

Underlag till arbetet med

Översiktsplan för Uppsala kommun 2016

UNDERLAGSRAPPORT:

Planering för en varmare stad



RAPPORTFÖRFATTARE

Maria Wikenstahl
Kommunledningskontoret
Uppsala kommun
753 75 Uppsala
Besöksadress, Stationsgatan 12

Telefon: 018-727 00 00

Kontaktperson: Björn Sigurdson
Kommunledningskontoret



Planering för en varmare stad
- klimatanpassning av den fysiska miljön
Systemstudie för översiktsplan 2016

Planering för en varmare stad

- klimatanpassning av den fysiska miljön

Systemstudie för översiktsplan 2016

Maria Wikenståhl

Augusti 2014

Kommunledningskontoret

Uppsala kommun

Inför översiktsplanen 2016 ska ett antal systemstudier utföras.

Klimatanpassning är ett av de områden som ska utredas, och resultatet är denna rapport. Inriktningen mot värme och värmeböljor valdes då det var en aspekt som inte utretts i någon större utsträckning i kommunen.

Dokumentet är endast avsett för internt bruk inom Uppsala kommun.

Bildkälla framsidan: Eniro

Bildkälla motsatt sida:

Till vänster Eniro, till höger Maria Wikenståhl.

Bilderna längst till höger visar taken på Folkets hus i Hjo och Stadshuset i Uppsala.



Innehåll

1.	ETT VARMARE KLIMAT	6
1.1	Global uppvärmning.....	6
1.2	Effekter av klimatförändringarna i Uppsala län.....	7
1.3	Definition av värmebölja	8
1.4	Ökad förekomst av värmeböljor i Uppsala	8
1.5	Värmeböljors effekter.....	9
1.6	Urban värmeö	12
1.7	Stadsstrukturer och värme.....	13
2.	ÅTGÄRDER.....	17
2.1	Grönska.....	17
2.2	Grönområden	20
2.3	Gatuträd.....	21
2.4	Gröna tak.....	24
2.5	Gröna väggar	27
2.6	Fasadskuggande träd.....	30
2.7	Vatten.....	31
2.8	Sval gatubeläggning.....	33
2.9	Svala tak.....	38
2.10	Kalluftsstråk och ventilationskorridorer.....	41
2.11	Arkitektur.....	42
2.12	Energieffektiv teknisk utrustning.....	44
2.13	Komfortkyla	45
2.14	Sammanfattning	47
3.	STADENS UTFORMNING	50
3.1	Staden som helhet.....	50
3.2	Generella råd	52
3.3	Områdestyper	52
3.4	Gaturum.....	56
3.5	Parkeringsplatser	58
3.6	Torg och platser	59
3.7	Grönområden	59
3.8	Lekplatser och skolgårdar	60
3.9	Innergårdar.....	61
3.10	Äldreboenden och vårdmiljöer	62
4.	STYRINSTRUMENT	64

4.1 Urbana klimatkartor	64
4.2 Riskkartering.....	65
4.3 Grönytefaktor.....	66
4.4 Lagstadgade gröna tak	66
4.5 Balanseringsprincipen	66
4.6 Styrdokument	67
5. STYRDOKUMENT OCH POLICIER	69
5.1 Vision Uppsala 2050.....	69
5.2 Miljö- och klimatprogram	69
5.3 Parkriktlinjer	69
5.4 Riktlinjer för Uppsalas stadsmiljö.....	70
5.6 Energiplan	71
5.7 Kommande styrdokument.....	71
6. SLUTSATSER.....	72
6.1 Förslag till tillståndsmål	72
6.2 Viktiga aspekter för översiktsplanen.....	72
6.3 Förslag på fortsatt arbete.....	73
REFERENSLISTA	74

1. ETT VARMARE KLIMAT

Världen över blir klimatet allt varmare, och i Sverige har medeltemperaturerna och extremvärdet redan ökat. Värme är dock fortfarande en aspekt av klimatanpassning som många kommuner inte har utrett eller planerat för i någon större utsträckning. Detta trots att värmeböljor kommer att öka i både frekvens, längd och temperatur, och det svenska samhället inte är anpassat till att hantera detta varken fysiskt eller kulturellt. Likaså innebär en längre och varmare sommar att förändringar kommer att behövas.

I denna första del presenteras de klimatförändringar som förväntas, vad ett varmare klimat kan innebära för Uppsala samt fenomenet urban värmeö.

1.1 Global uppvärmning

Det finns inte längre några tvivel om att jordens medeltemperatur stiger, och att det är människan som har orsakat, och fortsätter att orsaka, denna uppvärmning. FN:s klimatpanel, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), bidrar ungefär vart femte år med en rapport som innehåller en vetenskaplig sammanfattning av kunskapsläget rörande klimatförändringarna, deras effekter och möjligheterna att minska dessa. Under hösten 2013 och våren 2014 publicerades delrapporterna till den senaste utvärderingen av kunskapsläget, som är den femte i ordningen.

I den femte rapporten konstateras att människans påverkan på klimatsystemet är tydlig. Halten av växthusgaser i atmosfären stiger, och uppvärmningen av observerats både i atmosfären och i haven. Denna uppvärmning förväntas fortsätta, men hur stor den blir beror på växthusgasutsläppens storlek. Troligen kommer uppvärmningen att bli större än 2 °C under detta sekel jämfört med förindustriella förhållanden, och i ett scenario med mycket höga utsläpp kan den bli så stor som nästan 5 °C. Om utsläppen däremot kulminerar de närmaste decennierna och går mot noll mot slutet av århundradet kan ökningen stanna på 1,5 °C. Temperaturökningen kommer att bli olika stor i olika delar av världen och särskilt stor i Arktis.¹

Ett varmare klimat påverkar haven. När de blir varmare saktas havscirkulationen ner och förändrar havsströmmarna. Även nederbördsmonstren kommer att förändras, med en förstärkt skillnad mellan torra och blöta regioner. Glaciärernas, havsisens och snötäckets utbredning minskar.

De människorsakade utsläppen kommer att fortsätta förändra klimatet under hundratals till tusentals år även om de skulle minska och upphöra inom detta århundrade. Atmosfärens temperatur kommer att vara fortsatt hög, isarna kommer att fortsätta smälta och havsnivån kommer att stiga med som minst nästan en meter och som mest 3 meter. Hur stor förändringen blir beror på när och hur mycket utsläppen minskas. Det finns dock en risk att uppvärmningen går över ett visst tröskelvärde som triggar en irreversibel avsmältning av isar. Skulle Grönlandsisen smälta helt orsakar det en havsnivåhöjning om upp till 7 meter. Detta tröskelvärde ligger troligen under 4 °C uppvärmning men över 1°C, och det går ännu inte att avgöra vad tröskelvärdet är.²

¹ Naturvårdsverket (2013) FN:s klimatpanel, Klimatförändring 2013, Den naturvetenskapliga grunden - Sammanfattning för beslutsfattare

² Ibid

1.2 Effekter av klimatförändringarna i Uppsala län

Någon analys av klimatförändringar och sårbarhet har inte gjorts specifikt för Uppsala kommun. I denna rapport har analyser som gjorts för länet använts. Dessa sträcker sig fram till år 2100, det vill säga 50 år längre än den kommande översiktsplanen. Då byggnader förväntas stå i minst 100 år och stadens struktur sällan ändras när den väl har byggts är det av vikt att planeringen anpassas till det framtida klimatet redan idag. Därför beskrivs det förväntade klimatet år 2100 istället för år 2050.

Uppsala läns årsmedeltemperatur för referensperioden 1961-1990 var 5 °C. För perioden 1991-2010 har en uppvärmning om 1 °C redan observerats. Vid slutet av detta sekel kommer årsmedeltemperaturen att ha höjts till minst 7 °C, men beroende av storleken på de framtida utsläppen kan årsmedeltemperaturen år 2100 vara så mycket som 12 °C. Detta enligt beräkningar från SMHI³. Även efter år 2100 kommer klimatet att fortsätta bli varmare.

År 2009 gjordes en klimat- och sårbarhetsanalys för Uppsala län av länsstyrelsen. I denna beskrivs de förväntade klimatförändringarna i Uppsala län fram till år 2100 och dess konsekvenser. Beskrivningen av det framtida klimatet visar på samma utveckling som SMHI:s nyare analys från 2013.

- Temperaturen ökar med mellan 5-7 °C under vintern och 3-5 °C under sommaren, beroende på de framtida utsläppens storlek.
- Fram till slutet av seklet kommer vegetationsperioden att ha förlängts med upp till 100 dagar och börjar i februari istället för i april.
- Snötäckets varaktighet minskar med upp till 60 dagar fram till år 2100.
- Nederbörden vintertid ökar med mellan 20-60 % och antalet dagar med extrem nederbörd ökar med 5-10 %. Nederbörd räknas som extrem när det 7 dagar i sträck regnar mer än 10 mm/dygn. Nederbörden sommartid ökar inte, trots att vädret blir varmare.
- Den maximala byvinden bedöms stiga med 1-2 m/s och förekomsten av åska bedöms öka.

Konsekvenserna av klimatförändringarna kommer enligt analysen att påverka i princip alla samhällets sektorer, såsom kommunikationer, tekniska försörjningssystem, bebyggelse och byggnader, areella näringar, naturmiljö och hälsa. Nedan följer ett urval av konsekvenserna.

- En ökad förekomst av översvämningar i både dagvatten- och avloppssystem samt över vägar och järnvägar med effekter på bärighet och risk för ras och skred. Generellt för vägar kan sägas att problemet flyttas från tjälrelaterade skador till värme- och vattenbelastningsskador.
- Den stigande temperaturen påverkar tjälens varaktighet och pålitlighet som kan ge effekter på infrastruktur, bebyggelse och teknisk försörjning som förlitat sig på tjäl.
- Vid översvämningar och extrem nederbörd kan dricksvattentäcker förorenas med ökade humushalter och mikroorganismer. Samtidigt tilltar smittspridningen då den ökade nederbörden sprider kemiska ämnen och smittämnen från förorenad mark och gamla deponier. Detta påverkar även vattenmiljön och vattenkvaliteten.
- Häftig nederbörd och en höjning av vattennivån gör att byggnader nära strandlinjen ligger i riskzonen för översvämning och riskerar skador från ras och skred.
- Fjärrvärmenätet riskerar att drabbas allvarligt av markförskjutningar.
- Förekomsten av, samt introduktion av nya, infektionssjukdomar hos människor blir vanligare.

³ SMHI (2013) *Klimatanalys för Uppsala län*

- Skogs- och jordbruksproduktionen ökar genom en förlängd vegetationsperiod men kan drabbas av nya skadegörare och ogräs samt ställs inför nya behov av dränering och bevattning.
- Turismen väntar både möjligheter och hot i form av minskade perioder av snö, ökad sommartemperatur men med ökat tryck på vattenresurs och kvalitet.
- Den biologiska mångfalden hotas av arters förändrade utbredningsområden, förändrade miljöförhållanden, människans anpassning till det förändrade klimatet och brist på biologisk mångfald.

Det är även sannolikt att länet inom en överskådlig tid indirekt kommer att påverkas av klimatförändringarna genom de konsekvenser som uppstår i andra delar av landet och världen. Exempel på sådan påverkan kan vara klimatflyktingar, en minskning av import av grödor från vissa delar av världen samt naturkatastrofer som påverkar möjligheter att resa till vissa länder.⁴

1.3 Definition av värmebölja

Vad som uppfattas som en värmebölja beror på dels fysionomi, dels samhällets förmåga till fysiska anpassningsåtgärder men även på inlärt beteende. Sverige är ett internationellt sett kallt land och är generellt anpassat till kalla förhållanden snarare än varma. I Sverige ger värme effekter på hälsan vid internationellt sett låga medeltemperaturer. Forskare vid Umeå universitet har funnit effekter redan vid dygnsmedeltemperaturer på 22 °C⁵.

Det finns ingen allmänt vedertagen gemensam definition för värmebölja, och varma perioder kan definieras på många olika sätt. En effektbaserad definition baseras på att vissa effekter uppnås vid en viss temperatur, exempelvis att asfalten smälter, solkurvor uppstår på räls och att dödligheten ökar bland människor. En sådan definition används i en studie av Statens folkhälsoinstitut, som sett att det i Sverige finns en tröskel vid dygnsmedeltemperaturer på över 22-23 °C under minst två dygn, då dödligheten ökar mer per grad än vid lägre temperaturer⁶.

Det finns även meteorologiska definitioner. SMHI definierar värmebölja som "en sammanhängande period då dygnets högsta temperatur överstiger 25 °C minst fem dagar i sträck". WMO (Worlds Meteorological Organization) använder istället en meteorologisk definition som är relativ till platsens klimat. Denna säger att en värmebölja är "över fem dagar i sträck med en högsta dagstemperatur som är mer än 5 °C över den för årstiden normala för perioden 1961-1990".

I denna studie har material använts från en mängd källor som har använt olika definitioner. I de fall då definitionen anses vara av vikt kommer denna att anges. I övriga fall hänvisas till källan.

1.4 Ökad förekomst av värmeböljor i Uppsala

I den klimatanalys som SMHI har gjort av Uppsala län har antal sammanhängande dygn per år med medeltemperatur på över 20 °C använts som ett mått för att jämföra varma perioder. Antalet sådana dygn förväntas öka från i genomsnitt 5 om året, vilket var fallet under perioden 1961-1990, till ett snitt på 13 om året i Uppsala kommun för perioden 2069-2098. Perioden 2021-2050 visar på upp emot 8 sammanhängande varma dygn.

⁴ Länsstyrelsen Uppsala län (2009) *Klimat- och sårbarhetsanalys för Uppsala län 2009*

⁵ SMHI (2013) *Klimatanalys för Uppsala län*

⁶ Statens folkhälsoinstitut (2010) *Värmeböljor och dödlighet bland sårbara grupper*

Skillnaden är dock stor mellan de olika utsläppsscenarierna. I scenariot med högst utsläpp visas en stor variation mellan åren gällande antal sammanhängande varma dagar; efter år 2070 kan vissa år ha över 50 varma dagar i följd, men följas av år med färre än 10 sådana dagar. Samtidigt beräknas sommarmedeltemperaturen öka från 14,3 °C under referensperioden till 19 °C i perioden 2069-2098 i detta scenario, medan den i det lägsta scenariot blir 16 °C.

Samtidigt förväntas inte nederbörden för sommarperioden öka nämnvärt under seklet, och antalet dagar med torka förväntas öka med mellan 30 och 50 dagar jämfört med referensperiodens genomsnitt på 10-20 dagar.⁷

1.5 Värmeböljors effekter

De främsta negativa konsekvenserna av värmeböljor är påverkan på hälsa och dödlighet. De positiva effekterna är färre, och kan i princip begränsas till att vissa branscher tjänar på det varma vädret samt att fästingar och mygg blir färre.

Hälsopåverkan

Människors hälsa påverkas dels direkt av värmen, men även indirekt av värmens övriga effekter. Bland annat bildas ozon lättare när det är varmt, och torrt väder med torra jordtytor och fler gräs- och skogsbränder leder till ökade partikelhalter.

Vilken temperatur som är optimal varierar mellan olika platser. I Aten är dödligheten som lägst vid en dyngsmedeltemperatur på 25 °C, medan denna nivå i Sverige ligger runt 12 °C. Dödligheten ökar både vid lägre och högre temperaturer än detta. Dödsfall på grund av inre orsaker ökar generellt med 1,4 % för varje °C, men över 22-23 °C är ökningen större än så.

Kroppen är känslig för värme och förlust av vätska och salter. Redan vid 1 % vätskeförlust sänks prestationsförmågan. Är människor utsatta för värme under lång tid kan de få sjukdomar till följd av vätske- och saltbrist, och drabbas av hjärt-kärlsjukdomar då hjärtat ansträngs när det reglerar kroppstemperaturen. Vätskebrist kan ge blodproppar, då blodet flyter trögare.⁸ Andra besvär som kan uppstå till följd av värme är bland annat utmattning, illamående, sömnsvårigheter, oregelbunden andning och puls och att redan förvärvade sjukdomar blir värre⁹.

För att kunna vidta åtgärder när man är för varm, såsom att öppna ett fönster och dricka vatten, krävs att man kan uppfatta kroppens signaler rätt och har möjlighet att vidta åtgärderna. För sängliggande, funktionshindrade, små barn och psykiskt sjuka blir detta svårt. Även personer med demens och diabetes har svårare att uppfatta kroppens signaler på obehag. Det finns även mediciner som är värmereglerande, vätskedrivande och påverkar kroppens nervsystem, vilka i större utsträckning tas av äldre. Personer som redan har feber drabbas även hårdare av värmebölja.

De som drabbas i större utsträckning än andra av värmeböljor är, förutom ovan nämnda grupper, bland annat äldre, diabetiker, personer med KOL, och personer med ämnesomsättningssjukdomar såsom övervikt.

⁷ SMHI (2013) *Klimatanalys för Uppsala län*

⁸ Statens folkhälsoinstitut (2010) *Värmeböljor och dödlighet bland sårbara grupper – en svensk studie*

⁹ Laforteza, R., Carrus, G., Sanesi, G., & Davies, C. (2009) *Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(2), 97-108

Det som avgör hur hårt dessa grupper drabbas är inte endast värmen i sig. Värmeböljans längd är också av vikt. En svensk studie av dödlighet under en värmebölja har visat att dödligheten ökar kraftigt från och med dag två, och ökar för varje dag. Vid den sjunde dagen har dödligheten ökat med 20-25 procent. För personer med psykisk sjukdom är den ännu högre; 90 % på den sjunde dagen, och för personer med diabetes är ökningen 40 %. I studien visades dock att antalet dödsfall på sjukhus var mindre än den totala ökningen, vilket visar på att riskgrupper klarar sig bättre med tillsyn.¹⁰

Det är viktigt att de som tillhör dessa riskgrupper kan vistas där det är svalt. De ska undvika takvåningar, stora fönster mot söder, att bo högt upp utan hiss då det gör det mer ansträngande att ta sig ut och iväg från en het lägenhet. På markplan kan risk för inbrott göra att de boende där inte öppnar sina fönster eller kan låta dem stå öppna om natten för att få in sval luft.

En värdering utförd av Konjunkturinstitutet, där vårdkostnader, produktivetsbortfall och obehag räknats in, gör bedömningen att en person med värmerelaterad sjukdom ger kostnader på ungefär 8600 kr per dag¹¹.

Även de människor som inte tillhör ovan nämnda riskgrupper påverkas av värmen. På arbetsplatser kan för höga inomhustemperaturer medföra illamående, trötthet och huvudvärk. Detta ger en minskad arbetsprestation, ökad olycksrisk och försämrad komfort¹². Det finns dock inte några beräkningar gjorda för hur mycket produktiviteten på arbetsplatser minskar på grund av extrem värme.

Uppsalas kommande befolkning

Enligt kommunens befolkningsprognos kommer 20 % av Uppsalas befolkning att vara över 65 år 2050. Andelen som är över 80 år är 8 %. Nästan 13 000 personer kommer att vara över 85, och över 5000 personer är över 90. En stor andel av befolkningen i det allt varmare klimatet kommer därmed att tillhöra en riskgrupp år 2050.

Observerade effekter av värmeböljor

En mediainventering utförd av FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, visar på effekterna av en värmebölja som inträffade i juli 2010 såsom de rapporterats i lokaltidningar. Värmeböljan slog värst mot Skåne och Mälardalen, och studien har därmed fokuserat på dessa regioner. Inventeringen visar på att en mängd samhällskritiska sektorer påverkats under värmeböljan. Nedan följer ett urval av dessa uppdelade per sektor.

Vård och omsorg:

- Antalet vårdtagare ökade på akutmottagningarna. Dessa var främst äldre som kom in med yrsel, illamående, förvirring, andningssvårigheter och svimningar. Många patienter var trötta och allmänt påverkade. Samtidigt var personalen underbemannad på grund av sommarledigheter.
- Antalet inkommande samtal till sjukvårdsupplysningen ökade kraftigt.

¹⁰ Statens folkhälsoinstitut (2010) *Värmeböljor och dödlighet bland sårbara grupper – en svensk studie*

¹¹ Konjunkturinstitutet (2009) *Klimatanpassning i Sverige – Samhällsekonomiska värderingar av hälsoeffekter*

¹² FOI (2011) *Konsekvenser av värmeböljan i juli 2010 – En mediainventering för Skåne och Mälardalen*

- Hembesökspersonal fick det hektiskt att hinna rycka ut till äldre, som inte kunde ta sig till sjukhus då det är ansträngande att ta sig dit i värmen och väntetiderna ofta är långa.
- På många äldreboenden fanns problem med otillräcklig ventilation. Vissa boende fick inte öppna sina fönster på grund av rymningsrisk. Personalen fann värmen olidlig att arbeta i, och kände att de inte kunde uppfylla de boendes vårdnadsbehov. Yrsel bland de äldre ledde till fler fallolyckor.

På arbetsplatser:

- Byggarbetare tyckte att det var ansträngande att arbeta i hettan, och även de som arbetade inomhus i kök led av värmen.
- På en arbetsplats där stenläggning utfördes ledde torkan till att det dammade, och dammet kom in i andningsvägarna.
- På många arbetsplatser finns krav på att personalen ska ha långbyxor, vilket var besvärande i värmen.

Djur, skadedjur och bakterier:

- På många badplatser rådde badförbud på grund av förhöjd bakteriehalt.
- Bakterier som orsakar magsjuka ökade, och fler drabbades av dessa symptom.
- Hundar blir lätt överhettade, och under juli ökade trycket på djursjukhusen.
- Det finns vissa kopplingar mellan ökad mängd getingar och värme. Även bromsar, myror och flugor var fler än vanligt 2010, hos Anticimex var antalet samtal 15 % fler än sommaren innan.
- Positiva effekter var att det varma torra vädret ledde till färre fästingar, mygg och mördarsniglar.

Transporter:

- Tågtrafiken stoppades av solkurvor och isolatorer som sprack av värmen.
- I Bromma uppmättes 38 °C på en buss. Luftkonditionering saknades på många bussar och både passagerare och förare led. Bussar gick sönder varje dag och kylfläktarna klarade inte värmen.

Livsmedel:

- Små mängder bakterier i livsmedel växer ovanligt fort.
- Positiva effekter märktes för glassförsäljare, uteserveringar och bryggerier.

Säkerhet:

- Brandrisken var stor och ovanligt många bränder orsakades trots eldningsförbud.
- Inbrottstjuvar passade på att ta sig in genom fönster och dörrar som lämnats öppna nattetid.

Övrigt

- I Mälardalen ändrades inköpsbeteendet. Många handlade tidigt och sent på dagen för att undvika hettan. Affärer som hade låg inomhustemperatur såg en ökning av kunder, som kom för att svalka sig.
- Försäljningen av fläktar ökade kraftigt, och dessa tog slut i många affärer.

1.6 Urban värmeö

Med urban värmeö menas att staden är varmare än sitt omland. Denna effekt har varit känd i närmare 100 år, och kallas på engelska för "Urban Heat Island". När ytor som tidigare varit täckta av växtlighet hårdgörs förändras utbytet av värme, vatten och partiklar mellan markytan och atmosfären. Hur stor effekten blir beror på bland annat byggnadernas storlek, form och placering, byggnadsmaterial och färger samt andelen vegetation i staden. På grund av att olika områden i staden blir olika varma och svalnar olika snabbt består staden snarare av ett antal olika värmeöar, skilda åt av områden med kalluft – staden är en "värmeskärgård". Stora städer kan påverka vädersystemet för hela regioner.¹³

Värmeön är främst ett nattligt fenomen på grund av att staden kyls långsammare än sitt omland under sen eftermiddag och kväll, och av att trafik och teknisk utrustning genererar värme. Den maximala värmeöeffekten nås vanligtvis 3-5 timmar efter solnedgången. Under klara och vindstilla nätter kan temperaturskillnaden mellan staden och det omgivande landskapet uppgå till över 10 °C i stora städer. För en stad med 100 000 invånare kan värmeön uppgå till ungefär 6 °C, men även en liten stad med mindre än 1000 invånare kan utveckla en värmeö på upp till 2 °C. Effekten är som störst i centrala tätbebyggda delar, och avtar generellt i intensitet ju längre ut från centrum man kommer. Parker, vattendrag och öppna områden bildar öar av kalluft i värmeön och mildrar effekten.¹⁴

Värmeön förstärker värmeböljors effekter genom att göra dem längre, varmare och öka värmestressen hos stadens invånare. Värmestressen ökas speciellt för dem som bor i täta områden med låg andel grönska och på översta våningen i flerbostadshus, som generellt är varmare. De som bor i sådana områden utsätts för värmestressen hela dygnet eftersom staden inte svalnar, medan de som bor utanför staden och i svala områden däremot kan återhämta sig under natten och därmed klarar av värmen bättre.

I kalla klimat minskar energianvändningen på vintern av den urbana värmeön, eftersom värmebehovet minskar, liksom behovet av snöplöjning, skottning och sandning. Även köldstressen hos människor minskar. Om sommaren däremot ökar värmeön användningen av komfortkyla, vilket är energikrävande och leder till ökad energikonsumtion och ökade utsläpp, och därmed spår på problemets orsak; klimatförändringarna. Dessutom blir eldrivna kylanläggningar varma och transporterar ut varmluft ur byggnaderna till utomhusmiljön, vilket förstärker värmeön ytterligare.

För att kyla luft används ofta elenergi, vilket har en hög energikvalitet. För att värma luft kan energi med en lägre kvalitet användas, såsom termisk energi från en värmepump eller från fjärrvärme. Att värma luften en grad är alltså att föredra framför att kyla den en grad. Vissa åtgärder för att minska värmeö-effekten kan ge ett ökat värmebehov på vintern, men detta är lättare att tillgodose än ett ökat kylbehov. I Sverige är dessutom människor generellt sett mer tåliga för köldstress än för värmestress.

Simuleringar har visat att elförbrukningen för att kyla byggnader kan stiga med 2-4 % för varje grad som temperaturen ökar. En värmeö på 2,5 °C, vilket är rimligt för en stad av Uppsalas storlek, ger alltså en ökad energianvändning om 5-10 % i byggnader¹⁵.

¹³ Elmqvist, Thomas, Michail Fragkias, Julie Goodness, Burak Güneralp, Peter J. Marcotullio, Robert I. McDonald, Susan Parnell, et al. (2013) *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities: A global assessment*. Dordrecht: Springer Netherlands

¹⁴ FOI, Göteborgs universitet (2012) *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*

¹⁵ FOI, Göteborgs universitet, *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*

Värmeön kan minskas genom en rad åtgärder. De kan grovt kategoriseras som antingen åtgärder som sänker temperaturen utomhus med hjälp av avdunstning, åtgärder som sänker temperaturen ute genom att reflektera bort mer solinstrålning, och åtgärder som sänker temperaturen inuti byggnader.

Termisk komfort

Den termiska komforten hos en människa bestäms av temperaturutbytet mellan kroppen och dess omgivning. Det här energiutbytet styrs av temperatur-, fuktighets-, vind och strålningsförhållanden, liksom av personliga parametrar såsom aktivitet, klädsel, längd, vikt och kön. Det finns dock fler aspekter som spelar in för hur vi upplever vädret. Psykologiska processer såsom kunskap, erfarenhet, attityd, förväntningar, övertygelse, preferenser och upplevd kontroll påverkar också, liksom kulturella processer såsom regler, normer och värderingar. Studier har visat att dessa processer förklarar cirka 50 % av hur vi upplever vädret.

1.7 Stadsstrukturer och värme

Olika typer av stadsstrukturer och bebyggda miljöer påverkar, och påverkas av värmeön i olika stor utsträckning. Detta beror främst på andelen grönska, hur byggnaderna skuggar varandra och materialen som används.

Kvartersstaden

Kvartersstaden utgörs av byggnader med flera våningar som sitter ihop i kvarter. De bildar gatukanjoner som är relativt smala i förhållande till höjden på husen. Andelen gröna och genomsläppliga ytor är liten, och trafiken kan vara relativt hög. Denna typ av bebyggelse finns ofta i stadens centrum och är den varmaste delen av staden på natten. Den höga andelen hårdgjorda ytor i kombination med att värme utsöndras dels från byggnader på grund av uppvärmning och elektriska apparater och dels från biltrafik, samt att gatorna är smala och värmen studsar mellan byggnaderna, gör att dessa områden blir varmare och svalnar långsammare. Detta är positivt på vintern, då gatorna erbjuder en miljö som skyddar från vinden, är varmare och behagligare och minskar uppvärmningsbehovet. På sommaren svalnar dock inte kvartersstaden lika mycket som omlandet och områdena längre ut i staden, vilket ökar



Innerstaden. Bildkälla: Eniro

värmestressen nattetid för de som bor där. Värmeön i de centrala delarna kan uppgå till ungefär 2-4 grader nattetid jämfört med omlandet i en stad av Uppsalas storlek.

Djupa gatukanjoner i nord-sydlig riktning solbelyses endast en kort tid mitt på dagen när solen står som högst, och får därmed högre yt- och lufttemperaturer mitt på dagen men låga under tidig

morgon och sen eftermiddag. På morgonen kan staden vara svalare än omlandet på grund av detta. Gator i öst-västlig riktning däremot är solbelysta under stora delar av dagen och kan bli väldigt varma. Under klara somrardagar kan temperaturskillnaden vara uppåt 20 °C mellan en stadskanjon i skugga och en solig öppen plats. En solig gata kan dock vara upp till 9 °C varmare än en solig öppen plats, då gatans omgivande fasader håller kvar kort- och långvågig strålning¹⁶.

Hur breda gatorna är i förhållande till sin höjd är en viktig parameter. Detta påverkar dels solinstrålningen, men även vindförhållandet på gatan. En smal gata i förhållande till byggnadernas höjd innebär stor skuggning, men även att luften inte kan cirkulera i samma utsträckning som på en bred gata. Detta kan förvärra problem med luftföroreningar och gör att gatan svalnar långsamt. En bred gata ger ett gott luftombyte, men kan däremot innebära att utomhusmiljön blir för blåsig för att vara bekväm att vistas på, speciellt på vinter och höst. Dessutom når mer solinstrålning fasaderna, vilket förvärrar värmen om sommaren. Fördelen med bredare gator är att de kan planteras med träd, vilka skyddar från solen om sommaren men inte förhindrar soluppvärmning om vintern.

Andra problem med denna typologi är att den stora andelen hårdgjorda material lagrar värme, den låga andelen grönska gör att dess svalkande effekt är begränsad, och det finns begränsat med plats att föra in mer grönska.

Gatukanjonerna kan fungera som vindstråk och därmed ge större luftomblandning om de planeras rätt i förhållande till vindmönstren i staden. Detta gäller speciellt långa, raka stråk. Om gatorna böljar fram eller går i sick-sackar stoppas vinden, och luften blir stillastående. Värmen blir då kvar och kan inte transporteras bort om natten.

Eftersom bebyggelsen är sval om dagen men varm om natten är den mer lämpad för verksamheter med aktivitet dagtid än för bostäder.

Sammanfattning: Kvarterstaden är sval på dagen men varm på natten. Gatorna kan både hindra vinden och förstärka den, beroende på riktning och utformning. Den höga andelen hårda material med hög värmelagringsförmåga och den låga andelen grönska är de största problemen.



Till vänster Flogsta höghus, till höger Studentvägen. Bildkälla: Eniro

Höghusområden

Med dessa områden menas fritt stående höga hus i en grön miljö, såsom Flogsta höghus och Gottsunda. Husen sitter inte ihop i kvarter utan står fritt med gott om utrymme emellan. Andelen

¹⁶ FOI, Göteborgs universitet, *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*

grönyta är ungefär lika stor som andelen hårdgjord markyta. Byggnaderna skuggar inte varandra under större delen av dagen och vinden hindras inte i samma utsträckning som i kvartersstaden.

I denna typ av miljö bildas också en värmeö på ett par grader, men den är betydligt mindre än i kvartersstaden nattetid. Detta främst på grund av den högre andelen växtlighet som sänker temperaturen, och att värmen inte hålls kvar mellan husen i samma utsträckning¹⁷. Dessa områden är alltså väl lämpade för bostäder, eftersom de blir svala nattetid och de boende då får sin nattliga återhämtning.

Villastad

Husen är fritt liggande och låga, med gott om grönyta kring respektive hus. Andelen hårdgjorda ytor är låg. Husen skuggar inte varandra och de svalnar snabbt av om natten eftersom värmen inte hålls kvar. Det genereras knappt någon värmeö i dessa områden, men de påverkas ändå av den då vindar med varm luft från intilliggande områden kan höja temperaturen.



Sunnersta och Norby. Bildkälla Eniro

Industrilandskap

Industriområden, såsom Boländerna och Librobäck, kännetecknas av stora men låga byggnader, och väldigt hög andel hårdgjorda ytor. Skuggningen av byggnader och markbeläggning är i princip obefintlig. Området kan bli många grader varmare än omgivande landsbygd om dagen, mikroklimatet på en parkeringsplats kan vara tiotals grader varmare än över gräsytor, och värmeön om natten är runt 1 °C. På grund av att värmen inte hålls kvar mellan byggnaderna kan området svalna snabbt, men eftersom ytorna blir så varma på dagen



Boländerna. Bildkälla: Eniro

¹⁷ I. D. Stewart and T. R. Oke (2012) *Local Climate zones for urban temperature studies* Bull. Amer. Meteor. Soc., 93, 1879–1900

och har hög värmelagringskapacitet bildas ändå en värmeö. Den varma luften som bildas i dessa områden om dagen kan föras bort med vinden till andra områden i staden och förvärma värmestressen där. Byggnadernas vidsträckta tak och det faktum att området blir så varmt gör att behovet av luftkonditionering är stort.

Park och skog

Skog och park med stora, täta träd: Områden som är tätt bevuxna av stora träd håller sig svala om både dagen och natten. Dock håller trädkronorna kvar luften om natten, och de blir då inte lika svala som öppna ytor.

Park med glesa träd: Dessa områden blir svalare om natten eftersom träden inte håller kvar värmen i samma utsträckning, men blir varmare på dagen.



Engelska parken – storvuxna träd som ger tät skugga

Gräsytor och åker

Dessa områden kan bli 2,5-3 °C svalare på natten än stadens medeltemperatur, tack vare ohindrad avsvälning och att växternas transpiration sänker temperaturen¹⁸. De bildar betydande svala öar om natten i staden. Även om dagen är gräsytor svalare än hårdgjorda ytor.

Det är viktigt att poängtera att detta inte gäller konstgräs eller andra underlag av gummi eller plast. Konstgräs har inte gräsets värmesänkande effekt om dagen, utan blir till och med varmare än asfalt i solen. Under samma soliga dag uppmättes yttemperaturer för olika ytor. Levande gräs var 25,5 grader varmt, asfalt 43 grader och konstgräs 47,2 grader. Under en dag med 37-gradig värme uppmättes en lufttemperatur om 59 grader på en konstgräsplan¹⁹. Dessutom tillverkas konstgräs av fossila material, avger hälsofarliga kemikalier och mikropartiklar och har inte en vanlig gräsmattas naturliga vattenfiltrerande och -hållande egenskaper. Konstgräsplaner utgör alltså varma öar dagtid.

Sammanfattning

Den bebyggda områdestyp som är minst känslig för värmeön är villastaden, medan den mest utsatta miljön är industriområdet. Hur den täta bebyggelsen påverkas beror på utformningen, då graden av täthet, vinkeln i förhållande till solen och lokala vindförhållanden avgör hur varm bebyggelsen blir vid olika tider på dygnet. Kvartersstaden är svalare på dagen, förutsatt att gatukanjonerna ligger i skugga, men kan även bli väldigt varm om de är soliga. Fritt stående höga hus är mindre känsliga tack vare bättre luftomblandning och mer grönska, men påverkas ändå.

De områden i Uppsala som bör ha störst problem med värme är därmed Boländerna, Kungsängen, Fyrislund och Librobäck. Det bostadsområde som lär bli varmest är innerstaden, på grund av den låga andelen grönska. Även bostadsområdena intill Boländerna och Fyrislund kan påverkas av varma vindar. Vilka områden som räknas som problemområden och bör åtgärdas beror dock på vilken negativ konsekvens som ska undvikas. Gällande hälsorisker och risk för dödsfall bör bostadsområden där många äldre bor prioriteras. För att minska energibehovet är industriområden mer angelägna, då dessa använder komfortkyla i stor utsträckning.

¹⁸ I. D. Stewart and T. R. Oke, *Local Climate zones for urban temperature studies*

¹⁹ State of New York, Department of Health (2008) *Factsheet: Crumb-Rubber Infilled Synthetic Turf Athletic Fields*

2. ÅTGÄRDER

I denna del presenteras åtgärder som sänker temperaturen i staden, bidrar med ett behagligare inomhus- och utomhusklimat under varma perioder och minskar den urbana värmeöen. Åtgärderna berör främst olika sorters grönska, olika material för tak och markbeläggningar samt sätt att reglera inomhustemperaturen.

2.1 Grönska

Generellt är en ökad andel grönska i staden en populär och väldokumenterat effektiv åtgärd för att minska värmeöen och mildra värmeböljor. Andelen grönska kan ökas på olika sätt, och olika metoder har olika fördelar. Dessa specifika fördelar kommer att beskrivas i respektive avsnitt för de olika metoderna. I detta avsnitt behandlas de gemensamma egenskaperna för grönska.

Vegetationens kylande egenskaper

Växtlighet sänker temperaturen under de varma månaderna genom dels skuggning och dels genom att absorbera värme från luften genom evapotranspiration, speciellt under perioder med låg luftfuktighet. Vatten som avdunstar från växterna absorberar värme från luften för att kunna byta form från flytande till gas, och sänker därmed temperaturen. Växter absorberar även vatten genom sina rötter och släpper ut det genom bladet, kallat transpiration. Tillsammans benämns dessa processer evapotranspiration.

Bladen reflekterar solljus och skuggar ytan under som annars skulle ha absorberat värmen, såsom byggnader och gator. Dessa blir därmed inte fullt så varma och avger inte lika mycket värme under natten. Om sommaren når endast 10-30 % av solljuset marken under ett trädets krona, medan resten antingen reflekteras tillbaka upp i atmosfären eller absorberas av löven för fotosyntes. Även på vintern skuggar trädet 10-30 % av markytan, trots att det inte bär löv. Vintergröna träd skuggar så mycket som 80 % även på vintern. Studier av hus som skuggats av träd visade en minskning av yttemperaturerna med 11-25 °C på tak och väggar jämfört med solbelysta ytor²⁰. Mätningar har visat att maxtemperaturerna för luften i trädgångar är 5 °C svalare än i öppen terräng, och luften över gräsplaner är 1-2 °C svalare än över intilliggande hårdgjorda ytor²¹.

Att öka andelen grönska i staden kan ge stora effekter. Amerikanska förorter med fullvuxna träd har uppmätts vara 2-3 °C svalare än nybyggda förorter som saknar stora träd²², och i ett tempererat klimat kan en ökning om 10 % av den gröna infrastrukturen minska dygnsmedeltemperaturen med 2,5 °C i en stadskärna. I en jämförelse av kontorsbyggnader i England upptäcktes att byggnader i områden med mycket grönska inte behövde använda luftkonditionering för att hålla

²⁰ United States Environmental Protection Agency (2008) *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

²¹ Ibid

²² Ibid

inomhustemperaturen under 24 °C, medan byggnader i områden som saknade grönska var beroende av luftkonditionering för att klara det²³.

Synergier

Att öka andelen grönska i städer är inte bara positivt för att mildra värmen, utan har en rad andra fördelar.

Hälsa: Det finns stora belägg för sambanden mellan grönska, hälsa och välmående. Kontakt med natur och grönska visar på snabbare återhämtning efter operation, minskar stress och ger en snabbare psykisk återhämtning än stadslandskap²⁴.

Människor som bor nära parker promenerar mer och tränar mer, och de som ofta besöker parker uppvisar bättre hälsa, högre aktivitetsnivåer och kan slappna av fortare²⁵. Människor har lättare att koncentrera sig och får lägre blodtryck av att vistas i naturliga miljöer. Barn mellan 7-12 år med koncentrationssvårigheter fick minskade svårigheter efter att ha deltagit i aktiviteter i grönområden. Ju grönare barnens lekmiljöer var, ju mindre blev koncentrationssvårigheterna²⁶.

Sambanden mellan grönska, hälsa och välmående har dessutom visats vara ännu starkare för socialt utsatta människor. Undersökningar i socialt utsatta områden i Chicago har visat att grönska bidrar till psykisk återhämtning, självdisciplin, reducerar aggression och sänker brottsligheten. En undersökning av stressnivåer hos långtidsarbetslösa i England visade att de som bodde i områden med högre andel grönska visade lägre nivåer av kortisol än människor i samma situation som bodde i områden med lägre andel grönska²⁷.

Nöjda invånare: Bostadsområden med grönska har nöjdare invånare^{28 29}, och de interagerar mer med varandra. Dock kan vildvuxna grönytor som inte underhållits ordentligt ge en ökad rädsla för brottslighet.

Studier har visat att lägenheter som har utsikt mot träd och gräsytor gör att invånarna klarar av problem i livet bättre och gör att spänningar inom familjen minskar då den mentala tröttheten var mindre³⁰.

Stärkta ekosystem: En grön infrastruktur i staden ger bättre förutsättningar för diversitet, och ökar ekosystemens motståndskraft och produktivitet³¹.

²³ Cameron, Ross WF, Jane E. Taylor, and Martin R. Emmett. (2014) *What's "cool" in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls.* Building and Environment 73: 198-207.

²⁴ Laforteza, R., Carrus, G., Sanesi, G., & Davies, C. (2009). *Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress.* Urban Forestry & Urban Greening, 8(2), 97-108

²⁵ Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). *Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review.* Landscape and urban planning, 81(3), 167-178.

²⁶ Ibid

²⁷ Ward Thompson, C., Roe, J., Aspinall, P., Mitchell, R., Clow, A., & Miller, D. (2012). *More green space is linked to less stress in deprived communities: Evidence from salivary cortisol patterns.* Landscape and Urban Planning, 105(3), 221-229

²⁸ Laforteza et al

²⁹ Tzoulas, K., et al

³⁰ Tzoulas, K., et al

³¹ Tzoulas, K., et al

Luftkvalitet: Växter tar upp luftföroreningar både i form av partiklar och gaser och oskadliggör dessa³². Bättre luftkvalitet ger hälsovinster och minskar en mängd sjukdomar.

Klimat: Växter, och träd i synnerhet, binder och lagrar koldioxid och motverkar därmed växthuseffekten.

Konflikter

Grönska kräver generellt ett visst utrymme, underhåll och en viss ekonomisk investering. En ökad mängd grönska i staden ökar vattenbehovet.

Fördelar

Grönska har många synergieffekter, och är oftast en kostnadseffektiv lösning.

Nackdelar

Generellt kräver grönska skötsel och underhåll. Dessutom krävs en god utformning för att exempelvis träd och buskage inte ska utgöra hinder, att platser inte upplevs som otrygga, och för att platsen ska kunna utnyttjas på ett optimalt sätt av olika grupper och för olika ändamål. Växter måste även väljas med omsorg så att de passar de lokala förhållandena och inte orsakar besvär, såsom att rötter skadar asfalt eller att bilar som står parkerade under träd blir klibbiga och skräpiga.

Sammanfattning: Grönska

Effekt sommarhalvåret

Beroende på mängd och typ kan grönska sänka städer och platsers temperaturer med flera grader.

Effekt vinterhalvåret

Grönska kan leda till ökad skuggning och ökat uppvärmningsbehov vintertid. Se respektive stycke.

Synergier

Bättre luftkvalitet, minskat buller, bättre fysisk och psykisk hälsa, naturlig dagvattenhantering, ökning av fastighetspriser och attraktivitet, stärkta ekosystemtjänster, ökad biologisk mångfald, lagring av koldioxid

Konflikter

Utrymmeskrävande, ekonomiska resurser för underhåll och anläggning, vattenbehov

Övriga fördelar

Kostnadseffektivt

Övriga nackdelar

-

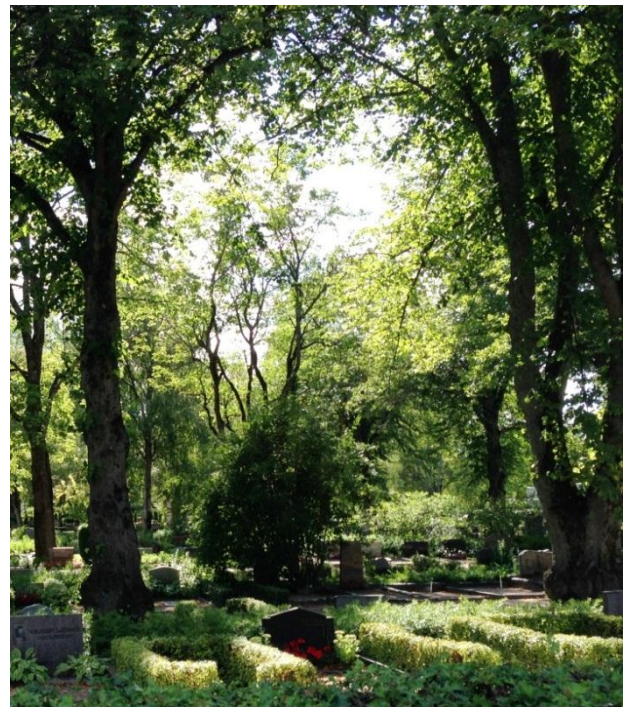
³² United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

2.2 Grönområden

Parker och bostadsnära skogar är i allmänhet svalare än den omgivande bebyggelsen, såväl dagtid som nattetid. Temperaturskillnaderna är dock generellt sett något större under natten än på dagen. Grönområden med många och stora träd och hög markfuktighet tenderar därför att vara svalare under dagen jämfört med öppna gräsbevuxna parker med låg markfuktighet. På natten kyls däremot parker med många stora träd långsammare, eftersom träden minskar den utgående långvågiga strålningen genom att blockera delar av himlen. Markfuktigheten är också viktig under natten, eftersom den påverkar markens förmåga att lagra värme. Hög markfuktighet innebär ökad värmekapacitet, vilket minskar avkylningen³³.

Skillnaden i temperatur mellan två närliggande ytor skapar en tryckskillnad som i sin tur genererar en svag luftrörelse. Skillnaden mellan en park och den omgivande bebyggelsen kan alltså ge en bris, vilket under en värmebölja kan vara positivt³⁴.

Studier av parkers temperatursänkande effekt visar att temperaturen i en park är i snitt 1 °C svalare på dagen, och 1,15 °C på natten, jämfört med intilliggande ytor³⁵. Effekten varierar beroende på hur stor del av parken som täcks av träd och hur stor del av markytan som är täckt av gräs och annan växtlighet, medan en stor andel hårdgjorda ytor gav högre temperaturer. Skillnader mellan en park och ett bebyggt område är i snitt 2 °C³⁶, men stora parker har större effekt än små och kan vara så mycket som 4-5 °C svalare än bebyggelsen³⁷. En studie i Göteborg visade att den största av stadens parker, som är 156 hektar stor, kylde sin omgivning upp till en kilometer från parken³⁸. Små parkers kylande effekt sträcker sig däremot endast ett tiotal meter in i bebyggelsen, medan större parkers kyleffekt sträcker sig några hundra meter bort.



Det är inte bara traditionella parker som bidrar med grönska. Här visas Gamla kyrkogården, som svalkar staden med sin lövskugga.

Synergier

Träd skyddar från solstrålningens skadliga effekter för hud och ögon, och är därför ett bra skydd på exempelvis lekplatser, skolgårdar, idrottsplatser och utomhusgym där människor och speciellt barn vistas ute under lång tid och antränger sig fysiskt under varma perioder. Detta blir ännu viktigare i ett varmare klimat ur en folkhälsoaspekt. Under varma perioder blir det viktigt med väl skuggade platser för idrott, motion och rekreation för stadens invånare.

Parker har dessutom en mängd andra positiva fördelar, då de erbjuder plats för möten, lek och motion. Se avsnittet "grönska" för en beskrivning av fler positiva synergier.

³³ FOI, Göteborgs universitet, *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*

³⁴ Ibid

³⁵ Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010) *Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence*. *Landscape and urban planning*, 97(3), 147-155.

³⁶ Ibid

³⁷ FOI, Göteborgs universitet, *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*

³⁸ Bowler et al, *Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence*

Stora parker är viktiga biotoper och värdefulla delar av den gröna infrastrukturen.

Konflikter

Allt fler människor vill bo i städer, och tillgången på mark är begränsad. Befintliga grönytor är attraktiva områden att bygga bostäder och lokaler i, och oexploaterad mark används till byggande istället för grönytor.

Skuggiga parker erbjuder behaglig temperatur under varma perioder, men under resten av året kan de vara för kalla för att användas i större utsträckning. Därmed är det inte lämpligt att trädtaget är tjockt i hela parken, utan att även andra öppnare miljöer finns att tillgå.

Övriga nackdelar

Om inte parkerna underhålls och utformas på lämpligt sätt kan de upplevas som otrygga.

Den kylande effekten blir större ju parken är, vilket betyder att små parker har en begränsad effekt på temperaturen.

Det är svårt att skapa nya större parker i befintlig stadsmiljö.

Sammanfattning: Parker

Effekt sommarhalvåret

I parken: 1-5 °C. I staden: 1-4 °C, upp till 1000 meter bort.

Effekt vinterhalvåret

Ingen speciell effekt på temperaturen.

Synergier

Erbjuder svala och attraktiva platser för motion, rekreation och umgänge. Träd skyddar huden mot solstrålningen, vilket gör parker lämpliga att kombinera med idrott, motion och lek. Stora parker är en viktig del av den urbana gröna infrastrukturen. För fler synergier, se avsnittet "grönska".

Konflikter

Begränsat utbud av mark i staden – konflikt med bostadsbyggande.

Övriga fördelar

-

Övriga nackdelar

Kan upplevas som otrygga utan lämpligt underhåll och utformning. Små parker har begränsad temperatursänkande effekt. Svårt att skapa nya parker i befintlig miljö.

2.3 Gatuträd

Enskilda träd i den byggda miljön kan ha stor inverkan på temperaturerna. Simuleringar för ett handelsområde i Manchester visade att en ökning av ytan som täcks av fullvuxna lövfällande träd med 5 % skulle sänka yttemperaturerna i området med i snitt 1 °C. Skulle däremot all växtlighet tas bort i området, som i nuläget var täckt till 20 % av träd, och ersättas med asfalt, skulle lufttemperaturerna öka med 3,2 °C.

Yttemperaturen under ett träd kan vara tiotals grader svalare än för omgivande soliga ytor. Skillnaden i lufttemperatur är dock endast någon grad, men den upplevs av människor som 15 °C då strålningstemperaturen under trädet är mycket lägre³⁹. Den kylande effekten kan nå uppåt 100 meter från trädets krona⁴⁰. Gatuträd har därmed stor inverkan på värmestressen för fotgängare och cyklister, och stadsområden med många träd är generellt svalare tack vare trädens skuggor och evapotranspiration⁴¹.

Hur mycket som ett gatuträd skuggar beror på hur de är planterade och dess storlek, form och art. För att ge maximal skugg- och kyleffekt kräver trädet god vattentillgång och -kvalitet, goda jordförhållanden och utrymme för rötterna att växa. Träd som inte får tillräckligt med utrymme och vatten växer sig inte lika stort, och vid torka kan delar av kronan dö. Sorter som trivs bra i stadens varma, torra och förorenade klimat bör väljas⁴². Även det som finns på marken under trädet spelar roll. Studier har visat att enskilda träd med gräs på markytan under trädkronan sänkte temperaturen mer än träd vars markyta var hårdgjord⁴³. Området runt stammen kan alltså med fördel planteras med marktäckare istället för att lämnas bart.

För att inte hindra gatan från att svalna på kvällen, och inte hindra bortventilationen av luftföroreningar, bör inte trädkronorna sträcka sig över hela gatan⁴⁴. Istället bör sorter med smala trädkronor väljas. Dessa skyddar fotgängarna och husfasaderna från solen under dagtid utan att hindra luftflödet.



Överst ett gatuträd med gott om marktäckare kring stammen och stor krona. Underst två gatuträd på Syssemansgatan vars kronor dött i toppen och som inte skuggar någon större yta. Troligen har de fått för lite vatten eller utrymme.

Synergier

Träd som kantar en gata kan minska buller med 3-5 decibel, och tjockare bälten med fullvuxna träd kan ha dubbla effekten⁴⁵.

³⁹ FOI, Göteborgs universitet, *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*

⁴⁰ Cameron et al

⁴¹ Bowler et al

⁴² FOI, Göteborgs universitet (2012) *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*

⁴³ Bowler et al

⁴⁴ Gómez, F., Cueva, A. P., Valcuende, M., & Matzarakis, A. (2013). *Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiological equivalent temperature (PET)*. *Ecological Engineering*, 57, 27-39.

⁴⁵ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

Gatuträd kan minska belastningen på dagvattennätet, då de fördröjer och absorberar dagvatten. Effekten är dock som störst vid mild nederbörd, och ger ingen större effekt vid kraftig sådan. Trädens växtbäddar kan dock utformas för att hålla stora mängder med vatten och fungera som en buffert, och längs med vägar kan träden sättas i svackdiken som kan leda bort stora mängder vatten vid kraftiga skyfall. Detta gynnar träden, och det kommer att bli viktigare allt viktigare med stora, vattenhållande växtbäddar i framtiden för att förhindra att träden drabbas av torka.

Områden med gatuträd upplevs som trevligare och fastighetspriserna ökar. Träden sänker temperaturerna i byggnaderna intill genom att skugga fönster, fasader och tak, vilket kan leda till ett minskat behov av luftkonditionering.

Bilar som parkeras längs gator med träd blir inte lika varma, vilket minskar risken att farliga ämnen förångas från tanken. Dessa ämnen ökar bildandet av marknära ozon. Dessutom absorberar vegetationen ozon och bidrar till lägre marktemperaturer.

Träd kan även skydda gator och trottoarer från slitage på grund av UV-strålning, regn och blåst.

Attraktivare handelsområden: I en undersökning av amerikanska shoppingsområden i innerstäder visades att människor föredrog verksamhetsområden med gatuträd framför områden som saknade det. Området utan träd beskrevs som "tråkigt" och "bart", medan området med träd beskrevs som "trevligt" och "välkomnande" och gav ett intryck av att vara bättre omhändertaget. Deltagarna i undersökningen rankade området med träd högre för estetisk kvalitet, komfort, gav mer positiv interaktion med handlarna, de var villiga att betala mer för områdets produkter och en högre parkeringsavgift. De var även villiga att resa längre för att komma dit, stanna längre och besöka området oftare ⁴⁶.

Konflikter

De kräver ett visst utrymme, vilket det kan vara ont om på stadens gator, och konkurrera om utrymme för t ex cykelbanor. På vinterhalvåret kan skuggor från träden leda till ett visst ökat energibehov för uppvärmning. Ett träd utan löv reducerar solinstrålningen med ungefär 45-53 %, att jämföra med 95-99 % med löv⁴⁷.

Övriga nackdelar

Rötterna kan förstöra beläggningen om inte trädet planteras korrekt eller är av en lämplig sort. Lövfällning innebär underhållskostnader och blöta löv är en halkrisk. Träd kräver underhållskostnader för beskärning, bevattning av unga träd och för anläggning och borttagning. Dock har livscykelanalyser visat att stadsträd innebär vinster som är ännu större än sina kostnader⁴⁸. Fallande grenar vid storm kan vara en säkerhetsrisk för människor och fastigheter.

Sammanfattning: Gatuträd

Effekt sommarhalvåret

1-3 °C för hela staden, upp till motsvarande 15 °C i termisk komfort för en gångtrafikanter

⁴⁶ Wolf, K. L. (2003). *Public response to the urban forest in inner-city business districts*. Journal of Arboriculture, 29(3), 117-126.

⁴⁷ FOI, Göteborgs universitet (2012) *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*

⁴⁸ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

Effekt vinterhalvåret

Ej kvantifierat. Trädarter med gles krona skuggar mindre om vintern.

Synergier

Skyddar trottoaren från slitage, bidrar till trevligare och behagligare miljö för oskyddade trafikanter, kan ge högre fastighetspriser, fördröjer regnvatten, sänker energiförbrukning i intilliggande fastigheter, sänker buller, binder partiklar och tar upp vissa luftföroreningar. För fler positiva effekter, se avsnittet "grönska".

Konflikter

Kräver ett visst utrymme i gatan. Kan förhindra bortventilering av luftföroreningar om trädkronorna täcker hela gatan. Kan leda till ett något ökat uppvärmningsbehov.

Övriga fördelar

Livscykelanalyser visar att gatuträd är mycket goda investeringar.

Övriga nackdelar

Kan förstöra gatubeläggning. Kräver underhåll. Blöta löv kräver omhändertagande och är en halkrisk. Fallande grenar kan utgöra en säkerhetsrisk. Träd får inte plats på alla gator.

2.4 Gröna tak

Gröna tak är ett samlingsbegrepp för tak som är täckta av ett lager med vegetation. Vegetationen kyler taket genom dels evapotranspiration och dels genom att reflektera solinstrålningen. Gröna tak har ett högt albedo och kyler lika effektivt genom reflektion som det ljusaste möjliga vita tak.

I ett bebyggt område kan tak utgöra så mycket som 32 % av den horisontella ytan⁴⁹, och takens färg, material och byggteknik påverkar hur varma byggnaderna blir av solen. På sommaren kan ett solexponerat svart tak nå temperaturer på 80 °C, medan ett grönt tak under samma omständigheter endast blir 27 °C varmt⁵⁰. Värmen från taket tränger ner i byggnaden och värmer denna. En studie som utförts i Toronto har visat att uppvärmningen genom taket på sommaren är 70-90 % lägre för ett grönt tak än för ett motsvarande vanligt tak, och värmeförlusten är 10-30 % lägre under vintern på grund av växtlighetens isolerande effekt⁵¹.

Även under natten fortsätter värmen från ett vanligt tak att tränga ner i och värma byggnaden, och förstärker därmed värmeöen. Gröna tak däremot blir inte lika varma under dagen och sänker snarare temperaturen under natten. Luften ovanför taket blir signifikant lägre efter solnedgången på grund av evapotranspirationen och växterna fortsätter att kyla luften under natten. Därmed minskas värmeöen av gröna tak. Om taket är blött kyls även själva byggnaden ner på grund av avdunstningen.

I en studie användes en modellering av Toronto för att undersöka hur mycket temperaturen i staden kunde sänkas med hjälp av gröna tak. Om 50 % av de tillgängliga ytorna i centrala staden

⁴⁹ Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R.R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K.K.Y. & Rowe, B. (2007) *Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services*, Bioscience, vol. 57, no. 10, s. 823-833

⁵⁰ Castleton, H.F., Stovin, V., Beck, S.B.M. & Davison, J.B. (2010) *Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit*, Energy & Buildings, vol. 42, no. 10, s. 1582-1591

⁵¹ Castleton et al

konverterades till gröna tak skulle hela staden bli 0,1-0,8 °C svalare. Skulle dessa tak bevattnas blev effekten omkring 2 °C, och påverkade hela regionen⁵².

I Tyskland är 14 % av alla platta tak gröna, en utveckling som delvis drivits på av byggnadsföreskrifter.

Energibesparing

I rummen på översta våningen i hus med gröna tak sänks temperaturen väsentligt under soliga dagar, och effekten kan uppmätas i upp till tre våningar nedanför. På grund av temperatursänkningen kan energianvändningen för luftkonditionering sänkas. Dessutom kan systemet arbeta effektivare, eftersom utomhustemperaturen sänks av det gröna taket. Då luftkonditionering kyler inomhusluften genom att föra ut den varma luften höjs utomhustemperaturen när det är varmt inne, vilket gör staden ännu varmare. Gröna tak kyler de övre våningarna, och minskar alltså mängden varm luft som förs ut.

Gröna tak kan även göra att passiva ventilationssystem kan användas en längre period av året, då både inomhus- och utomhustemperatur sänks av taken, och sänker därmed energiförbrukningen då passiva system inte kräver någon el. För mer om passiv kylning, se avsnittet "komfortkyla".

Vegetationen på gröna tak har en viss isolerande effekt, och har visats sänka energianvändningen väsentligt för både kylning och uppvärmning när dessa har anlagts på byggnader som tidigare inte hade någon god isolering. Effekten blir dock klart mindre för hus som redan tidigare haft bra isolering. Det saknas tyvärr studier som är överförbara på svenska förhållanden, men i en engelsk studie konstateras att äldre engelska hus som saknar isolering kan tjäna mycket på att byta ut sina gamla tak mot gröna tak tack vare denna effekt⁵³. Gröna tak är dock inte en ersättning för isolation, utan ska användas i kombination med detta.

Olika typer av gröna tak

Det finns två huvudtyper av gröna tak och en glidande skala dem emellan.

Extensiva tak är vanligast och är de som vanligen är undersökta i studier. Dessa tak är enklare, tunnare och lättare, och består vanligen av sedumväxter. Dessa har korta rötter, är självgenererande och behöver inte mycket skötsel. Sedumväxter lagrar vatten i sina blad vilket gör dem motståndskraftiga mot torka och brand. Plantorna växer i ett medium som är mellan 5 och 15 cm tjockt, och är framtaget för att vara lätt men ändå hålla vatten och näring. Extensiva tak kan läggas med en lutning på över 30°. De är kostnadseffektiva och kan anläggas på de flesta byggnader utan att behöva förstärka taket ytterligare för att klara vikten.⁵⁴

Eftersom växtligheten minskar temperatursvängningarna och skyddar materialet under från UV-strålar så håller taket längre än konventionella tak, och kräver mindre skötsel i längden bortsett från ogrärensning då och då. Dock är den inledande kostnaden relativt stor, och extensiva tak blir 10-14 % dyrare under en 60 års livstid än ett konventionellt tak. Dock kan ett stigande elpris göra vinsten större, och gröna tak har många andra fördelar som ger samhällsekonomiska vinster.

⁵² United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

⁵³ Castleton et al

⁵⁴ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

Intensiva tak liknar en vanlig trädgård eller park, och kan innehålla träd, buskar och odlingar. De anläggs oftast för att skapa en rekreationsyta för människor. Intensiva tak är betydligt dyrare då de är tyngre och mer komplicerade att anlägga, men sparar även mer energi genom sin isolerande effekt. Dessutom höjs ofta värdet på fastigheten om det finns en trädgård att tillgå. Intensiva tak kräver skötsel och bevattning. Kyleffekten kan bli större beroende på vad som odlas. Träd och buskar ger mer lövskugga och större lövmassa, vilket ger större evapotranspiration och därmed kylning.

Synergieffekter

Extensiva gröna tak kan fånga mellan 50 och 100 % av regnvattnet beroende på vilket växtmedium som används, regnets intensitets och hur ofta det regnar. Ett intensivt tak kan generellt fånga mer än ett extensivt. En studie i North Carolina visade att gröna tak fångar mer än 75 % av de intensivaste regnfallen och släppte sedan 60 % av regnvattnet som evapotranspiration. Dessutom saktas avrinningen ner väsentligt jämfört med konventionella tak, och filtrerar regnvattnet. Detta minskar belastningen på dagvattensystemet.⁵⁵

Gröna tak minskar luftföroreningar i form av både partiklar och gaser såsom kväveoxider, kolmonoxid och markozon, och binder koldioxid. De bidrar även till en minskad bildning av markozon eftersom lufttemperaturerna sänks⁵⁶. Taken minskar buller och ljudföroreningar genom att absorbera ljudvågor på utsidan av byggnaden och förhindra att de överförs in i den⁵⁷.

Taken kan även agera som ett habitat för olika insekter, djur och lokala växtarter som spontanetablerar sig på taken⁵⁸. Dessa utgör en relativt skyddad miljö. I området Augustenborg i Malmö anlades gröna tak under ett projekt år 1998-2002 för att undvika översvämningar i dagvattensystemet, i kombination med öppna dagvattenlösningar. Biodiversiteten i området har nu ökat med 50 %⁵⁹.

Genom att sänka temperaturen på taket kan växtlighet göra att takmonterade solceller presterar bättre. Solceller tappar 0,4-0,5 % konversionseffektivitet för varje grad Celsius som temperaturen ökar. Då ett grönt tak är många grader svalare än konventionella ger det stor effekt.

I tätt bebyggda områden med höga markpriser kan det vara svårt att behålla den grönyta som finns, än mindre öka andelen. En stor del av Uppsalas innerstad, har begränsat med plats för fasadskuggande träd, gatuträd och gröna genomsläppliga ytor. I dessa fall kan gröna tak vara ett sätt att föra in gröna ytor i staden med alla de fördelar det för med sig för luftkvalitet, dagvattensystem med mera. Takträdgårdar kan fylla samma funktion som en park, eller ge möjligheter för odling. Grönska har dessutom en rad positiva effekter för det psykiska och fysiska välbefinnandet, och gagnar även dem som får utsikt över ett grönt tak.

Sammanfattning: Gröna tak

Effekt sommarhalvåret

1-2 °C utomhus, betydligt mer inomhus på översta våningarna.

⁵⁵ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

⁵⁶ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

⁵⁷ Oberndorfer et al

⁵⁸ Oberndorfer et al

⁵⁹ Kazmierczak, A., & Carter, J. (2010). *Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies*. University of Manchester, GRaBS project.

Effekt vinterhalvåret

Viss isolerande effekt. Effekten på utomhustemperaturen är ej kvantifierad, men bör inte påverkas när växterna är frusna.

Synergier

Minskar energiförbrukningen för komfortkyla, minskar buller i huset, avlastar dagvattensystemet, ger extra isolering, ökar takmonterade solcellers effektivitet, erbjuder habitat för insekter och djurliv, ökar takets livslängd, förbättrar luftkonditioneringens effektivitet, för fler synergier se avsnittet "grönska".

Konflikter

Kan bidra till ökat uppvärmningsbehov jämfört med ett mörkt tak

Övriga fördelar

Ger möjlighet att föra in mer grönska i stadsmiljöer med begränsad plats. Intensiva tak kan fungera som trädgårdar och parker där det inte finns plats på markplan för detta. Extensiva tak är lätta att installera på befintliga byggnader.

Övriga nackdelar

Inte lämpliga för branta tak, och är ännu inte estetiskt accepterade för alla typer av byggnader. Extensiva tak är något dyrare jämfört med vanliga tak och kräver ökat underhåll under etableringsfasen. Intensiva tak är dyra och tunga, och kan ej konstrueras i efterhand.

2.5 Gröna väggar

Med gröna väggar menas att byggnaders fasader täcks av någon typ av grönska. Inom begreppet ryms flera olika typer av gröna väggar. Med *gröna fasader* menas att klättrväxter såsom murgröna planteras nedanför väggen, antingen direkt i marken eller i krukor, och får klättra direkt på väggen eller på ett stöd. Växterna kan vara annuella eller perenna. *Levande väggar* däremot syftar på mer komplicerade system där odlingsystemet har integrerats i väggen. Växterna växer i exempelvis små fickor i väggen med jord eller ett artificiellt lättare material, och bevattnas genom ett hydroponiskt system där vatten och näringslösning pumpas upp till växterna.⁶⁰

Gemensamt för de gröna väggarna är att de kyler byggnadernas väggar genom skuggning, ökad bortreflektion av solinstrålning, evapotranspirativ kylning, och genom att skapa luftfickor mellan lövverket och väggen som isolerar och reducerar vinden⁶¹. Även luften runtom byggnaden kyls genom evapotranspirationen och bidrar till en minskad värmeeffekt.



⁶⁰ Cameron et al

⁶¹ Hunter, A. M., Williams, N. S., Rayner, J. P., Aye, L., Hes, D., & Livesley, S. J. (2014). *Quantifying the thermal performance of green façades: A critical review*. Ecological Engineering, 63, 102-113.

På grund av att byggnadernas väggar blir svalare, och grönskan har en viss isolerande effekt, kan energiförbrukningen för kylning av byggnader minskas. Effekten är dock som störst i torra och varma klimat, medan den blir betydligt mindre på nordligare breddgrader.

Att använda väggar till växtlighet har dock flera andra fördelar som är gemensamma för all sorts grönska. Dessa innefattar minskat buller, minskade halter av luftföroreningar och koldioxid, ökat fastighetsvärde, större hälsa och välbefinnande för människor, och större biologisk mångfald⁶². Fördelen med vertikal grönska är att tidigare outnyttjade ytor kan användas och stads- och gaturum som har ont om plats för horisontell plantering kan göras grönare.



Gröna fasader

Gröna fasader är den vanligaste och mest kostnadseffektiva typen av grön vägg. Detta är även den typ som har använts mest i undersökningar av energibesparing och minskat kylbehov för gröna väggar. Studier har uppmätt många graders temperatursänkning på väggen bakom grönskan och så mycket som 40-60 % minskad energianvändning på grund av minskat kylbehov i byggnaden⁶³. Dessa studier ska dock tas med en nypa salt, då de ofta är simulerade, anpassade till varma och torra klimat, och forskarna ibland har antagit rent orimliga förhållanden såsom att växterna kan vara lika täta över hela väggen oavsett sol- och vindförhållanden, höjd på byggnaden, ålder på plantan med mera. Det finns även stora svårigheter med att generalisera resultaten, då de temperaturer som uppmätts är avhängiga på plantans sort, mikroklimatet, klimatzon, väggens orientering, vattenförhållanden, jordförhållanden och mycket mer. Klångväxter kan ha väldigt olika egenskaper gällande ljusreflektion, isolerande effekt, skuggning med mera, och vilken effekt de ger beror även på hur väl de trivs på platsen⁶⁴.

Det är alltså svårt att beräkna hur stor effekt fasadgrönska har för minskad energiavändning och temperatursänkning i vårt klimat. Som tidigare nämnt finns dock en mängd ytterligare positiva värden, och eftersom temperatursvängningarna i väggen blir mindre kan fasadgrönska dessutom öka väggmaterialets livslängd⁶⁵. Fördelen är även att det är enkelt och billigt att göra en fasad grön på detta sätt, då klångväxter kan växa i princip överallt bara de får ett stöd i form av en spaljé, vajrar, ett galler eller liknande, och de kräver knappt någon skötsel. Livslängden för klättrväxterna är flera decennier och de är självgenererande.

⁶² Cameron et al

⁶³ Perini, K., & Rosasco, P. (2013) *Cost-benefit analysis for green façades and living wall systems*. Building and Environment, 70, 110-121.

⁶⁴ Hunter et al, *Quantifying the thermal performance of green façades: A critical review*

⁶⁵ Hunter et al

Klättrväxter lämpar sig inte att ha klättrandes direkt mot alla typer av fasadmaterial, såsom trä. Däremot på stenhus kan de snarare ha en skyddande effekt, då grönskan skonar fasaden från väder och vind. Klättrväxter med en viss typ av fästande "fötter" kan vara svåra att ta bort från en fasad när de väl har vuxit där. "Fötterna" går i princip inte att få loss och lämnar permanenta rester på fasaden. På väggar med ytmaterial som inte är lämpliga för att vara direkt bevuxna kan en spaljé sättas några decimeter ut från väggen istället, och samma goda effekter nås då.

Levande väggar

Levande väggar är som sagt betydligt mer komplicerade och måste i princip vara en del av en byggnads ursprungliga design. Bevattningssystemet kräver energi för att pumpa runt vattnet, och både växterna och systemet kräver skötsel. Då denna typ av gröna väggar kan se väldigt olika ut har få studier gjorts på deras effekter på inomhustemperatur och energianvändning. Vissa system kan ha en isolerande effekt tack vare jorden eller odlingsmaterialet och bidrar därmed till lägre inomhustemperaturer. Nackdelen med dessa system är att de är dyra att installera och underhålla⁶⁶. Denna typ av system ska alltså snarare byggas på grund av estetiska värden eller för att möjliggöra stadsodling.

Sammanfattning: Gröna väggar

Effekt sommarhalvåret

Generaliserbara resultat saknas

Effekt vinterhalvåret

Viss skuggning av byggnaden men även reducerad blåst. Ej kvantifierat.

Synergier

Kyler byggnaderna och minskar behovet av komfortkyla under de varma månaderna, skyddar fasaden från slitage, för fler synergier se avsnittet "grönska".

Konflikter

Under hösten innan bladen fälls minskas solens uppvärmning av väggen, vilket leder till ökat energibehov. Vintergröna växter ökar uppvärmningsbehovet under hela vintern. Levande väggar kräver resurser i form av energi och material.

Övriga fördelar

Platser kan göras grönare utan att förlora markyta. Billigt att anlägga och kräver lite underhåll. Klängväxter kan snabbt täcka stora ytor, och skuggar snabbare än träd och buskar. Lätt att tillämpa på existerande bebyggelse. På vintern fälls bladen och byggnaden förlorar inte soluppvärmning.

Övriga nackdelar

Vissa växter kan lämna spår på fasaden.

Levande väggar är svåra att bygga på existerande fasader.

⁶⁶ Perini, K., & Rosasco, P., *Cost-benefit analysis for green façades and living wall systems*

2.6 Fasadskuggande träd

Träd kan placeras på strategiska platser runtom en byggnad för att ge skugga på fasader, tak och fönster. Då dessa ytor blir svalare sprids inte lika mycket värme in i huset. Studier av hus som skuggats av träd uppmätte en minskning av yttemperaturerna med 11-25 °C på byggnadernas tak och väggar⁶⁷.

Träd, buskar och annan vegetation kan även reducera blåsten runt byggnaden. På sommaren kan effekterna vara både positiva och negativa då blåsten kan vara svalkande, men på vintern kan stora energibesparingar ges. Den bästa effekten av trädplantering för att ge svalka fås om lövfällande träd planteras till väster om byggnaden och därmed skuggar på eftermiddag och kvällen. Trädet bör helst skugga fönstren och taket. Även träd på den östra sidan ger en viss effekt, medan träd som placeras söder om byggnaden snarare ger en negativ effekt sett över hela året. Detta eftersom solen står så högt på himlen på mitten av dagen att trädet inte skuggar huset särskilt mycket om sommaren, medan solen står lägre på vintern och skuggan då täcker huset, vilket gör att uppvärmningsbehovet ökar. Lövfällande träd ger 10-20 % skugga även utan sina löv. Studier utförda på bostadshus i Sacramento, Kalifornien, visade att kylbehovet minskade med 1 % för varje träd som planterats runt huset, och uppvärmningskostnaderna minskade med 2 % per träd på grund av minskad blåst⁶⁸. Det saknas dock studier av effekterna i kallare klimat.



Träd tar ungefär 15 år på sig att bli stora och ge dessa goda effekter, och för ett flervåningshus kan det ta ännu längre tid innan träden är stora nog att skugga de övre våningarna. Under denna tid kan snabbväxande klättrväxter och stora buskar vara ett alternativ.

Effekterna av fasadskuggande träd har som sagt inte undersökts i ett klimat liknande Uppsalas, och även effekten i ett så pass varmt och soligt klimat som i Kalifornien var inte effekten så dramatisk. Snarare än att plantera träd enbart för skuggning kan man överväga detta om man ändå ska plantera träd på sin tomt, eller om gatuträd ska sättas i ett område.

Konflikter

Skuggningen kan ge ett ökat uppvärmningsbehov om vintern. Löv och grenar på taket ger ett ökat behov av att exempelvis rensa hängrännor, och vid stormar kan fallande träd och grenar ge skador på fastigheten.

Om träden planterats på en smal gata kan en stor krona förhindra luftomblandning och hålla kvar luftföroreningar på gatan.

⁶⁷ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

⁶⁸ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

Många boende kan klaga på träd som skymmer utsikten. Beroende på situationen och personliga preferenser kan träd istället förbättra utsikten, vilket då blir en synergi. Utsikt över ett träd kan ge många fördelar, se avsnittet "grönska".

Sammanfattning: Fasadskuggande träd

Effekt sommarhalvåret

Ej kvantifierad på stadsnivå. 11-25 °C lägre ytemperaturer.

Effekt vinterhalvåret

Träden skuggar med ca 50 %, men effekten på energianvändning är ej kvantifierad.

Synergier

Skuggande träd minskar behovet av komfortkyla inomhus, vilket ger lägre energiförbrukning. För övriga positiva effekter av träd och grönska, se avsnittet "grönska".

Konflikter

Ger högre uppvärmningsbehov under höst och vinter. Om de planteras som gatuträd uppstår samma konflikter som beskrivs i avsnittet "gatuträd." Boende kan klaga på störd utsikt.

Övriga fördelar

-

Övriga nackdelar

Löv och fallande grenar måste rensas från taket. Fallande träd och grenar utgör en säkerhetsrisk. Det tar lång tid för träd att bli höga nog.

2.7 Vatten

Vattenlösningar är undersökta i betydligt mindre utsträckning som ett sätt att minska lufttemperaturer, och effekten är omstridd. Vattenytor ökar avdunstningen och sänker därmed temperaturen, men leder även till högre luftfuktighet vilket gör det svårare för människokroppen att hålla sig sval.

Sjöar och vattendrag

Undersökningar har visat att större vattenmassor såsom åar, sjöar och större dammar kan sänka temperaturerna med ungefär 2 °C på dagen⁶⁹. Denna effekt sträcker sig olika långt beroende på vattenmassans storlek och temperatur jämfört med luften. Större sjöar ger större effekt, men även

⁶⁹ Rinner, C., & Hussain, M. (2011). *Toronto's urban heat island—Exploring the relationship between land use and surface temperature*. *Remote Sensing*, 3(6), 1251-1265.

⁷⁰ Theeuwes, N. E., Solcerová, A., & Steeneveld, G. J. (2013). *Modeling the influence of open water surfaces on the summertime temperature and thermal comfort in the city*. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(16), 8881-8896.

flera mindre sjöar har en stor effekt⁷¹. Undersökningar av temperaturer i städer i Holland, vars ytor till stor del täcks av kanaler, visade däremot ingen skillnad i temperatur nära kanalerna⁷².

Sjöar gör dock att temperaturen på natten inte blir lika låg, då sjön agerar som en buffert. Särskilt när temperaturerna i sjön höjs, mot slutet av sommaren och under varma perioder, kan den snarare höja stadstemperaturen⁷³.

Fontäner och dammar

Dammar och fontäner har föreslagits som sätt att sänka stadstemperaturen, men få undersökningar har gjorts. En undersökning i Japan har visat att en större fontän hade en kylande effekt om maximalt 3 °C som var kännbar upp till 35 meter bort⁷⁴. Detta tack vare det vatten som sprayades i luften och som även kylde omgivande ytor, då fuktiga ytor är svalare än torra på grund av avdunstningen. En studie av upplevd värmekomfort i Valencia visade att torg med fontäner, och speciellt sådana med sprutande vatten, bidrog till ökad termisk komfort i vindens riktning⁷⁵.

Dammar och andra öppna vattenlösningar har knappt undersökts som ett sätt att sänka lufttemperaturen, men kan bidra genom att hålla växtligheten runt omkring välförsedd med vatten. När växter drabbas av torka, så som fallet ofta är under en värmebölja, så minskar de sin transpiration genom att stänga till sina öppningar⁷⁶. Detta för att förhindra förlust av vatten och därmed uttorkning. Det är därmed av vikt att vegetationen förses med vatten även under torra perioder för att de ska behålla sin temperatursänkande effekt. Dagvattendammar exempelvis kan se till att den omgivande växtligheten hålls fuktig och kan fortsätta att sänka värmen genom evapotranspirationen. Ett annat sätt att åstadkomma samma effekt är genom bevattning.

Sammanfattning: Vatten

Effekt sommarhalvåret

2-3 °C lägre temperatur för stora vattenmassor, lägre effekt för fontäner och dammar.

Effekt vinterhalvåret

Sjöar kan agera buffrar under hösten och värma med ett par grader, och kyla under våren.

Synergier

Gör att omgivande grönska inte drabbas av uttorkning, vilket skulle minska deras evapotranspiration. Öppna dagvattenlösningar gynnar en hållbar dagvattenhantering. Dammar kan fungera som lagringsmagasin och användas för bevattning under torka.

⁷¹ Sun, R., & Chen, L. (2012). *How can urban water bodies be designed for climate adaptation?* Landscape and Urban Planning, 105(1), 27-33.

⁷² Steeneveld, G. J., Koopmans, S., Heusinkveld, B. G., Van Hove, L. W. A., & Holtslag, A. A. M. (2011). *Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands.* Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012), 116(D20).

⁷³ Theeuwes et al

⁷⁴ Nishimura, N., Nomura, T., Iyota, H. & Kimoto, S. (1998) "NOVEL WATER FACILITIES FOR CREATION OF COMFORTABLE URBAN MICROMETEOROLOGY", Solar Energy, vol. 64, no. 4, pp. 197-207

⁷⁵ Gómez, F., Cueva, A. P., Valcuende, M., & Matzarakis, A., *Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiological equivalent temperature (PET)*

⁷⁶ Sjöman, J. D. *Småhusträdgårdarnas betydelse för klimatanpassning och dagvattenhantering i stadsregioner - Slutrapport till KSLA*

Konflikter

Stora vattenmassor är ytkrävande, och kan värma luften under natten och hösten. Luften blir fuktigare, vilket minskar den termiska komforten.

Övriga fördelar

-

Övriga nackdelar

-

2.8 Sval gatubeläggning

Hårdgjorda markytor såsom gator och parkeringsplatser utgör en stor del av städernas yta. Vanliga material som används för detta är asfalt och betong, vilka kan nå yttemperaturer om 48-67 °C på sommaren. Värmen överförs neråt i beläggningen och lagras för att sedan frigöras som värme under natten. På en smal stadsgata med höga omgivande hus fångas värmen mellan väggarna under natten. Varma yttemperaturer om dagen gör även att dagvattnet får höga temperaturer, vilket gör att djurlivet i recipienten kan störas och skadas⁷⁷.

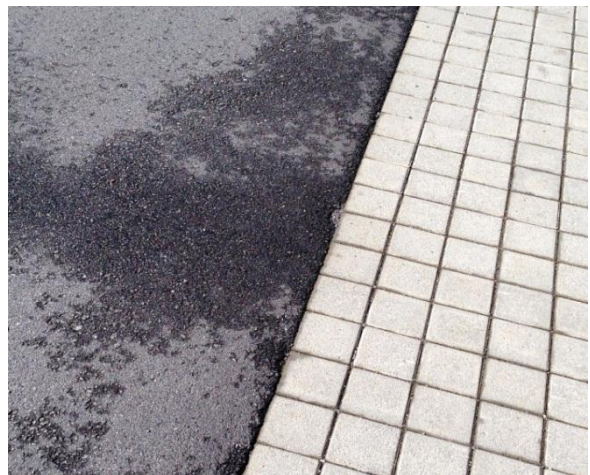
Ytor som är hårdgjorda kan heller inte bidra med att sänka temperaturen genom avdunstning. Gator och andra asfalterade ytor kan skuggas av träd för att inte bli lika varma, och mest effektivt är att minska andelen hårdgjord yta och istället öka de gröna. Det finns dock även alternativ till hårda ytor som är svalare än asfalt. Dessa kan grovt delas in i två kategorier: de som blir svalare tack vare ett ökat albedo, och genomsläppliga ytor som svalkar genom avdunstning.

Högreflekterande material

Material med ett högt albedo reflekterar bort en större andel av solens strålning och blir därmed inte lika varma. Konventionell asfalt har ett albedo på 0,04 som ny då den är mörk, men i och med att den ljusnar med tiden höjs albedot till 10-20 % efter ungefär 6 år. Betong däremot har ett högt albedo från början, 35-40 %, men detta sjunker då materialet blir smutsigt och landar på 25-35 %. Tack vare sitt höga albedo räknas betong ändå till de svala materialen och används som en sätt att sänka stadstemperaturer runt Medelhavet och i södra USA.

Det pågår forskning om en rad olika så kallade "smarta material" med högt albedo, bland annat beläggningar som ändrar färg beroende på temperatur och därmed blir ljusare vid hög värme, och ytbeläggningar som reflekterar bort infraröd strålning. Dessa material används ännu inte kommersiellt.

Det finns betydligt mindre avancerade sätt att höja albedot. Asfalt och betong kan färgas med pigment eller målas med ljusa färger. Vid stenläggning kan



⁷⁷ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

Ljusa material väljas framför mörka. Skillnaden i ytemperatur mellan vit marmor och svart granit under soliga förhållanden har uppmätts till 19 °C, och vitfärgad asfalt med ett albedo på 0,45 var 12 °C svalare än svart asfalt med ett albedo på 0,03⁷⁸.

En ökning av albedot på samtliga hårdgjorda ytor i en stad har i simuleringar visats ge flera graders lägre maxtemperaturer. Dessa undersökningar har dock gjorts för storstäder i betydligt varmare och soligare klimat än Uppsalas⁷⁹.

Konflikter

Betong är ett material med stor miljöpåverkan; det är den industri som använder mest naturresurser totalt i hela världen⁸⁰. Enorma mängder energi går åt till att bryta, frakta och krossa den sten som ska ingå i betongen, och vid tillverkningen av bindemedlet cement hettas materialet upp med hundratals grader i ugnar som är enormt energikrävande. Det experimenteras idag med nya metoder, såsom att återanvända betong, men det är fortsatt en energikrävande bransch.

För att inte ytterligare bidra till den globala uppvärmningen bör ljusa material med lägre miljöpåverkan användas.

Sammanfattning: Högreflekterande material

Effekt sommarhalvåret

Varierande resultat, beroende på albedo, andel yta och stadsstruktur

Effekt vinterhalvåret

Ej kvantifierat, men lär sänka stadstemperaturerna även vår, höst och vinter.

Synergier

Ljusa färger kan förbättra sikten i mörker på gator och vägar. Kan ge minskat belysningsbehov.

Konflikter

Väldigt ljusa färger kan leda till bländning. Hårdgjorda ytor begränsar avdunstningen och ökar belastning på dagvattensystemet. Materialen har en stor miljöpåverkan.

Övriga fördelar

Billigt sätt att sänka temperaturerna. Befintliga ytor kan målas, och mörka markbeläggningar konsekvent väljas bort vid nyläggning.

Övriga nackdelar

Ljusa ytor blir snabbt smutsiga, vilket ger sämre effekt.

⁷⁸ Santamouris, M. (2013). *Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—a review of the actual developments*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 26, 224-240

⁷⁹ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

⁸⁰ P. Kumar Mehta, *Greening of the concrete industry for sustainable development*, i Concrete International, juli 2002

Genomsläppliga markbeläggningar

Denna typ av beläggningar är i första hand utformade för att förbättra dagvattenhanteringen och undvika översvämningar vid kraftig nederbörd, men kan även användas som en strategi för att sänka lufttemperaturen. De kallas även för permeabla, dränerande eller öppna. Beläggningar av denna typ låter vatten och luft passera igenom, och är underbyggda med lager som antingen låter vattnet infiltrera lokalt till grundvattnet, leder det till ett dagvattensystem eller låter det samlas upp för att användas till bevattning.

När de är fuktiga eller blöta kyls beläggningsen och luften ovanför genom avdunstning. När de är torra är effekten dock mindre. I Japan används beläggningar som hålls fuktiga underifrån genom vattenledningar och fuktabsorberande material, eller genom att de spolats med vatten dagligen för att behålla den kylande effekten⁸¹. Till detta kan insamlat regnvatten eller gråvatten användas.

Det finns en rad olika sorters genomsläppliga markbeläggningar med olika användningsområden.

Platt- och stenläggning kan göras genomsläpplig genom att läggas med större mellanrum än vanligt med grus emellan, ha avfasade hörn eller annan utformning med hålrum där vattnet kan rinna igenom, eller vara gjorda av genomsläppliga material såsom dränerande betong. De kan användas till vägar och platser med lägre trafikflöden såsom gränder och i villaområden, på torg, gångvägar och parkeringsplatser. De finns dock även i utföranden som klarar av tung trafik. Ett test gjordes av dränerande marksten i ett hamnområde med mycket tung trafik, och den klarade belastningen lika bra som referensområden med vanlig marksten och betong⁸².



En kombination av plattor, sand och gräs ger både hög framkomlighet, förutsättningar för lokal infiltrering och minskade temperaturer.

Armeringsplattor med grus är plattor eller enheter gjorda av betong, metall, plast eller annat material, som är utformade för att fyllas med grus eller sand. I Sverige är betongarmering vanligt förekommande, men det finns varianter som när de fyllts med grus upplevs som en vanlig grusväg. Vattnet filtreras genom gruset ner till bädden under, som sedan leder bort det.



Armeringsplattor med gräs liknar de för grus, men fylls med jord och sås sedan med gräs. Resultatet ser ut som en vanlig gräsmatta men är tillräckligt hållfast för till och med tunga fordon att köra på. Fördelen med gräsarmering är att evapotranspirationen från gräset sänker temperaturen och gräset ger dessutom ett högt albedo. Gräs har en rad goda funktioner gemensamt med övrig vegetation, se avsnittet "grönska".

Infiltrationsförmågan är dessutom särskilt god; vattenkvaliteten är bättre för dagvatten som har filtrerat genom gräs jämfört med grus och porös betong och asfalt, och studier av olika permeabla

⁸¹ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

⁸² Erik Simonsen (2011) *Dränerande markstensbeläggningar för förbättrad miljö, Slutrapport Projekt nr 2.1.5, MinBaS 2*

markbeläggningar i gaturkanter i Växjö visade att det armerade gräset hade behållit sin genomsläpplighet bättre än grus. Beläggningarna hade varit i bruk i ungefär 10 år, och medan grusarmeringen kunde infiltrera 4-43 % av ett 100-års regn med 30 minuters varaktighet kunde gräsarmeringen infiltrera 100 %⁸³.

I Houston, Texas, finns ett av världens största områden som belagts med armerat gräs. Hela den stora parkeringsytan runt en sportarena belades med detta. Tidigare var området för varmt för att kunna användas under sommaren, men nu används det för festivaler, mässor, som parkering och som park. Lösningen har nu anammats i flera andra städer i USA, och vid en järnvägsstation i England slapp man dessutom att utvidga dagvattensystemet.



Permeabel asfalt och betong tillverkas av grövre korn än konventionell dito, vilket leder

Parkeringsplats vid Reliant Stadium, Houston.
Bildkälla: invisiblestructures.com

till att håligheter skapas i materialet genom vilka vattnet kan rinna. Permeabel asfalt har främst utvecklats för att förbättra greppet vid blött väglag, sänka buller och minska problem med översvämningar och dagvatten. Tack vare att inget vatten samlas på vägen bildas heller ingen is, och greppet förbättras dessutom av den grövre ytan. Detta leder till att mindre halkbekämpning behövs. Vatten som infiltrerar genom dessa material får en bättre kvalitet jämfört med vatten som rinner av från konventionella vägar. Dock krävs rengöring med vakuumsugning eller högtrycksspolning 1-2 gånger per år, annars sätts porerna igen och effekten försvinner.

En studie av två vägar med permeabel asfalt i Luleå och Haparanda som var 19 respektive 24 år gamla visade att dessa vägar förlorat sin genomsläpplighet. Vägen i Haparanda hade aldrig vakuumsugits, medan vägen i Luleå inledningsvis hade underhållits på detta sätt men inte de sista 5-6 åren. Båda vägarna vakuumsögs, och vägen i Luleå återfick sin dränerande funktion medan vägen i Haparanda inte förbättrades. I Haparanda hade en finkornig använts som halkbekämpning, medan man i Luleå använt ett grövre grus. Vägen i Haparanda hade även under en tid använts som sandupplag under en byggnation. Dessa skillnader i drifrutiner kan ha orsakat den permanenta igensättningen, och visar på vikten av att denna typ av vägar underhålls rätt⁸⁴.



Skillnad mellan vanlig och genomsläpplig asfalt. Bildkälla: Ramsey-Washington Metro

⁸³ Ahmed Mohammed Al-Rubaei, Malin Engström, Maria, Viklander, Godecke Tobias-Blecken (2013) *Long-term hydraulic performance of stormwater infiltration systems – a field survey*, Novatech

⁸⁴ A.M. Al-Rubaei, A.L. Stenglein, G.-T. Blecken, M. Viklande, *Can vacuum cleaning recover the infiltration capacity of a clogged porous asphalt?* Luleå tekniska universitet

Synergier

Permeabla markbeläggningar avlastar dagvattenssystemet, och kan användas som en strategi för att minska problem med översvämning och för att hantera häftiga skyfall. De bidrar till en bättre vattenkvalitet, kan öka lokal grundvattenbildning och minskar negativ påverkan på recipienten på grund av varmt dagvatten och föroreningar. En omfattande användning kan göra att dagvattennätet inte behöver byggas ut, och därmed spara en stor kostnad.

Kan minska översvämningars omfattning, vilket gör att stora kostnader för fastighetsskador uteblir.

Plattläggning bidrar även till en trevlig stadsmiljö, och kan höja värdet på fastigheterna i ett område⁸⁵. Gräsarmerade ytor bidrar även med alla de positiva värden som grönska har, däribland minskat buller, förbättrad luftkvalitet och bättre fysisk och psykisk hälsa.

Träd och buskar som planteras i asfalterade och hårdgjorda miljöer har ofta svårt att få tillräckligt med vatten för att växa sig stora. Dessutom kommer framtida somrar att ge mindre nederbörd samtidigt som trädens vattenbehov är som störst. Träd som inte har tillräckligt med vatten eller utrymme blir mycket mindre än träd som fått växa fritt, och skuggar därmed inte lika mycket och har en mindre evapotranspiration. Förutsättningarna förbättras väsentligt av permeabla markbeläggningar, då de kan släppa igenom större mängder vatten till marken som kan lagras i trädets växtbädd⁸⁶. Stora träd har stort vattenbehov, och deras levnadschanser blir bättre ju större vattentillgång de har.

Minskad vattenbildning på genomsläppliga material innebär mindre is, något som idag är ett stort problem på både bilvägar och cykelvägar. Mindre behov av halkbekämpning kan ge minskade kostnader vintertid. Även risken för vattenplaning minskar och det ökade greppet för permeabel asfalt ger mindre risk för olyckor.

Konflikter

Dessa beläggningar kan kosta mer att anlägga, men har generellt sett lång livslängd.

Markläggning med stora hål och med grus ger minskad framkomlighet för rullstolsburna och rörelsehindrade. Plattläggning måste även vara väldigt slät för att vara lämplig för cykelbanor.

Asfalt och betong är material med stor miljöpåverkan, vilket gäller även de permeabla alternativen, marksten och armering tillverkade av dessa material. Armering för gräs och grus tillverkas oftast av antingen betong, metall eller plast. Alla dessa material har stor miljöpåverkan, och plaster kan dessutom avge farliga ämnen och mikropartiklar. Med armering kan dock en större yta täckas med mindre materialåtgång än vad ett tätt alternativ skulle kräva, beroende på vad armeringen fylls ut med för material.

Gräsarmering behöver klippas, vilket oftast görs med fossildrivna arbetsmaskiner. Det finns dock miljövänligare alternativ, såsom eldrivna maskiner, betande djur och arbetshästar.

⁸⁵ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

⁸⁶ Erik Simonsen, *Dränerande markstensbeläggningar för förbättrad miljö, Slutrapport Projekt nr 2.1.5*

**Sammanfattning:
Genomsläpplig markbeläggning**

Effekt sommarhalvåret

Varierar beroende på material och fruktighet. Gräsarmering ger samma effekt som en öppen park.

Effekt vinterhalvåret

Effekt på stadstemperatur ej kvantifierat, men de genomsläppliga egenskaperna behålls tills marken fryser.

Synergier

Minskad belastning på dagvattennätet och minskat behov av kapacitetshöjning, bättre kvalitet på dagvattnet. Gör att växtligheten trivs bättre och sänker temperaturen bättre, och minskar risken för att stadsträden skadas av torka. Trevligare gatumiljö. Bättre väggrepp, minskad risk för vattenplaning och mindre behov av halkbekämpning för dränerande asfalt. Gräsarmering ger samma goda effekter som övrig grönska.

Konflikter

Kan innebära minskad framkomlighet. Materialen har en stor miljöpåverkan.

Övriga fördelar

Ytor som annars kan få extrem höga dagstemperaturer, såsom stora parkeringsplatser och breda gator, kan istället användas till att sänka temperaturen. Armering kan täcka större ytor med mindre materialåtgång än täta material.

Övriga nackdelar

Plattläggning tar längre tid och är dyrare än vanlig asfalt. Dränerande asfalt kräver specialunderhåll. När dränerande anläggningar är torra ges ingen temperatursänkande effekt.

2.9 Svala tak

Hur varm en yta kan bli beror på materialets albedo och emissivitet. Albedot beskriver hur stor del av solljuset som reflekteras bort respektive absorberas av ytan, och beskrivs av ett värde mellan 0 och 1, där 0 innebär att all solstrålning absorberas och 1 är att allt reflekteras. Emissivitet beskriver hur mycket av den långvågiga strålningen som frigörs från eller absorberas i ett material, det vill säga hur lätt materialet ger ifrån sig värme. Ju högre emissivitet, ju snabbare når materialet sin högsta möjliga temperatur eftersom det börjar ge ifrån sig värme vid lägre nivåer.

Ett tak som blir väldigt varmt överför en del av den värmen till byggnaden, och speciellt de övre våningarna kan bli väldigt varma. Hur mycket värme som överförs beror på takets konstruktion och hur väl isolerat det är. En varm byggnad betyder mer varm luft som transporteras ut av AC:n till utomhusmiljön och därmed gör staden varmare. Dessutom värms luften ovanför taket och bidrar till värmeöen om dagen. Problemet förvärras om luftintaget för luftkonditioneringen sitter ovanför ett tak som blir varmt, då extra mycket energi då går åt till att kyla inluften.

Svala tak, på engelska kallat "cool roofs", är ett begrepp som innefattar en mängd olika takbeläggningar som har ett högt albedo och/eller en hög emissivitet. I USA har sådana material använts i över 20 år, och det finns i dagsläget ett stort urval av produkter som inte innebär någon extra kostnad, eller en marginell sådan, jämfört med konventionella tekniker. Många av dessa är helt enkelt ljusare varianter av vanliga takbeläggningar, medan andra använder färg som reflekterar bort infraröd och nära infraröd strålning. Beläggningarna med infrarödreflekterande färg kan ha i princip

vilken färg som helst, och har utvecklats för att de ljusa taken inte passar i alla miljöer. Det finns därmed mörka tak som ändå har ett relativt högt albedo och håller sig svala⁸⁷.

Konventionella tak har ett albedo på 0,05-0,15, och absorberar därmed 85-95 % av solinstrålningen. De kan bli nära 50 °C varmare än stadens generella lufttemperatur, medan vita tak inte blir mer än 6-11 °C varmare.



Stadshusets tak är ett typiskt mörkt, platt och ej skuggat tak som tenderar att bli väldigt varmt

Vilka metoder som kan användas beror på om taket har en brant eller svag lutning. För svagt lutande tak är det vanligt att använda olika typer av ljusa beläggningar som kan läggas över det befintliga taket, antingen i form av en tjock färg eller som en film. Detta är generellt ett kostnadseffektivt sätt att sänka kostanden för luftkonditionering och att förlänga takets livslängd.

Vanliga takbeläggningar för branta tak är tegelpannor och takplåt, och det finns högreflekterande alternativ till dessa. I USA har det blivit allt vanligare att använda tegelpannor med infraröd-reflekterande färg. Dessa takpannor finns tillgängliga i en stor variation av färger, däribland den vanliga terrakottafärgen. Vanliga pannor reflekterar 10-30 % av solstrålningen, men dessa kan reflektera 25-70 % beroende på färg. Även takplåt finns tillgänglig i högreflekterande variant i alla möjliga färger. Reflektansen ligger runt 20-90 %⁸⁸.

Konflikt mellan uppvärmnings- och kylbehov

I Sveriges kalla klimat kan ett högreflekterande tak innebära att det krävs mer energi under vinterhalvåret för att värma upp byggnaden. Vissa menar dock att uppvärmningskostnaderna inte kommer att öka nämnvärt, då taken under vintern ändå ofta är täckta med snö, dagsljuset endast varar några timmar, solens vinkel är låg, och det oftare är molnigt på vintern. Alltså är solens uppvärmning av taket ändå inte så betydande under vintern och skillnaden blir liten⁸⁹.

En modellering av ljusa tak i Trondheims klimat visade att nordiska hus generellt är så pass väl isolerade att värmen om sommaren inte tar sig in i huset i någon större utsträckning. Det vita taket innebar inte någon större energibesparing, utan ökade istället uppvärmningsbehovet på vintern. Det

⁸⁷ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

⁸⁸ United States Environmental Protection Agency, *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

⁸⁹ Santamouris, M., Synnefa, A., & Karlessi, T. (2011). *Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions*. *Solar Energy*, 85(12), 3085-3102.

är dock oklart om denna modellering räknade med att taket var snötäckt och en hög andel molniga dagar på vintern⁹⁰.

I ett framtida klimat kommer dock både vintrar och somrar att bli varmare, med färre dagar med snö och fler med extrem värme. Alltså kommer Uppsalas tak förmodligen inte att vara snötäckta under vintern, samtidigt som behovet av komfortkyla kommer att öka. Ett mörkt tak kommer alltså att innebära en större vinst på vintern men en större förlust på sommaren. En möjlig lösning på detta problem är att använda fotokromatisk färg, som ändrar albedo beroende på temperatur. Dock är denna teknik ännu endast på försöksnivå.

USA:s Environmental Protection Agency ger följande rekommendationer för när svala tak kan vara lämpliga:

- I klimat där det är 27 °C eller varmare under minst tre månader om året
- Om byggnaden har ett högt kylbehov, såsom ishallar, serverhallar, laboratoriemiljöer och industrier.
- Om det finns problem i byggnaden att hålla inomhustemperaturen på acceptabla nivåer utan luftkonditionering
- Om taket utgör mer än 25 % av byggnadens ytterskal. Låga och vidsträckta byggnader som är vanliga i industriområden kan alltså tjäna på detta.

Bedömd effekt

I en stad utgörs generellt 20-30 % av ytan av tak. Detta varierar självklart mellan olika områden och typologier. Beräkningar för olika amerikanska och asiatiska städer visade på att en ökning av albedot med 0,1-0,3 på 30 % av takytorna kunde ge en temperaturminskning i staden om 0,1-0,5 °C⁹¹.

Sammanfattning:

Svala tak

Effekt sommarhalvåret

0,1-0,5 °C i staden, större minskning inomhus

Effekt vinterhalvåret

Effekt i staden ej kvantifierat. Ökat uppvärmningsbehov, storleken beror på väder och latitud.

Synergier

Energiförbrukningen minskas under perioden med högst energibehov

Konflikter

Ökade uppvärmningsbehov på vintern

Övriga fördelar

Taket håller längre tack vare minskade temperatursvängningar. Billig teknik utan större merkostnader. Kan läggas på branta tak, som inte passar för att lös med vegetation. Passar in i alla miljöer då många utföranden finns.

⁹⁰ Murphy, M., Eng, M., Grynning, S., & Haase, M. *Cool roofing in cold climates: A contradiction or a potential for energy savings?*

⁹¹ Santamouris, M. (2012). *Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments*. Solar Energy

Övriga nackdelar

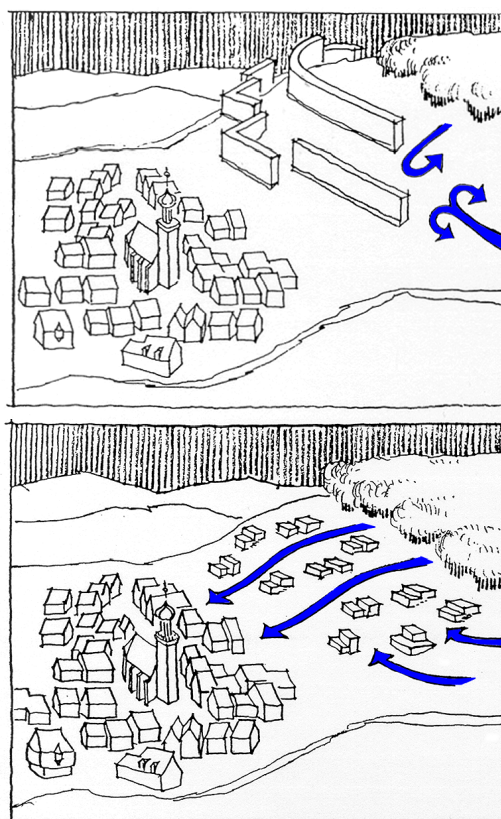
Ljusa tak kan vara bländande, och passar inte i alla miljöer. De måste rengöras för att behålla det höga albedot.

2.10 Kallluftsstråk och ventilationskorridorer

Bebyggelse kan både hindra vinden och förstärka den. Under varma perioder kan avsaknaden av fläktande vind förvärra värmen då den varma luften inte transporteras bort. En bris gör dessutom att lufttemperaturen upplevs som lägre än vad den egentligen är, och kan ge välbehövlig svalka under varma perioder. För att säkerställa att staden har en god luftomblandning är det viktigt att inte blockera vindstråk, och om möjligt skapa nya där det behövs.

Kallluftsstråk

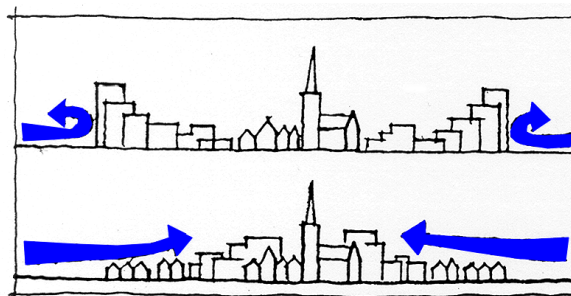
På klara, vindstilla nätter, som det ofta är under värmeböljor, flödar kall luft ner för backar och sluttningar och samlas i de lägst belägna punkterna. Om dessa kalla flöden hindras av en byggnad ställs på tvären mot strömmen, ett tätt buskage eller en mur, bildas en kall ansamling av luft där. Byggnader i sådana kallluftssjöar kan få en energiförbrukning som är uppåt 20 % högre på grund av extra behov av uppvärmning, och frosten kommer tidigare till växterna där. Dessa kalla flöden kan, med rätt utformning av bebyggelsen, istället användas för att se till att områden kyls under varma sommarnätter. Kall luft bildas i gröna områden och parker, speciellt på öppna gröna ytor såsom gräsplaner. Om sådana områden anläggs på höjder eller högt upp på sluttningar, och luftflödet inte hindras av buskage och bebyggelse, kan det kalla flödet riktas med hjälp av gator och öppna stråk till de varma områdena⁹². Flödets intensitet beror på sluttningens lutning, hur fri markytan är från hinder, och hur stort området som producerar kalluften är.



Bilder från staedtebauliche-klimafibel.de

Ventilationskorridorer

Avlånga gröna stråk och breda vägar kan fungera som ventilationsstråk, där frisk luft från den omgivande landsbygden kan transporteras in i staden. Många sammanhängande mindre grönområden kan utformas för att ha denna funktion. Det är även viktigt att bebyggelse i stadens utkant inte utformas som en



⁹² Ministry of transport and infrastructure, Baden-Württemberg, *Climate booklet for urban development - indications for urban land-use planning*, tillgänglig online: staedtebauliche-klimafibel.de

mur, som blockerar inflödet av sval och frisk luft, utan att den hålls relativt gles. Grönområden gör dessutom att värmeskillnaden mellan det gröna och bebyggelsen genererar en luftcirkulation⁹³.

Sammanfattning:

Kalllufts- och ventilationsstråk

Effekt sommarhalvåret

Ej kvantifierad

Effekt vinterhalvåret

Ej kvantifierad. Kan öka uppvärmningsbehovet på grund av ökad blåst och upplevas negativt av oskyddade trafikanter.

Synergier

En god luftventilation transporterar bort luftföroeningar. Brisar om sommaren minskar behovet av fläktar och komfortkyla, då öppna fönster kan ge tillräcklig effekt.

Konflikter

Blåst ger större uppvärmningskostnader och är negativt för oskyddade trafikanter. Stormar kan öka i framtiden, och oskyddad bebyggelse kan råka ut för skador.

Övriga fördelar

-

Övriga nackdelar

För att kunna planera in ventilationsstråk krävs omfattande kunskap om stadens klimatsystem och vindförhållanden. Befintlig bebyggelse och stadsstruktur är svår att förändra.

2.11 Arkitektur

När en byggnad utformas finns stora möjligheter att påverka hur stort kylbehovet kommer att bli. För dimensioneringarna används dock oftast beräkningar baserade på det klimat som har rått de senaste 10-50 åren. Eftersom byggnaden förhoppningsvis kommer att stå i många årtionden borde simuleringar av det kommande klimatet användas istället. Annars är risken att byggnaderna blir överhettade och svårkylda.

Aspekter som kan påverkas är:

Orientering: Stora ytor mot söder ger ett mindre värmebehov, men även ett större kylbehov. Detta kan regleras redan i detaljplanen.

Isolering: Ett välisolerat hus värms upp långsammare under dagen, då det tar längre tid för värmen att tränga igenom väggar och tak. I teorin kan man säga att ju mer isolering, ju mindre kylbehov, men i verkligheten gäller detta endast upp till en viss punkt. Utöver ett visst värde innebär mer isolering att byggnaden blir svårare att kyla ner om sommaren och den blir obekvämt varm. Till exempel blir

⁹³ Hebbert, Michael & Webb, Brian *Towards a Liveable Urban Climate: Lessons from Stuttgart*, i Chris Gossop, Shi Nan, (red). *Liveable Cities: Urbanising World. ISOCARP Review 07*. London: Routledge; 2012. p. 132-150.

passivhus med stora fönster åt söder lätt överhettade⁹⁴. Välsolerade stenhus bör ventileras om natten under varma perioder. Då kan huset fungera kylande under dagen, och blir inte lika varmt.

Då bestämmelser är på väg inom EU som kommer att göra lågenergihus till ett krav blir det ännu viktigare att dimensionera isoleringen rätt, för att inte få onödigt varma byggnader under framtida somrar.

Fönster: Hur stora fönster, och i vilket läge de sätts, påverkar kylbehovet. Mindre fönster ger generellt mindre önskad uppvärmning, men samtidigt leder små fönster till ökat behov av elektrisk belysning vilket är en stor värmekälla. Liksom när det gäller isoleringen bör denna avvägning som sagt göras med tanke på kommande klimat, och inte det tidigare⁹⁵. Balkonger och takutsprång kan placeras och utformas så att de skuggar fönstren under sommaren. Markiser är ett bra sätt att undvika värmeinstrålning på fönster och fasad då de kan regleras efter väder och inte skuggar när ljusinsläpp faktiskt är önskvärt.

Planlösning: Sovrum bör läggas på husets norra sida där det generellt är svalast. Under värmeböljor upplever människor generellt kvällen och natten som mest ansträngande. Alltså är det viktigt att de rum man oftast vistas i då, som sovrums och vardagsrum, inte ligger i husets varmaste lägen. Planlösningen bör även se till att det finns möjlighet att skapa korsdrag genom att öppna fönster. Luft som rör sig upplevs som flera grader svalare än den egentligen är. Människor som fick vistas i temperaturer om 29 °C och en vindhastighet om 2-3 meter per sekund upplevde temperaturen som motsvarande 22 °C. Varma hus kan alltså upplevas som svala om en effektiv vädring kan åstadkommas. Då är det dessutom av vikt att stadens struktur inte blockerar vindar.

Fasad och tak: En ljus fasad med ett högt albedo gör att fasaden inte blir lika varm, och därmed inte överför lika mycket värme in genom väggarna. Svala och gröna tak har berörts i tidigare avsnitt, och kan minska temperaturen invändigt väsentligt.

Passiv ventilation: Det finns en mängd olika passiva tekniker för att åstadkomma en naturlig ventilation och kylning inomhus. Exempel på sådana tekniker är solskorstenar och soltorn.

Sammanfattning: Arkitektur

Effekt sommarhalvåret

Inomhustemperaturen kan variera med över tio grader beroende på isolering, fasadfärg, fönsterstorlek, orientering, ventilation och takkonstruktion.

Effekt vinterhalvåret

Varierar beroende på kombination av lösningar.

Synergier

Minskad elförbrukning för komfortkyla, god isolering ger minskat uppvärmningsbehov. En välfungerande passiv ventilation ger bättre inomhusluft.

Konflikter

Vissa åtgärder ger högre uppvärmningsbehov om vintern.

⁹⁴ Boverket (2009) *Bygg för morgondagens klimat, Anpassning av planering och byggande*

⁹⁵ Li, D. H., Yang, L., & Lam, J. C. (2013). *Zero energy buildings and sustainable development implications—a review*. Energy, 54, 1-10.

Övriga fördelar

Ett hus som planerats för ett varmare klimat från början kommer betyda ett minskat kylbehov under hela sin livstid.

Övriga nackdelar

Svårt att åtgärda många av dessa aspekter i efterhand på befintliga byggnader.

2.12 Energieffektiv teknisk utrustning

Den tekniska utrustningen i en byggnad utgör en mängd små värmekällor som tillsammans kan värma upp en byggnad med flera grader. Speciellt belysning står för en betydande uppvärmning. Andra system som är integrerade i byggnaden är exempelvis hissar och kylanordningen i sig. På arbetsplatser finns mängder av mindre apparater såsom datorer, kaffemaskiner, skrivare och kopiatorer. Att se till att denna utrustning är i så energieffektivt utföranden som möjligt kan minska den invändiga uppvärmningen av byggnaden så pass mycket att inomhustemperaturen kan hållas på en behaglig nivå utan hjälp av en luftkonditionering, eller minimera användandet av sådan. Speciellt energieffektiv belysning i form av till exempel led-lampor har stor potential att minska kylbehovet.

Även rutiner kan ha stor inverkan, såsom att stänga av datorn istället för att lämna den på och att släcka lamporna eller låta dem styras av timer.

Sammanfattning:**Energieffektiv teknisk utrustning****Effekt sommarhalvåret**

Kan sänka inomhustemperaturen med flera grader.

Effekt vinterhalvåret

Kan medföra ett visst ökat uppvärmningsbehov.

Synergier

Minskar elbehovet för både den tekniska utrustningen och komfortkylan.

Konflikter

Ger ökat uppvärmningsbehov på vintern.

Övriga fördelar

Kan snabbt och enkelt tillämpas på befintliga byggnader, och är lätt att motivera om energibesparingarna kan ge stor ekonomisk besparing.

Övriga nackdelar

Kan ge en högre inköpskostnad. Har begränsad effekt i småhus. Svårt att kontrollera i bostadsrättsföreningar.

2.13 Komfortkyla

Sätten att kyla en byggnad är många, och det är svårt att kategorisera olika typer av tekniker. I detta avsnitt har en grov indelning gjorts i luftkonditionering, fläktar, vattenburen kyla, och passiva kylsystem. De två första är eldrivna, medan passiva system fungerar utan el eller kräver minimal tillförsel.

Luftkonditionering

En luftkonditionering kyler genom att transportera ut den varma luften och kyla tilluften. Alltså blir stadens utomhusmiljöer varmare. Det eldrivna systemet blir dessutom varmt när det är igång, vilket höjer temperaturen inomhus. Dessa system kan även användas till så kallad nattkyla, då man utnyttjar den kalla nattluften till att kyla ner byggnaden som blivit varm under dagen. På så sätt sparas energi dagtid. Vissa räknas nattkyla som en passiv teknik.

Sammanfattning: Luftkonditionering

Effekt

Kan hålla inomhustemperaturen på en valfri nivå

Synergier

Inga

Konflikter

Ökar elbehovet, genererar värme. Gör utomhusmiljön varmare.

Övriga fördelar

Håller inomhusmiljön effektivt sval. Pålitligt sätt att skapa svalka även under extrema värmeböljor, och kan vara oumbärligt i byggnader där riskgrupper vistas och där andra åtgärder inte går att tillämpa.

Övriga nackdelar

Ökar belastningen på elnätet när denna ändå är som störst. Kan slentrianmässigt användas även när behovet inte är så stort, och istället för att genomföra mer miljövänliga åtgärder.

Fläktar

Fläktar gör inte luften kallare, utan sätter fart på luften. Luftrörelsen gör att temperaturen upplevs som svalare än den egentligen är. Fläktar är energikrävande, men har som fördel att de oftast endast används under kortare perioder av extrem värme och inte slentrianmässigt. En byggnad som är sval under alla omständigheter utom under just värmeböljor kan tjäna på att använda fläktar istället för att installera ett helt system. De kan göra stor skillnad för exempelvis äldre människor som tillhör riskgrupper, och eftersom de inte är dyra i inköp kan alla inkomstgrupper använda dem.

Sammanfattning: Fläktar

Effekt

Lokal effekt inom fläktens räckvidd.

Synergier

Inga

Konflikter

Ökar elbehovet, genererar värme.

Övriga fördelar

Lätta att placera just där kylbehovet behövs. Bra att ha som reservåtgärd under extremt varma perioder. Kan vara räddning för känsliga individer.

Övriga nackdelar

Ökar belastningen på elnätet när denna ändå är som störst.

Vattenburen kyla

Vattenburna system kyler som namnet antyder genom kallvatten. Fjärrkyla till exempel i industri och i köpcentrum, och är ofta mer energieffektivt än luftburna system. I Sundsvall har man sparat snö, som sedan använts under sommaren för att ge kallt smältvatten som använts till vattenburen kyla⁹⁶. Även kallt vatten från sjöar och vattendrag kan användas, och kallas då frikyla, vilket räknas till de passiva teknikerna.

**Sammanfattning:
Vattenburen kyla****Effekt**

Kyler lokalt i fastigheten.

Synergier

Inga

Konflikter

Viss energiåtgång för pumparna, materialåtgång för att dra kulvertar.

Övriga fördelar

Mer energieffektivt än många luftburna system.

Övriga nackdelar

Det kan vara svårt att dra nya kulvertar för kallvattnet i staden, och det är även en dyr investering.

Passiva kylsystem

Med passiv kyla menas system som inte kräver någon tillförd energi. Vissa räknar vanlig vädring via fönster och användning av markiser och solavskärmare till passiv kyla. När det gäller kylsystem är dessa dock integrerade i byggnadens design via fönstren, fasaden och takets konstruktioner. På olika sätt skapas självdrag i huset, som gör att den varma luften transporteras ut och kall luft dras in. Det finns även andra system som påminner om vanlig luftburen kyla, såsom evaporativ kylning. Indirekt evaporativ kylning använder sig av avdunstning för att kyla frånluften, som sedan via en värmeväxlare kyler tilluften. Alltså blir frånluften kall och sänker utomhustemperaturen.

Passiva kylsystem är effektiva under större delen av året, men när det blir riktigt varmt kan de inte alltid hålla temperaturen tillräckligt låg. De kan då behöva kombineras med luftkonditionering eller lösa fläktar.

⁹⁶ EFFEKTIV, Per-Erik Nilsson, *Komfortkyla*

**Sammanfattning:
Passiva system****Effekt**

Varierar mellan metoder och system. Evaporativ kyla kan ge ca 5 °C temperatursänkning.

Synergier

Evaporativ kyla ger kall frånluft, vilket sänker värmen i staden.

Konflikter

Inga

Övriga fördelar

Kräver ingen el.

Övriga nackdelar

Är inte lika effektivt som de övriga metoderna. Det går inte att bestämma en viss lufttemperatur som ska hållas. Kan behöva kompletteras med effektivare kylsystem under extrema perioder.

Flera tekniker på frammarsch

Det finns en mängd tekniker som inte beskrivits här, varav en del har använts länge kommersiellt och en del är nya och fortfarande under snabb utveckling. I Sverige är till exempel absorptionskyla vanlig, där luften görs torr med hjälp av ett fuktabsorberande material så att den sedan kan kylas mer effektivt. Det finns även tekniker för att driva kylanläggningar med hjälp av varmvatten från fjärrvärme eller solfångare, och värmepumpar kan användas för att ge komfortkyla. Teknikernas miljöpåverkan beror på vilken energikälla som används, och vilket system som är lämpligast för en given byggnad beror på en mängd parametrar. Det är därmed svårt att ge en rekommendation för vilket system som är mest hållbart eller har minst påverkan på värmeönskan. Detta är som sagt ett område under snabb utveckling.

2.14 Sammanfattning

Det finns ingen åtgärd som ensam kan lösa problemet med stigande temperaturer i staden, eller ensam kan minimera en värmeböljas negativa effekter. Den enda metod som garanterat kan hålla inomhustemperaturerna på en ofarlig nivå är eldriven komfortkyla, men att endast tillämpa det som lösning vore ohållbart och förbättrar dessutom inte utomhustemperaturen. Energianvändningen skulle öka dramatiskt, och det går emot både nationella och lokala målsättningar, såsom ett effektivt resursutnyttjande och god hushållning med naturresurser.

Uppsalas klimat gör dessutom utmaningen svårare. I länder som är varma större delen av året, såsom runt medelhavet och i mellanöstern, kan städerna helt och hållet anpassas till att vara svala. I Uppsala innebär flera av metoderna att byggnaderna får ett ökat energibehov för uppvärmning på vintern, vilket i och för sig är ett mindre problem ur energi- och hälsosynpunkt än att de blir för varma. Detta gäller svala tak, markbeläggningar och fasader, och i viss mån ökad luftventilation genom att skapa vindstråk och öppna gator. De åtgärder som innebär stora synergieffekter kan prioriteras framför dessa, då de ger stora positiva värden under hela året och inte bara under de varma perioderna.

Åtgärdernas potential

Grönska i alla former har stor värmesänkande potential, ett oöverträffat antal synergieffekter och få nackdelar. Fördelen är dessutom att växterna faller sina blad under den kalla årstiden och därmed inte hindrar den positiva soluppvärmningen då. Grönskan kan föras in i staden genom grönytor av varierande storlekar, i form av gatuträd, gröna tak och fasader. Att de bidrar till ett bättre stadsklimat är välkänt och bör användas som ett tungt argument för att maximera det gröna i Uppsala. Mer grönska stärker ekosystemen och ekosystemtjänsterna generellt, binder koldioxid, och minskar belastningen på dagvattennätet. I framtiden kommer kraftiga skyfall och översvämningar att bli vanligare, och grönområden i form av multifunktionella ytor som är översvämningsbara, svackdiken längs vägarna och öppna dagvattensystem ger många goda effekter samtidigt. Att anpassa genom grönska innebär positiva effekter året om, och inte endast under de varma perioderna.

Genomsläppliga markbeläggningar har begränsad effekt på värmen om de inte kombineras med vattning, men har stora synergieffekter. De gynnar växtlivet genom att ge tillgång till mer vatten och förhindra torka. Den största fördelen är ändå att de bidrar till en bättre dagvattenhantering.

Ljusa och svala tak har en stor värmesänkande potential, både för inomhus- och utomhusmiljön. Dock kan de ge ett ökat energibehov på höst, vinter och vår. Gröna tak har samma effekt men större fördelar och fler synergier. Ytor som tidigare inneburit problem kan istället ge svalka, habitat för djur och insekter, luftrening och ge en attraktivare stad. Takträdgårdar kan ge möjlighet till odling och de goda effekterna av en park eller trädgård även i den täta staden med begränsat utrymme. Svala tak däremot bör endast tillämpas i problemområden, eller för byggnader som har ett stort kylbehov året om.

För en sammanställning av de olika potentialerna, se tabellen på nästa sida.

Sammanfattning

Ett Uppsala som har anpassats för att klara av ett varmare klimat...

- Har många parker och grönytor, jämnt utspridda i staden – både små som ligger tätt och stora som är mer utspridda
- Är fullt av grönska i form av träd, planteringar, gröna markytor, fasader och tak. Träd och växter skuggar gator, fasader, tak och öppna platser
- Har ljusa färger på fasader, tak och markbeläggningar
- Har genomsläppliga markbeläggningar som låter växterna frodas och inte blir för varma
- Har en bebyggelse som inte hindrar fläktande vindar eller sval luft som strömmar från grönytor
- Har svala inomhusmiljöer utan att använda ohållbara mängder energi, genom att använda grönska, isolering, smart arkitektur och en kombination av naturlig ventilation och komfortkyla.

En bedömning av åtgärderna sammanfattas nedan.

Potential	Kommentar
Hög potential	
Gatuträd	Många synergier, stor effekt, kostnadseffektivt
Gröna tak	Många synergier, stor effekt, stor fördel för dagvattenhanteringen vid skyfall, använder outnyttjade ytor
Gräsarmering	Många synergier, ersätter ytor som annars bidrar till problemet
Parker	Många synergier, stor effekt
Medelstor potential	
Gröna fasader	Många synergier, kan användas på outnyttjade ytor, dock mindre effekt
Svala tak	Effektivt i industriområden
Fasadskuggande träd	Många synergier
Vatten – dammar och fontäner	Synergier med hållbar dagvattenhantering
Genomsläpplig gatubeläggning	Kostnadseffektivt, bidrar till bättre dagvattenhantering, attraktivare miljöer och bättre förutsättningar för grönskan
Evaporativ och vattenburen kyla	Sänker inomhustemperaturen med relativt liten energianvändning, och ger samtidigt lägre utomhustemperatur
Låg potential	
Sval gatubeläggning	Liten effekt i Uppsalas klimat
Passiv kyla	Bidrar främst genom att inte dra el och inte öka varmluften ute. Kommer dock ha större fördelar när klimatet blir varmare och behovet av komfortkyla ökar, och är viktigt för att minska energianvändningen
Energieffektivisering	Har dock stora fördelar för energibesparing
Ventilationskorridorer	Omfattande åtgärder men begränsad effekt

3. STADENS UTFORMNING

I denna del beskrivs hur de olika åtgärder som presenterats i föregående del kan tillämpas i olika miljöer. Först beskrivs hur staden som helhet bör utformas för att undvika att bli onödigt varm och underlätta för invånarna att klara av en värmebölja. Därefter beskrivs hur olika typiska stadsområden bör utformas, och sedan föreslås riktlinjer för ett antal olika stadsmiljöer.

3.1 Staden som helhet

Stadens utbredning: Ju större staden är, ju större blir värmeö. Samtidigt är förtätning grönområden i staden ett ännu sämre alternativ, eftersom grönytorna är viktiga gröna lungor och klimatreglerare. Större grönområden är dock mindre känsliga för att förlora yta än mindre när det gäller förmågan att sänka temperaturen. Tillkommande bebyggelse bör helst placeras på befintliga hårdgjorda ytor, och tillföra grönska genom gröna tak och fasader.

→ Förtäta på befintliga hårda ytor – spara de små grönområdena

Stadens struktur: Det finns ingen idealisk bebyggelsestruktur som minimerar risken vid extrem värme. Både kvarterstad, höghusområden och villastad har fördelar och nackdelar vid värme och värmeböljor, och så länge som tillräckligt med grönska kan integreras i miljöerna är dessa acceptabla strukturer. Den struktur som absolut bör undvikas är renodlade industriområden med låg, vidsträckt bebyggelse, låg andel grönska och hög andel oskuggade hårdgjorda ytor. Ju större som sammanhängande varma områden är, ju mer förstärks deras värmeö. Stora industriområden ska därmed undvikas.

→ Undvik industriområden och minimera deras utbredning

Höga täta strukturer bör också undvikas i stadens utkant, då de kan bilda en mur som blockerar vindarna. Om höga hus planeras i stadens utkant bör noggranna analyser göras av hur de påverkar vindmönstret i resten av staden.

→ Höga hus i stadens utkant bör hanteras med försiktighet

Grönstruktur: Grönskan i staden kan antingen vara insprängd i form av små grönområden som ligger tätt, större områden med större avstånd, eller ett fåtal stora områden som kan sprida sin kalluft långt med hjälp av kalluftsstråk. Grönområdena bör antingen vara utformade för att ge svalka om dagen, med hjälp av höga, stora skuggande träd, eller för att svalka ner bebyggelsen om natten, i form av stora områden med gräs eller annan låg vegetation.

→ Bebyggelsen svalkas av grönområden – träd är viktiga dagtid, öppna gräsytor nattetid

Mängden grönt bör maximeras i hela staden, i alla miljöer. Tak och fasader, innergårdar, torg och gatumuljöer innehåller så mycket grönska som möjligt.

→ Maximerad grönska

Gatuträd: Alla gator och platser bör ha skuggande träd, som svalkar fasader och gatubeläggning och gör att gångtrafikanter och cyklister kan röra sig i staden utan att utsättas för värmestress. Det är av stor vikt att träden har tillräckligt goda livsbetingelser för att kunna växa sig stora och höga, och att det kontinuerligt planteras nya träd som är anpassade till det kommande klimatet.

→ Alla gator, vägar, cykelvägar och trottoarer bör kantas av gatuträd

Trafikapparaten: Breda bilvägar och stora trafikplatser är ytor som blir väldigt varma. De saknar oftast skugga och utgörs av värmelagrande material. Vägar och gator bör göras så smala som möjligt för att minimera dessa ytor, och helst bör också biltrafiken minimeras eftersom avgaserna värmer staden. Stora oskuggade parkeringsplatser blir som varma öknar och påverkar omgivande bebyggelse. Genom att satsa på cykel, gång och kollektivtrafik kan de hårdgjorda ytorna som krävs för biltrafiken minimeras.

→ Minskad biltrafik minimerar de hårdgjorda ytorna

Lågtrafikerade vägar i exempelvis bostadsområden, på parkeringsplatser, gångvägar och liknande bör beläggas med genomsläppliga material och allra helst med gräsarmering.

→ Lätt trafikerade vägar beläggs med gräsarmering eller andra genomsläppliga material

Kransorterna: Även små orter utvecklar en värmeö och mikroklimatet kan vara extremt varmt där grönska saknas. Även i kommunens mindre orter bör gatorna kantas av träd, gräs och buskar och beläggas med genomsläppliga material.

→ Även små orter kan ha en värmeö och behöver svala platser!

Sammanfattningsvis är en sval stad en grön och ljus stad, där de hårda ytorna minimeras och de gröna ytorna maximeras.



Breda vägar utgör stora solbelysta ytor med värmelagrande material. Här korsas Tycho Hedén och Vaksalagatan. Bildkälla: Eniro

3.2 Generella råd

Utformningen av alla typer av miljöer bör följa följande riktlinjer. Dessa kommer att återkomma i beskrivningarna nedan, och kan tillämpas även på miljöer som inte beskrivs i detta dokument.

Generella råd: Byggnader	Utemiljö
<ul style="list-style-type: none">• Ljusa fasader• Gröna tak• Svala tak om inte gröna är möjligt• Inte för stora fönster i söderläge• Fasadgrönska• Minimera behovet av komfortkyla<ul style="list-style-type: none">○ möjliggör vädring○ skugga fönster och fasader○ anpassa isolering○ undvik onödiga värmekällor	<ul style="list-style-type: none">• Maximera grönskan – träd, buskar, gräs och klängväxter• Minimera de hårdgjorda ytorna• Använd armerat gräs så mycket som möjligt• När det inte är möjligt; använd genomsläppliga material• Skugga material som blir varma• Se till att skuggade platser finns tillgängliga

3.3 Områdestyper

Villastaden

Stadsstrukturen

Eftersom det är viktigt att bostadsområden är svala om natten då människor sover där kan varma vindar från intilliggande varma områden, såsom industriområden och innerstaden, påverka de boende negativt. Om vindmönstret för med sig varmluft till bostadsområden kan gröna bälten anläggas mellan dem och den varma bebyggelsen för att hindra de varma luftströmmarna.

Eftersom andelen grönska är så hög i villaområden och de inte blir så varma så är behovet av svalkande parker inte så stort. Grönområden behövs självklart ändå av andra anledningar, men den värmsänkande funktionen behöver inte prioriteras.

Gatumiljö



Generellt är gator i småhusområden lågt belastade. Det gör dem perfekta för att använda genomsläppliga material, som till exempel porös stenbeläggning eller gräsarmering. Speciellt gräsarmering sänker temperaturen om både dagen och natten. För att ge en behaglig miljö för oskyddade trafikanter och minska uppvärmningen av vägarna bör träd planteras längs med området gator och cykelvägar. Skuggande träd gör att vägarna inte blir lika varma på dagen och inte heller släpper lika mycket lagrad värme på kvällen och natten.

Bild från
soilretention.com



Tomten

Generellt är trädgårdarna i befintliga områden stora, vilket gör att området får en stor andel grön yta. Träd, buskar och gräsmattor sänker temperaturen, och välplacerade träd och buskar kan skugga fasad, fönster och tak. Dessa bör sättas till väster och öster om huset.

Idag finns en trend att hårdgöra större delar av villatomter än tidigare, och exempelvis lägga stenplattor och marksten på uteplatser och uppfarter. Detta innebär dels en högre andel material som lagrar värme, men även att avrinningen och dagvatteninfiltreringen i dessa områden påverkas negativt. En studie av skånska orter visade att en ökning av hårdgjorda ytor i villaträdgårdar med 10 % leder till en ökning om ungefär 20 % av ytavrinningen och därmed ställer stora krav på dagvattenhanteringen⁹⁷. Om dessa hårdgjorda ytor istället utgjordes av genomsläppliga material innebar det endast en marginellt ökad belastning. Genomsläpplig marksten, plattor, grus eller gräsarmering bör användas för garageuppfarter och uteplatser.



Uppfart med gräsarmering. Bildkälla: Byggros



Temperaturen utomhus under tät lövskugga är mer behagligt under en värmebölja än samma temperatur inomhus. Trädgården bör alltså erbjuda skuggade platser att vistas på under dag och kväll. För äldre personer är det extra viktigt att platsen är lättillgänglig från huset.

⁹⁷ Sjöman, J. D. *Småhusträdgårdarnas betydelse för klimatanpassning och dagvattenhantering i stadsregioner - Slutrapport till KSLA*

Huset

Huset bör vara välisolerat, men inte så pass mycket att det inte går att kyla ner om natten med hjälp av ventilation och vädring. Fasaden bör ha en så ljus färg som möjligt. Taket bör vara antingen ljust, ha en högre reflekterande färg eller vara täkt med växter.

Fasad och fönster bör skuggas av antingen växtlighet, markiser, persienner eller takutsprång. Fönstren ska kunna öppnas och ge korsdrag. För att kunna ha öppna fönster och dörrar om natten utan inbrottsrisk rekommenderas nätdörrar och –fönster. Platser där man vistas mycket, såsom sovrum och vardagsrum bör ligga i svala lägen.

Fristående höghus

Stadsstrukturen

Samma sak gäller som för villaområden. Varma vindar från andra områden kan förhindras med hjälp av gröna barriärer. Här är det dock viktigare med grönområden i närheten.

Utemiljö

Här finns stora möjligheter att maximera andelen gröna ytor och växtlighet. Då trafiken i bostadsområden generellt är låg kan genomsläppliga material användas på vägar, gångvägar och uteplatser. Dessa bör skuggas av träd. För utformning av gemensamma parkeringsplatser, se avsnittet "parkeringsplatser".

De boende bör ha tillgång till svala uteplatser, som är lättillgängliga för äldre och personer med rörelsenedsättning. Helst bör det finnas tillgång till svala platser vid alla tidpunkter under dagen. Dessa måste hållas i gott skick för att uppmuntra till användning. Även lekplatser bör vara skuggade.

Byggnaderna

Huskropparna bör placeras så att svala vindar kan komma åt. Träd skuggar med fördel fasaden. Huset bör vara välisolerat, men inte så pass mycket att det inte går att kyla ner om natten med hjälp av ventilation och vädring. Fasaden bör ha en så ljus färg som möjligt. Taket bör vara antingen ljust, ha en högre reflekterande färg eller vara täkt med växter.

Fasad och fönster bör skuggas av antingen växtlighet, markiser, persienner, takutsprång eller balkonger. Fönstren ska kunna öppnas och ge korsdrag. De understa våningarna kan med fördel vara upphöjda över markplan, så att de boende inte undviker att öppna sina fönster på grund av insynsrisk eller inbrottsrisk. Platser där man vistas mycket, såsom sovrum och vardagsrum bör ligga i svala lägen.

Invändigt bör energieffektiv belysning och övrig teknisk utrustning väljas. Belysningen i gemensamma utrymmen bör styras av timer, för att inte ge uppvärmning i onödan.

Kvartersstad

Stadsstrukturen

Eftersom kvartersstaden är varm på natten bör den innehålla mycket insprängd grönska i form av parker och gröna platser. Den kan även skärmars av med hjälp av gröna bälten för att undvika att varmluft sprids till andra områden.

Utemiljö

Gatorna bör vara tillräckligt breda i förhållande till husen för att inte förhindra avsvälning. Helst bör gatorna kantas av träd, som skuggar både mark och fasader. Den hårdgjorda ytan bör minimeras och utgöras av genomsläppliga material eller ersättas av gräsarmering. På grund av den begränsade markytan är fasadgrönska ett bra alternativ för att få in mer grönt. Innergårdarna bör vara så gröna som möjligt, och erbjuda möjlighet till sval utevistelse. För utformning av parkering och lekplatser, se respektive avsnitt.



Gatuparkering med gräsarmering. Bildkälla: soilretention.com

Byggnaderna

Huset bör vara välisolerat, men inte så pass mycket att det inte går att kyla ner om natten med hjälp av ventilation och vädring. Fasaden bör ha en så ljus färg som möjligt. Taket bör vara antingen ljust, ha en högreflekterande färg eller vara täkt med växter.

Fasad och fönster bör skuggas av antingen växtlighet, markiser, persienner eller takutsprång. Fönstren ska kunna öppnas och ge korsdrag. De understa våningarna kan med fördel vara upphöjda över markplan, så att de boende inte undviker att öppna sina fönster på grund av insynsrisik eller inbrottsrisk.

Invändigt bör energieffektiv belysning och övrig teknisk utrustning väljas. Belysningen bör styras av timer eller rörelsedetektor i gemensamma utrymmen.

Industriområde

Stadsstrukturen

Eftersom industriområden blir väldigt varma på dagen bör de skärmars av med hjälp av gröna bälten för att undvika att varmluft sprids till andra områden. Nya områden bör inte läggas på platser där vindarna för luften in över staden dagtid. Generellt bör områdena inte vara för stora. Studier har visat att områden som blir väldigt varma, såsom industriområden, blir varmare ju större de är. Stora områden bör innehålla en stor eller flera mindre svalkande grönområden.

Utemiljö

I dessa områden saknas generellt skugga och grönska. Fler träd är en effektiv åtgärd. Parkeringsplatser kan utformas för att vara temperatursänkande istället för värmeöknar med hjälp av genomsläppliga material och grönska, se avsnittet nedan om parkering. Även vägarna bör kantas av träd.



Byggnaderna

Byggnader i dessa områden är oftast låga och vidsträckta, och perfekta för att ha gröna eller svala tak. Gröna tak ger störst effekt eftersom bristen på grönska är akut. Om takkonstruktionen inte kan bära tyngden är ett ljust tak ett alternativ.

Friskluftsintaget till kylanläggningen bör förläggas till en grön, sval plats istället för en varm parkering.

3.4 Gaturum

Cykelväg

Cyklister är oskyddade trafikanter och därmed känsliga för värme. Cykelstråk kan med fördel omges med grönska som sänker temperaturen och helst skuggas med träd. Bilden till höger visar ett väl använt cykelstråk längs med Dag Hammarskölds väg. Sträckan på bilden är 2 km lång och saknar helt träd eller annan skuggning, och omges av öppna gräsytor och åkrar som kan bli väldigt varma under soliga somrardagar. Sträckor som dessa kan behöva kompletteras med gatuträd.



Gågata och innerstad



Att ha en attraktiv innerstad som är behaglig att vistas i är viktigt av många anledningar. En stor andel av trafikanterna här är gångtrafikanter eller cyklister och är därmed oskyddade. En attraktiv stad gynnar centrumhandeln och turismen. Det är därmed viktigt att redan nu plantera stadsträd och grönska som ger behaglig skugga när klimatet blir allt varmare. Idag saknar stora delar av gågatan och Dragarbrunnsgatan träd.



Refuger

Refuger behöver inte vara hårdgjorda eller av vanligt gräs. Istället kan låga marktäckare utan underhålls krav bidra till bättre luft, minskat buller och lägre temperaturer. Ängsblommor behöver knappt något underhåll och bidrar till den biologiska mångfalden. De kan även användas till gröna ytor i rondeller och istället för gräsremsor bredvid vägar och gator.



Refug i Tyskland med ängsblommor. Bildkälla: gronarestader.se

3.5 Parkeringsplatser

Parkeringsplatser är ofta helt enkelt stora asfalterade ytor, som blir väldigt varma och dessutom ger stora mängder förorenat dagvatten. Bilar bör helst inte bli för varma, eftersom farliga ämnen kan förångas från tanken, och det är heller inte bra för barn och djur som stannar i bilen. Om grönskan istället maximeras kan de vara lika temperatursänkande som parker.

Parkeringsplatser bör ha skuggande träd. Helst planteras dessa i nord-sydliga rader, vilket ger mest skugga per träd. Grenarna bör börja högt upp för att inte blockera sikten och kronan bör ha stor utbredning.

Eftersom trafikbelastningen är låg är parkeringar utmärkta ställen att använda genomsläpplig marksten eller ännu hellre gräsarmering.

Gräsarmeringen sänker temperaturen ytterligare, medan genomsläppliga material generellt gör att trädens livsförutsättningar förbättras.

Dagvattnet kan antingen ledas mot träden, eller samlas ihop i en dagvattendam som senare kan användas för bevattning under torrperioder.



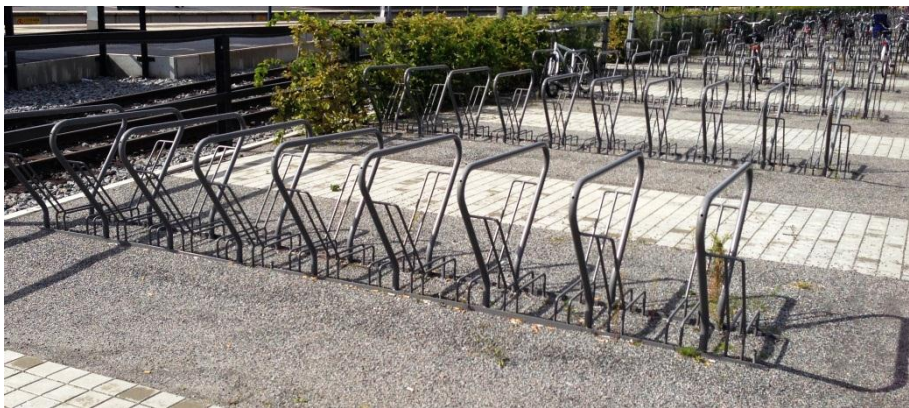
Bildkälla: localecologist.blogspot.se



Exempel på utformning med gräsarmering.

Bildkälla: byggros.com





Även cykelparkeringar kan utformas som ytor med genomsläppliga material. Här visas cykelställ vid Resecentrum med grus och stenläggning. Hade även träd planterats här skulle den temperatursänkande effekten bli större.

3.6 Torg och platser

Torg och öppna platser bör utformas med tanke på att klimatet kommer att bli varmare. Platser där många människor vistas under lägre perioder, såsom busshållplatser och ytor där människor umgås, bör erbjuda skugga. För att vara attraktiva platser under olika delar av säsongen och vid olika väder bör platserna erbjuda en mängd olika mikroklimat – både sol, skugga, lä och fläkt. Genomsläpplig marksten bör användas, och på ytor med låg belastning kan växter växa i fogarna.

Träd, buskar och plantering bör integreras, men utformas noggrant så att de inte skymmer sikten och gör att platsen känns otrygg på kvällarna. Eftersom växternas avdunstning blir mindre när de drabbas av torka är det viktigt att de vattnas under värmeböljor, för att parkerna ska ha effekt. Genomsläppliga markbeläggningar kan också vattnas för att ge en kylande effekt om dagen.



Resecentrum är föredömligt utformat med gräsmattor, planteringar och både sparade stora, äldre träd och nya små som ger skugga där passagerarna väntar och tar sig mellan anslutningarna.

3.7 Grönområden

Liksom för torg och platser bör grönområden erbjuda en variation av mikroklimat om deras främsta funktion ska vara att vara attraktiva sociala ytor. För att erbjuda maximalt med kylande effekt under dagen är det dock viktigast att maximera grönskan. I områden som istället behöver kylas om natten är det lämpligare med stora öppna gräsmattor.

Fullvuxna, stora träd som står tätt ger mest kylande effekt om dagen. Om parken ska vara en sval plats om dagen är det alltså viktigt att se till att det kontinuerligt finns stora, mogna träd. Att ha en stor variation på trädens åldrar, arter och att kontinuerligt sätta nya kommer att bli ännu viktigare framöver. Detta då det blir allt viktigare att det alltid finns stora träd som kan skugga effektivt, även om vissa av träden måste tas ner på grund av ålder eller sjukdom.

Parken bör inte skärmas av med täta buskage, murar eller andra hinder. Detta förhindrar den kalla luften från att spridas ut till bebyggelsen om natten.

I ett framtida klimat kommer förmodligen sättet som vi använder parker på att förändras. Det kommer att bli viktigare att parkerna blir attraktiva platser att vistas på om kvällarna i ett varmt klimat. Det blir då viktigt att de känns trygga och är väl upplysta även på kvällstid.

Eftersom växternas avdunstning blir mindre när de drabbas av torka är det viktigt att de vattnas under värmeböljor, för att parkerna ska ha effekt.

Idrottsområden

I områden där idrottsföreningar och motionärer tränar bör det finnas delar med tät skugga där man kan träna under varma, soliga perioder. Vid fotbollsplaner och liknande där åskådare och avbytare sitter länge bör det finnas sittplatser i skuggan. Även skuggade samlingsplatser bör finnas. Utegym och motionsspår bör också skuggas av träd.

Underlag av riktigt gräs bör väljas framför konstgräs. Konstgräs har inte gräsets värmesänkande effekt, utan blir till och med varmare än asfalt i solen. Under soliga dagar kan det vara hälsovådligt att idrotta där. Under samma soliga dag uppmättes yttemperaturerna för olika ytor. Levande gräs var 25,5 grader varmt, asfalt: 43 grader och konstgräs: 47,2 grader. Under en dag med 37-gradig värme uppmättes en lufttemperatur om 59 grader på en konstgräsplan⁹⁸. Dessutom tillverkas konstgräs av fossila material, avger hälsofarliga kemikalier och mikropartiklar och har inte en vanlig gräsmattas naturliga vattenfiltrerande och -hållande egenskaper.

Konstgräs bör alltså endast väljas i undantagsfall. Om konstgräs trots detta väljs bör området bara väl ventilerat och skuggat.

3.8 Lekplatser och skolgårdar

Barn drabbas lätt av uttorkning och har hud som är känslig för UV-strålning. Lekplatser och skolgårdar bör därför erbjuda så mycket skugga som möjligt. Bollplaner och sandlådor bör kantas av träd som har stora vida kronor.



⁹⁸ State of New York, Department of Health (2008) *Factsheet: Crumb-Rubber Infilled Synthetic Turf Athletic Fields*



Två lekplatser som erbjuder mycket skugga. Den undre har dessutom stora gräsytor, vilka är svalare under varmare dagar än sand och grus.



Lekplatser bör inte utgöras av konstgjorda material såsom gummimatta eller konstgräs. Dessa typer av ytor blir väldigt varma, kan avge hälsofarliga material och partiklar och tillverkas dessutom av fossila material. Se avsnittet ovan om hur varma konstgräsplaner kan bli.

Gräs är det markmaterial som är svalast, medan grus och asfalt blir väldigt varmt i solen.

3.9 Innergårdar

Innergårdar behöver erbjuda uteplatser och miljöer för alla åldrar som är svala om sommaren. Uteplatser bör vara lättillgängliga speciellt för sårbara grupper såsom äldre, och kan skuggas av träd eller klättrväxter på pergolor eller liknande. Helst bör flera uteplatser finnas som erbjuder skugga vid alla tider på dygnet. För att uteplatserna ska vara attraktiva hela året kan de vara delvis soliga och delvis skuggade, och ha justerbara solskydd såsom markiser och parasoll.



Stora trädkronor kan hålla kvar varm luft under sina löv och bör alltså inte täcka hela gårdens yta. Glesare trädkronor eller kombination av öppna ytor och träd är lämpligare. För att maximera lövmassan och den värmesänkande effekten bör växtligheten planteras i flera lager, det vill säga både marktäckare, buskar och träd. Klängväxter på fasad och balkonger utnyttjar de vertikala ytorna.

Eftersom växternas avdunstning blir mindre när de drabbas av torka är det viktigt att de vattnas. Regnvatten kan samlas i en damm för att användas under dessa perioder.



Till vänster ett exempel på hur vertikal grönska kan användas för att skapa avskildhet på en innergård.
Bildkälla: Greenspire

Till höger ett exempel på hur klängväxter kan skugga gångvägar på en innergård.

Bildkälla:
stocksundgarden.blogspot.se



3.10 Äldreboenden och vårdmiljöer

Äldre och sjuka är två stora riskgrupper vid värmeböljor, och miljöerna där de vistas bör vara så svala som möjligt. Grönska har stora positiva effekter för hälsa och tillfrisknande, vilket är ytterligare ett argument för att maximera mängden grönska i dessa miljöer.

Lokalisering

Till att börja med bör de inte förläggas till områden som är varma och har en stor värmeö. De bör alltså inte ligga nära stora industriområden, och helst inte centralt eller i en kvartersstruktur med låg andel grönska. Istället bör de ligga nära stora grönområden, i eller nära bostadsområden med hög andel grönska eller i utkanten av staden.

Utemiljön

Runt själva lokalerna bör miljön vara så grön som möjligt. Detta kan innebära gräsklädda ytor, buskage och stora höga träd som skuggar fasader och tak samt gröna fasader. Eftersom dessa grupper även är känsliga för köldstress är växtlighet och markiser bra val i kombination med en mörkare fasad som är grönklädd. På detta sätt hålls fasaden sval sommartid, men blir inte för kall vintertid då löven fällt och markiserna vevas in. Hårdgjorda ytor bör skuggas.

Uteplatser och andra miljöer för utevistelse bör vara väl skuggade av träd, pergolor, markiser eller parasoll.

Byggnaden

Som sagt är markiser och fasadgrönska i princip ett måste. Byggnaden bör inte ha för stora fönster eller ytor mot söder, om det inte finns tät grönska där som kan skugga om sommaren. En effektiv klimatanläggning är ett måste för att garantera vårdtagarnas hälsa under värmeböljor. Byggnaden bör konstrueras från början för att vara så sval som möjligt, med väl avvägd isolering, svalt tak och sovrummen förlagda till svala delar av byggnaden. Passiva kylsystem bör användas i kombination med komfortkyla för att minska energianvändningen. Ju svalare utemiljön är, ju mindre energi krävs för komfortkylan eftersom tilluften har lägre temperatur.

4. STYRINSTRUMENT

Det finns olika typer av verktyg som kan användas för att implementera de värmesänkande åtgärderna. I denna del beskrivs metoder som har använts i andra städer och kommuner.

4.1 Urbana klimatkartor

Allt fler städer i världen arbetar med så kallade "urban climatic maps", som kan översättas till "urbana klimatkartor". Det är ett GIS-baserat verktyg som har två dimensioner. Den ena dimensionen är själva klimatanalyskartan, som innehåller en detaljerad analys av de lokala klimatologiska förhållandena i staden, med till exempel vindmönster, höjdskillnader, markanvändning, temperatur, nederbörd och luftkvalitet. Den andra dimensionen av kartan innehåller riktlinjer och rekommendationer för planeringen och utvecklingen av staden, baserat på den klimatologiska informationen.

Den första staden som började arbeta på detta sätt var Stuttgart, som sedan länge har tampats med stora luftkvalitetsproblem. Staden ligger som i en gryta och får ofta problem med inversion. För att komma tillrätta med detta problem började man arbeta med att kartlägga vindmönstren i staden, och omsatte sedan kunskapen till riktlinjer för stadsplaneringen. På 1980-talet började man kartlägga hur olika typer av stadsstrukturer och markanvändningar påverkar luften och lokalklimatet, vilket ledde till att man definierade olika "klimatoper" – olika typer av områden som påverkar stadsklimatet. Flera ambitiösa projekt har genomförts och resulterat i över 100 kartlager med information om stadsklimatet. Stuttgarts projekt har sedan lett till att även Berlin har skapat en så kallad "klimatatlant", och efter värmeböljorna i Europa 2003 och 2006 har bland annat Paris kartlagt var dödsfallen inträffade och deras samband med grönytor, takmaterial och vattenytor⁹⁹.

Klimatanalysen

För att göra en urban klimatkarta måste först stadens klimatsystem analyseras och karteras. Bland annat bör analyser av följande finnas med:

- Luftcirkulationsmönster
- Vindmönster och vindkorridorer
- Ventilationszoner
- Rådande barriäreffekter
- Lokala temperaturvariationer
- Luftkvalitet

Detta analyseras sedan i kombination med markanvändningen och stadsstrukturen för att dela in staden i klimatoper, utifrån vilken roll de spelar för stadens klimat. I Stuttgart använde man denna klassificering:

- Vatten
- Öppen mark

⁹⁹ Ren, C., Ng, E. Y. Y., & Katzschner, L. (2011). *Urban climatic map studies: a review*. International Journal of Climatology, 31(15), 2213-2233.

- Skog
- Park
- Landsbygd
- Förort
- Stad
- Centrum
- Liten fabrik
- Stor fabrik
- Järnväg

Planeringslaget

Utifrån de klimatoper som identifierats i klimatlaget delas staden in i zoner utifrån hur stor roll de spelar för klimatet, och hur de bör hanteras. Ett varmt område som saknar grönska klassificeras som "behöver åtgärdas", och en park som genererar viktig kallluft klassas som "bör skyddas". Riktlinjerna för planeringen tas fram gemensamt av ett team bestående av klimatexperter och planerare. Detta arbete handlar snarare om tolkningar än en exakt vetenskap. I Stuttgart används klimatkartan som planeringsunderlag för bland annat att planera grönstrukturen, reglera byggnadshöjder och skapa luftkorridorer. Man har bevarat grönområden som identifierats som viktiga producenter av frisk och kall luft, och luftkorridorer som är viktiga för stadens frisklufts försörjning¹⁰⁰.

Dessa kartor behöver ständigt uppdateras, i takt med att bebyggelsen förändras och ny data samlas in. De kan användas för många olika typer av planeringsprocesser, såsom översiktsplanering, detaljplanering och grönplaner. De har även visat sig vara bra verktyg för att förmedla klimatinformation och planeringsdirektiv visuellt och lättförståeligt mellan olika professioner, till allmänheten och till politiker¹⁰¹. Stadsplanering på makronivå tar sällan hänsyn till vindförhållanden och ser oftast inte staden som ett klimatsystem, utan prioriterar sociala och ekonomiska aspekter. Klimatkartering kan på så sätt bidra till att lyfta lokalklimatets roll.

Nackdelen är att det är resurskrävande att genomföra analyserna, och kartorna behöver ständigt uppdateras. De städer som använder klimatkartering har ofta ett team av anställda klimatologer.

4.2 Riskkartering

I Montreal har de lokala myndigheterna tagit initiativ till en strategi för att minska den urbana värmeö. Arbetet inleddes med att ta reda på vilka områden som i dagsläget är riskområden för värmerelaterade dödsfall och ohälsa. En GIS-analys gjordes där en kartering av temperaturerna under en varm sommardag i staden samkördes med karteringar av var flest personer i åldrarna 0-4 år och över 65 bor, personer med låg inkomst samt ensamboende personer över 65. På detta sätt kunde man se vilka områden som skulle prioriteras. Man kunde även se att de varmaste områdena saknade växtlighet och hade ett lågt albedo. Informationen från temperaturmätningen kunde sedan användas för att utforma strategier för olika typer av stadsstrukturer.¹⁰²

¹⁰⁰ Ren et al, *Urban climatic map studies: a review*

¹⁰¹ Ren et al, *Urban climatic map studies: a review*

¹⁰² Chee F Chan, Julia Lebedeva, José Otero, and Gregory Richardson (2007) *Urban heat islands: a climate change adaptation strategy for Montreal*, McGill University & City of Montreal

4.3 Grönytefaktor

Grönytefaktor har blivit ett viktigt instrument för att säkerställa att andelen grönyta inom ett planområde tillfredsställer ekologiska och sociala aspekter. Olika gröna och blå element i bebyggelsen ger poäng, och poängen delas sedan med områdets yta för att ge själva grönytefaktorn. Det finns stor möjlighet för en kommun att välja vad som ger höga poäng, och därmed premieras. I Norra Djurgårdsstaden fanns exempelvis gamla ekar som var värdefulla biotoper, och därmed utformades grönytefaktorn för att skapa incitament att bevara dessa.

Gemensamt för olika versioner av grönytefaktorn är att de uppmuntrar till en hög andel grönska i bebyggelsen, och ger incitament att anlägga gröna tak. I den modell som använts för Rosendal finns plusfaktorer för klimatanpassning för just varma perioder. Dessa omfattar:

- Träd placerade så att de ger lövskugga över 40-60 % av lekplats och gemensam uteplats
- Pergolor och lövgångar som ger lövskugga
- Dammar och öppna vattenytor som håller vatten under torra perioder
- Fontäner och dylikt
- Gröna tak
- Flerskiktad grönska – ju fler gröna skikt, ju mer bladyta och därmed kylande effekt.

Grönytefaktorn är som sagt ett bra verktyg för att öka andelen vegetation och även genomsläppliga ytor i ny bebyggelse. De aspekter som skulle kunna läggas till för att göra verktyget ännu bättre som klimatanpassningsverktyg rör ljusa ytfärger och svala takmaterial, högre poäng för träd som skuggar tak, fasader och fönster, samt ännu högre poäng för gräsarmering som markbeläggning jämfört med andra genomsläppliga material. Andra vidareutvecklingsmöjligheter är att göra tillgång till skuggade uteplatser och lekplatser till ett krav.

4.4 Lagstadgade gröna tak

I flera länder har lokala myndigheter utformat olika föreskrifter och incitament för gröna tak.

München: Alla platta tak med en yta på över 100 kvm och som är lämpade för gröna tak måste vara gröna. Fastighetsägarna får betala mindre i avgift för dagvattenhantering.

Köpenhamn: Alla nya tak med en lutning som understiger 30° måste vara gröna.

Toronto: Alla nya byggnader som är större än 2000 kvm måste ha gröna tak på minst 20 till 60 % av takytan. Ju större utbredning byggnaden har, ju större andel av taket måste vara grönt.

I Tyskland erbjuder över 48 städer finansiering för gröna tak, och 35 % av städerna har lagstiftning för gröna tak. Idag är ca 14 % av alla tak i Tyskland gröna¹⁰³.

4.5 Balanseringsprincipen

Balanseringsprincipen infördes i tysk lagstiftning på 70-talet, och har som grundidé att naturmark och biotoper som försvinner vid exploatering ska kompenseras av exploatören i närområdet, om det inte går att undvika eller minimera skadan¹⁰⁴. Principen är utformad i fyra steg:

¹⁰³ Köpenhamns stad, *Green roofs Copenhagen*

- 1) Undvika negativ påverkan.
- 2) Minimera negativ påverkan.
- 3) Utjämna negativ påverkan genom att återskapa värdet i närområdet.
- 4) Ersätta genom åtgärder på annan plats eller av annat värde.

På 90-talet mjukades principen upp då det ofta var svårt att kompensera värdena lokalt. Istället infördes kompensationspooler, vilket innebär att kompensationen kan vara av en annan karaktär än värdet som försvinner, och på en annan plats än just i planområdet. Ett fåtal kommuner i Sverige har försökt implementera balanseringsprincipen, men det har varit oklart hur naturen ska värderas.

Balanseringsprincipen kan anpassas och viktas på olika sätt. I de flesta fall har den använts just för att se till att inte viktiga biotoper och naturmark försvinner, men den skulle även kunna utformas med ett klimatanpassningsperspektiv. Exempelvis kan krav ställas på att genomsläppliga ytor, träd och växtlighet som försvinner på grund av exploatering ska kompenseras inom planområdet, så att andelen grönska och förmågan till dagvattenfördröjning och infiltration hålls konstant i staden eller ökar.

Ett svenskt exempel på denna typ av idé är Örebro kommuns trädgaranti, som är utformad enligt följande:

1. Vid exploatering av kommunen försåld mark där träd måste tas bort antingen inom planområde eller på anslutande gator skall ersättning för ett (1) utvuxet träd ske med fem träd. För ett ungt träd skall ersättning ske med två träd.
2. Privata fastighetsägare skall genom Tekniska nämndens försorg vidtalas för att genom frivillighet bidra till att inte stadens gröna miljö utarmas genom att plantera ett (1) nytt träd för varje som tas bort.
3. På kommunal mark skall respektive trädägare, Tekniska förvaltningen, Kommunfastigheter, Fritid och Turism eller andra kommunala förvaltningar ombesörja att minst ett (1) träd återplanteras efter borttagande av ett (1) träd.

I Örebro kommuns nya grönstrukturplan återfinns även kompensationsprincipen bland de styrande principerna för hanteringen av grönska i staden, formulerat som följande: "Kompensationsprincipen och försiktighetsprincipen ska tillämpas i planarbetet. Den förstnämnda innebär exempelvis att förluster av träd och värdefulla grönytor i stadsmiljön ska kompenseras genom nyanläggning av liknande grönytor i närliggande del av staden i minst samma omfattning som förlorats." Dessutom finns ett specifikt mål för innerstadens gårdar, där andelen grönyta ska bibehållas eller öka.

4.6 Styrdokument

I kommunala styrdokument finns en mängd möjligheter att lyfta fram klimatanpassningsaspekten.

Översiktsplan

I Järfällas nya översiktsplan finns bland annat följande formuleringar:

¹⁰⁴ Jesper Persson (2011) *Att förstå miljökompensation*, Melicamedia

De urbana parkerna berikar hela Järfälla. Dessa parker av varierande storlek och med urban karaktär har hög kvalitet på utformning och material. De har integrerade dagvattenanläggningar och fungerar som luftomväxlare och temperaturreglare i den täta strukturen.

Framtidssäker och robust teknisk infrastruktur:

Alla nya hårdgjorda ytor kompenseras med gröna tak, grönska, diken och dammar för att den ökade mängden dagvatten inte ska orsaka översvämningar i det förändrade klimatet.

Vägledning för teknisk infrastruktur

- c. Andelen hårdgjorda ytor ska minimeras. Gröna tak och väggar ska främjas.
- e. Det ska finnas ett stort inslag av grönska, vatten och genomsläppliga ytor i stadsmiljön för att skapa en bra dagvattenhantering och för att säkra en avkylande effekt vid framtida värmeböljor.

Vägledning för hälsosamt och säkert byggande

Grönytefaktorn
Grönytefaktorn i detaljplaner vid ny bostadsbebyggelse bör vara minst 0,5 enligt den modell som tillämpas i Barkarbystaden.

Grönstrukturplan

Förutom ovanstående exempel från Örebro kan Eskilstunas grönstrukturplan lyftas fram. Här finns en tydlig strategi för ett behagligare lokalklimat med ett värmeperspektiv.

Strategi för behagligare lokalklimat

- **Lokalklimat i detaljplanläggning och bygglovprövning** Behovet av *skugga, svalka och vindskydd i närmiljön* beaktas i både detaljplanearbete och bygglovprövning – särskilt vid planering av den yttre miljön vid äldreboenden, särskilda boenden, skolor och förskolor.
- **Lokalklimat i parker och annan allmän platsmark** I samband med förändring och skötsel av befintliga parker och vid planläggning av nya parker beaktas frågorna om lokalklimat på samma sätt.

Anpassningsplan

I en anpassningsplan kan de frågor som är sektorsövergripande och spänner över flera planer och program tas upp samlat. Anpassningsplanen kan senare ligga till grund för översiktsplan, fördjupade översiktsplaner, program och policier.

Kristianstad har tagit fram en plan för klimatanpassning som senare inarbetats i kommunens klimatstrategi. De har ställt sig frågan "vad bör göras?", och sedan gått igenom tänkbara konsekvenser och åtgärder, område för område. Konkreta åtgärder listas på ett sätt som gör dem enkla att bocka av.

I en anpassningsplan kan åtgärder för att förbättra mikroklimatet i staden listas, samt åtgärder för att initiera arbete med rutiner och riktlinjer.

5. STYRDOKUMENT OCH POLICIER

En mängd styrdokument har bäring på klimatanpassning. Här analyseras ett fåtal centrala dokument utifrån vad som i dagsläget står i dem om klimatanpassning, och vad som skulle kunna läggas till.

5.1 Vision Uppsala 2050

*”År 2050 kan Uppsalaborna, företag och organisationer leva och verka miljömedvetet, hälsosamt och energieffektivt, inom planetens gränser. Förnybara och giftfria material lägger grunden för hög resurseffektivitet, god folkhälsa och välfärd. Näringsämnen i slutna kretslopp mellan stad och land ger förutsättningar för konsumentnäralivsmedelsproduktion. **Naturvärden, vattenresurser och biologisk mångfald skapar tillsammans med grönstrukturen i staden och övriga tätorter en långsiktig grund för ekosystemtjänster som gott mikroklimat, vattenrening och goda betingelser för odling.**”*

I aktualitetsförklaringen av översiktsplan 2010 återfinns denna vision för Uppsala kommun. Den markerade formuleringen pekar ut vikten av att använda grönstrukturen för att skapa ett gott mikroklimat.

För att lägga större fokus på klimatanpassning kan något ytterligare läggas till, exempelvis:

”Stadens utformning minskar de negativa konsekvenserna av ett förändrat klimat, och tillvaratar fördelarna ”

5.2 Miljö- och klimatprogram

I miljö- och klimatprogrammet rör ett av etappmålen hållbart byggande och förvaltande. Fokus i texten ligger på energianvändning för uppvärmning, och ett framtida varmare klimat och ett då ökat kylbehov tas inte upp. I en revidering kan det även nämnas att planering och utformning av byggnader bör ske med det framtida klimatet i åtanke, inte endast det rådande. Annars är risken att dessa byggnader inte är hållbara i ett framtida klimat.

5.3 Parkriktlinjer

I detta dokument betonas parkernas roll klimatanpassningen och för att sänka stadens temperaturer. Ett antal riktlinjer och mål berör klimatanpassning och värme:

Riktlinjen att ”planera för ekosystemtjänster”: Växtlighetens klimatreglerande förmåga är en viktig ekosystemtjänst som bör vara en självklar aspekt av detta.

Målet att "alla ska ha nära till parker för aktivitet och rofylldhet": Målet kan bidra till att parker ligger tätt och jämnt utspritt i staden, vilket är en viktig värmesänkande strategi. Målet i sig är inte en garanti för att parkerna kommer att utformas för att vara temperatursänkande, men om de utformas med klimatanpassningsperspektiv kan de göra det enklare att söka svalka.

Riktlinjen att "kompensera för viktiga biotoper som tas i anspråk för andra ändamål" är aningen problematiskt utformad. Vad som anses som en viktig biotop är öppet för tolkning. Om klimatanpassning ses som viktigt kan denna kompensationsprincip användas för att se till att exempelvis stora skuggande träd kompenseras.

Nedanstående mål tar upp många viktiga aspekter:

PARKER FÖR BEGRÄNSAD KLIMATPÅVERKAN

Mål:

Parkerna ska dämpa klimatförändringarnas påverkan.

Riktlinjer:

- Utveckla park- och naturmarkens ekosystemtjänster.
- Eftersträva god balans mellan grönområden och bebyggelse.
- Möjliggör fördröjning, rening och infiltration av dagvatten i parker, gatuplanteringar och andra ytor som kan göras genomsläppliga.
- Bevara och tillför större sammanhängande grönområden och vattenspeglar i staden, de utjämnar temperaturen.

Dock bör till dessa punkter tilläggas att:

- Parkerna ska utgöra svala platser där människor kan söka svalka under varma perioder.
- Det är inte endast sammanhängande större grönområden som är viktiga för temperaturen i staden. Samtliga grönområden är viktiga, stora som små.
- Parkerna bör utformas med tanke på det framtida klimatet och det sätt som de kommer att användas på då.

Att ha en parkplan istället för en grönstrukturplan gör dock att det blir ett trubbigt instrument för att hantera klimatanpassning med hjälp av grönska. Det är inte bara parkerna och kommunens egna mark som har betydelse, utan alla typer av gröna ytor. Villaträdgårdar, gatuträd och grönska kring trafikapparater är områden som inte räknas in men är viktiga delar av grönstrukturen. I parkplanen står att: *"Till skillnad från en grönstrukturplan, som hanterar en stads totala grönstruktur, berör det här dokumentet enbart den mark som kommunen äger eller kommer att äga och som är planlagd som park eller natur med en planeringshorisont till år 2030."* Att bara hantera den grönska som är planlagd som park eller natur gör att stora delar av grönstrukturen faller bort, får fångas upp i andra styrdokument eller lämnas därhän. Det blir då ännu viktigare att ett helhetligt grepp om grönskan tas i översiktsplanen, och att klimatanpassningsperspektivet finns med i detaljplaner och riktlinjer för utformning av gatumiljöer.

5.4 Riktlinjer för Uppsalas stadsmiljö

Detta dokument fokuserar på Uppsalas innerstad. Stadsträdens viktiga funktioner och betydelse för mikroklimatet betonas, och det finns texter som tar upp hållbar utveckling, mångfunktionella ytor, genomsläppliga markbeläggningar och gröna oaser, men det saknas konkreta riktlinjer för att implementera detta.

Exempel på möjliga riktlinjer:

- Gator bör i största möjliga mån ha träd, planteringar eller vertikal grönska.
- Markbeläggning bör i största möjliga mån utgöras av genomsläppliga material
- Utemiljöer ska erbjuda möjlighet till skugga under varma perioder
- Utemiljöer bör utformas med tanke på kommande behov av svalka

5.6 Energiplan

I energiplanen beskrivs tre grundelement för ett uthålligt energisystem:

- *Minskad och effektivare energianvändning*
- *Reducering av effektoppar*
- *Användning av "rätt" bränsle och energiform*

Att minska värmeönskan och skapa en svalare stad mer bebyggelse som är utformad för att minimera kylbehovet är ett sätt att nå de två översta målen. Under varma perioder kommer användningen av komfortkyla att öka, vilket ger effektoppar från lunchtid till tidig kväll. Under denna period är energibehovet i övrigt stort redan idag. Under värmeböljor kommer topparna bli ännu mer extrema, eftersom ännu fler kommer att använda fläktar och kylsystemen måste kyla ännu mer.

Energiplanen beskriver främst problem med effektoppar i samband med uppvärmning. I en ny plan bör hänsyn tas till hur behovet av uppvärmning och kyla kommer att se ut inte endast 10-20 år framåt, utan även år 2050 och framåt.

5.7 Kommande styrdokument

Ett antal styrdokument kommer att tas fram inom de närmsta åren, såsom ett arkitekturprogram, strategier för MEX, och en revidering av den bostadspolitiska strategin. Det är av stor vikt att klimatanpassningsperspektivet är en utgångspunkt i dessa dokument, liksom i översiktsplanen.

Ett styrdokument med riktlinjer och inspiration för utformning av gatumuljöer och innergårdar skulle fylla en lucka som finns idag, och säkerställa att utemiljöer utformas för ett kommande varmare klimat. Ett sådant dokument kan även omfatta utformning för hantering av skyfall, översvämning och stärkta ekosystemtjänster.

6. SLUTSATSER

Uppsala har med stor sannolikhet en eller flera värmeöar som uppgår till ett par grader. Med tanke på att somrarna kommer att bli allt varmare under detta sekel, och värmeböljor kommer att bli allt fler och längre, bör stadens utformning anpassas redan idag. Den effektivaste åtgärden för att sänka stadstemperaturen är att använda grönska.

Uppsala har redan relativt gott om parker och träd, och det kommer att bli allt viktigare att bevara dessa och helst komplettera med fler. Ytor som är outnyttjade idag och snarare bidrar till problemen, såsom tak, väggar och öppna hårda ytor som parkeringsplatser, kan användas för att stärka den gröna infrastrukturen och ekosystemtjänsterna. Detta ger en rad positiva synergier, såsom förbättrad dagvattenhantering, minskad översvämningrisk vid skyfall och förbättrad folkhälsa.

Anpassning till ett varmare klimat är ett perspektiv som i nuläget saknas i många styrdokument. Vid revideringar och när nya dokument formas är det av stor vikt att detta perspektiv är närvarande, om inte en förutsättning.

6.1 Förslag till tillståndsmål

Ett tillståndsmål till översiktsplanen kan utformas på detta sätt:

År 2050 medverkar den byggda miljön till att mildra de negativa effekterna av ett varmare klimat och minimerar den urbana värmeön, så att kommuninvånarna har goda förutsättningar att klara sin vardag och inte utsätts för hälsorisker, samt att näringsliv och arbetsliv kan fungera utan störningar. Det finns beredskap för att säkerställa riskgruppers hälsa och upprätthålla samhällskritiska funktioner under extrema perioder.

6.2 Viktiga aspekter för översiktsplanen

Åtgärderna som togs upp i del 2 sammanfattas i rutan nedan. Dessa åtgärder tillsammans kan bidra till att minska den urbana värmeön och mildra värmeböljor.

Ett Uppsala som har anpassats för att klara av ett varmare klimat...

- Har många parker och grönytor, jämnt utspridda i staden – både små som ligger tätt och stora som är mer utspridda
- Är fullt av grönska i form av träd, planteringar, gröna markytor, fasader och tak. Träd och växter skuggar gator, fasader, tak och öppna platser
- Har ljusa färger på fasader, tak och markbeläggningar
- Har genomsläppliga markbeläggningar som låter växterna frodas och inte blir för varma
- Har en bebyggelse som inte hindrar fläktande vindar eller sval luft som strömmar från grönytor
- Har svala inomhusmiljöer utan att använda ohållbara mängder energi, genom att använda grönska, isolering, smart arkitektur och en kombination av naturlig ventilation och komfortkyla.

Omsatt till direktiv för planering och utformning kan de sammanfattas så här. För utförligare beskrivning, se del 3, "Stadens utformning".

- **Förtäta på befintliga hårda ytor – spara de små grönområdena**
- **Undvik industriområden och minimera deras utbredning**
- **Höga hus i stadens utkant bör hanteras med försiktighet**
- **Bebyggelsen svalkas av grönområden – träd är viktiga dagtid, gräsplaner nattetid**
- **Maxa grönskan**
- **Alla gator, vägar, cykelvägar och trottoarer bör kantas av gatuträd**
- **Minskad biltrafik minimerar de hårdgjorda ytorna**
- **Lätt trafikerade vägar beläggs med gräsarmering eller andra genomsläppliga material**
- **Även små orter kan ha en värmeö och behöver svala platser!**

6.3 Förslag på fortsatt arbete

Det finns många aspekter kvar att utreda när det gäller värmeböljor och ett varmare klimat. Mest brådskande är att göra en handlingsplan för värmeböljor och skapa en beredskap.

Förslag på fortsatt arbete med anpassning till varmare klimat:

- Beräkna hur mycket uppvärmningsbehovet kommer att minska och hur mycket kylbehovet kommer att öka med nuvarande stadsstruktur för olika utsläppscenarier. Detta kan vara användbart vid framtida utformning av bebyggelse och satsningar på energisystem.
- Utred kostnaderna och vinsterna för olika klimatanpassningsåtgärder ur ett livscykelperspektiv, med anläggning, drift, underhåll och synergieffekter inräknat.
- Lyft fram klimatanpassningsaspekten i detaljplanering, och använd det troliga framtida klimatet som utgångspunkt. Ta fram exempel på hur utomhus- och inomhusmiljöer kan klimatanpassas.
- Sätt upp nyckeltal för exempelvis andelen grönyta i staden och antal träd per invånare. Bedöm detaljplaner och bygglov efter hur de påverkar nyckeltalen.
- Använd grönytefaktorerna vid all ny exploatering.
- Utred ett sätt att tillämpa balanserings- eller kompensationsprincipen med klimatanpassningsperspektiv.
- Undersök vilka områden som har problem med värme och prioritera åtgärder där. Detta kan göras genom att undersöka dödsfall i samband med värmeböljor, klagomål från boende på värme och skugganalyser. Kartera även vilka områden som många äldre bor i, var de beräknas bo i framöver och hur varma dessa områden blir.
- Gör en medieanalys av värmeböljan i juli 2014 för att se vilka problem som uppmärksammats, och en fallstudie av hur kommunen hanterade situationen.
- Gör en handlingsplan för värmeböljor. Störst fokus bör ligga på äldreomsorg och sjukvård, att säkerställa att det finns tillgängliga svala platser och att informera allmänheten om hur de kan underlätta vardagslivet på ett miljövänligt sätt.
- Utred hur värmeböljor slår mot landsbygden i Uppsala kommun, och hur jordbruk och skogsbruk påverkas av mer torra och varmare väder.
- Skriv tydliga riktlinjer i kommande översiktsplan – bebyggelsen bör utformas för det framtida klimatet och minska de hälsorisker och den ökade energianvändningen om sommarhalvåret som ett förändrat klimat beräknas innebära.

REFERENSLISTA

A.M. Al-Rubaei, A.L. Stenglein, G.-T. Blecken, M. Viklande, *Can vacuum cleaning recover the infiltration capacity of a clogged porous asphalt?* Luleå tekniska universitet

Ahmed Mohammed Al-Rubaei, Malin Engström, Maria, Viklander, Godecke Tobias-Blecken (2013) *Long-term hydraulic performance of stormwater infiltration systems – a field survey*, Novatech

Boverket (2009) *Bygg för morgondagens klimat, Anpassning av planering och byggande*

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010) *Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence*. *Landscape and urban planning*, 97(3), 147-155.

Cameron, Ross WF, Jane E. Taylor, and Martin R. Emmett. (2014) *What's "cool" in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls*. *Building and Environment* 73: 198-207.

Castleton, H.F., Stovin, V., Beck, S.B.M. & Davison, J.B. (2010) *Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit*, *Energy & Buildings*, vol. 42, no. 10, s. 1582-1591

Chee F Chan, Julia Lebedeva, José Otero, and Gregory Richardson (2007) *Urban heat islands: a climate change adaptation strategy for Montreal*, McGill University & City of Montreal

EFFEKTIV, Per-Erik Nilsson, *Komfortkyla*

Elmqvist, Thomas, Michail Fragkias, Julie Goodness, Burak Güneralp, Peter J. Marcotullio, Robert I. McDonald, Susan Parnell, et al. (2013) *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities: A global assessment*. Dordrecht: Springer Netherlands

FOI (2011) *Konsekvenser av värmeböljan i juli 2010 – En mediainventering för Skåne och Mälardalen*

FOI, Göteborgs universitet (2012) *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*

Gómez, F., Cueva, A. P., Valcuende, M., & Matzarakis, A. (2013). *Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiological equivalent temperature (PET)*. *Ecological Engineering*, 57, 27-39.

Hebbert, Michael & Webb, Brian *Towards a Liveable Urban Climate: Lessons from Stuttgart*, i Chris Gossop, Shi Nan, (red). *Liveable Cities: Urbanising World: ISOCARP Review 07*. London: Routledge; 2012. p. 132-150.

Hunter, A. M., Williams, N. S., Rayner, J. P., Aye, L., Hes, D., & Livesley, S. J. (2014). *Quantifying the thermal performance of green façades: A critical review*. *Ecological Engineering*, 63, 102-113.

Kazmierczak, A., & Carter, J. (2010). *Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies*. University of Manchester, GRaBS project.

Konjunkturinstitutet (2009) *Klimatanpassning i Sverige – Samhällsekonomiska värderingar av hälsoeffekter*

Kumar Mehta, P., *Greening of the concrete industry for sustainable development*, i Concrete International, juli 2002

Köpenhamns stad, *Green roofs Copenhagen*

Lafortezza, R., Carrus, G., Sanesi, G., & Davies, C. (2009) *Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress*. Urban Forestry & Urban Greening, 8(2), 97-108

Li, D. H., Yang, L., & Lam, J. C. (2013). *Zero energy buildings and sustainable development implications—a review*. Energy, 54, 1-10.

Länsstyrelsen Uppsala län (2009) *Klimat- och sårbarhetsanalys för Uppsala län 2009*

Ministry of transport and infrastructure, Baden-Württemberg, *Climate booklet for urban development – indications for urban land-use planning*, tillgänglig online: staedtebauliche-klimafibel.de

Murphy, M., Eng, M., Grynning, S., & Haase, M. *Cool roofing in cold climates: A contradiction or a potential for energy savings?*

Naturvårdsverket (2013) FN:s klimatpanel, Klimatförändring 2013, Den naturvetenskapliga grunden - Sammanfattning för beslutsfattare

Nishimura, N., Nomura, T., Iyota, H. & Kimoto, S. (1998) *"NOVEL WATER FACILITIES FOR CREATION OF COMFORTABLE URBAN MICROMETEOROLOGY"*, Solar Energy, vol. 64, no. 4, pp. 197-207

Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R.R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K.K.Y. & Rowe, B. (2007) *Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services*, Bioscience, vol. 57, no. 10, s. 823-833

Perini, K., & Rosasco, P. (2013) *Cost-benefit analysis for green façades and living wall systems*. Building and Environment, 70, 110-121.

Persson, Jesper (2011) *Att förstå miljökompensation*, Melicamedia

Ren, C., Ng, E. Y. Y., & Katzschner, L. (2011). *Urban climatic map studies: a review*. International Journal of Climatology, 31(15), 2213-2233.

Rinner, C., & Hussain, M. (2011). *Toronto's urban heat island—Exploring the relationship between land use and surface temperature*. Remote Sensing, 3(6), 1251-1265.

Santamouris, M., Synnefa, A., & Karlessi, T. (2011). *Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions*. Solar Energy, 85(12), 3085-3102.

Santamouris, M. (2013). *Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—a review of the actual developments*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 26, 224-240

Santamouris, M. (2012). *Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments*. Solar Energy

Simonsen, Erik (2011) *Dränerande markstensbeläggningar för förbättrad miljö, Slutrapport Projekt nr 2.1.5, MinBaS 2*

Sjöman, J. D. *Småhusträdgårdarnas betydelse för klimatanpassning och dagvattenhantering i stadsregioner - Slutrapport till KSLA*

SMHI (2013) *Klimatanalys för Uppsala län*

State of New York, Department of Health (2008) *Factsheet: Crumb-Rubber Infilled Synthetic Turf Athletic Fields*

Statens folkhälsoinstitut (2010) *Värmeböljor och dödlighet bland sårbara grupper*

Steenefeld, G. J., Koopmans, S., Heusinkveld, B. G., Van Hove, L. W. A., & Holtslag, A. A. M. (2011). *Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012), 116(D20).

Stewart, I. D. and Oke, T. R. (2012) *Local Climate zones for urban temperature studies* Bull. Amer. Meteor. Soc., 93, 1879–1900

Sun, R., & Chen, L. (2012). *How can urban water bodies be designed for climate adaptation?* Landscape and Urban Planning, 105(1), 27-33.

Theeuwes, N. E., Solcerová, A., & Steeneveld, G. J. (2013). *Modeling the influence of open water surfaces on the summertime temperature and thermal comfort in the city*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 118(16), 8881-8896.

Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). *Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review*. Landscape and urban planning, 81(3), 167-178.

United States Environmental Protection Agency (2008) *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*

Ward Thompson, C., Roe, J., Aspinall, P., Mitchell, R., Clow, A., & Miller, D. (2012). *More green space is linked to less stress in deprived communities: Evidence from salivary cortisol patterns*. Landscape and Urban Planning, 105(3), 221-229

Wolf, K. L. (2003). *Public response to the urban forest in inner-city business districts*. Journal of Arboriculture, 29(3), 117-126.

Bilder:

Där andra källor ej är angivna har fotografering och redigering gjorts av Maria Wikenståhl.