

Figur 4.12: Roadpricing i London. Der gives 90% rabat til lokale, der bor i bestemte områder.



europæiske byer som fx London. I store dele af London skal der betales for at køre i privat bil (figur 4.12). I Danmark har det været foreslået at indføre roadpricing i København, men i 2011 kendes roadpricing i Danmark endnu kun fra Storebæltsbroen og Øresundsbroen.



Figur 4.13: Amerikansk propaganda-plakat fra 2. Verdenskrig. Formålet var at fylde bilen op med passagerer, således at brændstoffet kunne bruges i krigen mod Nazi-Tyskland. Hvordan ville ordlyden på en lignende plakat mon være i dag?

Flere i samme bil

Man har taget initiativer til at få flere personer i bilerne, fx med opsamlingspladser ved motorvejene, virksomhedsaftaler og internetsider, hvor bilister kan mødes og arrangere samkørsel ind til byen (figur 4.13). At der kan være noget at hente energimæssigt kan illustreres ved, at 80% af beskæftigede i USA kører i bil på arbejde. Heraf kører $\frac{1}{4}$ alene.

Byens klima

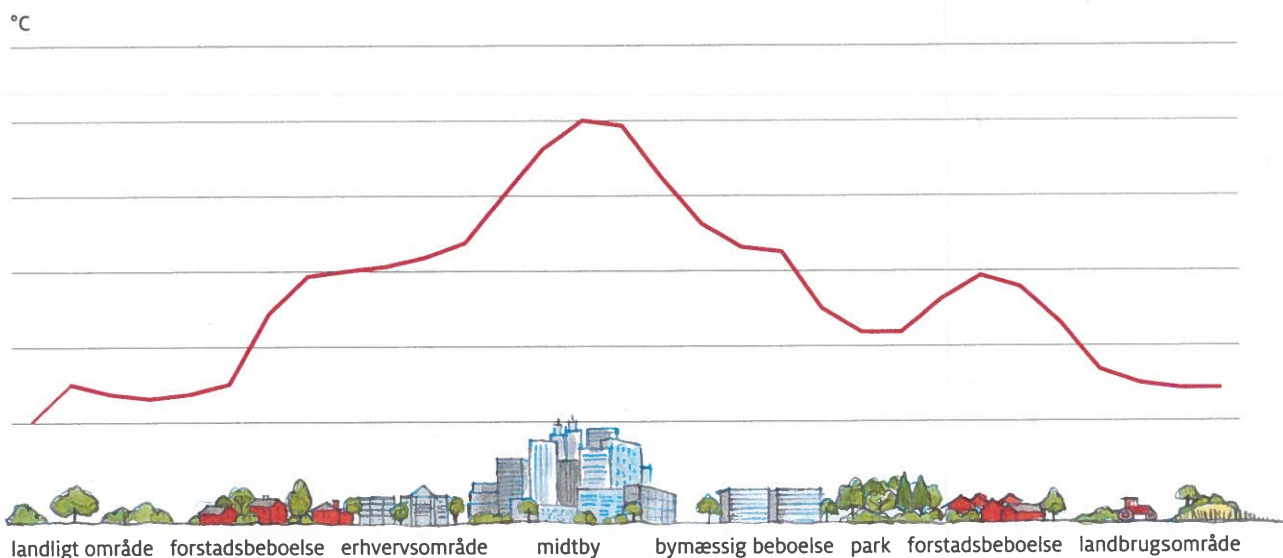
Byer har sammenlignet med omliggende landområder et særligt klima. Forklaringen skal findes i de mange menneskeskabte aktiviteter, der kendetegner byer (figur 4.14).

Temperaturen – heat island-effekten

Først og fremmest vil byer som udgangspunkt være varmere end oplandet. Alt efter byens størrelse og indretning kan der være tale om adskillige graders forskel mellem by og land. Der tales om en *heat island-effekt*. Der er flere forskellige årsager hertil.

For det første absorberes solens stråler af byens flader. Albedoen for asfalt er betydeligt lavere end fx græs og skov og derfor vil en større del af strålingen optages og sidenhen transformeres til langbølget stråling. Byens øvrige flader som tage og mure hjælper også til at holde på varmen.

For det andet er byen storforbruger af energi. Motoriseret transport genererer varme ved motoren og friktion mod asfalten. Opvarmning af



Figur 4.14: Heat island. I bymidten, hvor den største menneskelige aktivitet er, vil det være varmest, hvorimod grønne områder vil være køligere.

bygninger især om vinteren og driften af airconditionlæg om sommeren er ligeledes med til at gøre byen varmere. Studier fra Tokyo anslår at alene brugen af aircondition i den japanske storby øger sommertemperatur med 1°C. I Houston viser lignende undersøgelser at airconditionlæg er skyld i temperaturstigninger på 0,5°C om dagen og op til 2,5°C om natten.

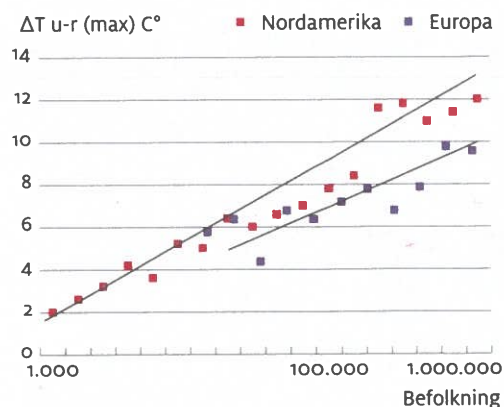
For det tredje er i hvert fald vestlige byer velforsynet med kloaksystemer. Det betyder at regnvand ledes hurtigt og effektivt væk fra overfladen. Omvendt vil regnvand i landområder være overfladenært i længere tid indtil der sker en nedsivning til grundvandet. Det betyder at der i landområder er en større vandmasse, der kan fordampe. Fordampning kræver energi og herved trækkes der mere energi ud af luften i landområder sammenlignet med byområder med en temperaturforskel mellem de to områder til følge.

For det fjerde spiller byens størrelse en rolle. Som tommelfingerregel gælder det, at jo større befolkningstallet er, des større er heat island-effekten. Med andre ord: Mange mennesker forbruger som udgangspunkt mere energi og har behov for flere asfalterede overflader end få mennesker, hvilket forstærker byens opvarmning. Dog er der variationer i heat island-effekten, selv blandt byer med samme befolkningstal som følge af de forskellige årsager til de varme byer (figur 4.15).

Heat island-effekten kan sløres af kraftig vind, hvor byens varme kan blive blæst væk fra centrum. Der tales her om den kritiske vindhastighed. Generelt gælder det at jo større byen er, des højere er den kritiske vindhastighed. Den kritiske vindhastighed kan beregnes vha. ligningen:

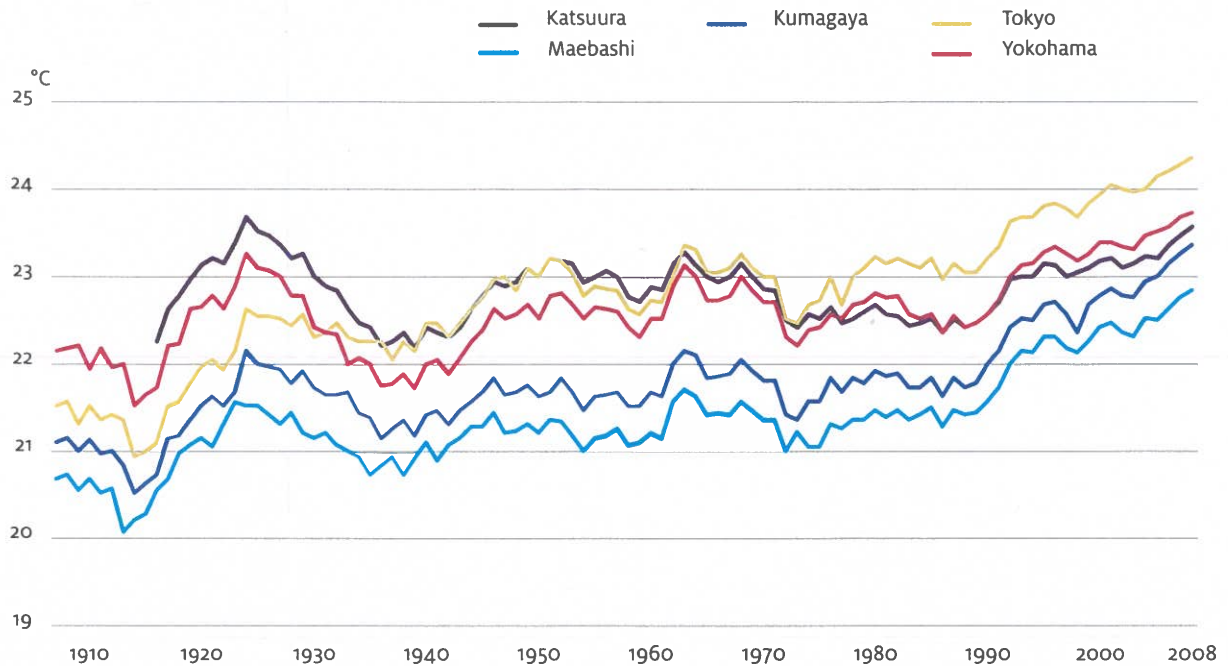
$$u_{\text{krit}} = (3.4 \cdot \log(P)) - 11.6 \text{ m/sek},$$

hvor P = byens population.



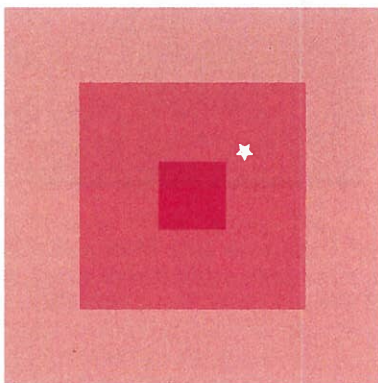
Figur 4.15: Sammenhængen mellem bystørrelse og heat island-effekten. Ligningen for nordamerikanske byer er:
 $\Delta T(u-r)_{\text{max}} = 3.06 \cdot \log P - 6.79^{\circ}\text{C}$

Ligningen for europæiske byer er:
 $\Delta T(u-r)_{\text{max}} = 2.01 \cdot \log P - 4.06^{\circ}\text{C}$
P = Populationen



Figur 4.16: Gennemsnitstemperaturer i udvalgte japanske byer i september 1907-2007. Kilde: Japan Meteorological Agency.

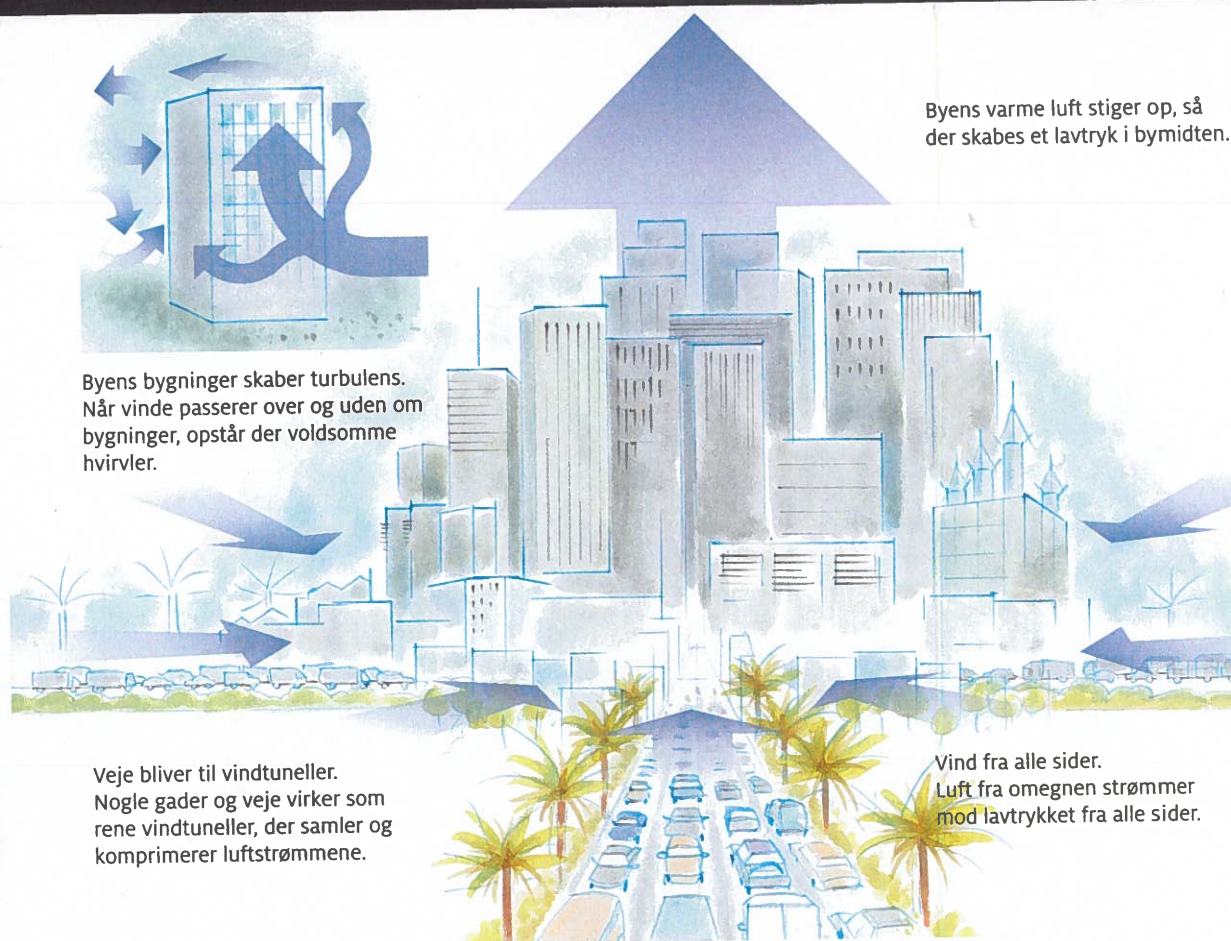
Heat Island-effekten giver problemer, når størrelsen af den globale opvarmning skal bestemmes. De første systematiske temperaturmålinger blev påbegyndt i slutningen af 1800-tallet, hvor målestationerne blev sat uden for byerne. Byerne er imidlertid vokset kraftigt siden og har mange steder omringet målestationerne og herved kan der ved mange målestationer registreres en ikke-drivhuseffektbaseret opvarmning alene som følge af heat-effekten (figur 4.16 og 4.17). Klimaforskere korrigerer for denne fejlkilde, men det kan være svært helt præcist at bestemme, hvor meget der skal korrigeres.



Figur 4.17: Heat Island-effekten og global opvarmning. Stjernen viser målestationens placering. Den inderste firkant angiver byens udbredelse år 1900, midterste firkant byens udbredelse år 1950 og den yderste firkant byens udbredelse i dag.

Nedbøren

Byer vil som udgangspunkt opleve en større mængde nedbør end land-områder. Den opvarmede luft vil stige til vejrs, afkøles, fortættes og falde som nedbør. Medvirkende til den øgede nedbør i byer er endvidere at der er mange partikler i luften grundet blandt andet luftforurening. Vanddamp skal have partikler at kondensere på for at kunne blive til nedbør.



Byens varme luft stiger op, så der skabes et lavtryk i bymidten.

Byens bygninger skaber turbulens. Når vinde passerer over og uden om bygninger, opstår der voldsomme hvirvler.

Veje bliver til vindtuneller. Nogle gader og veje virker som rene vindtuneller, der samler og komprimerer luftstrømmene.

Vind fra alle sider. Luft fra omegnen strømmer mod lavtrykket fra alle sider.

Figur 4.18: Byens vindforhold.

Vinden

Vindforholdene i byen vil ofte opleves som anderledes end uden for byen. For det første vil vinden optræde turbulent som følge af huse og smalle gader, hvor vinden skal presses igennem. For det andet vil man ved en veludviklet heat island-effekt kunne opleve at vindene søger mod centrum. Forklaringen er, at luften her er varmest og at luften derfor vil stige særlig hurtigt til vejrs. Dette vil udvikle et lavtryk, som vinden fra de omkringliggende områder vil søge hen imod (figur 4.18).