendommene finnes i dette område og derfor større motivasjon for å kjøpe og bruke forsikringen og (iii) det er ulik type bebyggelse på østkanten og vestkanten i Oslo. Borettslag og blokker dominerer bosetninger på østkanten mer enn på vestkanten og en mulig grunn kan derfor være at registreringene går via borettslagforvaltere. Da kan skadene blir registrert på andre adresser.

5.2 Bluespots og vannveier

Figur 6 og 7 viser skadefordelingen med avstand fra henholdsvis vannveier og bluespots. Vi ser tydelig at det er betraktelig flere skader i nærheten av vannveier og bluespots og at andelen skader minker med økende avstand til disse. Ut i fra disse to grafene kan vi derfor konstatere at det er en sammenheng mellom overvannsskader og beregnede vannansamlinger (bluespots) og hvor vannet vil renne på overflaten (vannveier).

Både vannveier og bluespots er modellert. Bluespots er temporære vannansamlinger og de som er brukt i rapporten er beregnet ut i fra én nedbørshendelse og ett bilde av en bil som kjører på en vei dekket av vann. De viser et øyeblikksbilde av hvordan vannet vil fordele seg på overflaten. Ved et annet tidspunkt vil det derfor være et annet bilde. I tillegg varierer nedbørsfordelingen innad i Oslo. Den samme nedbørshendelse er brukt for hele byen og dette introduserer mulige usikkerhetsmomenter. Dette kan være med å forklare hvorfor noen skader ikke ser ut til å kunne forklares direkte med hverken bluespots eller vannveier.

Figur 6 viser skadefordelingen med avstand til nærmeste vannvei, med 20 meters-intervallene. Det store bildet viser at antall skader minker med økende avstand til vannveien. Likevel er det noen unntak. For det første er det flere skader i intervallet 20-40 meter enn i intervallet 0-20 meter (247 vs. 230). Dette har sannsynligvis en logisk forklaring: de fleste vannveiene renner på faktiske veier (bilveier og lignende), mens skadene – som er registrert på hus – ligger et lite stykke unna disse (vann)veiene. I følge lov om vegar (veglova, 1963, § 29) er det regler på byggegrenser og avstand mellom hus og veg («Byggegrensene skal gå i ein avstand på 50 meter frå riksveg og fylkesveg og 15 meter frå kommunal veg. For gang- og sykkelveg er avstanden 15 meter»). Dette er med på å forklare hvorfor det er flere skader i det andre intervallet enn det første. Det samme mønsteret gjentar seg noen flere ganger: for eksempel intervallet 80-100 meter har flere skader enn intervallet 60-80 meter (168 vs. 150), intervallet 240-260 meter har flere skader enn intervallet 220-240 meter (84 vs. 70). Slike variasjoner regner vi med er naturlige, men det store bildet er likevel helt tydelig: antall skader minker med økende avstand til vannvei.

Sannsynligvis er både vannveier og bluespots årsaker til vannskadene. Skadene med stor avstand til nærmeste vannvei kan muligens forklares av en nærmereliggende bluespot og vis versa. Skadene med størst avstand til vannvei (avstand: 720 m, 713 m, 660 m, 643 m, 632 m, 612 m, 603 m) ble sjekket opp mot avstand til bluespots i stedet. Det viste seg at for disse skadene (foruten den aller første) var avstanden til nærmeste bluespot betydelig kortere (henholdsvis 100 m, 7 m, 5 m, 18 m, 28 m, 43 m, 20 m). Dette kan være med å underbygge påstanden om at skadeårsaken er kompleks: noen vannskader kan skyldes vannveier, mens andre vannskader kan skyldes bluespots.

Både bluespots og vannveiene er beregnet på bakgrunn av ulike modeller (se kapittel 2), men ut fra histogrammene (fig. 6 og 7) er det grunn til å anta at både estimert vannvei og estimerte bluespot er sannsynlige estimater av steder hvor vann vil renne og vannansamlinger. Skadedataen – med sine mangler – kan på denne måten brukes til å validere modellberegningene for vannveier og bluespots.

5.3 KDE interpolering

KDE på bluespots (figur 9) og KDE på skader (figur 11) viser litt ulike bilder. Det betyr at tettheten av skader ikke sammenfaller helt med tettheten på bluespots. Enkelt sagt betyr det at der vi har tettest med skader ikke direkte henger sammen med områdene vi har tettest med bluespots. Figur 15 viser at det heller ikke er direkte sammenheng mellom tetthet av bluespots om områder med høyest erstatningssum til overvannsskadene.

På bakgrunn av bare kartene, er det vanskelig å etablere en direkte sammenheng mellom skader og bluespot og/eller vannveier. Grunnen er delt: for det første er det for dårlige skaderegistreringer (skadene er registrert på adressenivå) og for det andre: bluespots havner ofte i hager og på veier, mens vannveiene ofte følger de faktiske veiene som allerede finnes. I tillegg er det (i) en tidsforskyvning i modellberegningene på skadedato og bluespots. Bluespots er beregnet fra én spesifikk nedbørshendelse, mens skadedataene er fra et mye lengre tidsrom (2008 – 2014) og (ii) bluespots for hele Oslo er basert på vannstand ett sted (bilde av bilen i Griffenfeldts gate). Nedbørshendelser kan være svært lokale og det kan være stor variasjon fra ett sted i Oslo til et annet.

6 KONKLUSJON

1) Skadedata gir et unikt bilde av utsatte områder.
   Bruken av skadedata sammen med estimerte bluespots er nyttig for å se hvor vann vil samle seg og hvordan vannskader fordeler seg i byen. Dette kan blant annet brukes til å lage prioriteringslister over områder som er mer utsatt for vannskader enn andre.

2) Det er vanskelig å etablere en direkte sammenheng mellom skade og bluespot og/eller vannveier basert på Kernel Density Estimation (KDE) interpolering. Bluespots og vannveier følger terrenget og dermed havner de ofte i hager eller på veier. Skader derimot er registrert på hus (adresse). I de fleste tilfeller er det en viss avstand mellom skaden og nærmeste bluespot og/eller vannvei.

3) Det er flere skader nærme bluespots og vannveier enn lengre unna.
   Ved å se på histogrammene over avstandsfordeling mellom skader og bluespot og mellom skader og vannveier, ser vi tydelig at der er en større andel skader i nærheten til bluespots og vannveier, enn når avstanden øker. Vi kan likevel ikke med sikkerhet si akkurat hvilken bluespot/vannvei som forårsaket hvilken skade.

4) Årsaken til overvannsskade er kompleks. Noen skader kan skyldes nærhet til vannveier, mens andre skader kan skyldes nærhet til bluespots.

5) Beregnede vannveier og estimerte bluespots gir sannsynlige steder for skader. Histogramanalysen viser at det er en sammenheng mellom registrerte skader og avstand til estimerte vannveier og bluespots.

6) Bedre utnyttelse av skadedata krever mer detaljert informasjon. Skadedata kan gi en oversikt over problemområder i Oslo og de sannsynliggjør estimeringen av bluespots og vannveier. Men dersom skadedataen skal kunne nyttiggjøres utover dette, trenger man enda bedre og mer detaljert informasjon om skadene. GPS-koordinater, bilder, vannstandsmålinger og lignende er ønskelig.

7) En ny runde med skadedata er på vei. Finans Norge har nå gitt Oslo kommune tilgang til en ny runde med skadedata (fra 2014-2018). Forhåpentligvis kan også vi i NVE etter hvert få tilgang til disse data.

8) Forslag til framtidig arbeid.
   Disse nye skadedataene fra Finans Norge er forhåpentligvis mer detaljert enn skadedataene brukt i denne rapporten. Dette åpner i så fall for nye muligheter. En del forsikringsselskap har allerede begynt å notere GPS-koordinater for vannskadene. Dersom dette er tilfellet, vil skadedataen bli enda mer detaljert og det vil gi et bedre grunnlag for å sammenligne skader med vannveier og bluespots.

7 Takk

Takk til Mia Ebeltoft, fagsjef i Finans Norge, for hjelp tilknyttet overvannskadedata.

Takk til Webjørn Finsland, i Vann- og Avløpsetaten i Oslo kommune, for tilgangen til skadedata og arbeidet dere gjorde med å geokode og vaske dataen som vi har brukt i denne rapporten.

8 REFERANSER

Altshuler, A., Amaratunga, D., Arefyeva, E., Dolce, M., Hagen, J. S., Komac, B., Migliorini, M., Mihaljević, J., Mysiak, J., Paleo, U. F., Pelling, M., Rossi, J. L., Siegmund, A., Sigmund, Z., Sparf, J., Vicario, S. A. (2019). **Socioeconomic and Data challenges. Disaster Risk Reduction in Europe.** European Science & Technology Advisory Group. UNDRR: UN Office for Disaster Risk Reduction. Sendai Framework for disaster risk reduction 2015-2030.

Bonfort, T., Coudert. M. (2014). **Kernel Density Estimation (Dynamic Heatmap).** [Internett]. Tilgjengelig fra https://www.mapserver.org/output/kerneldensity.html.

Brevik, R., Aall, C., Rød, J. K. (2014). **Pilotprosjekt om testing av skadedata fra forsikringsbransjen for vurdering av klimasårbarhet og forebygging av klimarelatert naturskade i utvalgte kommuner**. Vestlandsforskningsrapport nr. 7/2014. Western Norway Research Institute. Vestlandsforskning, Sogndal.

Conlen, M. (2019). **Kernel Density Estimation.** Hentet fra https://mathisonian.github.io/kde/.

Di Salvo, C., Ciotoli, G. C., Pennica, F., Cavinato, G., P. (2017). **Pluvial flood hazards in the city of Rome (Italy).** Journal of Maps, 13:2, 545-553, DOI: 10.1080/17445647.2017.1333968.

Ehlschlaeger, C. R. (1989). **Using the AT Search Algorithm to Develop Hydrologic Models from Digital Elevation Data.** Proceedings of International Geographic Information Systems (IGIS) Symposium ’89. pp 275-281 (Baltimore, MD, 18-19 March 1989).

ESRI. (2019). **Arc Map** [Internett]. Tilgjengelig fra http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2014). **Guidance for flood hazard analysis and mapping**. Washington, DC: U.S. Department of Homeland Security.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2016). **Guidance for Flood Risk Analysis and Mapping. Shallow Flooding Analyses and Mapping**. Washington, DC: U.S. Department of Homeland Security.

Frydenlund, J. (2019). **AR5**. NIBIO. Hentet fra: https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/arealressurskart-ar5/.

Geocoding with ArcGIS. (2018). **ArcGIS for Developers.** [Illustrasjon]. Hentet fra https://developers.arcgis.com/features/geocoding/.

Geodata AS. (2019). **Hvordan geokode et enkelt søk.** [Internett]. Tilgjengelig fra https://www.geodata.no/guider/hvordan-geokode-med-lokatortjenesten-fra-geodata-online

Geodose, Your daily geospatial dose. (2017). **QGIS Heatmap Using Kernel Density Estimation Explained** [Internett]. Tilgjengelig fra https://www.geodose.com/2017/11/qgis-heatmap-using-kernel-density.html.

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., Ådlandsvik, B. (2015). **Klima i Norge 2100. Klimakunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015.** NCCS report.no. 2/2015 2.opplag. Norsk klimaservicesenter.

Hofierka, J., Knutová, M. (2015). **Simulating spatial aspects of a flash flood using the Monte Carlo method and GRASS GIS: a case study of the Malá Svinka Basin (Slovakia).** Open Geosciences, 7:118-125.

Jarosław, J., Metz, M. (2011). **A new GRASS GIS toolkit for Hortonian analysis of drainage networks.** Computers & Geosciences, Volume 37, Issue 8, 2011, Pages 1162-1173, ISSN.

Jasiewicz, J. (2018). **r.stream.distance** [Internett]. Tilgjengelig fra https://grass.osgeo.org/grass76/manuals/addons/r.stream.distance.html.

Karel, W., Pfeiffer, N., Briese, C. (2006). **DTM Quality Assessment**. ISPRS Technical Commission II Symposioum, Vienna.

Kraus, K. (1994). **Visualization of the Quality of Surfaces and their Derivatives.** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol. 60, 457-462.

Lacopini, L. (2015). **Bandwidth choice in Kernel Density Estimation**. [Illustrasjon]. Hentet fra http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2437.3206.

Mitas, L., Mitasova, H. (1998). **Distributed soil erosion simulation for effective erosion prevention**. Water Resources Research, 34(3), 505-516.

Mitasova, H., Mitas, L., Hofierka, J., Thaxton, C. (2014). **r.sim.water** [Internett]. Tilgjengelig fra https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.sim.water.html.

Norges offentlige utredninger. (2015). **Overvann i byer og tettsteder. Som problem og ressurs.** Departementets sikkerhets- og serviceorganisasjon. Informasjonsforvaltning. Oslo. NOU 2015:16.

Ortega, R., Z. (2018). NVE: internt notat. **Modellering av flomveier for bislettbekken ved bruk av Multiple Flow Direction Algoritme (MFDA) kombinert med AT- Search algoritme.**

Ortega, R., Z. (2019). NVE: internt notat. **Konseptutvikling for modellering av urbane nedbørfelter.** FoU «Vann i by og tettsteder», WP7. In print.

Oslo Kommune, Vann- og avløpsetaten. (2014). **Handlingsplan for overvann. Bruk av forsikringsbransjens skadedata i Oslo.** Utdrag fra kommende Delrapport 3 – Urban flom.

Oslo kommune. (2015). **Prinsipper for gjenåpning av elver og bekker i Oslo**. Styringsdokument. Versjon 1.0.

Pilesjö, P., Zhou, Q. (1996). **A multiple flow direction algorithm and its use for hydrological modelling.** In Proceedings of Geoinformatics '96 Conference. West Palm Beach, FL, pp 366-376.

Qin, C., Zhu, A. X., Pei, T., Li, B., Zhou, C., Yang, L. (2007). **An adaptive approach to selecting a flow partition exponent for a multiple flow direction algorithm**. International Journal of Geographical Information Science 21(4): 443-458.

Silverman, B. W. (1998). **Density Estimation for statistics and data analyses.** Monographs on Statistics and Applied Probability 26. School of Mathematics, University of Bath, UK. Chapman & Hall/CRC.

Soimasuo, J. (2019). **v.distance** [Internett]. Tilgjengelig fra https://grass.osgeo.org/grass77/manuals/v.distance.html.

SOSI Produktspesifikasjon. (2016). **Produktspesifikasjon. FKB-Vann 4.6.**

Sporsheim, K. (2013). **Oversvømmelse ved parkeringshuset ved Grønland Torg**. **Oversvømmelser i hele Oslo.** [Fotografi]. Hentet fra: https://www.tv2.no/a/4056558/

Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. (2019). **DHM/Bluespot Ekstremregn.** Hentet fra https://download.kortforsyningen.dk/content/dhmbluespot-ekstremregn.

Vegloven. (1963). Lov om vegar (LOV-1963-06-21-23). Hentet fra https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1963-06-21-23/KAPITTEL_7#%C2%A732.

Wikipedia (2019). **Kernel (statistics).** [Illustrasjon]. Hentet fra https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_(statistics).

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no