

# Geometrisk kontrol af vej bump med punktskyer

En forudsætning for at opnå den ønskede effekt af vej bump er, at bump er korrekt udført. Omfanget af forkert udformede vej bump kendes dog ikke endegyldigt, eftersom kontrollen af vej bump er minimal. En del af årsagen til den begrænsede kontrol er udgiften til kontrolmåling i forhold til gevinsten. I denne artikel undersøges brugen af punktskyer dannet ud fra billeder til geometrisk kontrol af vej bump som alternativ til nivellering.



**AF THOMAS RØNBERG**  
Studerende, Aalborg  
Universitet  
tranbe16@student.aau.dk



**AF NIKOLAJ  
KJELDAGER PEDERSEN**  
Studerende, Aalborg  
Universitet  
nped16@student.aau.dk



**AF MORTEN DIETZ  
LARSEN**  
Studerende, Aalborg  
Universitet  
mdla16@student.aau.dk

## Formål og problemstilling

I Danmark er et af de mest benyttede fartdæmpende foranstaltninger i byer og boligområder vej bump (Vejdirektoratet, 2004). Selvom fartdæmpende foranstaltninger i Danmark er vidt anvendt, blev det først inkluderet i en vejregel i 1978 (Schlabach, 1997), hvor den første vejregel med krav til udformning af fartdæmpende foranstaltning udkom i 1991 i form af "Vejregler for Byernes Trafikarealer, hæfte 7, Fartdæmpere, juni 1991".

Effekten af vej bump fungerer i sin enkelthed, hvis udført korrekt, i at straffe trafikanter med ubehag ved overkørsel af højere hastighed end den gældende hastighedsgrænse. Vej bump har dog også den effekt, at det medvirker til øget støj, rystelser ved omkringliggende bygninger, skader på køretøjer og personskader.

En problematik opstår, hvis vej bumpet ikke er udført korrekt, hvorved ubehaget ikke er som tiltænkt.

Det er entreprenøren, som er ansvarlig for at udføre kontrolmåling af vej bump umiddelbart efter udførelsen af vej bumpet, mens mangelansvaret for sporkøring er fastsat til to år, såfremt udbudsforskriften for asfalt bump anvendes (Vejdirektoratet, 2011). Selvom vej bumpet umiddelbart efter udførelsen efterlever de geometriske krav, vil bump ofte med tiden sporkøres. Ansvar for udbedring af sporkøring vil, afhængig af den gældende aftale, være enten hos den pågældende kommune eller entreprenøren. Forudsætningen for, at entreprenøren kan være mangelansvarlig, er dog, at der udføres kontrolmåling, enten efter prøvningsmetode nr. prVI 90-10:2003 eller ved funktionsafprøvning. Det er gennem projektrapporten eftervist, at de adspurgte kommuner kun i ringe grad kontrolmåler deres vej bump, og hvis de kontrolmåler vej bump, er det på grund af

borgerhenvendelser. En af årsagerne til den minimale kontrol kan være, at udgifterne til kontrolmåling er høje sammenlignet med udbyttet.

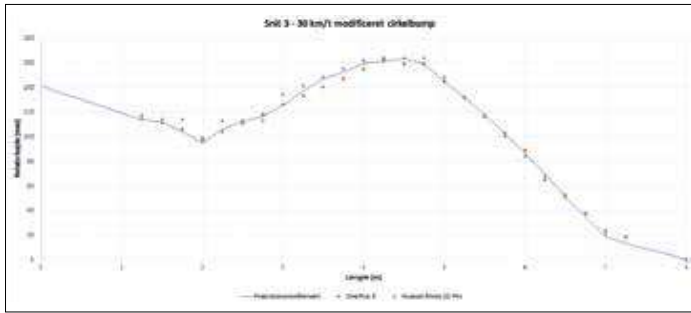
I terminologien skelnes mellem forkert og korrekt udførte vej bump. Såfremt et bump ved geometrisk kontrol ikke efterlever kravene, men overholder kravet til lodret acceleration i BEK nr. 620 af 17/06/2019, anses bumpet for korrekt udført (Vejdirektoratet, 2011).

## Punktskyer som alternativ

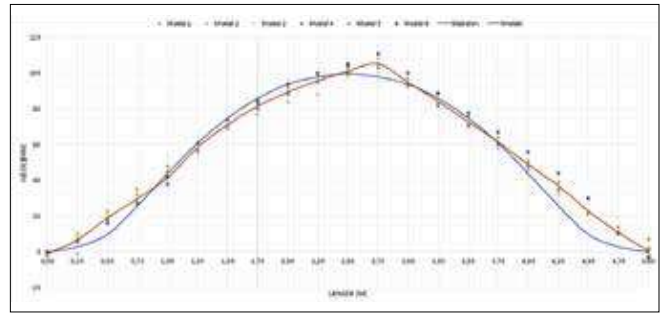
I projektet er brugen af punktskyer dannet ud fra billeder som alternativ til geometrisk kontrol ved nivellering undersøgt. Fordelen ved punktskyer dannet ved hjælp af billeder er, at udstyret er væsentligt billigere i indkøb end nivellerinstrument og stadie. Telefonen, der blev brugt til at tage billeder til at danne punktskyer, var af ældre dato, hvor resultatet på trods blev rimeligt. Foruden en telefon skal også bruges licens til CAD-værktøj og et program til at danne punktskyer ud fra billeder. De punktskyer, som dannes, er blot punkter, som er farvelagt efter billederne, som punktskyen er dannet ud fra. Punkterne kan derefter sammensættes til en tredimensionel model ved at indlægge et trianguleret gitter.

Efter punktskyen er dannet, skaleres punktskyen efter en kendt afstand mellem to punkter. Til skalering af punktskyer af vej bump, blev S 32 felterne anvendt som kendt afstand.

Efter punktskyen er skaleret, indlægges i henhold til prøvningsmetode nr. prVI 90-10:2003 fire snit - et i hvert kørespor og en måling for hver 25 cm. Ud fra de fire snit sammenlignes bumpets målte længdeprofil med længdeprofilen for det typegodkendte bump af samme type.



Figur 2: Eks. på snit med sammenligning af nivelleret og punktskyer fra billeder fra forskellige telefoner.



Figur 3: Sammenligning af seks punktskyer med skabelon af typegodkendt bump.

## Datagrundlag og behandling – dette skal vi bruge for at analysere

Datagrundlaget for at analysere et vej-bump består af omkring 60 billeder, afhængigt af bumpets størrelse. Billederne skal tages jævnt omkring bumpet, se figur 1. For at sikre at billederne tages med jævne mellemrum, og at der er tilstrækkeligt med genkendelige punkter, er der gjort brug af app'en SCANN3D.



Figur 1: Illustration af billedetæthed omkring bump.

Til behandling af billederne og data er der gjort brug af AutoDesk programmerne AutoDesk ReCap Photo og AutoDesk Architecture. ReCap Photo er brugt til at sammensætte billederne til en 3D model, mens Architecture er brugt til at indlægge snit og måle afvigelse i bumpet.

## Resultater af analyse

Første forsøg bestod i at sammenligne opmåling med nivelleret og opmåling med punktskyer på samme bump. Af Figur 2 fremgår længdeprofil af udvalgt bumpsnit. Punktskyerne følger groft nivelleringen med enkelte større afvigelser. For at vurdere, om forskellen er signifikant forskellige, er der lavet t-test.

Forskellen mellem nivelleret og punktskyen fra OnePlus X er statistisk insignifikant på 95 % signifikansniveau ( $p=0,26$ ),

mens forskellen mellem både OnePlus X og Huawei Mate 20 Pro og nivelleret er statistisk signifikant ( $p=0,01$  og  $p=0,008$ ). To punktskyer fra OnePlus X er ligeledes sammenlignet. Disse to er signifikant forskellige ( $p=0$ ).

Efter første forsøg, hvor den nye metode viste potentiale, skulle yderligere forsøg udføres for at få et større grundlag at lave en vurdering på. Hertil er der lavet seks målinger med forskellige telefoner på ét vej-bump - resultaterne herfra fremgår af figur 3. For at undersøge om forskellen med punktskyerne er signifikant, sammenlignes med t-test. Eftersom model 1 ikke er normalfordelt efter Shapiro-Wilk test, er denne udeladt. Af de resterende t-tests er forskellen i en tredjedel tilfælde insignifikant. Opmålingerne med punktsky af samme bump er altså i hvert tredje tilfælde signifikant forskellige fra hinanden.

Af grafen fremgår det, hvordan de seks målinger fraviger en del fra hinanden. Metoden er altså ikke så konsekvent som håbet, men har stadig potentiale som et groft analyseværktøj. Et analyseværktøj der rimelig nemt kan bruges til at undersøge, om der skal måles nærmere på enkelte vej-bump.

## Konklusion og anvendelse

Det er gennem projektet erfaret, at de bedste punktskyer af vej-bump opnås ved mellem 60 og 100 billeder fordelt omkring bumpet. Fra projektets begyndelse var der en formodning om, at kvaliteten af punktskyen var afhængigt af det benyttede telefon-kamera. Denne formodning viste sig dog at have betydning i mindre grad end forventet.

Den nye metode giver en nøjagtighed, der var bedre end forventet, men stadig med så væsentlige afvigelser, at metoden

ikke vil kunne erstatte den eksisterende præcisionsnivelleret. Metoden kan dog have potentiale som en form for groft analyseværktøj, der kan være med til at udpege bump, der afviger væsentligt fra den ønskede form. Hvorefter præcisionsnivelleret vil kunne bruges til at fastlægge, hvad der skal ændres.

Udover metodeudvikling er de nuværende krav til den geometriske udformning ligeledes undersøgt. Her har præcisionen af opmåling samt beregningsmetoden af afvigelser givet en vis undren. Metoden til geometrisk kontrol af vej-bump er fastdefineret ud fra Vejteknisk Instituts prøvningsmetode nr. prVI 90-10:2003. Heri stilles krav til nøjagtigheden af målingen på 1/10 mm. Eftersom asfaltbelægninger primært består af bitumen og stenfragmenter, og det er beskrevet, at målingen bør foretages med stadie med spids fod, virker den krævede målenøjagtighed for præcis. For ikke-asfalt-bump er der tolerancekrav langs bumpets længdeprofil, mens der for asfaltbump i stedet udregnes en afvigelse for hver bump-halvdel, ud fra middelværdi og spredning. Denne beregningsmåde giver en ringe visualisering af, hvor på bumpet der er problemer, og da der umiddelbart måles på samme måde for begge typer bump, hvorfor så ikke benytte faste tolerancer langs bumpets længdeprofil, som der gøres ved ikke-asfaltbump? ●

## Referencer

- Schlabbach, K. (1997) 'Traffic Calming in Europe', pp. 38–40.
- Vejdirektoratet (2004) Erfaringsopsamling om trafiksanering med hastighedsdæmpning. Available at: <https://www.trafitec.dk/sites/default/files/publications/vejbump.pdf>.
- Vejdirektoratet (2011) Asfaltbump (AAB), Schultz Information. Available at: <http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?q=kontrolmåling&sb=-date&docId=vd-udbud-asfaltbump-alm-full> (Accessed: 9 April 2019).