

Når byer etableres og udvides med asfaltbelægning og bebyggelse, der har lavere albedo og højere varmekapacitet end det naturlige miljø, ændres mikroklimaet, og byen danner en såkaldt urban varmeø. Her kan lufttemperaturen blive op til 10 °C varmere end i det omgivende åbne landskab.

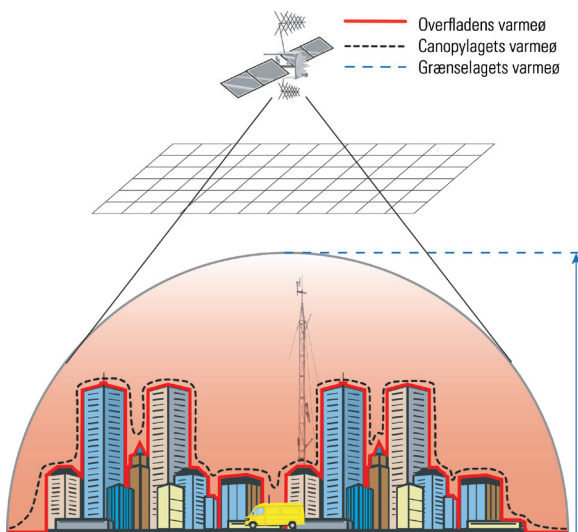
De højere temperaturer har både gode og dårlige følger. Vækstsesonens længde øges f.eks., og energiforbrug til opvarmning om vinteren reduceres. Omvendt stiger energiforbruget til air condition i nogle byer, og for mange mennesker kan det være belastende at opholde sig i et meget varmt klima, hvor også luftforureningen øges (især dannelse af ozon). I ekstreme tilfælde med hedeølger fører det til sygdom og dødsfald blandt udsatte grupper som astma-patienter, ældre og spædbørn.

HVAD ER DEN URBANE VARMEØ?

En **urban varmeø** er et byområde, der har en højere temperatur i forhold til temperaturen i de ubebyggede omgivelser. Varmeø-intensiteten udtrykkes som forskellen mellem den urbane og ikke-urbane temperatur.

Varmeøers rumlige udstrækning og form varierer, idet den afspejler byens struktur og udvikling. Varmeø-intensiteten afhænger af byens geografiske beliggenhed (klima, topografi og omgivelser), byens størrelse og indbyggertal samt de fremherskende vejrforhold og væsentlige årstidsvariationer. Varmeø-intensiteten er generelt størst om aftenen, fordi bygningernes høje varmekapacitet betyder, at den opmagasinerede varme frigives langsommere i byen end i naturlige landområder.

Tre steder at måle byens temperatur



Principielt kan man skelne mellem **3 typer af urbane varmeøer** hvilket knytter sig til valg af målemetode:

Det urbane canopy lag (CLUHI) udgøres af luftlaget, der er tættest på gadeplan, og det strækker sig op til toppen af bygningerne.

Det urbane (atmosfæriske) grænselag udgøres af det luftlag over bygningerne, som er påvirket af byens mikroklima, hvilket kan strække sig op over 1000 m. Temperaturmålinger i grænselaget repræsenterer en større bydel.

Overfladens varmeø (SUHI) udtrykkes ved byoverfladens temperatur. Den kan måles fra satellit og fly med et termisk infrarødt radiometer eller på jorden med håndholdte sensorer.

Studier af varmeø-fænomenet refererer traditionelt til canopy-laget, men i de senere år er det blevet stadig mere udbredt at anvende overfladetemperaturer målt fra satellit. Overfladens temperatur er typisk en del højere end lufttemperaturen, men stærkt knyttet til denne.

Videnskabeligt set tager studier af den urbane varmeø udgangspunkt i et ideografisk casestudie, hvor der anvendes unikke observationer, der repræsenterer en given lokalitet på et givet tidspunkt.

Når de observerede temperaturer erfares direkte på stedet af den observerende person og samtidig kan relateres kvalitativt til omgivelserne, kan det styrke den samlede undersøgelse og bidrage til dannelsen af en hypotese om årsagerne til varmeøen det konkrete sted.

For at optimere byens eksperimentelle design og tolkning af de data, er der brug for en teoretisk mikroklimatisk forståelse for, hvordan temperatur påvirkes af lokale forhold herunder variationer i solindstråling og vind.

En rumlig analyse af den observerede varmeø-intensitet kan foretages med anvendelse af et Geografisk Informationssystem (GIS), hvorved man på basis af observationerne induktivt kan kortlægge varmeøen ud fra de rumlige observationer og hypotetisk-deduktivt kan slutte sig til mulige dannelsesmetoder for den observerede varmeø. Med anvendelse af et GIS kan der også opbygges en model, der kvantitativt beskriver varmeø-intensitetens afhængighed af lokale forhold.

Således spænder studier af varmeøer sig over en række metoder fra kvalitativ til kvantitativ beskrivelse, fortolkning og modelopbygning og med en vekselvirkning mellem hypotetisk-deduktiv og induktiv metode.

PROFESSIONELLE MÅLINGER

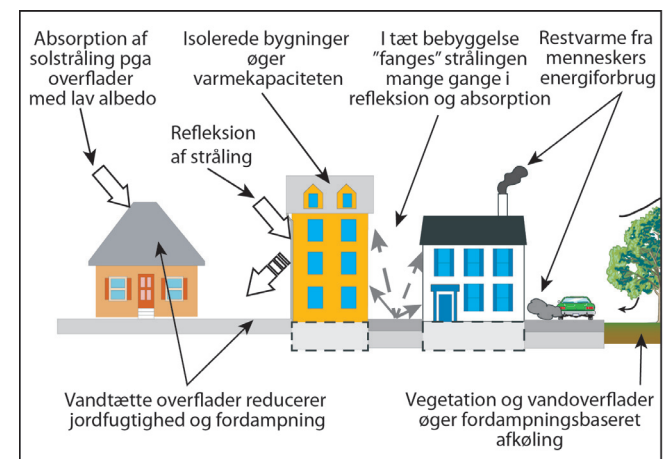
Lufttemperaturmålinger af Canopy-lagets varmeø kan måles med termometre, der er monteret på permanente målestationer forskellige steder i byen eller der kan anvendes mobile målinger af lufttemperatur. På større skala kan der installeres et eller flere termometre på en klimamast til overvågning af grænselagets varmeø. En operationel overvågning af varmeøer finder ikke sted i dag, men DMI's anvisninger til standard lufttemperaturmåling bør anvendes i det omfang det er muligt, hvilket blandt andet betyder at målinger i canopy laget bør foretages i en højde af 2 m. www.dmi.dk/dmi/print/index/danmark/borgervejr/borgervejr_-_opstilling.htm

De termisk infrarøde målinger af byoverfladens temperatur kan i mindre skala måles forholdsvis billigt med håndholdte punkt-baserede sensorer eller (langt dyrere) med billeddannende termisk infrarøde radiometre.

Satellitbaserede målinger af byoverfladens temperatur fås i dag med størst rumlig opløsning fra Landsat satellitterne (60-120 m grid) og fra ASTER satellitten (90 m grid). Disse data har en detaljeringsgrad, der muliggør rumlige analyser af temperaturer for parker, vandområder og forskellige bykvarterer. Landsat data er i dag gratis og let tilgængelige, hvorimod langt færre data er tilgængelige fra ASTER.

Den urbane varmeø's højere temperaturer skyldes især de valgte bygningsmaterialer, bydesign (urban geometri) og anvendelsen af grønne og blå (åbne vandområder) arealer i byen. Mikroklimaet ændres, og byens temperatur stiger fordi:

Faktorer der påvirker varmeødannelsen



Asfalt og andre bygningsmaterialer har lav albedo og høj varmekapacitet.

En tæt bystruktur med en kombination af smalle gader og høje bygninger opfanger meget af solens stråling (både som reflekteret, kortbølget stråling og som absorberet, langbølget stråling).

Atmosfærisk turbulens reducerer udskiftning af luft på gadeplan.

”Vandtætte” overflader reducerer fordampningsbaseret afkøling af området fordi regnvand strømmer af på overfladen og ledes ud i kloaksystemet frem for at sive ned i jorden hvorfra det kunne fordampe.

Energiforbrug og bygningers isoleringsgrad har betydning for udledningen af menneskeligt tilført energi (såkaldt forbrugt energi) fra huse og biler.

BYTEMPERATURER PÅ FELTFOD

En billig og effektiv metode til at indhente rumlige lufttemperaturdata er at montere en hurtigt responderende temperaturføler (termocouple sensor) på en pind, der fastgøres på en bil eller cykel, således at mobile målinger kan finde sted i 2 m højde. Føleren kobles til en datalogger, der registrerer tid og måling hvert sekund, og en GPS logger indstilles ligeledes til at registrere tid og geografisk position hvert sekund. Herved kan de to datasæt let sammenkøres i et regnearksprogram eller (bedst) i et GIS til analyse af varmeøen. Varmeø-intensiteten beregnes ved at estimere den samtidige rurale temperatur ved lineær interpolation af temperatur data fra en operationel rural klimastation, eller ved selv at foretage målinger i et ikke-urbant område. En svaghed ved metoden er, at det måske ikke er tilstrækkeligt at korrigere for lufttemperaturens ændring over tid ved at anvende lineær interpolation af den målte rurale temperatur. Derfor bør de mobile målinger foretages inden for et forholdsvist kort tidsrum (i princippet samtidig). Bedste tidspunkt til måling af varmeøen er om aftenen. Varmeøen kan registreres på alle årstider og bør foretages under skyfri og vindstille forhold. Målinger, der foretages mens bilen holder stille, bør ikke anvendes, da de kan være påvirket af varme fra bilen såvel som af mere komplicerede vindforhold omkring vejkryds. En enklere metode kan være at gå rundt i byen med termometer, målebog og et kort og således systematisk indsamle temperaturdata forskellige steder.

Selve byoverfladens temperaturer kan måles med infrarøde sensorer. Ved måling forskellige steder i bymiljøet, kan disse målinger registreres med angivelse på et kort, samt med en GPS'er og en notesbog. Med sensorerne kan man få en god registrering af

de lokale variationer i overfladetemperatur og deres bidrag til varmeø-dannelsen. Disse data vil også kunne støtte analysen af mobile lufttemperaturdata og satellitdata.

DATA OG LITTERATUR

Lufttemperatur måles operationelt hver 3. time af DMI på vejstationer, der er etableret forskellige steder i landet. Derudover har DMU og TV2 egne netværk af vejstationer. Målinger gives i grader Celsius. Overfladetemperaturdata gives som ”brightness” temperatur (grader Celsius eller Kelvin), dvs temperaturen repræsenterer et sort element og skal korrigeres for den observerede overflades emissivitet for at give den virkelige temperatur. Termiske data fra satellit er givet enten som varmestråling (enhed $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) eller som temperatur (grader Celsius eller Kelvin). Satellitdata er som regel ikke korrigeret for atmosfærens indflydelse, hvilket kræver mere avancerede metoder. Billederne er dog geometrisk korrigerede og kan umiddelbart anvendes til at analysere rumlige relative variationer i byers overfladetemperatur.

Lufttemperaturdata findes hos DMI (www.dmi.dk/dmi/index/danmark/vejrarkiv.htm).

Gratis satellitdata (fx Landsat TM) er tilgængelige fra USGS Global Visualization Viewer (<http://glovis.usgs.gov/>) og Global Land Cover Facility (<http://www.landcover.org/index.shtml>).

Rizwan, A. M., Leung, D.Y.C. and Chunbo, L. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island. *Journal of Environmental sciences* 20: 120-128.

South, C. and Grimmond, S. (2006). Applied climatology: urban climate. *Progress in Physical Geography* 30(2): 270-279.

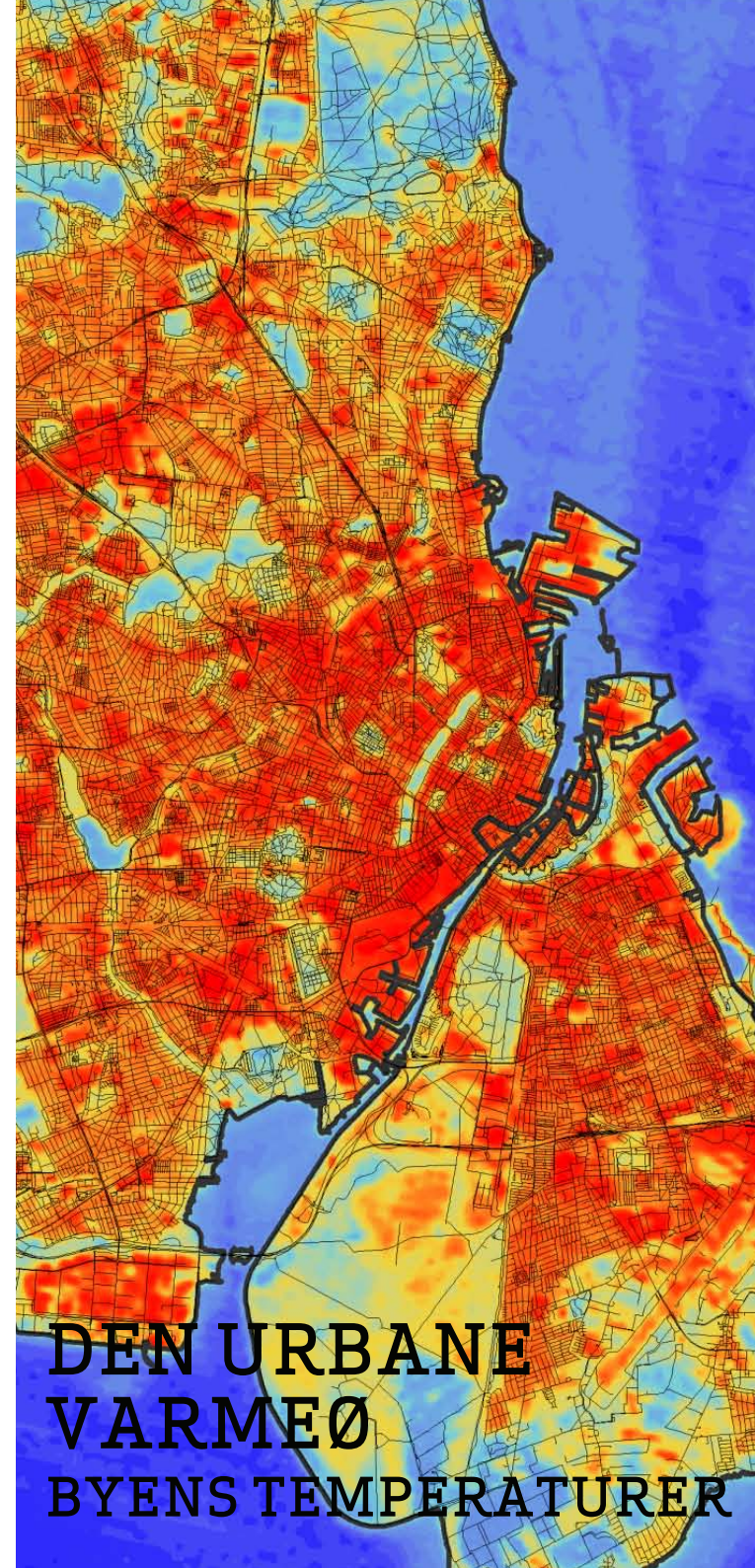
Voogt, J.A. and Oke, T.R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment* 86: 379-384.



Faglig bidragsyder: Eva Bøgh, Lektor i naturgeografi ved Roskilde Universitet, Email: eboegh@ruc.dk

Redaktører: Pernille Ehlers, Rødovre Gymnasium, Lis Petersen, Ørestad Gymnasium

Layout: Emil Egerod Hubbard, Dansk Byplanlaboratorium



DEN URBANE VARMEØ BYENS TEMPERATURER