



VEJEN TIL FORBEDREDE OVERSVØMMELSES-KORTLÆGNINGER GÅR GENNEM DE HYDROLOGISKE TILPASNINGER



Signe Barnes
Scalgo
signe@scalgo.com



Morten Revsbæk
Scalgo
morten@scalgo.com

Det hydrologiske tilpasningslag udpeger steder, hvor overfladevandets strømning ikke kan ses direkte i Danmarks Højdemodel, da vandet løber under broer, igennem cykel-tunneller eller i rørlagte vandløb. Dette datasæt er afgørende for at opnå korrekte resultater, når man analyserer vandets strømning. Dermed er det en essentiel del af de fleste klimatilpasnings- og naturgenopretningsprojekter. Der findes dog fejl i tilpasningslaget, som kan have store negative konsekvenser for de afledte analyser. I 2018 blev det hydrologiske tilpasningslag en del af GeoDanmark og dermed også det nye GeoDanmark-system. Det er nu muligt at opsamle rettelser til tilpasningslaget, som før kun blev lavet lokalt i de enkelte projekter. Baseret på dette kan vi gøre det nemt at indberette kvalitetssikrede tilpasninger og motivere brugernes indberetning ved at give adgang til opdaterede oversvømmelseskort.

Keywords: Hydrologiske tilpasninger, opdatering, oversvømmelseskortlægning, vedligeholdelse, kvalitetssikring, Maskinlæring

HYDROLOGISKE TILPASNINGER TIL DANMARKS HØJDEMODEL

Danmarks Højdemodel giver en meget detaljeret digital beskrivelse af terrænoverfladen i hele Danmark. Højdemodellen er et afgørende datasæt, når kommuner, forsyningsselskaber og rådgivere skal gennemføre



Figur 1. Bro over mindre vandløb i Vennelystparken i Aarhus, hvor en hydrologisk tilpasning vil være nødvendig for at beskrive vandets strømning i grøften. Bemærk, at vandets strømning under vejen ikke kan detekteres ved den luftbårne opmåling af højdemodellen.

kortlægning af oversvømmelsesrisiko. Højdemodellen er opmålt med luftbåren LIDAR-teknologi. Denne opmåling registrerer ikke, at vand f.eks. kan løbe under broer og i rør, da dette ikke kan detekteres fra luften. Uden tilpasninger af højdemodellen vil dette resultere i endog meget forkerte beskrivelser af vandets strømning, når høj-

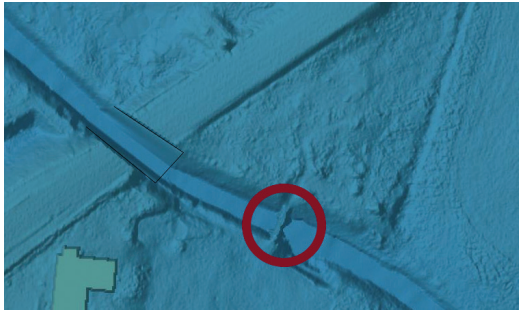
demodellen skal bruges til analyser af oversvømmelsesrisiko.

Som et supplement til højdemodellen har man derfor gennemført en national kortlægning af de steder, hvor højdemodellen skal hydrologisk tilpasses, så overfladevandet strømmer korrekt. Dette gælder for eksempel omkring vejbroer, cykeltunneller og rørlagte vandløb. Det nationale hydrologiske tilpasningslag udpeger mere end 150.000 steder, hvor højdemodellen skal korrigeres. I figur 1 ses et eksempel på en mindre rørlægning, der kræver en hydrologisk tilpasning.

Til trods for det store antal af kortlagte hydrologiske tilpasninger, er der dog stadig fejl i form af tilpasninger, som mangler at blive kortlagt eller som er registreret forkert. Disse fejl kan ofte have store og vidtrækkende effekter på de afledte oversvømmelsesanalyser. Et markant eksempel på dette er den manglende kortlægning af en mindre gangbro over Værebros Å (se figur 2 og 3). Da denne gangbro ikke er udpeget i det hydrologiske tilpasningslag, vil den i afstrømningsmodeller blokere vandets strømning fra et 200 km² stort opland med mindre, at man manuelt gennemfører ekstra rettelser.



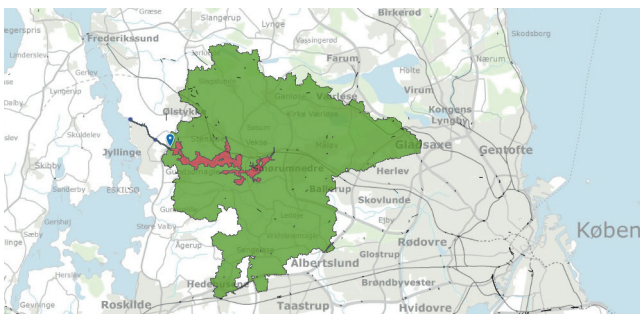
Figur 2. Mindre bro over Værebros Å sydøst for Frederiksborgvej. Broens placering er markeret med en rød cirkel. Kortgrundlaget er GeoDanmark luftfoto fra 2017.



Figur 3. Mindre bro over Værebros Å sydøst for Frederiksborgvej (samme bro som i figur 2). Broens placering er vist med en rød cirkel. Kortgrundlaget er Danmarks Højdemodel fra 2015 med hydrologiske tilpasninger bygget ind i modellen. Ved Frederiksborgvej ses, at der er gennemløb i åen, mens der ikke er gennemløb (hydrologisk tilpasning) ved den lille gangbro. Derved kan vandet ikke strømme under broen, men vil stuve op i stedet.

Det manglende gennemløb skaber et oversvømmet område bag gangbroen med mere end 3 millioner kubikmeter vand (se figur 4).

Eksemplet fra Værebros Å er langt fra enestående, lignende eksempler findes f.eks. ved Østre Landgrøft i Aalborg, hvor en rørlagt delstrækning ikke er medtaget i de hydrologiske tilpasninger og ved Omløbsåen i Vejle, hvor rørlagte strækninger flere steder mangler eller ikke er korrekt placeret.



Figur 4. Konsekvens af den manglende hydrologiske tilpasning ved broen over Værebros Å. Broen er placeret ved den blå markør i kortet. Det røde område viser udbredelsen af opstuvningen bag broen (3.000.000 m³ vand), mens det grønne område er det topografiske vandopland til gangbroen (200 km²).

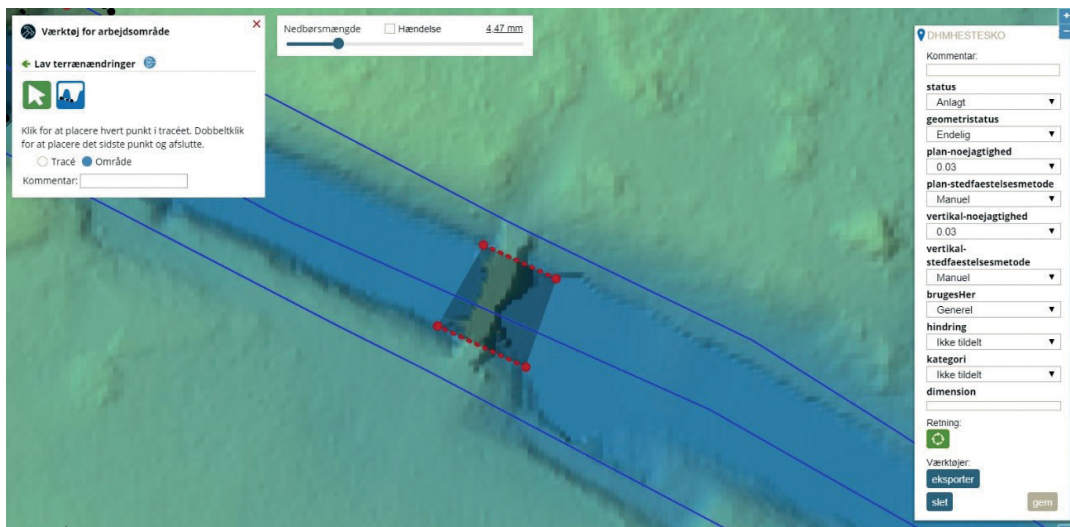
NYE MULIGHEDER FOR SIMPEL OPDATERING

Det hydrologiske tilpasningslag blev produceret i en proces, som inkluderede en høringsperiode, hvor kommunerne kunne indberette fejl og mangler i tilpasningslaget. Dette blev kun gjort i meget lille omfang. Sidenhen har det hydrologiske tilpasningslag været et statisk kortlag, som ikke er blevet opdateret. Det lokalkendskab, som mange kommunale vandløbs- og klimatilpasningsmedarbejdere ligger inde med, er altså i væsentlig grad fraværende i det nationale hydrologiske tilpasningslag. Baseret på mere end 40 workshops hos kommuner, forsyningselskaber og rådgivende ingeniører står det klart, at der er et stort ønske og behov for opkvalificering af de hydrologiske tilpasninger.

Fra slutningen af 2018 er det hydrologiske tilpasningslag en del af GeoDanmark. Det kan nu løbende vedligeholdes og opdateres igennem det nye GeoDanmark-system. Fejl og mangler i tilpasningslaget opdages sjældent, mens man kigger på selve data. I stedet opdages fejlene, når man arbejder med oversvømmelsesanalyser, som er afledt fra data. Det er netop i de afledte analyser, at man kan se steder, hvor vandet strømmer anderledes end forventet, eller hvor kortlagte oversvømmelser er unaturlige eller urealistiske.

Mange kommuner og rådgivere arbejder med SCALGO Live, når de skal have et overblik over vandets strømning og risiko for oversvømmelse. Når brugerne førhen opdagede fejl i tilpasningslaget, havde de ikke anden mulighed end at lave deres egne lokale tilpasninger. Dette udnytter ikke det interessante crowdsourcing-potentiale, som ligger i, at de, der arbejder med afledte analyser, kan hjælpe med at sikre rigtigheden af de underliggende data.

For at udforske dette potentiale har vi udviklet en integration mellem SCALGO Live og GeoDanmark-systemet således, at de fejl, man opdager i tilpasningslaget, mens man arbejder med afledte analyser, kan indrapporteres direkte til GeoDanmark. Udover at få opsamlet de tilpasninger, som genereres i de danske kommuner og forsyningselskaber,



Figur 5. Illustration af oprettelse af den manglende hydrologiske tilpasning ved Værebros Å (jf. figur 2-4) og den efterfølgende indberetning til GeoDanmark.

håber vi også på at kunne bidrage med øget kvalitet i de tilpasninger, som indberettes. Dette opnår vi ved at tillade brugeren at evaluere effekten af ændringer i tilpasningslaget, inden ændringen sendes til GeoDanmark. Dette kan for eksempel være effekten på strømningsveje og oversvømmelseskort.

MOTIVATION FOR AT OPDATERE TILPASNINGER

Udover at sænke barrieren for at indberette fejl og mangler i det hydrologiske tilpasningslag, så sikres brugernes motivation for at indberette fejl ved, at der udarbejdes løbende opdaterede oversvømmelseskort baseret på de indberettede tilpasninger.

Dette gør vi ved at læse de indrapporterede tilpasninger ud af GeoDanmark og bruge dem i jævnlige opdateringer af modelresultaterne. En indberettet fejl resulterer altså i et opdateret oversvømmelseskort, som vil sikre et bedre vidensgrundlag for fremtidige projekter i samme område. På denne måde opnår vi en positiv feedbackcyklus, hvor de frie grunddata gør det muligt at lave gode nationale oversvømmelsesanalyser, som igen gør det muligt at finde og indberette fejl i grunddata, der herpå gør det muligt at lave endnu bedre nationale oversvømmelsesanalyser, og så fremdeles. I sidste

ende gavner denne cyklus både brugernes egne resultater og andre anvendere af de frie grunddata.

MASKINLÆRING OG DE HYDROLOGISKE TILPASNINGER

Danmark er helt i front, når det kommer til frie geografiske grunddata af høj kvalitet. Dette gælder ikke mindst det hydrologiske tilpasningslag. Selvom tilpasningslaget har mangler, findes der i andre Nordeuropæiske lande ikke en kortlægning med tilsvarende detaljegråd. I lande som Norge og Sverige bruges der ofte meget tid på at tilpasse højdemodellen manuelt for at sikre kvaliteten af de afledte analyser.

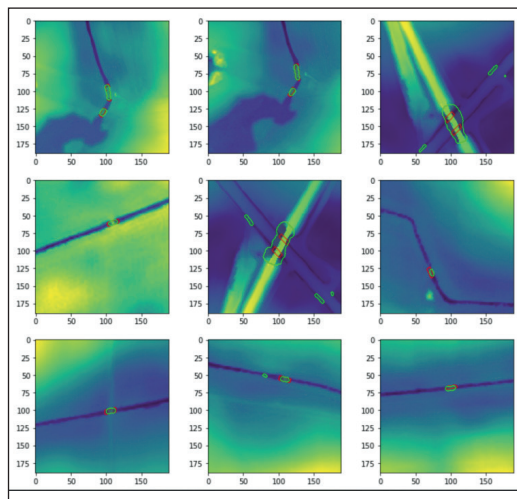
Med støtte fra Innovationsfonden og i samarbejde med Aarhus Universitet har vi arbejdet på at anvende maskinlæringsalgoritmer til at identificere hydrologiske tilpasninger fra højdemodeller. Dette har vi gjort ved at træne algoritmen på det detaljerede danske tilpasningslag og efterfølgende afprøvet algoritmen i Sverige. Vi har sammenlignet de automatisk producerede hydrologiske tilpasninger med manuelt producerede tilpasninger for udvalgte områder i Skåne. Disse sammenligninger har vist, at man automatisk kan finde over 90% af de tilpasninger, som manuelt er fundet af en trænet ingeniør.

I figur 6 vises en række eksempler på præcision i udpegningen af den nuværende maskinlærings-algoritme til identifikation af hydrologiske tilpasninger.

NYE PERSPEKTIVER VED FRIE GRUNDDATA

De frie grunddata, herunder højdemodellen og de hydrologiske tilpasninger, har skabt et godt grundlag for at arbejde med oversvømmelsesanalyser. I vores arbejde har vi forsøgt at skabe grundlag for, at man også via arbejdet med oversvømmelsesanalyserne simpelt kan forbedre de frie grunddata igennem indberetning af fejl og mangler. Vi håber, at det kan være med til at sætte lokalt forankret viden om de hydrologiske tilpasninger i spil. Tilsvarende håber vi, at de banebrydende nye metoder for udpegning af hydrologiske tilpasninger med maskinlæring også vil kunne øge kvaliteten af det hydrologiske tilpasningslag på langt sigt.

Vi ser frem til at fortsætte udforskningen af området med maskinlæring efterhånden, som flere kommuner får adgang til de nye muligheder for at arbejde med kvalitetssikring, vedligeholdelse og indberetning af de hydrologiske tilpasninger.



Figur 6. Eksempler på anvendelse af maskinlæring til udpegning af hydrologiske tilpasninger. Røde streger viser kendte hydrologiske tilpasninger. Grønne streger viser udpegningen af tilpasninger med maskinlæring. Akseenhederne er i meter i x og y-retningerne, mens baggrundskortet er en tematisering af højdedata.