

# Jævnhedsmålinger på cykelstier

*Odense Kommune har fået målt stibelægningen på samtlige cykelstier vha. laserteknologi for at få et objektivi mål for belægningstilstanden og benytte det i prioriteringen. En række teststrækninger er blevet målt med målekøretøjet, og de samme strækninger er blevet gennemkørt på cykel. Oplevelsen af cykelturene er indgået i analyserne og udviklingen af cykelstiindekset. På basis af længdeprofilen er der blevet udledt et Bicycle Profile Index ved brug af Butterworth Profile Index algoritmen. Alle resultater er overført til kommunens GIS system.*

Af Brian Henriksen, Dynatest Denmark A/S  
Bhenriksen@dynatest.com

Troels Andersen, Odense Kommune  
ta@odense.dk

Tilstandsmåling af cykelstier har indtil for et par år siden været lig med udførelse af en visuel registrering af skaderne på cykelstibelægningen. Den visuelle registrering vil – hvad enten man ser på en vej eller en cykelsti – altid være afhængig af øjnene, der ser. Erfaringerne fra arbejdet med skadesregi-

strering har afsløret, at der kan være store forskelle i feltregistreringerne, og at der derfor er opstået et behov for supplerende objektive målemetoder til at få et mere pålideligt overblik over tilstanden af stinettet.

Odense Kommune ønsker at fremme cyklisterens vilkår på alle områder og har derfor indgået et samarbejde med Dynatest omkring jævnhedsmåling af cykelstinettet. Med jævnhedsmålingerne introduceres der en objektiv målemetode til at vurdere komforten af et cykelstinet, og derved opnås der mulighed for at prioritere vedligeholdelsesindsatsen ud fra en rangordning af stiernes belægningskvalitet.

Endvidere har målingerne en vigtig sig-

nalværdi over for cyklisterne, da man demonstrerer en vilje til objektivt at opprioritere cyklisterens forhold på et område, der tidligere har givet anledning til en del kritik.

## Formål

Jævnhedsbegrebet er oprindeligt udviklet for at kunne sætte et tal på vejes jævnhed, og det baseres på, at man befinder sig i en bil, der kører 80 km/t. Cykelstimålingerne bliver udført ved lav hastighed, omkring 20 km/t, og alene det betyder, at man ikke umiddelbart kan anvende den internationale IRI (International Roughness Index, enhed = mm/m) skala ved målingerne udført på cykelstier.

Som en konsekvens heraf dannede jævnhedsmålingerne grundlag for et efterfølgende arbejde med at skabe et cykelsti jævnhedsindeks, et BPI tal (Bicycle Profile Index), som skulle beskrive jævnhedsoplevelsen af en stibelægning, når man cykler hen over den.

Det gennemsnitlige BPI tal beregnes over en vedligeholdelsesmæssigt relevant længde, således at fremtidig stivedlighold kan suppleres med beregnede BPI index værdier.

## Udførelse

Ved at udnytte erfaringerne fra måling med moderne laserudstyr på vejnettet har Dynatest udviklet et målekøretøj, der kan måle længdeprofilen vha. én laser og ét accelerometer, og som rent størrelsesmæssigt kan udføre målingerne på stinettet.

Længdeprofilen er målt med det lavest mulige måleinterval, svarende til en profilværdi for hver 2,5 cm.

På de dobbeltrettede cykelstier er der målt i begge retninger, på de enkeltrettede stier i én retning. Der er samlet set foretaget jævnhedsmålinger på ca. 450 strækninger svarende til en samlet længde på 312 km



Figur 1. Samtlige målinger er udført med den viste SMART bil. Laseren er ca. 0,5 m. fra stikanten.

stier. Dette omfatter således det samlede hovedstinet i Odense.

I forbindelse med bestemmelsen af BPI indekset er der yderligere blevet udført måleteknisk identiske målinger på et antal strækninger i Glostrup. Målingerne er blevet foretaget for at kunne skabe et udgangspunkt for analysen af kørselskomfort for cykler kontra biler. Der er blevet målt jævnhed på pulverasfalt og SF-stens belægninger, og det på strækninger hvor der var store udsving i kørselskomforten.

### Efterbehandling og analyse af måledata

Samtlige måledata er importeret til Dynatests efterbehandlingsprogram IMPLEX, og det er på basis af analyser i IMPLEX, at BPI indekset er fastlagt. IRI værdien på samtlige teststrækninger er blevet beregnet og anvendt som udgangspunkt for analysen af cykelkørselskomforten, se figur 2.

IRI værdien bliver beregnet på basis af det målte længdeprofil, ved at fokusere på bølgelængder i intervallet 1,2 m til 30 m, ved at køre 80 km/t samt bruge en lang række parametre kendetegnet for referencekøretøjet (The Golden Car).

IRI værdien udregnes på basis af en såkaldt "Quarter Car" model, og bølgelængder uden for det ovennævnte interval indgår ikke i IRI beregningen.

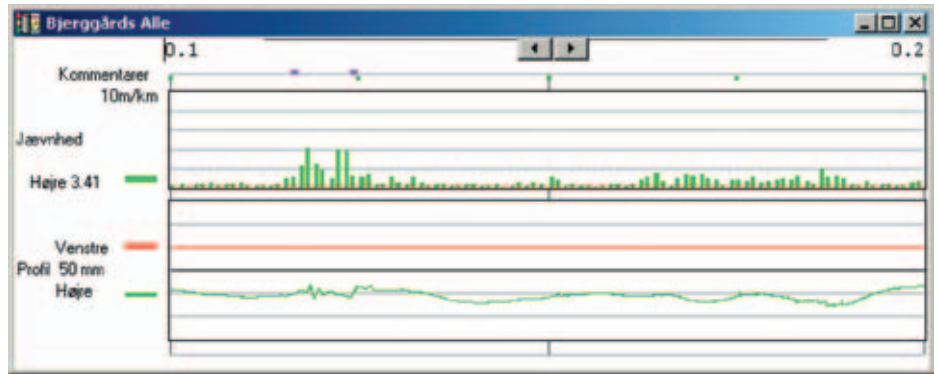
Hvad angår cykler, så findes der ikke nogen "Golden Bicycle" eller en lang række prædefinerede beregningsparametre. Cykler kører i gennemsnit mellem 10 og 20 km/t, har normalt ikke indbygget affjedring og har en væsentligt mindre "trædeflade" end en bil.

Udgangspunktet for denne analyse har således været at finde en anden algoritme end "Quarter Car" algoritmen til at beskrive jævnheden af en cykelsti. Ud fra det faktum, at cykelhjulet har en langt mindre berøringsflade end et bildæk, har fokus primært været rettet på at finde en algoritme, der benytter sig af lavere bølgelængder end 5 m. Bølger over 5 m antages ikke at have nogen relevans for kørselskomforten.

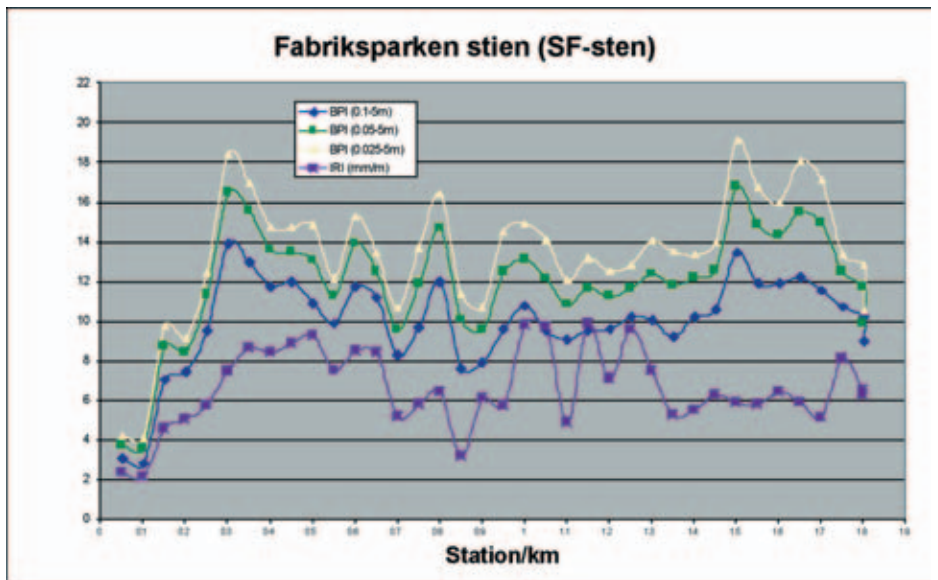
Ved at bruge et 3'die ordens Butterworth Profile index ved varierende nedre bølgelængder er der på en SF-stens belægning fremkommet resultater som vist i figur 3. De viste data er beregnet på basis af en rapporteringslængde på 50 m, af hensyn til det fremtidige asfaldvedligehold og af hensyn til den grafiske præsentation.

Om graferne i figur 3 kan det generelt siges, at des lavere bølgelængde, der analyseres/anvendes, des højere bliver de beregnede BPI værdier. Der er valgt en nedre grænse på maksimalt 2,5 cm, svarende til længdeprofilintervalllængden.

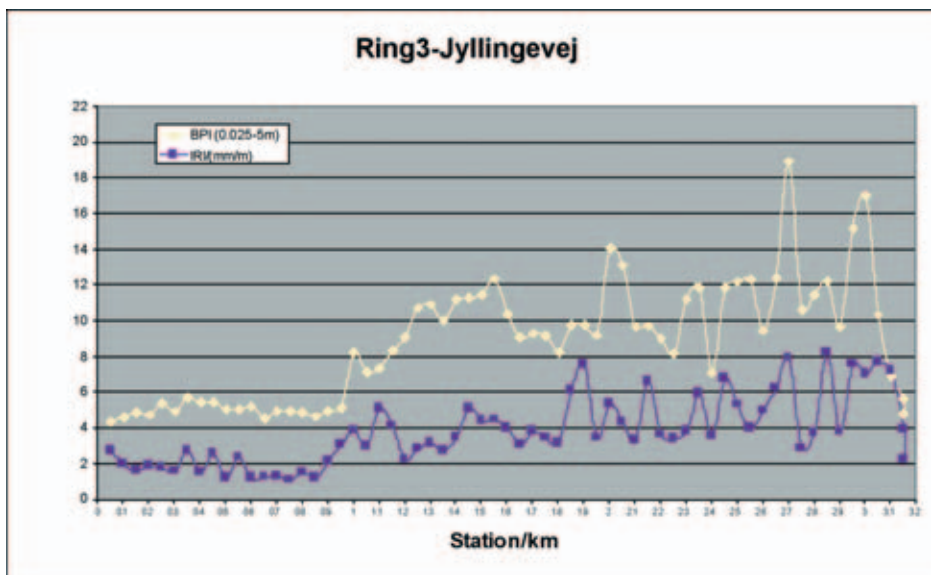
Det generelle billede er, at høje IRI værdier giver høje BPI værdier, om end grafen også viser, at det modsatte kan være tilfældet. I station 1,4 til 1,7 sker der et fald i IRI-



Figur 2. Målt længdeprofil og beregnede IRI-værdier for Bjerggårds Allé.



Figur 3. Beregnede IRI-værdier i forhold til Butterworth Profile index værdier.



Figur 4. IRI & BPI resultater fra måling på asfaltsti.

værdien samtidig med, at der sker en markant forøgelse af BPI værdierne. Hvor man ikke kan måle/mærke SF-stenenes diskomfort siddende i en bil, er det modsatte gældende, hvis man sidder på en cykel. Der

skete en mærkbar forringelse af kørselskomforten på cyklen på den nævnte delstrækning, og dette afstedkom, at den nedre bølgelængdegrænse – i analyserne – fremover blev sat til 2,5 cm.

Testcyklen var en racercykel med 8 bar tryk i dækkene, 22 mm brede dæk, og test-cykelpersonen vejede 100 kg.

I figur 4 ses målingerne fra dele af hhv. Ring 3 og Jyllingevej cykelstien. Første km af målingen foregik på en ca. 1 år gammel PA belægning (se figur 1), hvilket også kan ses på de lave BPI tal.

Fra km 1 og fremefter var der en del ujævnheder på cykelstien. Årsagen til de periodevise høje BPI-værdier skyldtes primært gamle asfaltlapper i dårlig forfatning. Der blev ligeledes kørt med cykel på denne teststrækning, og ganske som før var der mærkbar forskel vedrørende kørselskomforten på nye hhv. gamle belægninger.

Butterworth Profile Indexet af 3 orden, har ved de fleste lejligheder vist sig som en god algoritme til at beskrive kørselskomforten for cykler. Det fangede de mange små ujævnheder i bl.a. SF-stens belægningen samt formåede at udpege kritiske punkter på asfaltbelægningerne.

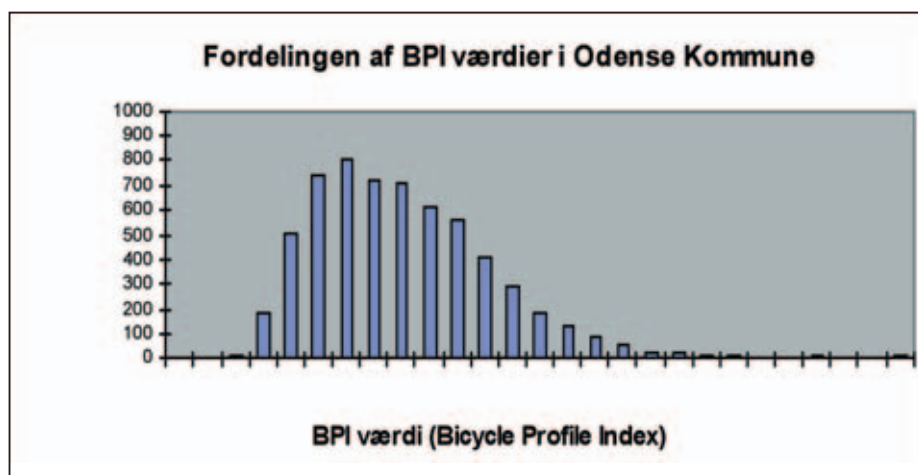
Samtlige stistrækninger i Odense Kommune er blevet underkastet Butterworth algoritmen, og fordelingen af komfortmæssigt gode kontra mindre gode stier kan ses i figur 5.

Der indgår 6245 50-meter strækninger i analysen, og disse følger en normalfordeling. Samtlige data er overført til Kommunens GIS system, og der er herefter udarbejdet temakort, der viser den jævnhedsmæssige/ komfortmæssige tilstand af stinettet, se figur 6.

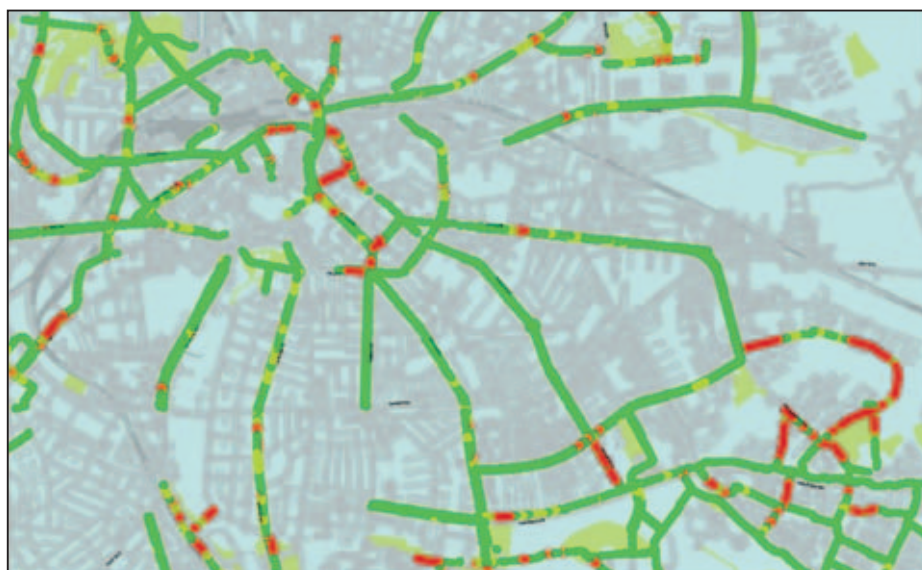
### Konklusion

Ved at have fået udført komfortmålinger på cykelstinettet har Odense Kommune skabt et objektive billede af kørselskomforttilstanden og har derved fået et værktøj til at prioritere vedligeholdelsen af stierne. Man kan med fordel vælge at prioritere stivedligeholdelsen ved at supplere komfortindekset/ BPI-tallet med mængden af cykeltrafik på de enkelte strækninger.

Ved at fokusere på strækninger, hvor flest cyklister får gavn af en forøget kørselskomfort, vil man opnå en lang række positive effekter så som; færre ulykker, mindre vedligeholdelse af cykler, større livscyklus på cykeldæk, færre rygskader hos cyklister, for-



Figur 5. Fordelingen af strækninger som Funktion af BPI tallet.



Figur 6. Temakort over kørselskomforten – rød angiver de mest ujævne strækninger.

øget sikkerhed for cyklister med børn på bagsædet osv.

Til trods for at der i dette projekt ikke er foretaget konkrete analyser omkring disse forhold, så er der nok ingen tvivl om, at der kunne vise sig store besparelser for hospitalsvæsnen og for forsikringsselskaberne.

BPI-tallet er skabt på basis af dette projekt, og det vil være spændende at kunne følge udviklingen af BPI-tallet over de næste

par år. Pavement Management Systemer bliver i vidt omfang brugt til at optimere vedligeholdet på vejnet, men ikke i så høj grad på cykelstinettet. Med BPI tallet får man en mulighed for at indføre et objektive nedbrydningskriterium for sit cykelstinettet. Dynatest har færdigudviklet PM systemet PERS, og det vil være muligt at tilrette systemet til at kunne håndtere de nævnte parametre m.m. ■