

DET SVALA TORGET

Att genom gestaltning anpassa platser i urbana miljöer till ett varmare klimat med fler och mer intensiva värmeböljor

Lisa Hansson & Jenny Olsson



Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Landskapsarkitektprogrammet
Alnarp 2022

Det svala torget - Att genom gestaltning anpassa platser i urbana miljöer till ett varmare klimat med fler och mer intensiva värmeböljor

The cool square - Adapting spaces in urban environments through design to a warmer climate and a higher frequency and intensity of heatwaves

Lisa Hansson & Jenny Olsson

Handledare:	Lisa Norfall, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Bitr. handledare:	Kristina Blennow, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Examinator:	Gunilla Lindholm, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Bitr. examinator:	Frederik Aagaard Hagemann, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	A2E
Kurstitel:	Independent Project in Landscape Architecture
Kurskod:	EX0846
Program:	Landskapsarkitektprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Utgivningsort:	Alnarp
Utgivningsår:	2022
Omslagsbild:	Författarna
Upphovsrätt:	Samtliga foton och illustrationer är tagna eller gjorda av författarna om inte annat anges. Skalgubbar i sektioner och vyer är tagna från https://www.mrcutout.com & https://skalgubbar.se .
Originalformat:	A4, liggande
Nyckelord:	Klimatanpassning, värmebölja, gestaltning, gestaltningsverktyg, värmestress

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

FÖRORD

När vi har läst om klimatförändringar och klimatanpassning i Sverige har fokus ofta legat på höjda havsvattennivåer och dagvattenhantering. Det finns dock fler konsekvenser av klimatförändringar än så. Värmeböljor kommer sannolikt att inträffa oftare, samt att intensiteten på dem kommer att trappas upp. Då höga temperaturer kan vara skadliga för människor kommer en förändring av de utemiljöer vi vistas i att vara nödvändig. Att planera och gestalta urbana miljöer för ett varmare klimat tycker vi därmed är viktigt för landskapsarkitekter och fysiska planerare, och något vi vill bidra med i diskussionen kring klimatanpassning.

Detta arbete har skrivits under en tid av pandemi och distansarbete. Till följd av detta har vi setts till största del via videosamtal på våra datorer. Detta har passat oss bra då vi både tillåtit oss arbeta själva, men samtidigt funnits vid varandras sida för att ge feedback och hjälpa varandra genom arbetet.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Lisa Norfall och Kristina Blennow för kloka råd och god vägledning under arbetets gång.

Lisa Hansson & Jenny Olsson

18 mars 2022, Alnarp

SAMMANFATTNING

Klimatförändringar påverkar jorden på olika sätt. I framtiden kan temperaturen på jorden komma att stiga och frekvensen samt intensiteten av värmeböljor kan komma att trappas upp. Syftet med den här uppsatsen är därför att öka kunskap och intresse kring hur landskapsarkitekter och fysiska planerare genom gestaltning kan anpassa platser i urbana miljöer till ett varmare klimat med fler och mer intensiva värmeböljor. Detta med fokus på att minska risken för värmestress och förbättra möjligheten till utomhusvistelse för människor vid värmeböljor under dagtid. Målet är att genom en litteraturstudie ta reda på vilka gestaltningsverktyg som finns för att skapa svala platser i urbana miljöer, samt utvärdera hur dessa gestaltningsverktyg kan förändra lufttemperatur och strålningstemperatur på en plats. Utvärderingen möjliggörs genom en omgestaltning av Stortorget i Helsingborg.

Begreppet *gestaltningsverktyg* syftar i den här uppsatsen på de verktyg som finns för att gestalta platser utefter ett visst mål, i det här fallet att skapa svala platser i urbana miljöer.

Litteraturstudien visar att gestaltningsverktyg såsom ökad mängd vegetation, främst i form av träd, i kombination med andra skuggande element, rätt sorts materialval, vattenfunktioner och vind kan bidra till att skapa svala platser i urbana miljöer. Hur många och vilka gestaltningsverktyg som kan användas vid en omgestaltning varierar dock från plats till plats och måste avvägas inför varje gestaltning. När dessa gestaltningsverktyg tillämpas i en omgestaltning av Stortorget i Helsingborg visar simuleringar av en värmebölja år 2050 i programvaran ENVI-met på att Stortorget kan bli en svalare plats att vistas på om torget omgestaltas för svalka.

ABSTRACT

Climate change affects the earth in different ways. In the future, the temperature of the earth may rise, and the frequency and intensity of heatwaves may escalate. Consequently, the purpose of this thesis is to increase knowledge and interest in how landscape architects and physical planners through design can adapt spaces in urban environments to a warmer climate and a higher frequency and intensity of heatwaves. The focus lies on reducing the risk of heat stress and improving the possibility of using outdoor environments during heatwaves in the day time. The aim is to, through a literature study, detect which design tools can be used when creating cool spaces in urban environments and evaluate how these design tools can change air temperature and radiation temperature in a space. The evaluation is carried out through a redesign of Stortorget in Helsingborg, Sweden.

The term *design tools* refer in this essay to the tools available for designing spaces according to a specific goal, in this case, to create cool spaces in urban environments.

The literature study shows that design tools such as increased amount of vegetation, mainly in the form of trees, in combination with other shading elements, the right kind of materials, water functions and wind can contribute to creating cool spaces in urban environments. However, how many and which design tools can be used in a redesign varies from space to space and must be evaluated for each design. When the design tools are used in a redesign of Stortorget in Helsingborg, simulations of a heatwave year 2050 in the software ENVI-met shows that Stortorget would become a cooler space to stay in if the square was to be redesigned.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Begreppsförklaring	8	Klimatanpassning i planering och vid gestaltning	21
		Planering för klimatanpassning i Sverige	21
		Gestaltarens roll vid klimatanpassning	22
Inledning	9	Gestaltningsverktyg	23
Syfte & mål	9	Vegetation	24
Frågeställningar	9	Stadsträd	26
Metod & material	10	Öppna vegetationsytor	26
Litteraturstudie: Gestaltningsverktyg	10	Gröna väggar & tak	27
Omgestaltning: Stortorget	10	Reflektion - vegetation	27
Framtidsscenario år 2050	10	Andra skuggande element	28
Utvärdering av omgestaltningen	11	Reflektion - andra skuggande element	29
Arbetsfördelning	12	Materialval	29
Avgränsningar	12	Albedo	29
		Permeabla ytor	30
		Reflektion - materialval	30
Kunskapsöversikt	14	Vatten	31
Klimatförändringar	15	Stora blåstrukturer	31
Hela världens ansvar	15	Vatten i rörelse	32
Framtidsscenarier från IPCC	16	Reflektion - vatten	32
Klimatförändringar i Sverige	16	Vind	33
Fler värmeböljor till följd av klimatförändringar	16	Reflektion - vind	33
Värmeböljors påverkan på stadslivet	17	Kombinera gestaltningsverktyg	34
Människan	17		
Strålning	18	Omgestaltning av Stortorget	35
Strålningstemperatur	18	Helsingborg	36
Den urban värmeöeffekten	19	Krav och riktlinjer för gestaltning av offentliga miljöer	37
Stadens storlek	19		
Bebyggelsegeometri	20		
Material- och ytegenskaper	20		

Platsanalys - Stortorget idag	38
Markmaterial idag	41
Växtmaterial idag	41
Rörelsemönster idag	42
Upplevd rumslighet idag	42
Målpunkter	43
Skugganalys	44
Vindanalys	44
Utgångspunkter för omgestaltningen	45
Omgestaltningen - Det svala torget	46
Stortorgets nya delar	46
Entrén & Parken	47
Välkommen till Stortorget	48
In under skuggan	49
En grön oas	50
Passagen & Torget	51
En paus vid Kullagatan	52
Skuggan vid Passagen	53
En plats för liv och rörelse	54
Växtmaterial	55
Markmaterial	56
Rörelsemönster	57
Rumslighet	58
Utvärdering av omgestaltningen	59
Lufttemperatur	59
Strålningstemperatur	60

Diskussion	62
Gestaltning av befintlig miljö	63
Gestaltningsverktygen på Stortorget	63
Hållbarhet och förändring över tid	64
Mängden gestaltningsverktyg	65
Svalkans spridning över staden	65
Avslutning	66
Vidare forskning	66
Figurförteckning	67
Källförteckning	69

BEGREPPSFÖRKLARING

Gestaltungsverktyg:

De verktyg som finns för att gestalta platser utefter ett visst mål. I den här uppsatsen innebär det verktyg för att skapa svala platser i urbana miljöer.

Klimatanpassning:

Att anpassa ett samhälle till de effekter av klimatförändringar vi märker av idag, positiva som negativa. Klimatanpassning handlar inte om åtgärder för att minska utsläpp av växthusgaser (Folkhälsomyndigheten, 2019).

Temperatur:

Temperatur är ett mått som används för att beskriva värme och kyla. Det är många olika variabler som spelar in när det kommer till hur vi människor upplever temperaturen i vår omgivning, exempelvis temperaturen på luften och nivån av luftfuktighet (SMHI, 2021d). I den här uppsatsen används ordet temperatur frekvent. Om inget annat anges innefattar begreppet en sammanställning av olika variabler, såsom exempelvis både lufttemperatur och marktemperatur.

Lufttemperatur:

Lufttemperatur är ett mått på den genomsnittliga rörelseenergin av luftmolekyler och används ofta inom klimatologi och väderprognoser (SMHI, 2021c).

Marktemperatur:

Marktemperatur är den temperatur som brukar mätas när man pratar om klimatförändringar, ofta tillsammans med lufttemperatur. Marktemperaturen varierar beroende på energiutbytet mellan mark och atmosfär, samt de termiska egenskaperna hos markmaterialet (Nationalencyklopedin, u.å. b).

Strålningstemperatur:

Strålningstemperaturen beskriver mängden kort- och långvågig strålning från omgivningen som en yta exponeras för (Stockholms Stad, 2021). Strålningstemperaturen har stor inverkan på hur vi upplever vädret. Exempelvis kan en kall vinterdag upplevas varmare på en skyddad, solig plats som träffas av direkt solinstrålning (ibid).

Värmebölja:

En längre period med höga dagstemperaturer (SMHI, 2020). Vad som är en hög dagstemperatur definieras olika i olika länder. I Sverige definieras en värmebölja som en sammanhängande period då dygnets högsta temperatur är minst 25°C under minst fem dagar i rad (ibid).

Värmestress:

När kroppen på grund av höga temperaturer i omgivningen inte längre kan reglera sin kroppstemperatur genom utsöndring av svett och ökat blodflöde uppstår värmestress (Folkhälsomyndigheten, 2018). Detta påverkar bland annat andning, hjärta och blodcirkulation vilket kan leda till allvarliga konsekvenser (ibid).

Termisk komfort:

Termisk komfort uppstår när värmeflödet mellan människokroppen och dess omgivning är i balans (Folkhälsomyndigheten, 2018). Aspekter i omgivningen som vind, strålning och lufttemperatur påverkar den termiska komforten (Oke et al., 2017).

Evaporation:

Vatten som avdunstar från marken (Holden, 2017).

Transpiration:

Vatten som avdunstar från växters klyvöppningar (Holden, 2017).

Evapotranspiration:

Den sammanlagda avdunstning av vatten från växter och markytor (Holden, 2017).

Albedo:

Ett mått på mängden strålning som reflekteras av ett material (EEA, 2020). Skalan går från 0-1 där 0 är material som absorberar allt ljus de träffas av och 1 är material som reflekterar bort allt ljus de träffas av (ibid.).

Emissivitet:

Emissivitet är ett materials förmåga att sända ut, *emittera*, strålning i form av värme och ljus (Nationalencyklopedin, u.å. a). Måttet på emissivitet beskriver hur mycket av den långvågiga strålning från solen som emitteras från ett material (Thorsson, 2012). Emissivitet anges i en skala från 0-1 där 0 innebär en hög emissiv förmåga (Thorsson, 2012; Oke et al., 2017).

Termisk admittans:

Ett mått på hur snabbt ett material tar upp och avger värme (Oke et al., 2017).

INLEDNING

Klimatförändringar är en av de största frågorna vi står inför under vår livstid. Sedan den industriella revolutionen tog fart under 1800-talet har människans påverkan på klimatet varit stor. Utsläpp av växthusgaser bidrar till att temperaturen runt om i världen stiger, vilket kan leda till förödande konsekvenser för naturen och mänskligheten om inget görs (Joseph Holden, 2017). Vattenbrist, matbrist, förhöjda havsvattennivåer och fler extrema väderförhållanden såsom skyfall och värmeböljor kan bli resultatet av ett varmare klimat (ibid.). Den här uppsatsen fokuserar på värme och värmeböljor. Forskning pekar på att ju varmare jordens temperatur blir i framtiden, desto oftare kommer värmeböljor att inträffa, samt att intensiteten på dem kommer att trappas upp (Fischer et al., 2021). Sommaren 2018 möttes Sverige av en extrem och långvarig värmebölja som blev en ögonöppnare för många (Folkhälsomyndigheten, 2019). Värmeböljan kostade livet på över 600 människor (Läkartidningen, 2019). Att så många dog av värmen är en indikation på att värmeböljor måste tas på allvar.

Strålningen från solen är en av de klimataspekter som har störst effekt på hur vi upplever temperaturen omkring oss (Sofia Thorsson, 2012; Stockholms Stad, 2021). Under värmeböljor är det just strålning som kan utgöra den största faran, då mycket höga temperaturer kan uppnås vid vistelse i direkt sol (Folkhälsomyndigheten, 2018). När kroppen inte klarar av att hålla kroppstemperaturen under 40°C kan detta leda till svåra komplikationer och hälsofara (1177 Vårdguiden, 2021).

En redan varm dag kan upplevas som ännu varmare i en hårdgjord stadsmiljö på grund av den urbana värmeöeffekten. Detta innebär att hårdgjorda ytor i staden lagrar värme under dagen som sedan håller staden varm även när temperaturen runt omkring den sjunker (EEA, 2020; Folkhälsomyndigheten 2018; Iain D. Stewart & Timothy R. Oke, 2012; Thorsson, 2012). Idag bor ca 87 % av Sveriges befolkning i städer, och trenden visar att urbaniseringen kommer att öka i framtiden (Folkhälsomyndigheten, 2019). För att minska risken för värmestress samt möjliggöra utomhusvistelse under värmeböljor är det därför viktigt att skapa svala miljöer som kan utnyttjas under de varmaste dagarna, men som även är en del av en ny, klimatanpassad, stadsbild.

En stad som anser sig ligga i framkant med anpassning till klimatförändringar är Helsingborg (Helsingborgs Stad, 2021c). Stadens mest centrala delar är dock fortfarande till stor del hårdgjorda, vilket gör att Stortorget, ett av Helsingborgs mest centrala torg, kan bli mycket varmt under soliga dagar på sommaren (Helsingborgs Stad, u.å. b). För att anpassa Stortorget och andra liknande urbana platser till framtida värmeböljor krävs kunskap om klimatanpassning för värme. Landskapsarkitekter och fysiska planerare har här en betydande roll (Thorsson, 2012; Sanda Lenzholzer & Robert D. Brown, 2013). Vid gestaltning av urbana miljöer krävs en medvetenhet om hur platserna som gestaltas kan komma att upplevas (Sanda Lenzholzer, 2015). För att gestalta en plats utefter ett visst mål behövs därför kunskap om vilka gestaltningsverktyg som finns att tillgå. I den här uppsatsens sammanhang innebär detta att finna verktyg för att gestalta för svalka.

SYFTE & MÅL

Syftet med den här uppsatsen är att öka kunskap och intresse kring hur landskapsarkitekter och fysiska planerare genom gestaltning kan anpassa platser i urbana miljöer till ett varmare klimat med fler och mer intensiva värmeböljor. Detta med fokus på att minska risken för värmestress och förbättra möjligheten till utomhusvistelse för människor vid värmeböljor under dagtid. Målet är att ta reda på vilka gestaltningsverktyg som finns för att skapa svala platser i urbana miljöer, samt utvärdera hur dessa gestaltningsverktyg kan förändra lufttemperatur och strålningstemperatur på en plats. Detta görs genom en litteraturstudie och en omgestaltning av Stortorget i Helsingborg.

FRÅGESTÄLLNINGAR

- Hur kan landskapsarkitekter och fysiska planerare med hjälp av olika gestaltningsverktyg anpassa platser i urbana miljöer för att minska risken för värmestress och förbättra möjligheten till utomhusvistelse för människor vid värmeböljor under dagtid?
- Hur kan dessa gestaltningsverktyg tillämpas i en omgestaltning av Stortorget i Helsingborg?
- Hur påverkar omgestaltningen lufttemperaturen och strålningstemperaturen på Stortorget?

METOD & MATERIAL

Uppsatsen inleds med en kunskapsöversikt för att skapa förståelse för hur klimatet på jorden kan komma att förändras i framtiden, samt för att betona vikten av att klimatanpassa urbana miljöer. Därefter följer en litteraturstudie för att finna gestaltningsverktyg som kan användas för att skapa svala platser i urbana miljöer. Verktögen delas in i olika kategorier för att skapa en översiktlig struktur. Slutligen görs en omgestaltning av Stortorget i Helsingborg för att applicera gestaltningsverktygen på en verklig plats och därefter kunna utvärdera dem. Utvärderingen görs i programvaran ENVI-met för att ta reda på hur omgestaltningen påverkar lufttemperaturen och strålningstemperaturen på Stortorget.

LITTERATURSTUDIE: GESTALTNINGSVERKTYG

Vetenskapliga artiklar, rapporter, facklitteratur och andra publicerade dokument har använts för att undersöka hur gestaltning kan användas för att skapa svala platser i urbana miljöer under värmeböljor. I sökandet efter gestaltningsverktyg har sökord och texter på både svenska och engelska använts. Vid sökningar på Web of Science, Scopus, PubMed och Google Scholar har följande sökord använts, antingen var för sig eller tillsammans: *klimatförändringar, climate change, värmebölja, heat wave, klimatanpassning, climate adaptation, adaptation strategies, värmeö, urban heat island, albedo, värmestress, heat stress, vegetation, blå infrastruktur, blue infrastructure, stad, city, vind* och *wind*. De vetenskapliga artiklar och rapporter som påträffats genom dessa sökord är de källor som främst har använts till att finna verktyg för att gestalta svala platser i urbana miljöer.

Utöver vetenskapliga artiklar och rapporter har facklitteratur använts. Böckerna *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change* av European Environment Agency (2020) och *Urban climates* av Timothy R. Oke, Gerald M. Mills, Andreas Christen och James A. Voogt (2017) är exempel på litteratur som har använts för att hitta gestaltningsverktyg. Publicerade dokument från bland annat Boverket och Folkhälsomyndigheten har också tagits till hjälp genom arbetet då dessa myndigheter många gånger är vägledande för utveckling av urbana miljöer i Sverige.

Som ytterligare ett led i att finna gestaltningsverktyg har i vissa fall facklitteraturen, de vetenskapliga artiklarna och andra publicerade dokument gett inspiration till vidare läsning av deras referenser och på så sätt har fler källor till litteraturstudien påträffats.

OMGESTALTNING: STORTORGET

Under arbetet med att finna gestaltningsverktyg pågick parallellt sökandet efter en plats att tillämpa verktygen på. Stortorget i Helsingborg är en central plats där många människor rör sig dagligen, men som idag saknar många av gestaltningsverktygen. Enligt en strålningskartering från värmeböljan 2018 utförd av kommunen själv, visade sig Stortorget dessutom utsättas för höga strålningstemperaturer (Helsingborgs Stad, u.å. b). Stortorget blev därmed en lämplig plats för omgestaltningen i den här uppsatsen då frekvensen av samt intensiteten på värmeböljor väntas öka i framtiden. Med hjälp av de gestaltningsverktyg som påträffats i litteraturstudien har ett

gestaltningsförslag tagits fram för Stortorget i Helsingborg, med målet att minska risken för värmestress samt förbättra möjligheten till utomhusvistelse under varma sommardagar där.

För att kunna bedöma vilka gestaltningsverktyg som kan tillämpas på Stortorget samlades först information om Stortorget in. Efter det gjordes en rad platsanalyser över torget. Författarna har själva besökt Stortorget och dokumenterat dess utformning och förutsättningar för omgestaltning. På så sätt har även befintliga flöden, karaktärer och ytor på torget identifierats och legat till grund för omgestaltningen. Omgestaltningen är även framtagen i linje med Helsingborgs Stads egna ambitioner och krav kring hur staden visuellt ska se ut och funktionellt ska fungera. Här ligger styrande och vägledande dokument från kommunen till grund.

Omgestaltningen av Stortorget visar ett urval av möjlig vegetation och material som skulle kunna användas på platsen. Omgestaltningen ska ge en bild av hur svala miljöer kan gestaltas, och Stortorget kan ses som en inspiration för vidare projektering. Vilka gestaltningsverktyg som kan användas på andra platser kan därmed skilja sig efter behov och möjligheter.

FRAMTIDSSCENARIO ÅR 2050

Omgestaltningen har gjorts för att vara klimatanpassad till år 2050, på premisen att om omgestaltningen görs idag, kommer vegetationen då till stor del att vara fullt utvecklad. År 2050 är även ett årtal som förekommer i framtidsscenarioer och som ger mätbar skillnad på klimatet jämfört med idag (IPCC, 2021a).

Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), FN:s klimatpanel, listar i sin senaste rapport *Climate Change 2021: The Physical Science Basis* (2021a), fem tänkbara framtidsscenarier av jordens värmeökning för lufttemperatur och marktemperatur. Dessa scenarier kallas SSP, *Shared Socioeconomic Pathways*, och baseras på olika nivåer av utsläpp, med koldioxid som dominerande faktor (IPCC, 2021a). Framtidsscenarierna är i den här uppsatsen intressanta att titta på för att få en indikation på hur varmt det kan komma att bli i framtiden, och på så sätt understryka vikten av klimatanpassning. De är även användbara för att utvärdera förändringen av lufttemperatur och strålningstemperatur på Stortorget, då de ger faktiska siffror att utgå ifrån.

I den här uppsatsen har scenario SSP5-8.5 använts, vilket innebär en generell temperaturökning på jorden med 2,4°C sedan referensperioden 1850-1900 till år 2050, och är baserat på en fortsatt befolkningsökning i världen samt ökade utsläpp (ibid.). Temperaturen kommer dock att öka olika mycket på olika platser på jorden. IPCC:s klimatatlas (IPCC, u.å.) visar att temperaturökningen i Helsingborg skulle kunna vara så mycket som 3,5°C under sommarmånaderna juni-augusti år 2050. Följande inställningar har använts i atlasen för att se denna temperatur: *Dataset*: CMIP6; *Variabel*: Atmosphere maximum of maximum temperature; *Quantity*: change (°C); *Period*: medium term (2041-2060); *Scenario*: SSP5-8.5; *Baseline*: 1850-1900; *Season*: June-August.

Klimatet påverkas av människans utsläpp av växthusgaser (Holden, 2017; IPCC, 2021b). Med hjälp av datormodeller försöker forskare beskriva hur framtidens klimat kan komma att se ut utifrån olika utsläppsscenarioer. Eftersom det finns en osäkerhet kring hur

omfattande framtida utsläpp kommer att bli, samt att kunskapen om klimatsystem inte är eller kommer kunna bli komplett, finns det alltid en osäkerhet kring hur framtidens klimat kommer att se ut. Detta är viktigt att ha i åtanke vid simuleringar av framtida klimat.

UTVÄRDERING AV OMGESTALTNINGEN

För att ta reda på hur omgestaltningen påverkar lufttemperaturen och strålningstemperaturen på Stortorget, har simuleringar framställts i ENVI-met för år 2050. ENVI-met är en programvara och tillika klimatmodell som kan användas för att modellera, simulera och analysera klimatet på olika platser i bebyggd miljö (ENVI-met, u.å. a). För att möjliggöra en utvärdering av omgestaltningen har Stortorget simulerats år 2050 både med och utan omgestaltningen.

ENVI-met erbjuder en rad möjligheter att bygga upp en virtuell urban miljö med bland annat markmaterial, fasadmaterial och vegetation (ENVI-met, u.å. a). Dessa material och geometrier räknas sedan in i simuleringen av platsen tillsammans med meteorologisk data. Resultatet kan bland annat visa lufttemperatur och strålningstemperatur (ENVI-met, u.å. b).

I den här studien har versionen ENVI-met 5.0.0 Student från 2021 använts. I programmets första del, *Space*, byggs en modell av Stortorget upp i 3D. Detta görs i ett raster, där varje cell ställs in för att motsvara en viss längd i meter. I modellen för den här uppsatsen har dimensionerna x=111, y=76, z=30 använts, där varje cell motsvarar 2x2x2 meter. Att arbeta i raster innebär en begränsning på så sätt att alla objekt såsom hus, träd och trottoarkanter, förenklas och inte får en exakt och mjuk form. Byggnaderna i modellen av Stortorget är gjorda efter en DWG-fil framtagna av Helsingborgs Stad (Helsingborgs Stad, u.å. a) och markmaterialen

är modellerade efter inventering vid platsbesök. I ENVI-met finns en begränsning vid urvalet av möjliga materialval, vilket för den här uppsatsen innebär att exempelvis gult marktegel och gula klinkerplattor har fått modelleras i samma material. Växtmaterialet har modellerats med både så kallade "3D plants" och "simple plants" för att kunna efterlikna omgestaltningens växtval. Ytterligare en begränsning med modellen är att programmet inte vet hur miljön ser ut utanför en modells gränslinje. Resultatet av en simulering kan därmed ha en viss felmarginal, då ENVI-met inte kan räkna in omgivande faktorer. Sammanfattningsvis kan modelleringen inte återskapa en miljö som ser ut precis som i verkligheten, men den ger ändå en förenklad bild av hur en plats är uppbyggd.

I nästa steg, *ENVI-guide*, görs inställningar för vad som ska simuleras. Dag, tidpunkt och meteorologisk data ställs bland annat in här. I steget *ENVI-core* görs sedan själva simuleringen och i sista steget, *Leonardo*, visualiseras resultatet av simuleringen.

Utvärderingen av Stortorget baseras på ett framtidsscenario för en värmebölja år 2050. För att beräkna temperaturen för en möjlig värmebölja år 2050 har IPCC:s framtidsscenario SSP5-8.5 legat till grund, tillsammans med data från en värmebölja i Helsingborg 2018. Detta betyder att dagen som simuleras i ENVI-met är Helsingborgs framtida temperaturökning enligt IPCC:s klimatatlas, 3,5°C år 2050, adderat med den högsta uppmätta temperaturen kl.13:00 maj-augusti i Helsingborg sommaren 2018, vilket var perioden för värmeböljan samma år. Simuleringen baseras därmed på en lufttemperatur på 34,7°C kl. 13:00 den 27 juli, datumet för den varmaste dagen i Helsingborg 2018. Valet att simulera just klockan 13:00 grundas på att det är som starkast strålning mitt

på dagen (SMHI, 2021e). Simuleringen visar en molnfri dag. Värt att notera är att mätstationen som mätt lufttemperaturen år 2018 är placerad ca 5km in mot land, men är den mätstation som ligger närmast Stortorget. Detta innebär att mätningarna inte har utförts på Stortorget specifikt. En del skillnader i lufttemperatur kan därmed förekomma.

Hur människor upplever temperaturer beror bland annat på aspekter som luftfuktighet och vind (SMHI, 2021d). Även strålningstemperatur spelar en avgörande roll för den upplevda temperaturen (Thorsson, 2012; Stockholms Stad, 2021). För att kunna uppskatta vilken upplevd temperatur som kan komma att förekomma på Stortorget om torget omgestaltas för svalka respektive om torget ser ut som det gör i dagsläget framställs simuleringar av strålningstemperatur och lufttemperatur. Strålningstemperatur kan vara ett bra mått att titta på när det kommer till värmestress under värmeböljor, då strålningstemperaturen inkluderar effekten av sol- och värmestrålning (MSB, 2020). Mätningar av strålningstemperatur tar dock inte hänsyn till aspekter såsom vind och luftfuktighet, vilket kan anses göra mätningarna missvisande när det gäller hur en miljö faktiskt upplevs (ibid.). Strålningstemperatur kan dock ändå vara ett bra mått när det kommer till värmeböljor då det ofta är relativt vindstilla och större blåstrukturer har värmts upp så pass mycket att de inte längre kyler sin omgivning anmärkningsvärt genom evaporation (ibid.). För att bredda bilden av hur temperaturen på Stortorget kan komma att upplevas år 2050 simuleras även lufttemperatur i ENVI-met. Simuleringarna baseras på IPCC:s scenario SSP5-8.5, vilket berättar om hur just lufttemperaturen kan se ut år 2050. Simuleringen av strålningstemperatur baseras också på lufttemperatur, och är därför möjlig att studera i ENV-met. I brist på data

gällande framtida scenarier för luftfuktighet och vindstyrka samma år, har dessa simuleringar fått uteslutas vid utvärderingen av omgestaltningen av Stortorget.

Att använda ett framtidsscenario baserat på värmeböljan 2018 kan vara missvisande, men i brist på information om hur varm en värmebölja faktiskt skulle kunna bli år 2050 har data från sommaren 2018 ändå används. Detta för att Helsingborgs Stad själva har använt sommaren 2018 för att simulera framtidsscenarioer (Helsingborgs Stad, u.å. b). Simuleringarna i den här uppsatsen ska ses som möjliga scenarier för att redovisa gestaltningsverktygens inverkan på Stortorget.

ARBETSFÖRDELNING

Då den här uppsatsen har skrivits av två författare har arbetet fördelats så lika som möjligt. Under skrivprocessen har arbetet delats upp då fakta har samlats in på varsitt håll och sedan skrivits om till egna sammanfattande stycken. Ett gemensamt arbete har sedan varit att väva ihop styckena till en sammanhängande text. Samtliga platsbesök har genomförts tillsammans, och detsamma gäller arbetet kring analyser och undersökningar. Gemensamma idéer har sedan lett fram till gestaltningsförslaget. Arbetet med att producera planer, vyer sektioner, tabeller och andra illustrationer i den här uppsatsen har också delats upp jämnt mellan författarna. Detsamma gäller simuleringarna i ENVI-met.

AVGRÄNSNINGAR

Den här uppsatsen behandlar hur landskapsarkitekter och fysiska planerare kan anpassa platser i stadsmiljö till ett förändrat klimat med fokus på varmare temperaturer under sommarhalvåret. Åtgärder för att stoppa eller minska klimatförändringar tas inte upp. Att minska risken för värmestress samt öka möjligheten till utomhusvistelse står i fokus, då det behövs platser i stadsmiljö som kan erbjuda svalka under varma dagar. Andra konsekvenser av ökade temperaturer kan exempelvis vara vattenbrist, matbrist och skogsbränder, men detta berörs inte i den här studien.

Fenomenet *Urban Heat Island* eller *urban värmeö* som det benämns på svenska, påverkas av stadens uppbyggnad och är ofta mest märkbar nattetid (Folkhälsomyndigheten, 2018). Värmeböljor påverkar dock människor både på natten och under dagen (ibid.). Den urbana värmeön är inte uppsatsens huvudfokus, men på grund av den komplexitet som klimatförändringar innebär har det varit viktigt att beröra ämnet. Huvudfokus för den här uppsatsen ligger dock på hur tillvaron utomhus, i det offentliga rummet, under dagtid kan förbättras.

Sverige kommer med stor sannolikhet att drabbas av fler och mer extrema värmeböljor under sommarhalvåret i framtiden (SMHI, 2020). Ett varmare klimat innebär dock inte bara ökat antal värmeböljor, utan även varmare vintrar i Norra Europa, där bland annat isar smälter och det blir mindre snö (EEA, 2020). Kärnan i den här uppsatsen är dock klimatanpassning till värme och att skapa svalkande platser. Därmed ligger fokus enbart på sommartid trots de effekter klimatförändringar kan komma att ha på vintern.

För att klimatanpassa urbana miljöer till extrem värme behövs ett tvärvetenskapligt förhållningssätt där väder, klimat, bebyggd miljö, människors beteende och stadens sårbarhet ingår (Olga V. Wilhelmi & Mary H Hayden, 2010). Trots att det är viktigt att arbeta med klimatanpassning på en tvärvetenskaplig nivå, utgör ramen för det här arbetet endast den del som en landskapsarkitekt eller fysisk planerare kan anpassa genom gestaltning. För att förstå den gestaltande delen av anpassningen behövs dock en bakgrundsförståelse för de andra disciplinerna. Det behövs också en förståelse för att klimatförändringar är något som påverkar hela jordklotet och för att hitta gestaltningsverktyg måste därför ett globalt perspektiv behandlas.

KUNSKAPSÖVERSIKT

För att ge en förståelse för hur klimatet på jorden kan komma att förändras i framtiden, samt varför det är viktigt med klimat-anpassning till värme i urbana miljöer, inleds den här uppsatsen med en kunskapsöversikt.

KLIMATFÖRÄNDRINGAR

Att klimatet varierar på vår planet är en naturlig process, och klimatet här har sett olika ut under olika årtusenden (Holden, 2017; IPCC, 2021b). Planeten har både haft istider och varmare perioder. Detta beror främst på små förändringar i jordens lutning, vilket påverkar hur strålningen från solen träffar jordytan och därmed förändrar temperaturen och klimatet (ibid.).

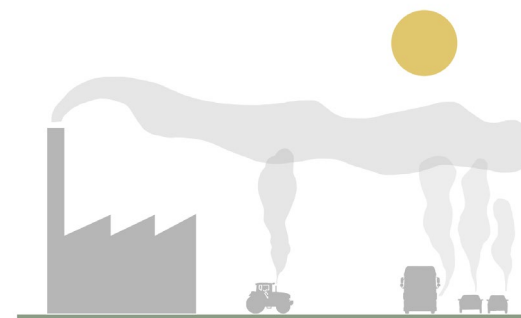
Den naturliga växthuseffekten är avgörande för allt liv på vår planet. Jordens atmosfär består av en mängd olika gaser och partiklar, och de som brukar kallas för växthusgaser är bland annat koldioxid, vattenånga och metangas (Naturskyddsföreningen, 2021). När solens strålar når jordytan studsar de tillbaka ut mot rymden. Växthusgaserna i jordens atmosfär har dock förmågan att absorbera och reflektera en del av den strålning som är på väg att lämna jordytan, vilket leder till att jorden hålls varmare än den skulle gjort om dessa strålar tilläts att studsa tillbaka ut i rymden utan motstånd (Holden, 2017; Naturskyddsföreningen, 2021). Detta är vad som gör jorden beboelig. Utan växthuseffekten skulle jorden vara ca 30°C kallare än den är idag (Naturskyddsföreningen, 2021).



Strålning som träffar jordytan absorberas och reflekteras.

De klimatförändringar som ofta diskuteras i dagens samhälle är dock de som är orsakade av människan. Historiska mätningar av hur temperaturen på jorden har förändrats under planetens livstid visar tydligt på att den globala uppvärmningsprocessen snabades på från det att människan vid industrialismen började använda fossila bränslen och därmed släppa ut mer växthusgaser (Holden, 2017; EEA, 2020; IPCC, 2021b). Det ökade användandet av bilar (Holden, 2017), tillsammans med skogs- och jordbruk genererar exempelvis stora utsläpp av koldioxid (Naturskyddsföreningen, 2021). De utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser som sker utifrån mänsklig, *antropogen*, aktivitet ökar alltså mängden gaser och partiklar i luften, vilket leder till att fler av solens värmestrålar hålls kvar nära jordytan, och temperaturen stiger (Holden, 2017; Thorsson, 2012).

När temperaturförändringar mäts utifrån ett klimatförändringsperspektiv används data från 30-årsperioder (SMHI, 2018a). Mätningarna utgår från data som uppmättes mellan år 1861 och 1890 och brukar benämnas som den förindustriella tiden. Den genomsnittliga årsmedeltemperaturen i världen för den 30-årsperiod som mättes år 1991-2021, är 0,74°C varmare jämfört med de temperaturer som uppmättes de förindustriella åren (ibid.). Detta kan låta som en låg siffra, men har i sammanhanget en stor betydelse för planeten. När det kommer till värmeböljor kan en förändring av jordens medeltemperatur med +1,5°C betyda att runt 14 % av jordens befolkning kommer att uppleva allvarliga värmeböljor så ofta som vart femte år. Vid en förändring på +2°C ökar denna andel till 37 %, vilket kan leda till att fler platser i världen kommer att uppleva torka och vattenbrist (NASA, 2019).



Gaser och partiklar från antropogen aktivitet samlas i luften och håller kvar en del av solens värmestrålar nära jordytan. Detta leder till att temperaturen stiger.

HELA VÄRLDENS ANSVAR

Att temperaturen på jorden blir högre påverkar alltså mänskligheten på olika sätt. Människor riskerar att drabbas av vattenbrist, matbrist, förhöjda havsvattennivåer och fler extrema väderförhållanden såsom skyfall och värmeböljor (IPCC, 2021b). Eftersom jorden är ett stort och sammanhängande system kan aktiviteter på en plats komma att påverka flera andra platser på planeten. Världens länder måste därför samarbeta för att få bukt på klimatfrågan (EEA, 2020; IPCC, 2021b). För att minska utsläppen av växthusgaser och försöka minska den globala uppvärmningen har världens länder vid flera tillfällen gått samman för att skapa strategier för detta (Holden, 2017; EEA, 2020; IPCC, 2021b).

Parisavtalet är ett globalt klimatavtal som fastslogs år 2016 (Naturvårdsverket, u.å.; Holden, 2017). Avtalets syfte är att begränsa den globala uppvärmningen, främst genom att minska utsläppen av växthusgaser.

Målet är att hindra den globala uppvärmningen från att överskrida 2°C temperaturökning till år 2100, men att eftersträva en maximal uppvärmning på 1,5°C (ibid.). Parisavtalet behandlar även hur vi runt om i världen kan anpassa oss till ett förändrat klimat, och hur vi kan hantera de skador och förändringar som ökade temperaturer kan ge upphov till. Vart femte år sker en avstämning mellan världens länder för att se hur långt de har kommit och vilka strategier som ska användas för att fortsatt uppnå målen (Naturvårdsverket, u.å.). I det senaste klimatmötet i Glasgow, som hölls hösten 2021 uppmuntrades samtliga länder att skärpa sina klimatmål till år 2022. Det beslutades även att FN:s stöd till klimatanpassning ska fördubblas till år 2025 (Regeringskansliet, 2021).

FRAMTIDSSCENARIER FRÅN IPCC

Jordens medeltemperatur, där både lufttemperatur och marktemperatur är inräknat, kommer att öka med mer än de 1,5 - 2°C som Parisavtalet siktar på, innan år 2100, om inte en kraftig minskning av utsläpp sker under de närmaste årtiondena (Holden, 2017).

I IPCC:s, FN:s klimatpanels, senaste rapport *Climate Change 2021: The Physical Science Basis* från 2021 har över 14 000 vetenskapligt granskade artiklar åberopats, vilket har resulterat i fem framtidsscenarier, SSP (SMHI, 2021b). Rapporten visar att de fem SSP-scenarierna är lika på kort sikt, men att de runt år 2050 börjar skilja sig åt med ett lägsta scenario på 1,6°C och ett högsta scenario på 2,4°C temperaturökning. På lång sikt är skillnaden ännu mer markant. Det lägsta scenariot ligger på 1,4°C medan det högsta scenariot uppmäter en temperaturökning på hela 4,4°C år 2100 (IPCC, 2021a).

KLIMATFÖRÄNDRINGAR I SVERIGE

Samtliga framtidsscenarier som IPCC (2021a) har tagit fram visar att klimatförändringar kommer att medföra förhöjda temperaturer över hela jordklotet, med en högsta temperaturökning under sommarhalvåret i södra Europa och under vinterhalvåret i norra Europa (ibid.). Detta beror på att norra Europa ligger nära Arktis där temperaturökningen är hög (SMHI, 2018a).

IPCC:s framtidsscenarier

Scenario	År 2021 - 2040	År 2041 - 2060	År 2081 - 2100
SSP1-1.9	1.5 (1.2 - 1.7) °C	1.6 (1.2 - 2.0) °C	1.4 (1.0 - 1.8) °C
SSP1-2.6	1.5 (1.2 - 1.8) °C	1.7 (1.3 - 2.2) °C	1.8 (1.3 - 2.4) °C
SSP2-4.5	1.5 (1.2 - 1.8) °C	2.0 (1.6 - 2.5) °C	2.7 (2.1 - 3.5) °C
SSP3-7.0	1.5 (1.2 - 1.8) °C	2.1 (1.7 - 2.6) °C	3.6 (2.8 - 4.6) °C
SSP5-8.5	1.6 (1.3 - 1.9) °C	2.4 (1.9 - 3.0) °C	4.4 (3.3 - 5.7) °C

De fem framtidsscenarierna från IPCC:s rapport (IPCC, 2021a, s.14). Den fetstilta siffran visar den mest troliga temperaturökningen för respektive år. Inom parentes visas det möjliga intervallet av den troliga temperaturökningen.

Tabellen är gjord fritt från: IPCC (2021a). Summary for Policymakers. I: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O. Yu, R. & Zhou, B. (red.) Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf [05.11.2021]

Förhöjd vintertemperatur på det norra halvklotet innebär mindre snö, samt att polarisarna smälter, vilket bidrar till att jorden i stort får en förhöjd medeltemperatur (EEA, 2020). Detta kommer att påverka alla platser och människor runt om på jorden på ett eller annat sätt (IPCC, 2021a).

I Sverige, som ligger i norra Europa, har det sedan den industriella revolutionen skett en medeltemperaturökning med 1,7°C, vilket är mer än dubbelt så mycket som genomsnittet i världen (SMHI, 2018a). En sammanställning av data från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) visar även att Sverige de senaste tio åren blivit varmare under alla fyra årstider, och temperaturökningen är större i Sveriges norra delar än i de södra (ibid.).

FLER VÄRMEBÖLJOR TILL FÖLJD AV KLIMATFÖRÄNDRINGAR

När jorden blir varmare kommer extremväder i form av värmeböljor att bli allt vanligare (Oke et al., 2017; MSB, 2020; IPCC, 2021a). Värmeböljor är det väderfenomen som tagit flest liv under Europas historia (EEA, 2020). År 2018 drabbades hela Sverige av en lång värmebölja, och sommaren var den varmaste på 260 år (Folkhälsomyndigheten, 2019). De höga temperaturerna kom då redan i maj och fortsatte in i augusti, med maj och juli som de varmaste månaderna. Den genomsnittliga högsta temperaturen mätt vid Sveriges alla väderstationer sommaren 2018 var 31,2°C (SMHI, 2020), vilket kan jämföras med en normalsommar då den högsta genomsnittliga temperaturen i juli brukar ligga runt 22°C (SMHI, 2017). Forskning visar att antalet dödsfall kopplade till värme stiger under värmeböljor (SMHI, 2018b). Drygt 600 personer tros ha dött i Sverige till

följd av värmeböljan 2018 (Läkartidningen, 2019; MSB, 2020). En rapport gjord av SMHI år 2019 har visat att sommaren 2018 gav en glimt av hur en normal-sommardag kan se ut i slutet av seklet om utsläppsnivån på jorden fortsätter att öka (SMHI, 2019b).

Högre temperaturer innebär att både frekvensen av, och intensiteten på, extrem värme kan komma att öka i framtiden (Fischer et al., 2021). IPCC (2021a) har i sin senaste rapport gjort en sammanställning av hur frekvent extremväder i form av höga temperaturer sannolikt skulle kunna inträffa globalt i framtiden. Extrem värme definieras här som de temperaturer som överskrider den genomsnittliga maxtemperaturen på en plats. Innan människan påverkade klimatet inträffade perioder av extrem värme ungefär en gång vart 10:e år, sett generellt över jorden (IPCC, 2021a). Idag inträffar extrem värme istället 2,8 gånger på 10 år. Om jordens medeltemperatur stiger med 1,5°C ökar sannolikheten att extrem värme inträffar till 4,1 gånger på 10 år. Med en ökning av jordens medeltemperatur på 4°C skulle extrem värme kunna inträffa så ofta som 9,4 gånger på 10 år (ibid.). Ur ett svenskt perspektiv har SMHI (2020) beräknat att de värmeböljor vi hittills haft i vårt land har inträffat ungefär vart tjugonde år. Mot år 2100 kan värmeböljor istället komma att inträffa så ofta som vart tredje till vart femte år. Temperaturer upp mot 40°C kan då komma att kunna uppmätas i södra Sverige vart tjugonde år (ibid.).

VÄRMEBÖLJORS PÅVERKAN PÅ STADSLIVET

Upplevelsen av den ökade värmen kan förstärkas i urbana miljöer på grund av deras uppbyggnad (Oke et al., 2017; SMHI, 2018b). Städer runt om i Europa upplever redan idag dubbelt så många värmeböljedagar som landsbygden (EEA, 2020). I Sverige bor idag ca 87 % av befolkningen i städer (Folkhälsomyndigheten, 2019). År 2025 räknar Boverket (2012) med att vi är drygt 10 miljoner människor i landet och att de flesta av oss bor i Stockholm, Göteborg och Malmö: landets tre storstadsregioner. Ännu längre fram, år 2050, tror Boverket (2012) att storstadsregionerna har blivit såpass stora att de kommer att innehålla flera städer med egna kärnor. Detta innebär en tät stadsstruktur där de pendlingsorter som idag omger storstadsregionerna också kommer att vävas in i stadsstrukturen (ibid.).

Fler människor kommer följaktligen att bo och vistas i städer i framtiden (Boverket, 2012). Människor behöver dagligen röra sig i stadsrummet för att utföra sina arbeten, ta sig till affären eller vänta på bussen hem (Jan Gehl, 2011). Detta oavsett hur en plats ser ut, vad det är för väder och temperatur. För att människor ska stanna upp på platser för rekreation eller sociala aktiviteter behöver dock utemiljön vara inbjudande och av god kvalitet (ibid.). Är utemiljön dessutom komfortabel och har ett hälsosamt klimat kommer den att vara mer välanvänd och attraktiv (Kleerekoper et al., 2012). Eftersom de fysiska egenskaperna i staden påverkar lokalklimatet på olika platser går det att genom gestaltning påverka hur klimatet på en plats kommer att upplevas, och på så sätt skapa termisk komfort (ibid.).

MÄNNISKAN

Det kan vara svårt att förstå varför höga temperaturer kan vara farliga för oss i Sverige, när likvärdiga temperaturer anses normala på sydligare breddgrader. Befolkningen i Sverige är helt enkelt inte vana vid värmen eller medvetna om riskerna (Lindberg et al., 2016; Folkhälsomyndigheten, 2019; SMHI, 2020). Över hela världen finns befolkningars optimala dygns-temperaturer beräknade, och när temperaturen blir mer eller mindre än den optimala, ökar dödligheten (ibid.). Eftersom vi i norra Europa inte är vana vid höga temperaturer behövs inga stora skillnader för att vi ska känna av, och må dåligt av ökad värme (Lindberg et al., 2016; EEA, 2020). Acklimatisering till höga temperaturer kan minska risken att påverkas negativt av dem. Värme behöver alltså komma successivt för att våra kroppar ska hinna vänja sig (ibid.).

Våra kroppar utsätts för värme i form av strålning, både direkt från solen och från ytor som reflekterar den runt om i miljön vi befinner oss i. Människokroppen kan även värmas upp genom fysisk kontakt med varma objekt och ytor, samt producera egen värme till följd av metabolism och fysisk aktivitet (Kleerekoper et al., 2012). När kroppstemperaturen blir för hög, finns det risk för överhettning av kroppen (1177 Vårdguiden, 2019). För att undvika detta vidgas blodkärlen i kroppen, och när blodet leds till huden, samt om temperaturen utanför huden är lägre, kyls blodet. I tillägg utsöndras en vätska av salt och vatten från svettkörtlarna som lägger sig på hudytan. Där denna vätska sedan avdunstar kyler den blodet som passerar i hudens blodkärl (ibid.). Extrema temperaturer i miljön omkring oss kan dock sätta detta naturliga kylsystem ur spel (1177 Vårdguiden, 2021). När kroppens temperatur på grund av yttre omständigheter har stigit till över 40°C kan andningsbesvär, njursvikt, leversvikt

och blodproppar uppstå. Dessa komplikationer kan i sin tur leda till döden (ibid.).

Studier visar att nivån av luftfuktighet kan påverka hur värme upplevs (SMHI, 2020). Luft med hög fuktighet upplevs ofta varmare och mer tryckande än torr luft, vilket kan liknas vid en varm bastu (SVT, 2021). Extremt höga temperaturer i samband med hög luftfuktighet kan påkalla värmestress. Vid låga och måttliga temperaturer har luftfuktighet dock en kylande effekt (Oke et al., 2017).

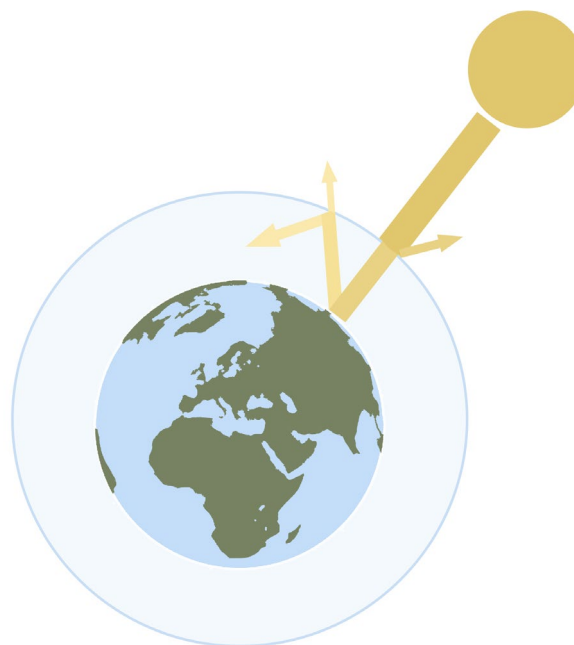
Riskgrupper vid höga temperaturer och värmestress är äldre, kroniskt sjuka, personer med fysiska eller psykiska funktionsnedsättningar, små barn och gravida. Dessa grupper är särskilt sårbara eftersom de har nedsatt förmåga att reglera kroppstemperaturen och att reagera på risker (Folkhälsomyndigheten, 2015).

STRÅLNING

För att klargöra hur människor påverkas av utomhusvistelse vid värmeböljor och hur risken för värmestress kan uppstå, är det viktigt att redogöra för hur värme skapas och vad strålning är.

Strålning är en sorts energi som i form av elektromagnetiska vågor färdas från solen till bland annat jorden (Holden, 2017). Strålning kräver inget medium att färdas genom och kan därför passera med ljusets hastighet, exempelvis genom rymden. Strålningens våglängder finns i ett brett spektrum och den strålning som träffar jorden från solen är både kortvågig och långvågig (ibid.). Mängden kortvågig strålning som träffar jorden beror på hur solen står på himlen, både dess höjd och dess vinkel, men också på molnmängden

(Thorsson, 2012). Mängden långvågig strålning beror på atmosfärens temperatur samt dess förmåga att ge ifrån sig värme. Under molnfria dagar är den inkommande långvågiga strålningen i stort sett konstant hela dagen och har då en god förmåga att värma upp jordytan (ibid.). Ozonlagret som omger jordens atmosfär fångar upp den mest skadliga strålningen och hjälper på så sätt till att göra jorden till en beboelig plats. En del av den strålning som tar sig igenom ozonlagret absorberas eller reflekteras sedan bort av moln och partiklar i jordens atmosfär, men den största delen av strålningen träffar jordytan, där den antingen reflekteras tillbaka eller absorberas av olika material (Holden, 2017).



Jordens ozonlager fångar upp den mest skadliga strålningen. Den strålning som tar sig igenom ozonlagret absorberas eller reflekteras bort av moln och partiklar i jordens atmosfär samt reflekteras eller absorberas av olika material på jordens yta.

Strålningen reflekteras tillbaka ut mot rymden i form av både kortvågig och långvågig strålning (Thorsson, 2012; Holden, 2017). Mängden kortvågig strålning som reflekteras tillbaka ut i rymden beror både på hur mycket kortvågig strålning som har träffat jordytan, men även på vilka ytmaterial som strålningen har träffat och dess albedo, det vill säga vilken förmåga materialen har att reflektera strålning. Mängden långvågig strålning som reflekteras ut beror på ytans temperatur och emissivitet, alltså ytmateriallets förmåga att ge ifrån sig värmestrålning (Thorsson, 2012).

Som tidigare nämnt är luftföroreningar, orsakade av antropogena aktiviteter, en stor bidragande faktor till att klimatet på jorden förändras. Mängden föroreningar och partiklar i luften hindrar en del strålning från att reflekteras tillbaka ut i rymden, vilket gör att den stannar kvar nära markytan och gör klimatet varmare (EEA, 2020; Naturskyddsföreningen, 2021). Luften i städer är ofta mer förorenad än luften på landsbygden (Mauritz Glaumann & Margitta Nord 1993; Thorsson et al., 2011). Vid värmeböljor ökar halten av vissa luftföroreningar såsom ozon och partiklar vilket förstärker värmens skadliga hälsoeffekter (Mattheos Santamouris, 2013). Kombinationen av höga temperaturer och luftföroreningar är särskilt skadligt för människan (EEA, 2020).

STRÅLNINGSTEMPERATUR

Summan av den kort- och långvågiga strålning som människan exponeras för i en miljö brukar benämnas som *strålningstemperatur* och är en av de faktorer som påverkar den termiska komforten och därmed hur vi upplever temperaturen omkring oss (Thorsson, 2012; Stockholms Stad, 2021). Under en solig dag med en lufttemperatur på 35°C kan strålningstemperaturen

vara så mycket som 60°C (Folkhälsomyndigheten, 2018). På natten är strålningstemperaturen ungefär samma som lufttemperaturen. Den största faran under värmeböljor kan vara just värmen från strålning då mycket höga temperaturer kan uppnås (ibid.). För riskgrupper kan strålningstemperaturer över 47,6°C vara livshotande. För att minska mortaliteten under värmeböljor är det viktigt att åtgärder vidtas för att minska strålningstemperaturen (Thorsson et al., 2014).

Det är stor skillnad på hur vi uppfattar temperaturen beroende på om vi vistas i full sol eller skugga (Glaumann & Nord, 1993). Detta för att beskuggade platser inte träffas av lika mycket direkt strålning, och därmed blir svalare än soliga platser (Martinelli et al., 2015). Strålningstemperaturen kan därmed vara olika på olika platser runt om i en stad då byggnads- och vegetationsstruktur påverkar hur strålningen reflekteras och absorberas (Thorsson, 2012; Stockholms Stad, 2021). Strålningstemperaturen kan bli mycket hög på platser som exempelvis stora öppna ytor (Thorsson et al., 2011; Lindberg et al., 2016) och solexponerade söderväggar i vindskyddade lägen (Lindberg



Strålningen reflekteras av olika material och strukturer i den bebyggda miljön. Skuggade platser träffas inte av direkt solinstrålning, och kan därmed upplevas som svalare.

et al., 2016), platser som är vanliga i täta stadsstrukturer (Glaumann & Nord, 1993).

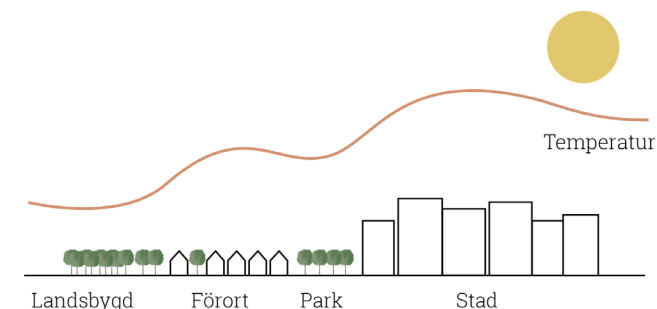
DEN URBAN VÄRMEÖEFFEKTEN

Den urbana värmeöeffekten, eller *urban heat island* på engelska, innebär att områden som är tätt bebyggda, såsom en stadskärna, är varmare än sin omgivning (Thorsson, 2012; Boverket, 2019). Detta beror på den byggda miljöns fysiska struktur och att vissa byggnadsmaterial lagrar värme under dagen när solen ligger på. Den lagrade värmen i materialen avges sedan under natten när mängden solinstrålning minskar, vilket gör att staden inte kyls ned lika snabbt efter att solen gått ner jämfört med områden med mindre hårdgjord struktur (ibid.). Den urbana värmeöeffekten kan öka risken för värmestress, då svala nätter ofta är nödvändiga för återhämtning under varma perioder och värmeböljor (Oke et al., 2017; SMHI, 2020).

Staden har en lägre grad av evapotranspiration än landsbygden vilket gör att temperaturen i staden är högre även dagtid. (Glaumann & Nord, 1993; Onishi et al., 2010; Oke et al., 2017). Detta för att många av stadens ytor är hårdgjorda och att dagvatten därmed leds direkt ned i stadens avloppssystem istället för att fördröjas och få tid att evaporera (Glaumann & Nord, 1993). Dessutom tas många grönytor och vegetationsområden bort när städer förtätas, vilket ofta leder till att värmeöeffekten tilltar (Mohajerani et al., 2017).

STADENS STORLEK

Stadens ytstorlek och form är ytterligare exempel på faktorer som påverkar den urbana värmeöeffekten (Zhou et al., 2017). I en stad med en avlång form är det ofta mindre temperaturskillnader mellan staden och



Figur 1: Temperaturskillnader över en urban miljö till följd av den urbana värmeöeffekten.

den omgivande landsbygden än vad det är i en stad som har en mer cirkulär form. Detta för att avståndet till landsbygden från centrum i en avlång stad är kortare än vad det är från centrum i en cirkulär (ibid.). Även stadens storlek mätt till invånarantal spelar roll när det kommer till den urbana värmeöeffekten på grund av mängden antropogena utsläpp (Stewart & Oke, 2012; Holden, 2017; Zhou et al., 2017). I en del stora städer i mellersta Europa kan idag skillnaden på temperaturen i en storstads stadskärna jämfört med temperaturen strax utanför staden vara så stor som 9-10°C (EEA, 2020).

På platser med kalla klimat kan varmare temperaturer ibland ses som något positivt (Stewart & Oke, 2012). Varmare temperaturer kan göra det behagligare att vistas utomhus under vintern och bidra till billigare uppvärmningskostnader för byggnader (ibid.). Den urbana värmeöeffekten kan dock ställa till problem under sommaren även på platser med kallt klimat, särskilt under värmeböljor då temperaturen redan är ovanligt hög och behovet av svalka är stort (ibid.). Den urbana värmeöeffekten kan även göra att värmeböljor känns ännu varmare inuti urbana miljöer (Oke et al., 2017).

BEBYGGELSEGEOMETRI

Bebyggelsegeometrin beskriver byggnaders höjd, avstånd och riktning, faktorer som alla påverkar lokalklimatet på en plats (Oke et al., 2017). Städer har generellt en större total yta än landsbygden på grund av sin byggda struktur, och kan därför lagra mer värme, vilket bidrar till en varmare utomhusmiljö (Kleerekoper et al., 2012). Hur tätt byggnader är placerade intill varandra spelar här en stor roll. Vid höga hus som står nära varandra har den strålning som kommer in svårare att studsas tillbaka ut i rymden och stannar därför mellan de täta byggnaderna och värmer upp platsen istället (Grimmond, 2007). Detta tenderar att ske främst i de mest centrala och tätbebyggda områdena i en stad. Fenomenet kan jämföras med öppnare ytor, där strålning har god möjlighet att studsas tillbaka ut i rymden då det inte finns några hinder (ibid.).

Gatornas riktning har även stor betydelse för lokalklimatet. Gator i tätbebyggda områden som går i en nord-sydlig riktning blir bara solbelysta en kort tid mitt på dagen, medan gator som går i öst-västlig riktning blir solbelysta både på morgonen och eftermiddagen (Thorsson, 2012). Det spelar också stor roll hur mycket vind som kommer in mellan byggnader då vind kan ha en kylande effekt (Oke et al., 2017).

MATERIAL- OCH YTEGENSKAPER

När det kommer till stadens ytors förmåga att reflektera bort strålning beror detta på faktorer som hur ytan är riktad och i vilken vinkel, vilken höjd ytan sitter på, hur mycket strålning den får på sig, vilket material ytan i fråga är gjord av samt vilket albedovärde den har. Dessa faktorer avgör hur mycket strålning som faktiskt tar sig ner till gaturummet och hur mycket som reflekteras tillbaka ut i rymden (Oke et al., 2017).

Materials emissivitet påverkar också stadsrummet (Oke et al., 2017). På en plats som utsätts för direkt solljus är ett material med hög emissivitet svalare än ett material med låg emissivitet. Detta för att ett material med hög emissivitet kan avge mer av den energi den träffas av i form av strålning (Thorsson, 2012).

Yta	Albedo
Jord, mörk färg, blöt	0.05 - 0.10
Jord, mörk färg, torr	0.10 - 0.13
Jord, ljus färg, blöt	0.12 - 0.18
Jord, ljus färg, torr	0.18 - 0.30
Sand	0.20 - 0.45
Gräs	0.16 - 0.26
Odling	0.18 - 0.25
Våtmark	0.08 - 0.19
Lövfällande skog	0.13 - 0.20
Barrskog	0.11 - 0.13
Öppet vatten	0.03 - 0.10

Yta	Emissivitet
Jord (ljus, torr → mörk, blöt)	0.89 - 0.98
Sand & sten	0.84 - 0.92
Gräs (kort → långt)	0.90 - 0.98
Odling & våtmark	0.90 - 0.99
Lövfällande skog	0.90 - 0.99
Barrskog	0.97 - 0.99
Öppet vatten	0.92 - 0.97

Material, bebyggelse	Albedo
Asfalt (nylagd → sliten)	0.05 - 0.27
Betong	0.10 - 0.35
Tegel (rött → vitt)	0.20 - 0.60
Grå och röd sten	0.20 - 0.45
Kalksten	0.40 - 0.64
Skiffer	0.10 - 0.14
Trä	0.22
Fönsterglas	0.08
Polerad metall	0.50 - 0.90
Takpannor	0.10 - 0.35

Material, målade ytor	Albedo
Vit färg & vit lasyr	0.50 - 0.90
Röd, brun & grön färg	0.20 - 0.35
Svart färg	0.02 - 0.15
Gul färg ¹	0.30

Material, bebyggelse	Emissivitet
Asfalt	0.89 - 0.96
Betong	0.85 - 0.97
Tegel (rött → vitt)	0.90 - 0.92
Sten	0.85 - 0.95
Trä	0.90
Fönsterglas	0.87 - 0.95
Polerad metall	0.02 - 0.06
Takpannor	0.90

Material, målade ytor	Emissivitet
Vit färg & vit lasyr	0.85 - 0.95
Röd, brun & grön färg	0.85 - 0.95
Svart färg	0.90 - 0.98
Gul färg ¹	0.95

Olika ytors och materials albedo

Skalan för albedo går mellan 0-1 där 0 är material som absorberar allt ljus de träffas av och 1 är material som reflekterar bort allt ljus de träffas av (Oke et al., 2017; EEA, 2020). Albedot hos sten varierar mellan olika stenarter (Oke et al., 2017). Skillnaden i marktemperatur på en svart granityta och en vit marmoryta under en varm sommardag kan exempelvis vara så mycket som 19°C (Santamouris, 2013; Mohajerani et al., 2017).

Tabellen är gjord fritt från:
Oke, T.R., Mills, G., Christen, A. & Voogt, J.A. (2017). Urban climates. Cambrigde: Cambrigde University Press.
¹ Akbari, H., Bretz, S., Kurn, D.M. & Hanford, J. (1997). Peak power and cooling energy savings of high-albedo roofs. Energy and buildings, 25 (2), 117–126. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)01001-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)01001-8)

Olika ytors och materials emissivitet

Skalan för emissivitet går mellan 0-1. 0 innebär en hög emissitiv förmåga och 1 en låg (Oke et al., 2017).

Tabellen är gjord fritt från:
Oke, T.R., Mills, G., Christen, A. & Voogt, J.A. (2017). Urban climates. Cambrigde: Cambrigde University Press.
¹ Akbari, H., Bretz, S., Kurn, D.M. & Hanford, J. (1997). Peak power and cooling energy savings of high-albedo roofs. Energy and buildings, 25 (2), 117–126. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)01001-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)01001-8)

Gällande ytmaterial är asfalt och betong väl använda i dagens städer då de effektivt leder bort vatten samt är lätta att hålla rena och fina. De klarar också hög belastning och passar därför bra att använda på bilvägar (Oke et al., 2017). Dessa material har dock lågt albedo och är värmelagrande, vilket kan bidra till en ökad värmeöeffekt. Detta beror på materialens densitet, men även dess termiska admittans (Thorsson, 2012; Oke et al., 2017). Asfalt, betong och sten är exempel på material med hög termisk admittans. Asfalt kan under varma och soliga dagar uppnå en marktemperatur på 60°C (Mohajerani et al., 2017). Många hårda material i staden, såsom asfalt och betong har även låg permeabilitet, det vill säga bristande förmåga att släppa igenom vatten, vilket också bidrar till deras värmelagrande kapacitet (Qin, 2015). Ihåliga material, exempelvis porösa betongplattor, har lägre termisk admittans än solida material, och lagrar därför mindre värme (Kleerekoper et al., 2012). Även trä är ett exempel på ett material med förhållandevis låg termisk admittans (Oke et al., 2017).

KLIMATANPASSNING I PLANERING OCH VID GESTALTNING

För att undersöka hur landskapsarkitekter och fysiska planerare genom gestaltning kan skapa svalare platser och bidra till klimatanpassning är det relevant att se hur klimatfrågan ser ut i planeringsprocessen. Paris och Stuttgart är exempel på städer som arbetar med klimatanpassning på en övergripande nivå.

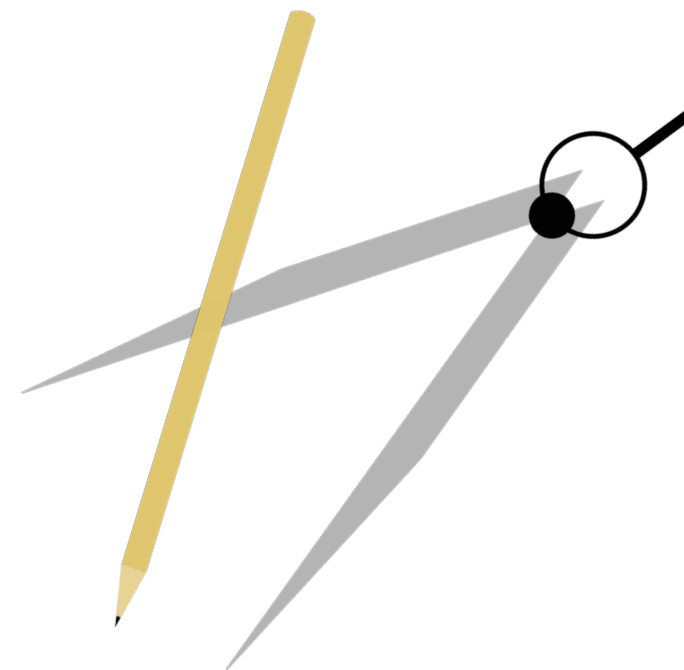
Paris har drabbats hårt av värmeböljor de senaste åren. År 2003 utsattes landet för en värmebölja där den högsta dygnsmedeltemperaturen uppmättes till 36°C under mer än en vecka, vilket orsakade över 15 000

dödsfall (Jean-Marie Robine, et al., 2008; Oke et al., 2017). För att skydda sina invånare har staden sedan dess utvecklat flera projekt för att skapa svalka på olika platser. Gröna gator är ett exempel, och sammanlagt har nu över 20 000 nya träd planterats på dessa gator, tillsammans med vegetation på väggar och tak på flera byggnader (EEA, 2020). Även nya badplatser har anlagts, samt 1200 färskvattenfontäner att dricka ur. Paris har också jobbat med konceptet *cool islands* som är en satsning på en app som visar olika platser dit människor kan ta sig för att svalka sig på varma dagar. Dessa svalkande platser är bland annat parker, badplatser och museum (ibid.).

Stuttgart är ytterligare ett exempel på en stad som arbetat med gröna och blå lösningar för temperaturreglering, men även för bättre luftkvalitet i staden (Climate Adapt, 2021). Stuttgart ligger i en dalgång vilket gör det svårt för vind att ta sig ner till staden, och avgaser stannar därför kvar bland bebyggelsen vilket medför höga halter av luftföroreningar. Detta har bidragit till en ökad värmeöeffekt och negativa hälsoeffekter (ibid.). Fler grönytor har etablerats i staden tillsammans med öppna stråk, så kallade ventilationskorridorer, där vind kan röra sig fritt, vilket har förbättrat både stadens klimat och luftkvalitet avsevärt. För att öka stadens beredskap för framtida värmeböljor har även mer vegetation planterats in längs gator och torg, i form av gatuträd, samt gröna väggar och tak. Precis som i Paris har det även i Stuttgart satts in flera färskvattenfontäner som stadens medborgare kan dricka ur (ibid.).

PLANERING FÖR KLIMATANPASSNING I SVERIGE

I den svenska plan- och bygglagen är klimatanpassning en av flera aspekter som ska uppmärksammas vid planläggning (Boverket, 2021b). Kommunerna i Sverige har då som skyldighet att beakta människors hälsa och säkerhet. I kommunernas översiktsplaner ska långsiktiga strategier framföras och i detaljplaner ska mer konkreta bestämmelser anges såsom andel hårdgjorda ytor eller storlek på grönytor (ibid.). Även den befintliga miljön ska tas till vara på och klimatanpassas (ibid.). I sina översiktsplaner kan kommuner även planera för framtiden genom att undersöka vilka områden som är i störst behov av svalka. Beslut kan tas efter både vilka miljöer som är mest hårdgjorda, men även med hänsyn till var flest människor vistas och var riskgrupper är bosatta (Länsstyrelserna, 2013).



I mer detaljerade områdesplaner kan sedan ytor som ska utformas i syfte att ge svalka under varma perioder utses, och därmed möjliggöra ökad utomhusvistelse (ibid.).

Boverket är Sveriges nationella myndighet för samhällsplanering, byggande och boende (Boverket, 2021b). Till Boverket kan de som arbetar med samhällsplanering och byggande vända sig för att få kunskap och råd kring att bygga klimatanpassat (ibid.). Även Sveriges länsstyrelser spelar en viktig roll vid klimatfrågor då varje länsstyrelse har en klimatanpassnings-samordnare som fungerar som ett stöd för länets kommuner. Det är alltså länsstyrelser som granskar och prövar kommunala detaljplaner och översiktsplaner så att människors hälsa och säkerhet säkerställs (ibid.).

För att anpassa samhället till de negativa konsekvenser som klimatförändringar kan komma att medföra behöver alla skeden i plan- och byggprocessen, från översiktsplaneringen till förvaltnings-skedet samverka (Länsstyrelserna, 2013). Genom att behandla klimatfrågan tidigt i planeringsprocessen kan konflikter undvikas och kreativa lösningar frambringas (Thorsson, 2012). Med klimatfrågan i ryggen går det dessutom lättare att skapa hållbara platser som i högre utsträckning ökar möjligheten till rekreation och termisk komfort (ibid.). Åtgärder för klimatanpassning bör vara en naturlig del av gestaltningsprocessen för att skapa levande stadsdelar för framtidens människor (Länsstyrelserna, 2013).

GESTALTARENS ROLL VID KLIMATANPASSNING

Landskapsarkitekter och fysiska planerare har en central roll när det kommer till att anpassa samhället till ett varmare klimat (Thorsson, 2012; Lenzholzer &

Brown, 2013). Som gestaltare av urbana miljöer är det viktigt att vara medveten om de konsekvenser som gestaltningen kan ha på upplevelsen av att vistas på en plats, något som är nära relaterat till människors hälsa, livskvalitet och användning av utemiljöer (Lenzholzer, 2015). För landskapsarkitekter är exempelvis kompetensen kring växter grundläggande för att kunna placera dem så att de genererar en så kylande effekt som möjligt (American Society of Landscape Architects, 2022.) Även kunskap och användning av torktåliga växter som klarar av långa perioder av värme är betydande vid klimatanpassning (Behdad Alizadeh & James Hitchmough, 2019). Klimatförändringar skapar även möjlighet till användning av nya arter och kreativa lösningar (ibid.).

Det finns dock en del aspekter som ligger utanför gestaltarens räckvidd (Lenzholzer, 2015). Fysiska och fysiologiska faktorer såsom individers ålder, kön, metabolism, aktivitet, klimatvanor eller kläder går inte att ändra på genom gestaltning (ibid.). Inte heller de psykologiska faktorerna hos individer såsom sinnesstämning eller sällskap kan påverkas (ibid.). Det som däremot är möjligt att påverka genom gestaltning är upplevelsen av de externa fysiska faktorerna vind och temperaturer, samt de psykologiska faktorerna som syftar till hur omgivningen uppfattas (ibid.). Vindens hastighet påverkar hur vinden uppfattas, och temperaturen upplevs olika beroende på mängden strålning. Hur omgivningen uppfattas har även att göra med hur människor undermedvetet tolkar den. Genom färg-, storlek-, och materialval på en plats kan människor uppleva temperaturen olika (ibid.). Små förändringar i gestaltningen gör inte alltid en stor skillnad, men genom att inkorporera flera olika verktyg kan upplevelsen av en plats förändras (ibid.).

GESTALTNINGSVERKTYG

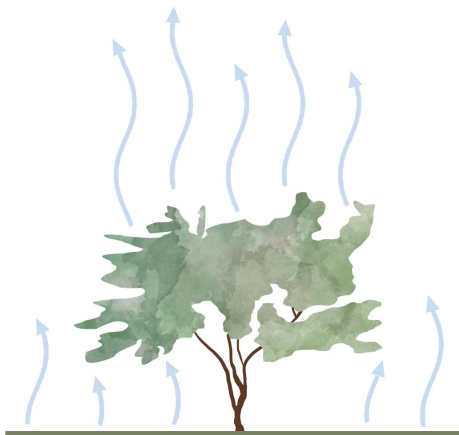
För att anpassa urbana miljöer till ett varmare klimat finns det flera verktyg för landskapsarkitekter och fysiska planerare att arbeta med. I följande del av uppsatsen redogörs dessa verktyg genom en litteraturstudie. Efter varje gestaltningsverktyg följer en kort reflektion över vilken problematik det kan finnas med att använda verktyget.

VEGETATION

Vid planering för temperaturreglering och gestaltning av svala platser spelar vegetation en stor roll, både när det kommer till småskaliga platser som bostadsgårdar och kvarter, men även i större skala som stadsdelar eller hela städer (Thorsson, 2012; Theeuwes et al., 2013; Boverket, 2019). Det mest effektiva sättet att göra bebyggda områden svalare är att tillföra mer vegetation (Onishi et al., 2010; Doick et al., 2014; Thorsson et al., 2014; Mohajerani et al., 2017; Boverket, 2019). Vegetationen minskar värmelagringskapaciteten hos urbana ytor genom att skugga dem och därmed minska den mängd direkt strålning de träffas av (Kleerekoper et al., 2012; Thorsson, 2012; Qui et al., 2013; Konarska et al., 2015; Oke et al., 2017). Vegetation tar också vara på en del av strålningens energi till sin fotosyntes istället för att denna energi blir till värme i den urbana miljön. Växter blir inte heller lika varma av strålning som hårdgjorda ytor blir (Glaumann & Nord 1993; Cameron et al., 2014; Chen et al., 2014; Gunawardena et al., 2017). För att uppnå maximal kylningseffekt bör ny vegetation i stadsmiljö placeras i soliga lägen där det i dagsläget inte redan finns mycket grönska (Lindberg et al., 2016; EEA, 2020).



Vegetation kan kyla sin omgivning genom att skugga den.



Evapotranspirationen från vegetation kan bidra till svalka.

Vegetation kylvlar även sin omgivning genom att avge vatten från klyvöppningar på sina blad, *transpiration*. Avdunstningen av vatten från vegetation höjer därmed luftfuktigheten vilket kan bidra till svalka (Thorsson, 2012; Qui et al., 2013; Konarska et al., 2015; Oke et al., 2017). När vatten avdunstar tas värme från omgivningen, vilket leder till lägre yt- och lufttemperaturer (Holden, 2017). Mängden vatten som transpireras beror på mängden solljus samt omgivningens temperatur och fuktighet (Folkhälsomyndigheten, 2018). Att använda sig av vegetation i flera skikt ökar transpirationen på grund av den ökade vegetationsmassan (Thorsson, 2012; Boverket, 2019). Vatten avdunstar även från jorden i växternas planteringsbäddar, *evaporation*, vilket också bidrar till kylningseffekten på en plats (Oke et al., 2017; Boverket, 2021a).

Det har gjorts forskning på vid vilken tid på dygnet som växter transpirerar mest vatten, samt när transpirationens kylningskapasitet är som högst. Janina Konarska, Johan Uddling, Björn Holmer, Martina Lutz, Fredrik Lindberg, Håkan Pleijel och Sofia Thorsson

(2015) har genomfört en studie där transpirationsförmågan undersöktes hos några av Sveriges vanligaste stadsträd: *Tilia x europaea*, *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Fagus sylvatica* och *Prunus serrulata*. Studien genomfördes år 2013 i Göteborg, och undersökte såväl transpiration under dagtid som nattetid under sommarhalvåret. Resultatet varierade beroende på trädart, men visade att träd generellt transpirerar mer vatten under dagtid än på natten, och att tillgången till vatten spelar stor roll för transpirationsförmågan. De träd som studerades i permeabla ytor transpirerade mer vatten än träd i hårdgjorda markmaterial. Trots att trädens transpirationskapacitet var högre på dagen än på natten, var transpirationens kylningseffekt dock störst precis efter solnedgång enligt studien (ibid.).

Flera undersökningar har genomförts för att ta reda på hur mycket vegetation faktiskt sänker temperaturen i sin omgivning. En studie från 2013 jämförde resultat från andra studier om hur vegetation och vattenkroppar kan verka temperatursänkande i urbana miljöer. Sammanställningen gällande vegetation visade att grönska kan sänka temperaturen i städer med upp till 4°C på grund av sin evapotranspiration (Qiu et al., 2013). En hög kylningskapacitet är dock beroende av en god tillgång till markfukt (Konarska et al., 2015). Mätt i vattenkonsumtion är träd den mest effektiva typen av vegetation när det kommer till att kyla sin närmiljö (Shashua-Bar et al., 2009a).

Forskarna Ailian Chen, Angela Yao, Ranhao Sun och Liding Chen (2014) har studerat grönytors effekt på sin omgivning i stadsmiljö i Beijing. Vegetation i urbana miljöer skapar *urban cool islands* under varma

säsonger. Dessa cool islands erbjuder stadens invånare svalka och reglerar mikroklimatet i miljön omkring sig (Chen et al., 2014). Skillnaden på både lufttemperatur och marktemperatur i gröna områden jämfört med hårdgjorda är stor, främst under sommarhalvåret (ibid.). Studien i Beijing visade att urbana skogar och stora parker i stadsmiljö var svalare än bebyggd miljö alla säsonger om året förutom på vintern, då dessa områden oftast var varmare än den hårdgjorda miljön omkring dem (ibid.).

Grönytor kan bidra till att sänka temperaturen i urbana miljöer även när de ligger flera hundra meter från bebyggelsen. Ju större grönytan är, desto högre blir dessutom dess kylande effekt (Bowler et al., 2010). En studie på det 156 hektar stora grönområdet Slotsskogen i Göteborg visade att en maximal skillnad på 5,9°C kunde uppmätas mellan vegetationen och den omkringliggande bebyggelsen under sommartid. Svalkan från vegetationen sträckte sig så långt som 1100m ifrån grönområdets kant (Upmanis et al., 1998). Men en grönyta behöver egentligen inte vara särskilt stor för att skapa en kylande effekt. En studie gjord i Tel Aviv har visat att en park på endast 0,15 hektar kan generera en genomsnittlig kyleffekt på 1,5°C, där den största temperaturskillnaden i parken i Tel Aviv jämfört med omgivningen utanför den var 3°C (Limor Shashua-Bar & Michael E. Hoffman, 2000). Det råder dock delade meningar kring vegetations goda kylningskapacitet på sitt närområde. Forskarna Yuei-An Liou, Kim-Anh Nguyen & Le-Thu Ho (2021) menar att vegetations kylande effekt är tydlig inom 100m från vegetationsområdet, men att den kylande effekten snabbt avtar när distansen från vegetationen blir längre. I forskarnas studie uppmättes en kylningseffekt på 1,9°C inom 100m från vegetationen. Vid distansen 100-200m uppmättes 0,5°C och vid

distansen 200-300m var kylningseffekten 0,4°C. Efter 300m kunde ingen kylningseffekt uppmätas (ibid.).

Flera utspridda grönytor eller grönområden i en urban miljö kyler tillsammans generellt bättre än en enda stor grönyta (Gunawardena et al., 2017; Oke et al., 2017). En studie av Akio Onishi, Xin Cao, Takanori Ito, Feng Shi & Hidefumi Imura (2010) undersökte hur värmeöeffekten kunde reduceras i staden Nagoya, Japan, genom att göra om hårdgjorda parkeringsplatser till grönytor. Parkeringsplatser har ofta en ytbeläggning av asfalt eller betong och saknar ofta större träd eller annan grönska. Detta skapar värmeöar inuti staden som kan uppnå höga temperaturer under varma perioder. Grönområden reducerar effekten av den urbana värmeön, menar författarna. Studien i Nagoya utgick från två scenarier, ett där asfalten på en parkeringsyta byttes ut mot en gräsyta, och ett där asfalten byttes ut mot 30 % träd och 70 % gräs. Att använda grönska istället för asfalt sänkte marktemperaturen på undersökningsområdet markant. Störst effekt gav användningen av både träd och gräs i kombination, där marktemperaturen kunde sänkas med upp till 9,2°C en varm sommardag. Denna stora temperaturskillnad beror på att marktemperaturen är direkt kopplad till strålningstemperaturen, och att



Flerskiktad vegetation ökar transpirationen på grund av den ökade vegetationsmassan.

platsen blev skuggad av träden och därmed tog emot mindre direkt solinstrålning. Onishi et al. menar att Nagoyas urbana värmeö skulle kunna reduceras om flera av stadens parkeringsytor skulle göras om till grönytor (Onishi et al., 2010). Detta kan jämföras med ett exempel från Hanoi, där grönytor på sammanlagt 161 hektar i stadens centrala delar istället gjordes om till byggnader och andra hårdgjorda strukturer på ungefär ett års tid, vilket resulterade i en ökning av områdets medelmarktemperaturer med 3,3°C (Liou et al., 2021).

En studie från 2015 gjord av Robert D. Brown, Jennifer Vanos, Natasha Kenny & Sanda Lenzholzer, *Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change*, visade att parker, till skillnad från de tidigare nämnda studierna, gav ett måttligt resultat när det kom till att sänka luftens temperatur. Däremot kunde skuggan från vegetation i parken förbättra den termiska komforten, då parkens besökare skyddades från direkt strålning (ibid.). Brown et al. (2015) understryker att platser med vegetation erbjuder termisk komfort under varma dagar men att fokus för planerare inte borde ligga på att skapa enbart grönytor, utan att *skuggade* grönytor är det som är mest väsentligt (ibid.).

Vegetation i urbana miljöer har utöver sin värme-reducerande förmåga även en rad andra hälsomässiga fördelar (Liou et al., 2021). Vegetationen bidrar till en bättre luftkvalitet genom att rena luften, den ger en behagligare ljudmiljö, samt kan dämpa vind på blåsiga platser. Vegetation gynnar även flera ekosystemtjänster genom att fördröja dagvatten, minska översvämningsrisken samt bidra till den biologiska mångfalden (Santamouris, 2013; Oke et al., 2017). I rapporten *Benefits and well-being perceived by*

people visiting green spaces in periods of heat stress av Raffaele Laforteza, Giuseppe Carrus, Giovanni Sanesi och Clive Davies (2009) beskrivs hur vegetation även påverkar människors välmående. Gröna miljöer gör oss lugna och erbjuder fler rekreationella värden än byggda miljöer. Vidare konstaterar författarna till rapporten att vistelse i gröna miljöer under värmeböljor är viktigt för stadens invånare då de kan erbjuda svalka (Laforteza et al., 2009). Urbana grönytor agerar dessutom ofta som säkra platser för barn och äldre, och fungerar som lugna oaser där de kan vistas utan att oroa sig för trafik. Att dessa områden dessutom erbjuder svalka under varma dagar är därmed ännu bättre eftersom äldre och barn är extra utsatta när det kommer till värme och värmestress (Chen et al., 2014).

STADSTRÄD

Som tidigare konstaterat är skuggan från vegetation viktig för att reducera risken för värmestress och här spelar träd en stor roll (Bowler et al., 2010; Konarska et al., 2013). Skuggor från träd blir mer omfattande jämfört med skuggor från buskar eller gräs (Lindberg et al., 2016; Oke et al., 2017). Träd används därför ofta utmed gator och trottoarer i avsikt att bland annat ge skugga åt de som passerar under dem (Shashua-Bar et al., 2009b). Skuggan från träden gör även att materialen under träden utsätts för mindre direkt strålning och därmed lagrar mindre värme (Kleerekoper et al., 2012; Thorsson, 2012; Qui et al., 2013; Konarska et al., 2015; Oke et al., 2017). Detta kan i sin tur minska den urbana värmeöffekten (Folkhälsomyndigheten, 2018). Vid användning av många träd i urbana miljöer bör dock trädkronorna inte täcka hela gator då detta kan hindra värme från att ta sig upp ur gaturummet på natten (Gómez et al., 2013).

Träd med täta kronor såsom *Tilia*, *Aesculus*, *Betula* och *Prunus* kan ge en skuggeffekt på upp till 95-99 % hos solitära individer under sommartid då lövverket är fullt utvecklat. På vintern, när träden har fällt sina blad, är skuggeffekten 48-60 % (Konarska et al., 2013). Lövträd är alltså användbara ur en skuggsynpunkt där skugga önskas på sommaren, men sol på vintern (Konarska et al., 2013; Lindberg et al., 2016; Oke et al., 2017).

Marktemperatur och strålningstemperatur är de temperaturer som påverkas mest av trädens skuggning, det märks mindre skillnad på lufttemperaturen (Thorsson, 2012; Lindberg et al., 2016). En studie från år 2021 undersökte hur förskolegårdar i Göteborg under sommaren 2018 påverkades av värmen under värmeböljan (Bäcklin et al., 2021). Studien visade att på en tredjedel av de undersökta förskolorna hade mer än 50% av förskolegården utsatts för höga medelstrålningstemperaturer relaterade till ökad risk för värmestress. Den skugga som fanns på förskolegårdarna under dagtid kom mestadels från träd. Studien visade att barnen på gårdarna med fler träd var mindre utsatta för värmestress jämfört med barn på de gårdar som hade få träd (ibid.).

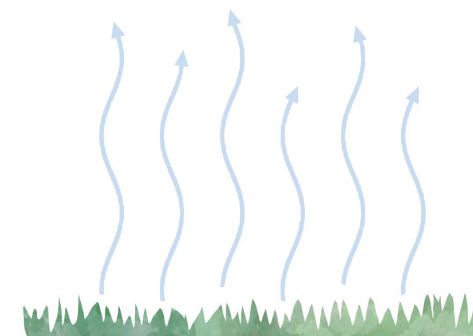
Studien *The impact of urban planning strategies on heat stress in a climate-change perspective* skriven av Fredrik Lindberg, Sofia Thorsson, D.P Rayner & Kevin Ka-Lun Lau (2016) visar på att det är skuggan från vegetation som minskar strålningstemperaturen och därmed reducerar risken för värmestress. Storleken på vegetationen tillsammans med mängden vegetation, är i sin tur relaterade till hur stor yta som kan skuggas (Lindberg et al., 2016). Placeringen av vegetation spelar också roll för att minska risken för värmestress. Träd som placeras på en öppen yta ger upphov till mer skugga och minskar potentiell sårbarhet vid

hög strålning, till skillnad från träd som står intill en husfasad och inte skuggar sin omgivning lika mycket (ibid.). Vid nyanläggning av urbana miljöer är det att föredra att plantera in så stora kvaliteter av träd som möjligt för att kunna ta del av dess temperaturreglerande värden så snabbt som möjligt (Thorsson, 2012).

ÖPPNA VEGETATIONSYTOR

Jämfört med träd kan gräsytor och andra öppna, låga vegetationer inte ge lika mycket skugga och svalka under dagens ljusa timmar. Däremot är dessa ytor viktiga för att kyla den urbana miljön på natten genom evapotranspiration (Folkhälsomyndigheten, 2018).

En studie av Limor Shashua-Bar, David Pearlmutter och Evyatar Erell (2009a) visade att öppna gräsytor behöver ha en hög tillgång till vatten för att verka kylande. Om en gräsyta skuggas av träd kan dock dess kylande effekt öka, och gräsyntans vattenanvändning kan minskas med upp till 50 % (ibid.). En solbelyst gräsyta har dock påvisats ha en svalkande effekt i



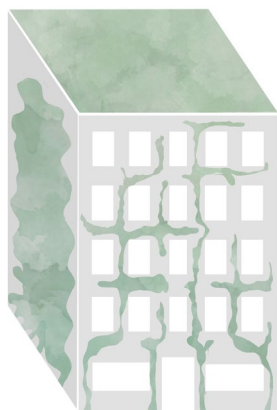
Evapotranspiration från öppna vegetationsytor kan bidra till att kyla sin omgivning.

jämförelse med en solbelyst stenläggning. Effekten blir högst om gräsytan dessutom skuggas (Shashua-Bar et al., 2011).

GRÖNA VÄGGAR & TAK

Att använda sig av gröna väggar och tak är ett platseffektivt sätt att reducera värmeeffekten och upplevelsen av värme vid en värmebölja i en stad, då vegetationen minskar andelen hårdgjorda ytor och därmed andelen värmelagrande material (SMHI, 2019a).

Det finns olika typer av gröna väggar, eller fasadgrönka som det också kallas, att använda sig av i urbana miljöer (Katia Perini & Paolo Rosasco, 2013; Cameron et al., 2014). Växter kan planteras i planteringsbäddar på marken intill väggar och sedan slingra sig upp direkt på fasader eller på spaljeer eller vajrar, men det finns också system av planteringsbäddar, *living wall systems*, som sätts upp över hela väggar och kan bilda mer kompakta system. Dessa system innehåller jord och



Vegetation på väggar och tak kan bidra till att minska värmeeffekten i en stad.

näring och tillåter användning av växter som inte är typiska klättrare då planteringsbäddarna bildar som en matta utanpå fasaden (ibid.). Implementering av gröna väggar kan vara ett smart sätt att minska den urbana värmeeffekten, särskilt när de placeras i soliga lägen (Perini & Rosasco, 2013).

Begreppet gröna tak innefattar allt från tunna planteringsbäddar för sedumväxter till mer avancerade takplanteringar för träd och buskar (SMHI, 2019a). Tsuyoshi Kinouchi och Junichi Yoshitani skriver i rapporten *Simulation of the urban heat island in Tokyo with future possible increases of anthropogenic heat, vegetation cover and water surface* (2001) om hur det i Tokyo finns krav på att nya byggnader i särskilda distrikt ska ha gröna tak för att få in mer grönska i stadsmiljön. Kinouchi och Yoshitani skriver vidare att genom att öka andelen gröna ytor i Tokyo med hjälp av gröna tak med 16,4 % skulle staden kunna minska den maximala medelmarktemperaturen med upp till 0,6°C (Kinouchi & Yoshitani, 2001).

Gröna väggar och tak kan även göra skillnad på inomhusklimatet i byggnader då de inte värms upp på samma sätt som om de hade utsatts för direkt solljus, vilket kan bidra till en reducerad energianvändning (Mohajerani et al., 2017). Användandet av växter ger dessutom en isolerande effekt på vintern, och gröna väggar och tak har därmed fördelar året om (ibid.). Gröna tak kan utöver att isolera, reducera den urbana värmeeffekten genom att minska marktemperaturen på ett tak med 30-60°C, jämfört med ett konventionellt svart tak (Foster et al., 2011). Gröna väggar och tak har också en svaltande effekt på sin närmaste omgivning genom skuggning och avdunstning, dock inte i lika stor utsträckning som träd har (Kleerekoper et al., 2012).

REFLEKTION - VEGETATION

All användning av vegetation kräver vatten, vilket kan bli problematiskt vid torka, då vattentillgången är begränsad (EEA, 2020). För lite vatten eller extrem värme kan bidra till stress, något som reducerar växters förmåga att växa och må bra (Nigel Dunnett, 2019). Olika vegetationstyper påverkas dock olika av stress. Vid brist på vatten i en urban miljö kan vissa arter stänga sina klyvöppningar för att spara på vatten (Sjöman & Slagstedt, 2015). Vid gestaltning av platser som riskerar att utsättas för torka kan det därför vara bra att redan från början planera in växter som tål stressen att stå torrt och varmt (Henrik Sjöman & Johan Slagstedt, 2015; Folkhälsomyndigheten, 2018; EEA, 2020). I ett varmare klimat i framtiden kan våra inhemska arter få problem med torka och värme, och ett alternativ är att använda exotiska växter som klarar sig bättre i den tuffa miljön. Debatten om exoter är dock delad då exotiska arter kan vara invasiva och påverka inhemska ekosystem (Sjöman & Slagstedt, 2015). Det är därför viktigt att se till att välja arter som i dagsläget är säkra att använda (Nigel Dunnett & Andy Clayden, 2005).

För att skapa svala platser med hjälp av vegetation måste flera aspekter finnas i åtanke såsom vilken sorts växt som ska användas på platsen, hur markförhållandena ser ut och hur växten kommer att växa och utvecklas (Lindberg et al., 2016). Dessa aspekter är viktiga för att inte skapa problem såsom ökad skötsel, försämrad säkerhet, eller minskat ljusinsläpp inomhus (ibid.). Gällande säkerhet är det viktigt att vegetationen inte påverkar människors upplevda trygghet på ett negativt sätt. En plats ska vara överblickbar, orienterbar och tillgänglig för att skapa trygghetskänslor och en för tät vegetation bör därmed undvikas utmed

gångstråk och där många människor rör sig kvällstid (Thorsson, 2012).

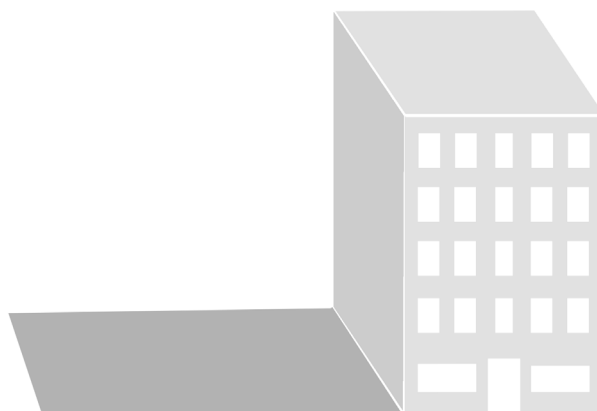
Temperaturreglerande verktyg som gröna väggar kan vara kostsamma, och ibland är kostnaden större än den effekt verket ger. Priset för att anlägga och etablera gröna väggar kan alltså vara större än den kylande effekt den färdiga gröna väggen faktiskt har, och kostnader och temperaturreglerande förmåga måste därför vägas mot varandra (Perini & Rosasco, 2013; EEA, 2020). Vid användning av living wall systems krävs exempelvis mycket underhåll för att se till att konstruktionen håller som den ska (Perini & Rosasco, 2013). Vid extrema och långvariga värmeböljor kan dessutom vegetation på väggar och tak torka ut om den inte vattnas, då vegetationen ofta inte har tillgång till grundvatten i marken (Oke et al., 2017). Även om kostnaden för att anlägga ett grönt tak ofta är större än att anlägga ett konventionellt tak kan denna kostnad eventuellt vägas upp med tiden, då vegetationen på taket skyddar byggnaden från visst slitage (SMHI, 2019a). Vegetationens rötter riskerar dock att tränga in i byggnadens ytskikt och därmed orsaka slitage på så sätt. Korrekt användning av rotskydd är därför nödvändigt (ibid.).

ANDRA SKUGGANDE ELEMENT

Som tidigare nämnt är skuggning en viktig aspekt att planera för i utemiljöer så att människor kan skyddas från den starkaste strålningen och för att öka den termiska komforten (Brown et al., 2015). I boken *Public places urban spaces: the dimensions of urban design* (2021) skriver arkitekten och planeraren Matthew

Carmona att det i tropiska och subtropiska länder är nödvändigt att skydda människor från den varma solen. Carmona ger exempel på en bild från Izmir i Turkiet där tyger hängts upp mellan huskroppar för att skugga gående där under. En annan bild från Isfahan i Iran visar hur markiser dras ut för att ge skugga utanför byggnader (Carmona, 2021). Oke et al. (2017) skriver också om att tyg kan användas för att skugga mellan byggnader under varma dagar, för att sedan tas bort när skuggan inte längre behövs (ibid.).

Traditionellt sett används ofta stadens strukturer för att ge skugga och skydda människor på marknivå (Carmona, 2021). Höga byggnader skapar stora skuggor runt sig vilket kan hjälpa till att kyla sin omgivning (Oke et al., 2017). En stad där byggnader står nära varandra lagrar generellt sett mer värme än en glesare byggd stad (Thorsson et al., 2011). Den värme som lagrats i material runt om i staden under dagen avges sedan under natten, och en tät bebyggelse där mer värme har kunnat lagras, kyls därför av långsammare än en gles bebyggelse (Holmer et al., 2007). En tät och hög stadsstruktur skapar samtidigt mer skugga dagtid,



Skugga från bebyggelsestrukturer minskar mängden strålning som når stadens ytmaterial.

vilket minskar den strålning som når stadens ytmaterial, och ger därmed lägre mark- och lufttemperatur ur den aspekten (Thorsson et al., 2011).

I en studie gjord av Letizia Martinelli, Tzu-Ping Lin och Andreas Matzarakis (2015) undersöktes hur människor rörde sig på ett torg under en solig sommardag i Rom. Solens rörelse och därmed byggnaders och andra elements skuggmönster observerades tillsammans med människors rörelsemönster samt var de stannade till på torget och hur länge. Temperaturen under dagen låg mellan 22,6°C och 32,1°C. Tydliga samband kunde dras mellan var skuggan låg på torget och att människor vistades längre på dessa platser. Aktiviteten på torget var som högst på eftermiddagen och kvällen, då stora delar av torget också var skuggade. Martinelli, Lin och Matzarakis (2015) menar att undersökningar likt dessa bör genomföras vid planering och gestaltning av nya platser. Om ett torg exempelvis har många lunchrestauranger är det troligt att torget har många besökare mitt på dagen, och skugga bör därför erbjudas vid restaurangernas sittplatser (Martinelli et al., 2015).

Att använda nät för att skapa skugga är något som Limor Shashua-Bar, David Pearlmutter och Evyatar Erell (2011) har studerat. Huvudfokus i studien låg på att testa hur väl skuggnät, respektive vegetation kunde påverka komforten hos människor i utemiljöer under soliga dagar. Resultat visade att skuggning av antingen träd eller skuggnät med 70% opacitet kunde göra det behagligare att vistas på en hårdgjord innergård i full sol. Kombinerades de två olika skugganordningarna med gräs på marken, ökade komforten på innergården ännu mer. När träd och skuggnät jämfördes som enskilda metoder för att öka den termiska komforten på innergården så visade sig träd, med små marginaler, vara mest effektivt (Shashua-Bar, 2011).



Konstruktioner i olika material kan ge skydd mot direkt strålning.

Ytterligare ett skuggande element, en paviljong, har visat sig ge god kylningseffekt. En studie från 2017 undersökte den kylande effekten av en stadspark i Beijing under en varm sommar (Xu et al., 2017). Studien behandlade kylningseffekten av olika parametrar såsom gräs, träd, vattenkroppar och konstgjorda skuggannordningar, där en kinesisk paviljong räknades in. Paviljongen bestod av stengolv samt ett tak som hölls upp av flera pelare. Resultatet för den enskilt mest kylande parametern visade sig vara den kinesiska paviljongen tack vare dess goda förmåga att skugga (Xu et al., 2017).

REFLEKTION - ANDRA SKUGGANDE ELEMENT

Det är svårt att göra stora förändringar i bebyggelsegeometrin i en stad, speciellt när det kommer till hur gator är orienterade. Skuggeffekten går dock att påverka genom att förtäta en stad på höjden, antingen genom att bygga nya, högre hus, eller att bygga på våningar på befintliga byggnader (Folkhälsomyndigheten, 2018). Höga byggnader är yteffektiva då de tar upp mindre markyta än lägre byggnader med

samma golvyta mätt i kvadratmeter. Mer plats kan då lämnas åt vegetation och andra byggnader runt omkring dem (Thorsson, 2012). Det bör dock nämnas att i en tät och hög stadsstruktur kan vindtunnlar skapas och påverka den termiska komforten i staden (EEA, 2020). På vintern kan sådana stadsstrukturer även bli kalla på grund av skuggorna från byggnaderna (Kleerekoper et al., 2012).

Viktigt att tänka på vid gestaltning av konstgjorda skugganordningar är att använda material med låg termisk admittans, vilket exempelvis kan vara markiser eller andra textilelement som ger skugga (Brown et al., 2015). Textilier för användning i utomhusmiljö är dock ofta behandlade med olika kemikalier för att vara motståndskraftiga mot vatten och solskador (Kemikalieinspektionen, 2006). Dessa kemikalier kan i vissa fall vara skadliga för miljön (ibid.).

MATERIALVAL

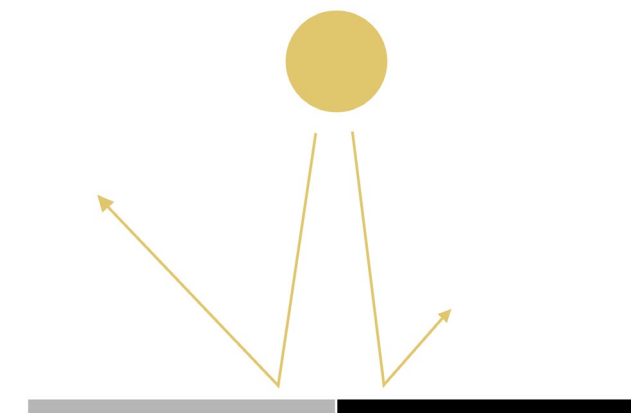
Cool pavements, svala ytbeläggningar, är ett verktyg som kan användas för att reducera värme i urbana miljöer. Cool pavements är främst benämningen på användandet av ljusa material, men även ytor med permeabla egenskaper kan benämnas som cool pavements, då dessa ytor kan kyla sin omgivning genom evapotranspiration (Santamouris, 2013; Mohajerani et al., 2017). Vilken typ av markmaterial som passar bäst på en plats beror på egenskaperna och användningen av den specifika platsen (ibid.).

ALBEDO

Genom att använda material med högt albedo i utemiljöer kan den urbana värmeöeffekten till viss del reduceras (Oke et al., 2017). Att byta ut material med lågt albedo i en stadsmiljö mot material med högre albedo kan vara en relativt enkel och kostnadseffektiv temperaturreglerande åtgärd (Mohajerani et al., 2017).

Det går även att höja albedot på en plats genom att anlägga ett tunt lager ljus cement ovanpå exempelvis en befintlig, mörk, asfaltsyta, eller genom att måla ytor ljusare (Santamouris, 2013). Forskare utvecklade år 2020 en vit färg som kan målas i utemiljöer som reflekterar upp till 98% av den strålning som annars skulle värma upp en yta. Färgen används främst på byggnader (Anthropocene, 2020).

En studie gjord i Kalifornien visade att en ökning av en stads totala albedo från 25 % till 40 % kunde sänka



En yta med högt albedo reflekterar mer strålning än en yta med lågt albedo.

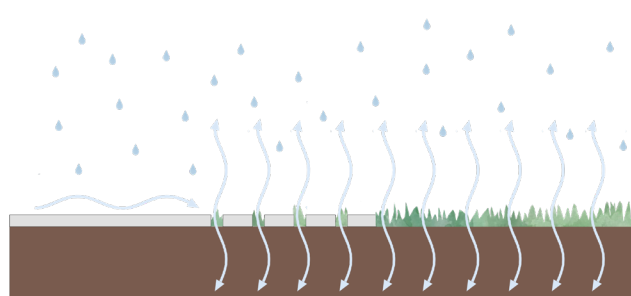
stadens medeltemperatur under varma dagar med 1-4°C (Taha et al., 1988). Ytor med högt albedo kan dock skapa en bländande effekt, särskilt när solen ligger på, vilket kan anses vara en negativ egenskap (Gómez et al., 2013; Oke et al., 2017). Den strålning som reflekteras bort från en yta kan även absorberas av omkringliggande ytor med lägre albedo, och då göra dem varmare (Oke et al., 2017).

Evyatar Erell, David Pearlmutter, Daniel Boneh och Pua Bar Kutiel (2014) har gjort en studie på vad höjda albedovärden på ytor i stadsmiljö kan ge för effekt på människor i fotgängarnivå. Studien visade att genom en ökning av ytors albedo kan den urbana värmeöeffekten minskas i en stad. Detta för att mer strålning kan reflekteras direkt tillbaka ut i rymden. Författarna menar dock att ett ökat albedo på fotgängarnivå ibland kan få negativa konsekvenser för människor där. Dels på grund av bländning från de ljusa materialen, men även för att den strålning som reflekteras från de ljusa materialen kan ge upphov till värme när den studsar mellan olika ytor. Ljusa material bör därför i första hand placeras högt upp på byggnader för att minska den urbana värmeöeffekten, vilket i sin tur kan gynna människor på fotgängarnivå (ibid.).

För att minska den urbana värmeöeffekten kan även material med hög emissivitet med fördel användas i urbana miljöer (Thorsson, 2012). Att använda material med låg termisk admittans bidrar också till detta (Oke et al., 2017).

PERMEABLA YTOR

Många hårdgjorda ytor i urbana miljöer skulle kunna bytas ut mot permeabla material för en mer hållbar



Permeabla ytor samlar upp dagvatten och bidrar till transpiration.

stadsstruktur (Länsstyrelserna, 2013). Genomsläppliga ytor såsom grusplaner, armerat gräs, gräsmattor och andra växtbäcklädda ytor har en kylande effekt genom att de möjliggör evapotranspiration (Qin, 2015). Detta kan jämföras med hårdgjorda ytor såsom asfalt och betong, som ofta har låg permeabilitet (ibid.). Till permeabla ytor räknas även markstensbeläggningar med permeabelt fogmaterial (Svensk Markbetong, 2019).

Permeabla ytor samlar upp dagvatten och håller dessutom kvar det längre än hårdgjorda ytor, vilket gör att vattnet avdunstar långsamt och ger en kylande effekt längre (Oke et al., 2017). På natten kyls permeabla ytor ner snabbare än icke permeabla, vilket också ger en lägre värmeöeffekt (Qin, 2015).

REFLEKTION - MATERIALVAL

Ur en hållbarhetsaspekt kan asfalt och betong ha en längre livslängd än cool pavements. Detta på grund av behovet av underhåll. Porer kan sättas igen hos permeabla material och bli mindre effektiva med tiden, vilket även kan bidra till högre kostnader (Mohajerani et al., 2017; Oke et al., 2017). Det finns dock

studier som visar att porösa material kan vakuumsugas när dess porer satts igen, och då till viss del återfå sina permeabla egenskaper (Al-Rubaei et al., 2012). Gällande skötsel kräver också ljusa ytor mer underhåll än mörka ytor (Folkhälsomyndigheten, 2018). Reflektionsförmågan hos ljusa material försämras om materialet inte hålls rent (Thorsson, 2012). I kontrast till detta förbättras och höjs istället albedot hos asfalt ju mer bindemedlet i materialet oxideras och slits ut (ibid.).

Att måla om eller byta ut redan existerande markmaterial kan påverka miljön negativt eftersom detta kräver nyproduktion av målarfärg och material. Att använda sig av återvunna material från andra platser eller målarfärg som blivit över från andra projekt kan vara en lösning för att arbeta mer klimatsmart (Mohajerani et al., 2017).

Vid anläggning av armerat gräs kan konstruktioner av betong eller plast användas (Bruce Ferguson, 2005). Gräsarmeringar av betong tål tung belastning och används därför ofta på körvägar (Svensk Markbetong, 2019). Betongindustrin är dock den industri som använder flest naturresurser i hela världen och den har även höga utsläpp av växthusgaser, samt stor vattenanvändning. Detta gör betong till ett material som i dagsläget har en negativ klimatpåverkan (Adeyemi Damilare, 2018). Det pågår dock forskning på hur materialet kan utvecklas till att bli mer hållbart ur en klimataspekt (ibid.). Den plast som ibland används till gräsarmering kan vara återvunnen (Ferguson, 2005). Plast kan dock fortfarande ha negativa konsekvenser på miljön (Ottesen et al., 2011). En undersökning av en armerad gräsyta gjord av plast i Trondheim år 2011 visade sig exempelvis innehålla höga halter av plaster klassificerade som miljöfarligt avfall (ibid.).

När det kommer till asfalt finns det sorter som fungerar bättre vid klimatanpassning än traditionell asfalt, exempelvis permeabel asfalt som kan användas för att underlätta dagvattenhantering (Al-Rubaei et al., 2012). Det går även att återvinna gammal asfalt för att göra ny (Ania Obminska, 2018). Asfalt är dock fortfarande en ändlig resurs då materialet till stor del består av råolja. Forskning pågår idag om hur man skulle kunna tillverka asfaltsliknande material med hjälp av exempelvis lignin, ett material som finns naturligt i växters cellväggar (ibid.).

Stenmaterial har använts i utemiljöer i hundratals år, mycket för att materialen är slitstarka och ofta håller för tung belastning och hårt slitage (Lisa Bolin & Kurt Johansson, 2014). Ur hållbarhetssynpunkt spelar dock stenart en stor roll, då transporter och utsläpp vid framställning av materialen kan se olika ut. Granit är ett exempel på en stenart som ofta används i offentliga miljöer i Sverige. Denna stenart kan utvinnas från svenska stenbrott, men importeras även ofta från Kina (ibid.). Den negativa klimatpåverkan som stenindustrin har är ca 7 gånger så stor när det gäller den kinesiska graniten jämfört med den svenska. Detta för att de kinesiska stenproducenternas el till stor del kommer från kolkraft medan man i Sverige till större del använder sig av el från vatten- och kärnkraft. Transporten från Kina till Sverige bidrar också till denna stora skillnad i klimatavtryck (ibid.).

Vid val av material inför en gestaltning eller anläggning bör en livscykelanalys av materialen göras för att reda ut dess klimatpåverkan och kunna ta beslut inför materialvalen (Dunnett & Clayden, 2005; Bolin & Johansson, 2014). I analysen bör alla steg i produktionen övervägas tillsammans med vattenanvändning, utsläpp, transporter, samt hur materialet kommer att

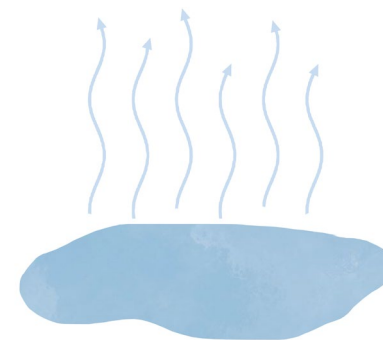
åldras med tiden och hur mycket underhåll som kan tänkas behövas (ibid.).

Planerare kan vid gestaltning bidra till hållbara utemiljöer genom att behålla så många av de befintliga materialen på en plats som möjligt, samt se till att de nya material som ska användas på platsen är långsiktigt hållbara, exempelvis att de går att återanvända vid framtida omgestaltning av platsen (Dunnett & Clayden, 2005). Det är även viktigt att tänka på framkomlighet vid val av markmaterial. En jämn, fast och halkfri beläggning är att föredra (Elisabet Svensson, 2015).

VATTEN

Vatten kan precis som vegetation forma cool islands (Chen et al., 2014; Mohajerani et al., 2017). Detta på grund av att vatten evaporerar (Kleerekoper et al., 2012; Gómez et al., 2013; Qui et al., 2013). För att vatten ska evaporera används energi från solen som annars skulle ha använts till att värma upp en plats (Mohajerani et al., 2017). Vattenmassor kan till viss del även absorbera en del värme från sin omgivning (Kleerekoper et al., 2012), samt effektivt reflektera bort strålning (Gómez et al., 2013; Doick et al., 2014).

Kylningseffekten blir större ju mer vatten som finns på en plats, eller när vattnet rör på sig, exempelvis i en fontän eller ett vattenfall (Kleerekoper et al., 2012; Oke et al., 2017; EEA, 2020). Det finns dock olika parametrar som spelar roll för kylningen, däribland byggnadstyper i omgivningen, temperaturen på vattnet eller vilken tid på dygnet det är (Žuvela-Aloise et al., 2016). Ökad användning av vatten i utemiljöer, såsom fontäner och att spraya vatten över ytor kan påverka



Stora vattenytor kan bidra till svalka genom att evaporera, samt genom att lagra värme.

lokalklimatet och göra det svalare (EEA, 2020). Kylningseffekten av vatten i en bebyggd miljö blir större om vattenfunktionen är placerad på en plats med mycket vind, så att den kylda luften kan fördelas ut i staden (Kleerekoper et al., 2012; Mohajerani et al., 2017).

STORA BLÅSTRUKTURER

Stora vattenytor kan lagra mycket av den värme som träffar jorden från solens strålning. När solen står högre än 45° på himlen reflekteras bara 5 % av den strålning som träffar en vattenyta (Glaumann & Nord, 1993). Resterande strålning tränger ner på djupet och värmer upp vattnet långsamt (ibid.). Vatten bidrar därmed till en jämnare temperatur i sitt närområde (Holden, 2017).

En studie gjord av forskarna Christian Inard, Dominique Groleau och Marjorie Musy (2004) visade att dammar har kapaciteten att sänka temperaturen i sitt närområde med 1-3°C i en utsträckning av cirka 30-35m (ibid.). Ligger vinden på kan svalkan spridas

ännu längre, omkring 100m (Mohajerani et al., 2017). Tsuyoshi Kinouchi och Junichi Yoshitani (2001) skriver i sin rapport att Tokyos blåstrukturer idag tar upp ca 5 % av stadens yta. Genom en dubblering av antalet öppna vattenytor i Tokyo skulle stadens maximala lufttemperatur kunna sänkas med 0,5°C, menar författarna (Kinouchi & Yoshitani, 2001). Ytterligare en undersökning, denna gjord av Qui et al. (2013), visar att en vattenyta med storleken 16m² kan kyla hela 2826m³ av dess omgivning med 1°C (ibid.). Lufttemperaturen över en flod eller kanal som går genom en bebyggd miljö kan vara upp till 5°C svalare än den hårdgjorda omgivningen under sommarhalvåret (Qui et al., 2013; Mohajerani et al., 2017). Det råder dock delade meningar om kanalers kylningseffekt då en studie på kanalers påverkan på stadsklimatet gjord i Holland inte visade några markanta skillnader i temperaturer vid kanaler och deras närmaste omgivning (Theeuwes et al., 2013).



Svalka från vatten i rörelse kan få ökad spridning med hjälp av vind.

VATTEN I RÖRELSE

Fontäner, där vatten är i rörelse, har också visat sig ge en viss kylande effekt. En studie av Nobuya Nishimura, Tomohiro Nomura, Hiroyuki Iyota och Shinya Kimoto (1998) visade att en större fontän i Osaka hade en märkbart kylande effekt ungefär 35m omkring sig, i vindens riktning. Den maximala lufttemperaturskillnaden närmast fontänen var 3°C. Hur stor kylande effekt en fontän kan ha beror dock på vindstyrka och vilka material som finns i dess närmaste omgivning (Nishimura et al., 1998). En studie av fontäner i Valencia (2013) visade att fontänernas kylande effekt är mest märkbar i vindens riktning. Särskilt god effekt observerades vid fontäner med vattenstrålar rakt upp i luften. Studien pekar på att vatteninslag i urbana miljöer därför bör placeras så att de utnyttjar vinden på en plats (Gómez et al., 2013). Ytterligare en studie på samma ämne, gjord av Jeff Fahed, Elias Kinab, Stephane Ginestet och Luc Adolphe (2020) undersökte bland annat effekten av implementerandet av fem vattenfontäner i ett distrikt i Libanon. Resultatet visade att fontänerna hade en kylande effekt på lufttemperaturen i omgivningen, men för att påverka den termiska komforten för människor var vatten inte det verktyg som gav bäst resultat, skuggan av träd var mer effektiv. Trots detta menar författarna att fontänerna hade en uppfräschande effekt på sin omgivning, speciellt i vindens riktning (ibid.).

För maximal kylningseffekt bör en fontän placeras på en relativt liten yta omgiven av byggnader eller vegetation för att stänga inne svalkan och på så sätt skapa en sval oas (Nishimura et al., 1998; Oke et al., 2017). För maximal evaporation bör dock fontänen placeras i direkt solljus (Oke et al., 2017).

REFLEKTION - VATTEN

En studie i Paris där vatten hälldes ut på en gata under ett antal varma dagar i sträck i juli år 2015 visade sig sänka marktemperaturen, vilket även gav effekt på lufttemperaturen på platsen (Hendel et al., 2015). Oke et al. (2017) hänvisar till denna studie och beskriver att strategin att hålla ut vatten på hårdgjorda ytor kan vara effektivt i städer under varma dagar, men att det ofta kräver stora volymer vatten, vilket kan vara en bristvara under värmeböljor. Strategin kan dock med fördel tillämpas i beskuggade områden där vattnet avdunstar långsammare (Oke et al., 2017). Användning av vatten kan även vara kostsamt. Vatteninslag i städer bör därför vara placerade på platser där många människor rör sig och kan få glädje av svalkan (Kleerekoper et al., 2012). Vatteninslag i urbana miljöer kräver också en viss skötsel (Bengt Persson, 1998). Tillsyn och rengöring kan behövas så ofta som en gång i veckan (ibid.).

Att placera vatteninslag i kombination med skuggande vegetation är också viktigt (Gunawardena et al., 2017). Vegetationen bidrar till skuggning vilket gör att vattnet hålls svalt och därmed kan fortsätta att sprida svalka (Doick et al., 2014). Trädens kronor kan dock hindra en del värme att ta sig upp från vattenytan. Denna värmehållande effekt kan förhindras genom att se till att vind kommer in i området och blandar upp luften under trädkronorna (Gunawardena et al., 2017).

Stora vattenmassor har som tidigare nämnt en kylande effekt på sin omgivning, men eftersom de evaporerar kan den höjda luftfuktigheten vid extremt höga temperaturer sänka den termiska komforten (Theeuwes et al., 2013). Forskning visar att den temperatur vi männ-

iskor finner mest komfortabel bygger på ett samspel mellan lufttemperatur och luftfuktighet (EEA, 2020). Därav är det av vikt att notera att vid extremt höga lufttemperaturer, då vattnets temperatur överstiger människans kroppstemperatur, kan det ha en motsatt effekt och skapa en mer värmande än svalkande känsla (Mohajerani et al., 2017). Under varma perioder kan vattnet också ibland verka uppvärmade under nattetid (Kanchane R. et al., 2017). Detta eftersom när stora vattenmassor såsom sjöar och hav värmts upp, och temperaturen omkring dem sedan sjunker, kan de fortfarande hålla en del värme då de kyls långsamt, och kan på så sätt göra sin omgivning varmare (Theeuwes et al., 2013; Gunawardena et al., 2017). Öppna vattenytor bidrar även till dagvattenhantering då de kan ta emot en stor mängd direkt nederbörd. Vattnet kan sedan användas vid bevattning under torra perioder (Folkhälsomyndigheten, 2019).

VIND

Vind kan definieras som rörelsen av luft i atmosfären (Oke et al., 2017). Vind rör sig generellt parallellt med markytan och påverkas därmed av byggnader, växtlighet och andra element (ibid.). I urbana miljöer kan högre vindhastigheter förbättra luftkvaliteten och skingra luftföroreningar (Mohajerani et al., 2017). Vind ökar inte bara luftcirkulationen, utan har också en kylande effekt och kan sänka temperaturerna i en varm stad (Mohajerani et al., 2017; Oke et al., 2017).

Hur vind påverkar människan beror på en rad parametrar. Lufttemperatur, luftfuktighet, strålningstemperatur samt vindens hastighet är några av de viktigaste aspekterna. En människas ålder, klädsel och aktivitet spelar också roll (Ted Stathopoulos, 2006).



Vind kan ha en kylande effekt och även sprida svalka från andra gestaltningsverktyg.

Vinden påverkar människans kylsystem, svettning. Ju svalare vinden är, desto mer värme förs bort från kroppen (SMHI, 2021d). När temperaturen i luften är lägre än hudens temperatur, ca 33°C, upplever människan en kylande effekt av vind. Om lufttemperaturen istället är högre än 33°C kan vinden upplevas som värmande (Stathopoulos, 2006).

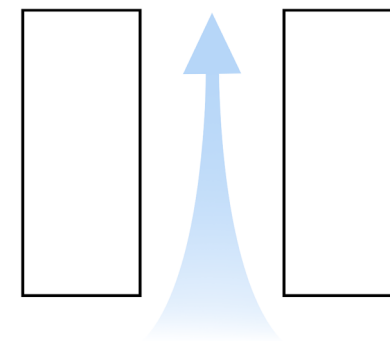
Vegetation tillsammans med byggnaders placering och struktur, samt gators längd och bredd påverkar vindens rörelse (Sjöman & Slagstedt, 2015). Sval luft från grönområden och grönytor kan spridas ut i staden med hjälp av vind, och på så sätt sänka temperaturen i närområdet (Oke et al., 2017; MSB, 2020).

I takt med den ökande urbaniseringen ökar behovet av att bygga tätare städer. Höga hus som står nära varandra påverkar hur vinden rör sig genom staden och ibland kan så kallade vindtunnlar skapas där vinden rör sig snabbt (Oke et al., 2017; EEA, 2020). När vind träffar en byggnad leds en del av luften upp över byggnaden, och en del ner mot marken. Detta kan skapa turbulens på vissa platser, medan det blir låg på andra (Glaumann & Nord, 1993). Täta och kantiga byggnadselement kan exempelvis skapa stark vindturbulens strax intill eller en bit ifrån sig, till skillnad från vegetation som silar vinden istället (Oke et al., 2017). Vilket väderstreck

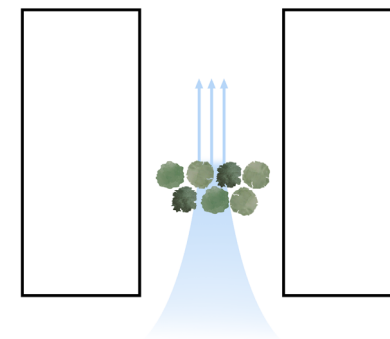
vinden kommer ifrån spelar också roll på hur vinden rör sig, samt om det finns träd eller andra element som bryter upp den eller ej (Mohajerani et al., 2017).

REFLEKTION - VIND

Att öka vindflödet på en plats kan vara fördelaktigt för ventilation på sommaren, men sedan upplevas som obehagligt på vintern (Oke et al., 2017). På vissa platser kan därför vindskydd vara uppskattade, då det kan skapa mer behagliga miljöer för människor att



Mellan byggnader kan vinden skapa turbulens. Beroende på lufttemperaturen kan vinden verka kylande eller värmande.



Vegetation kan bidra till att sila vind. Beroende på lufttemperaturen kan detta ge kylande eller värmande effekt.

vistas i, särskilt på vintern (Sjöman & Slagstedt, 2015).

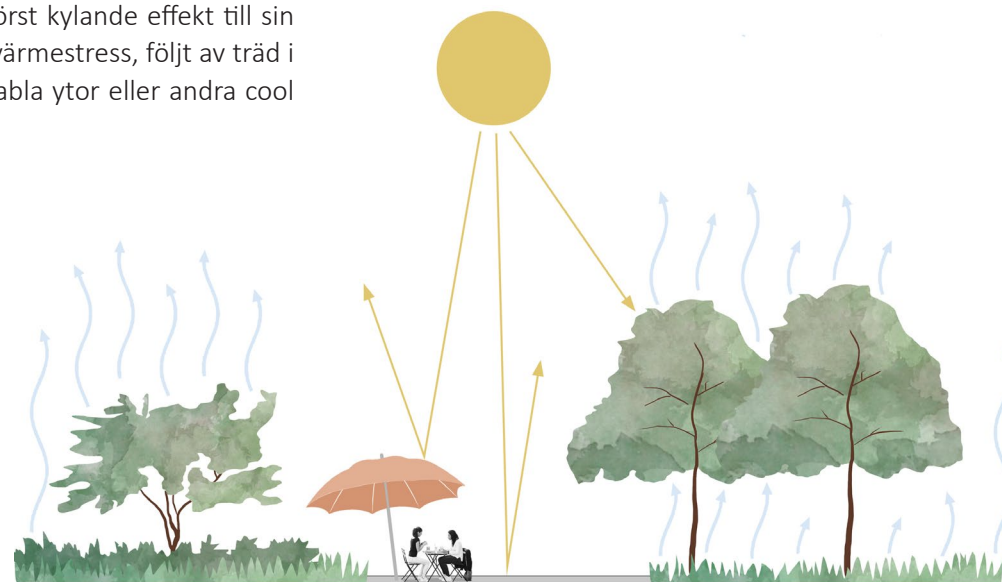
Vind kan kyla människokroppen, och därmed minska risken för värmestress (Lindberg et al., 2016). Vind är dock inte alltid svalkande, vilket den tidigare nämnda studien *Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change* av Brown et al. (2015) visade. I studien var vind det gestaltningsverktyg som gav minst effekt på den upplevda komforten på en plats. Kylningseffekten av vind var minimal till obefintlig och ju högre temperaturerna blev, desto mindre kylde vinden. Författarna drog därmed slutsatsen att modifikation av vindens hastighet under extremt varmt väder, kan istället för att ha en svalkande effekt, vara bidragande till värmestress (Brown et al., 2015).

KOMBINERA GESTALTNINGSVERKTYG

För att gestalta en så sval miljö som möjligt krävs ofta en kombination av olika gestaltningsverktyg (Mohajerani et al., 2017), det vill säga en blandning av gröna och blå lösningar tillsammans med noggranna materialval (Žuvela-Aloise et al., 2016; Mohajerani et al., 2017; Hintz et al., 2018). Även grå strukturer, såsom bebyggelse och vägar, kan på lång sikt integreras i en klimatanpassning (Hintz et al., 2018). Ett och samma verktyg kan dock ge olika temperaturreglerande resultat beroende på meteorologiska faktorer och markanvändning i den närliggande miljön (Žuvela-Aloise et al., 2016). Verktyg för att skapa svalka måste därför utvecklas för att anpassas till olika platser, årstider och klimat (Mohajerani et al., 2017). Det kan också vara en fördel att arbeta med multifunktionella verktyg som även kan minska andra effekter av klimatförändringar (Länsstyrelserna, 2013).

Flera studier pekar på att vegetation i kombination med andra gestaltningsverktyg är nyckeln till att skapa svala miljöer. En rapport från 2014, skriven av Brian Stone Jr, Jason Vargo, Peng Liu, Dana Habeeb, Anthony DeLucia, Marcus Trail, Yongtao Hu and Armistead Russell studerade vilken potential olika gestaltningsverktyg hade för att skapa svalka i varma urbana miljöer. Undersökningen gjordes i tre amerikanska storstadsregioner med syfte att kunna reducera antalet värmerelaterade dödsfall till år 2050. Resultatet visade att det var en kombination av ökad vegetation och höjda albedovärden som hade störst potential att motverka dödsfall under varma perioder (Stone et al., 2014). I studien *Climate Mitigation and Adaptation Strategies for Roofs and Pavements: A Case Study at Sapienza University Campus*, av Alessandra Battisti, Flavia Laureti, Michele Zinzi och Giulia Volpicelli (2018), undersöktes hur värmestress hos människor kan minskas under varma dagar med hjälp av träd, gräsmarker, permeabla ytbeläggningar, cool pavements, och den indirekta kyleffekten av gröna tak på fotgängarnivå. Studien visade att träd var den faktor som kunde ge störst kylande effekt till sin omgivning, för att reducera värmestress, följt av träd i en kombination med permeabla ytor eller andra cool pavements (ibid.).

Störst kylande effekt kan uppnås genom att kombinera olika gestaltningsverktyg. ►



Risken för värmestress kan också reduceras genom att gestalta platser med skugga i kombination med vind. Hinder kan tas bort för att låta vind flöda fritt och verka kylande (Oke et al., 2017). För bästa kylningseffekt bör vegetation och vatteninslag placeras så att vind kan blåsa in och fördela den nedkylda luften över större ytor (Gunawardena et al., 2017).

Den tidigare nämnda studien av den kylande effekten från en stadspark i Beijing under en varm sommar undersökte även vilken kylningseffekt olika parametrar som gräs, träd, vattenkroppar och konstgjorda skugganordningar kunde ha när de kombinerades (Xu et al., 2017). Resultatet visade att den mest optimala kylningseffekten kunde uppnås genom att kombinera konstgjorda skugganordningar med träd (ibid.). Studien som Shashua-Bar et al. (2011) genomförde visade på att kombinationen av träd eller skuggnät tillsammans med gräs under ökade komforten avsevärt på innergården, jämfört med om ytan under var hårdgjord.

OMGESTALTNING AV STORTORGET

Vidare i den här uppsatsen kommer en omgestaltning av Stortorget i Helsingborg att presenteras. Stortorget är ett av de mest centrala torgen i Helsingborg och har nära till bland annat centralstationen, Kärnan och stadens shoppinggata. Med sin öppna och hårdgjorda karaktär blir Stortorget dock ofta en varm plats under soliga dagar på sommarhalvåret.

Omgestaltningen av Stortorget bygger på de gestaltningsverktyg som identifierats i litteraturstudien, men inför omgestaltningen har även en rad analyser från platsen idag genomförts. Detta för att bedöma vilka gestaltningsverktyg som kan användas och kombineras på Stortorget för att minska risken för värmestress samt

förbättra möjligheten till utomhusvistelse vid värmeböljor under dagtid på sommaren. Genom platsanalyserna har en del karaktärer, flöden och funktioner identifierats som aspekter som ska tas tillvara vid omgestaltningen. Omgestaltningen tar även hänsyn till platsens klimatmässiga förutsättningar, samt är framtagen i linje med Helsingborgs Stads krav och riktlinjer för gestaltning.

För att möjliggöra en utvärdering av omgestaltningen avslutas den här delen av uppsatsen med en simulering av Stortorget både med och utan omgestaltningen år 2050. Detta görs i programvaran ENVI-met.

HELSINGBORG

Helsingborg är en stad belägen vid kusten i västra Skåne. Staden grundades för ca 1000 år sedan när den dåvarande kungen av Danmark, anlade en borg uppe på Landborgen, platsen där Kärnan står idag (Helsingborgs stadslexikon, u.å. a). Staden växte sedan fram runt denna plats, främst nedåt havet, där hamnen kom att ligga (ibid.). Uppbyggnaden av Helsingborgs centrala delar är fortfarande lik en medeltidsstad, men paradgator och gamla kyrkor blandas idag med shoppinggator och moderna torg (H22, u.å.). Staden har idag ca 150 000 invånare och har haft en stadig befolkningstillväxt under de senaste åren (Helsingborgs Stad, 2021a). Med en stor strand, ett rikt kulturliv och endast 20 minuter med färja till Danmark är staden en populär sommarstad som varje år lockar många besökare (H22, u.å.).

Att bo i Helsingborg ska medföra en god livskvalitet. År 2016 antog staden sitt livskvalitetsprogram som sträcker sig fram till år 2024 (Helsingborgs Stad, 2021b). Livskvalitetsprogrammet är ett styrande dokument som är övergripande för bland annat stadens klimat- och energiplan, avfallsplan, samt plan för lika möjligheter. Målet med programmet är att inspirera och engagera stadens näringsliv, föreningar och invånare till att vara med i arbetet kring en social och hållbar stad. Programmet understryker vikten av att alla i Helsingborg ska kunna uppleva en god och hållbar livskvalitet. Det handlar också om de utmaningar som staden står inför i framtiden, såsom ett förändrat klimat. Livskvalitetsprogrammet knyter an till målen i Agenda 2030 (ibid.). Agenda 2030 är ett program som i stort syftar till att genom 17 globala mål

arbeta för hållbar ekonomisk, social och miljömässig utveckling i världen (Regeringskansliet, u.å.).

“Vi behöver tillgodose människans behov av att se och uppleva, vila och återhämta sig, leka, lära och utmanas, mötas och umgås, promenera och motionera. Grön- och blåstrukturen ger karaktär och bidrar till en tydligare identitet, vilket liksom kulturmiljövärdena ökar attraktiviteten och människors medvetenhet om en plats historia.”

(Helsingborgs Stad, 2021d s.32)



Figur 2: Karta över Helsingborg med centrum markerat, samt Helsingborgs position i Sverige.

Skala: 1:75000

Eftersom Helsingborg växer planerar staden för förtätning av stadskärnan. Detta för att värna om åkermarken, landsbygden och de mindre orterna i kommunen (Helsingborgs Stad, 2021d). Dock benämns stadens grönytor som en viktig tillgång som ska bevaras när mer bebyggelse tillförs i stadskärnan. Helsingborg vill säkerställa en lummig karaktär även i de centrala delarna av staden som också ska efterlevas i samband med förtätning och nybyggnation (ibid.). I Helsingborgs Grönstrukturprogram (2014) beskrivs att stadens äldsta delar ofta är de mest hårdgjorda, och att träd där ofta är formklippta för att hålla ner deras kronstorlek. För att möjliggöra temperaturreglering och bättre dagvattenhantering bör mer grönska införas även i dessa områden (Helsingborgs Stad, 2014).

Enligt kommunen är Helsingborg en av Sveriges ledande kommuner inom miljö- och klimatfrågor (Helsingborgs Stad, 2021c). Staden tog år 2018 fram en klimat- och energiplan som beskriver stadens framtida visioner och de åtgärder som behövs för att göra Helsingborg till en smart och hållbar stad (Helsingborgs Stad, 2018). I planen framgår att Helsingborg har ambitionen att genom att ligga i framkant med sitt klimatarbete kunna inspirera andra. Precis som i tidigare nämnda dokument nämns även här grönskans betydelse för staden. Grönskan beskrivs kunna hjälpa till med Helsingborgs klimatanpassning bland annat genom att ta upp koldioxid ur luften, bidra till dagvattenhantering samt verka temperaturreglerande (ibid.).

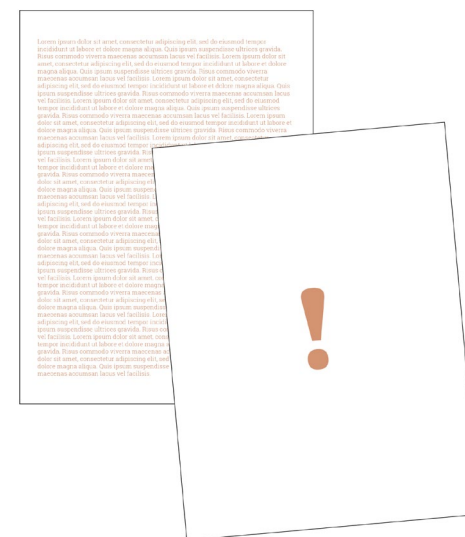
Då Helsingborg är en kuststad ligger mycket av fokus i stadens planering på den framtida havsvattennivåhöjningen och att förebygga översvämningar, men även de varmare temperaturerna och den ökade frekvensen av värmeböljor belyses (Helsingborgs Stad, 2017). I Hels-

ingborgs översiktsplan (2021d) står det att stadens grönstruktur kan bidra till klimatanpassning genom att skapa svalka under värmeböljor (Helsingborgs Stad, 2021d). I Helsingborgs stadsplan (2017) understryks att samtliga grönytor i staden ska gestaltas och skötas för att öka de rekreativa värdena för människor samt reducera den urbana värmeöffekten (Helsingborgs Stad, 2017). Staden planerar även att plantera in fler träd längs gator och torg, på de platser där det inte passar att anlägga större grönytor (Helsingborgs Stad, 2021d). Under år 2020 planterade Helsingborgs Stad 10 000 nya träd, fördelat både i stadsmiljön och i grönområden omkring staden (Miljönämnden, 2020).

KRAV OCH RIKTLINJER FÖR GESTALTNING AV OFFENTLIGA MILJÖER

Vid gestaltning av utemiljöer i Helsingborgs Stad finns en del krav och riktlinjer att följa, bland annat gällande material- och växtval. Vanliga markbeläggningar i Helsingborg idag är betong, granit, marktegel och klinker (Helsingborgs Stad, u.å. d). Granitsten i olika storlekar är ett markmaterial som kommunen vurmar för i innerstaden med specifikt fokus på stadens äldsta delar, tack vare dess karaktär och goda hållbarhet. Även tegel i gult eller rött som ursprungligen har tillverkats av traktens lera, är ett markmaterial som välkomnas i staden (ibid.). Vidare anser Helsingborgs stad att hänsyn ska tas till angränsande, befintliga, markmaterial och befintlig arkitektur (Helsingborgs Stad, u.å. c). Att eftersträva en enhetlighet av markmaterialet över en större yta är också önskvärt (ibid.). Framkomlighet är en viktig aspekt, där ytor bör ha en hård beläggning som är halkfri och slät (Helsingborgs

Stad, 2011). Ett alternativ för markmaterial på gångar i parker är hårt packad stenmjöl (ibid.). Specifikt angående torg, skriver Helsingborgs Stad att torg ska vara platser som ska kunna användas av alla, och agera knutpunkter och mötesplatser. Därför är det viktigt att framkomligheten tvärs över torgen är god (ibid.). Detta innefattar även att cykelställ ska finnas i närheten till torgen så att cyklar parkeras på ett och samma ställe och inte hindrar framkomligheten på platsen (ibid.). Gällande växtmaterial skriver Helsingborgs Stad (2011) att starkt doftande eller allergiframkallande växter med anledning av allergier inte ska användas i offentliga miljöer (ibid.).



PLATSANALYS

STORTORGET IDAG

Mitt i centrala Helsingborg ligger Stortorget, nära till havet, centralstationen, shoppinggator och landmärket Kärnan. Stortorget kantas av pampiga byggnader från olika tider i historien som idag huseras av butiker, restauranger, hotell och kontor (Guidebook Sweden, u.å.).

I sydväst gränsar Stortorget till Drottninggatan/Järnvägs-gatan, en stor paradgata som går genom staden. Torgets sydvästra del är en parkeringsplats. Parkering finns även på Hamntorget som ligger på andra sidan Drottninggatan/Järnvägs-gatan. I nordöst tangerar Stortorget Konsul Trapps Plats, som ligger i anslutning till Terrasstrapporna och som i sin tur leder upp till Kärnan och parken Slottshagen på Landborgen. Denna del av Stortorget utgörs idag av en klassisk torgyta som används vid olika evenemang, studentutspring och mindre marknader. Stortorget korsas av Helsingborgs shoppinggata, Kullagatan/Lilla Torggatan. En bilväg går även genom torget i längsgående riktning samt runt parkeringsplatsen. Butikerna, restaurangerna, hotellen, parkeringsplatsen, torgytan och närheten till Helsingborgs centrala målpunkter gör Stortorget till en aktiv plats där många människor vistas dagligen.

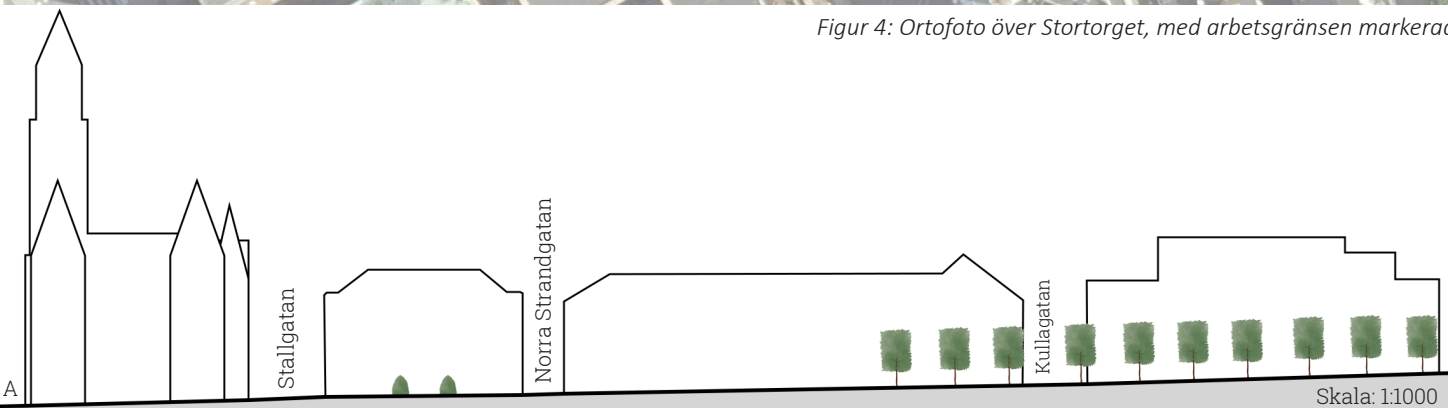


Figur 3: Karta över Helsingborgs centrum, med Stortorget markerat.





Figur 4: Ortofoto över Stortorget, med arbetsgränsen markerad.



Figur 6: Höjdkurvor angivna i meter över havet. Stortorget sluttar från nordöst till sydväst med en höjdskillnad på ca 4 meter. Terrasstrapporna tar ut höjdskillanden upp till Kärnan.

Till skillnad från många andra torg i Sverige har Stortorget en avlång, strikt form, med alléer av formklippta träd på den nordöstra halvan, och kan därför liknas vid en boulevard (Guidebook Sweden, u.å.). Stortorget är ca 35 meter brett på mitten, 200 meter långt och sluttar ner mot havet.

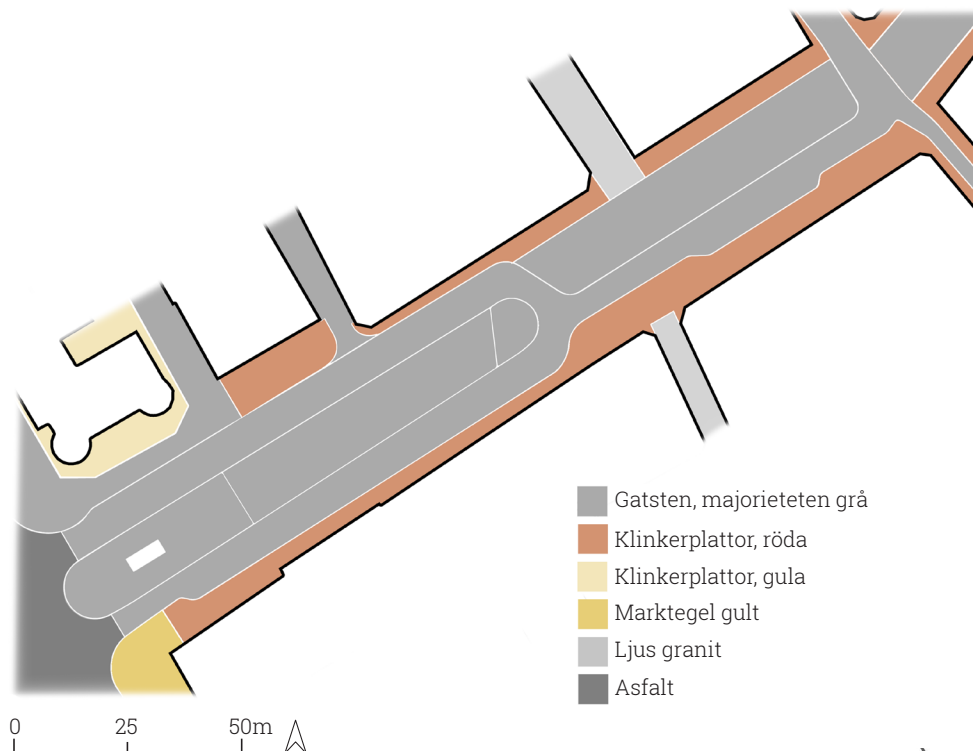
Torget stod klart runt år 1706 och har förändrats en del genom åren (Helsingborgs stadslexikon, u.å. c). Omkring år 1805 anlades en fontän på torgets västra del som sedan revs år 1897 i samband med att den gamla rådhusbyggnaden revs och byggdes om. En kandelaber från år 1859 står kvar på torget än idag. Den skänktes till torget av Helsingborgs gasverk, och tändes för första gången på julafton samma år, då gasverket stod färdigt (ibid). Den stora statyn, Magnus Stenbocks staty, som står där Stortorget möter Drottninggatan/Järnvägsgatan uppfördes runt år 1900 till minne av slaget vid Helsingborg år 1710 (Helsingborgs stadslexikon, u.å. b). Stortorget hade torghandel fram till år 1902 då handlarna flyttade in i den nybyggda saluhallen på Sundstorg (Helsingborgs stadslexikon, u.å. c).

Figur 5: Stortorget topografi.



MARKMATERIAL IDAG

Det dominerande markmaterialet på Stortorget idag är grå gatsten. En variation av vit och svart gatsten förekommer också på vissa ställen för att skapa mönster i beläggningen. Längs med husfasaderna finns röda klinkerplattor för fotgängare, och Kullagatan och Lilla Torggatan möter Stortorget med sina granitmaterial. Längs med Drottninggatan/Järnväggsgatan finns ett gult marktegel som är lagt i ett elegant fiskbensmönster.



Markmaterial på Stortorget idag. Gatsten, ljus granit, gula klinkerplattor, röda klinkerplattor och gult marktegel.

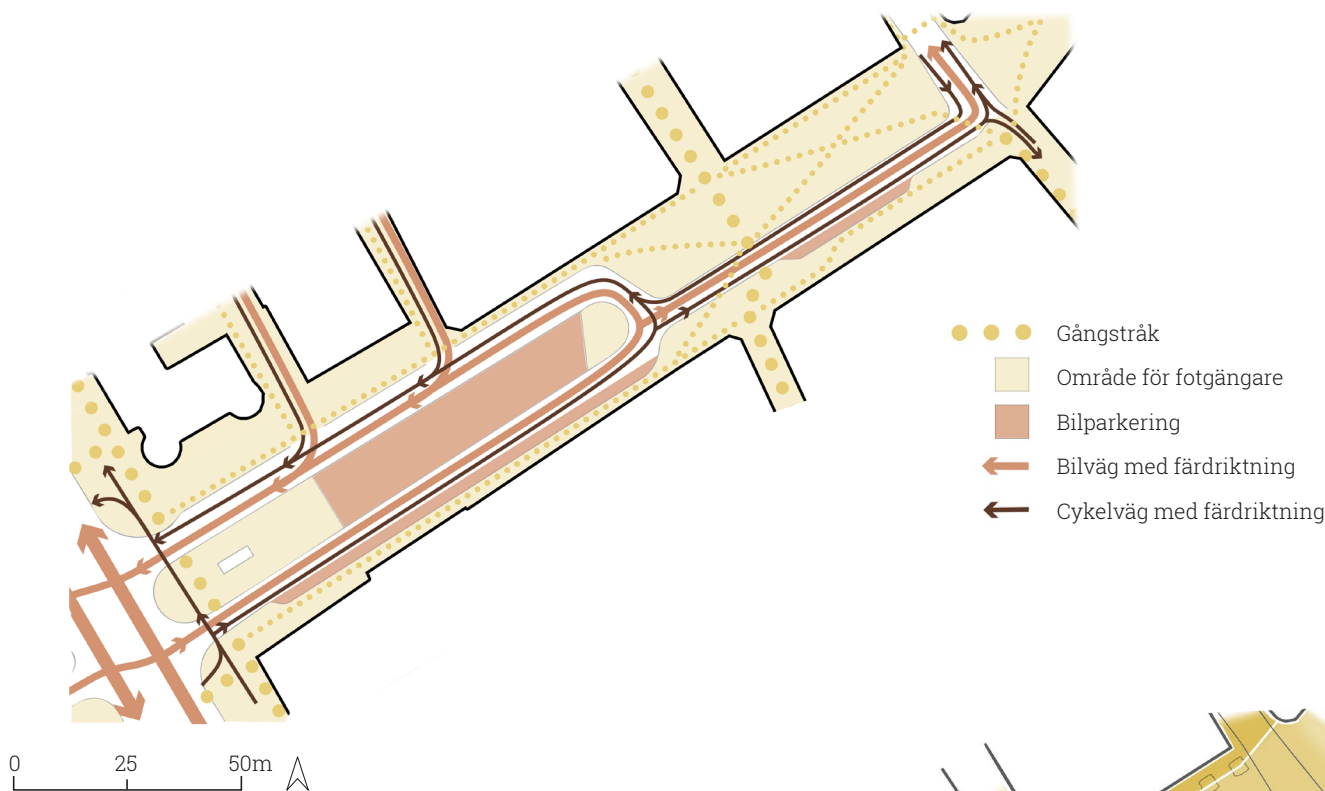
VÄXTMATERIAL IDAG

Idag finns 20 formklippta *Tilia x europaea* längs husfasaderna i nordöstra delen av Stortorget. Två formklippta *Carpinus betulus* finns planterade utanför Handelsbanken. Under olika säsonger placeras även blomsterurnor ut på olika platser av torget.

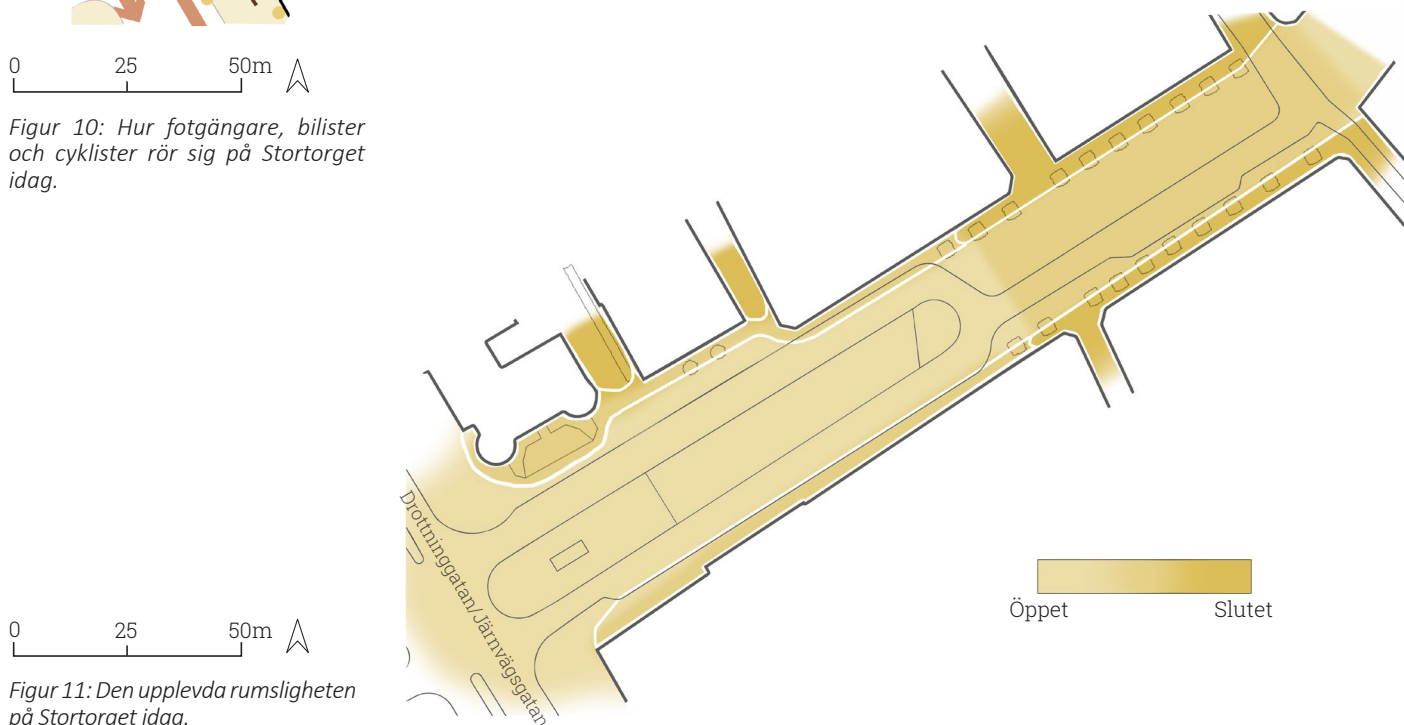
I anslutning till Stortorget finns också en rad med formklippta *Tilia x europaea* längs Stallgatan, samt en blandad buskplantering utanför Rådhuset. I närheten av Stortorget ligger även Sankta Maria kyrka, som är omgiven av en dubbelallé av formklippt *Tilia x europaea*. Ovanför Terrasstrapporna ligger även Slottshagen, parken som omger Kärnan.



Figur 9: Växtmaterial på Stortorget idag.



Figur 10: Hur fotgängare, bilister och cyklister rör sig på Stortorget idag.



Figur 11: Den upplevda rumsligheten på Stortorget idag.

RÖRELSEMÖNSTER IDAG

Bilar och annan trafik dominerar den sydvästra delen av Stortorget med en stor och öppen parkeringsyta. Vägarna är enkelriktade och möjliggör framkomlighet till hotell, restauranger och andra verksamheter. Det finns ingen angiven cykelbana, mer än en kort bit på nordöstra torget i motsatt köriktning gentemot bilarna. Denna cykelbana är målad på gatstenen. På övriga vägar delar cyklister plats med övrig trafik.

UPPLEVD RUMSLIGHET IDAG

Gångvägarna mellan alléträden och husfasaderna upplevs idag som mest omslutna på grund av byggnadernas höjder tillsammans med trädens placering nära fasaderna. Även de mindre gatorna kring Stortorget upplevs som omslutna tack vare att byggnaderna står tätt. Parkeringsytan och anslutningen till Drottninggatan/Järnvägsgränd är de platser på Stortorget som idag upplevs som mest öppna, mycket på grund av byggnadernas placeringar långt ifrån varandra, samt utsikten mot havet.



Rådhuset och Magnus Stenbocks staty.

MÅLPUNKTER

Kartan visar ett urval av de verksamheter och målpunkter som finns vid Stortorget idag. En framträdande byggnad är Rådhuset som möter Stortorgets besökare vid Drottninggatan/Järnväggsgatan. Det finns även flertalet banker, butiker, restauranger samt ett konditori och en bar i anslutning till torget. I nordöstra delen av torget finns tre uteserveringar. Där finns även mötet med Konsul Trapps Plats och vidare Terasstrapporna, ytor som idag används under bland annat studentutspring och andra sammankomster. Kartan visar även landmärken som statyer, konstverk och kandelabern.

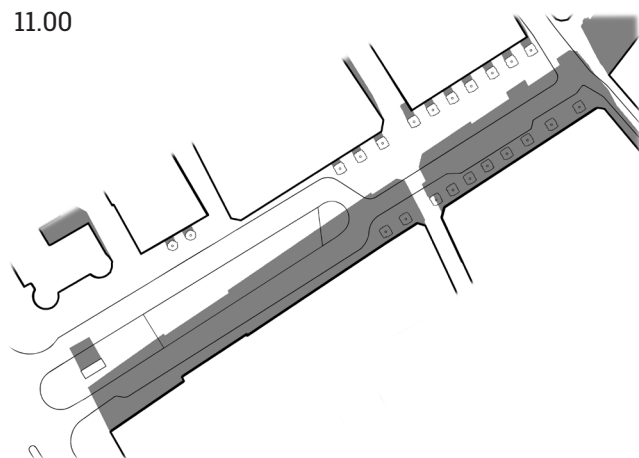


Figur 12: Ett urval av de målpunkter som finns på Stortorget idag.

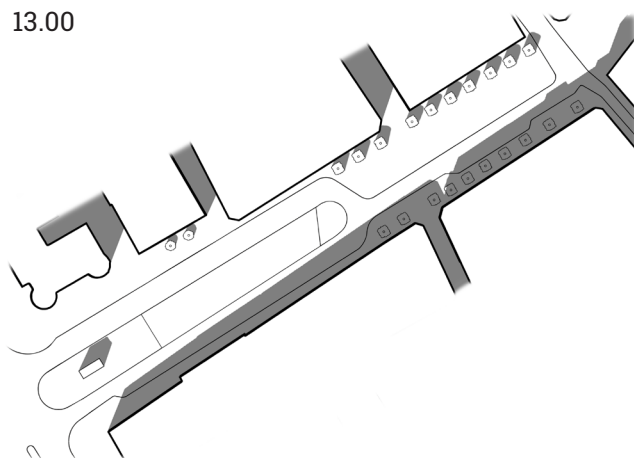


Kandelabern som skänktes till Stortorget av Helsingborgs gasverk år 1859.

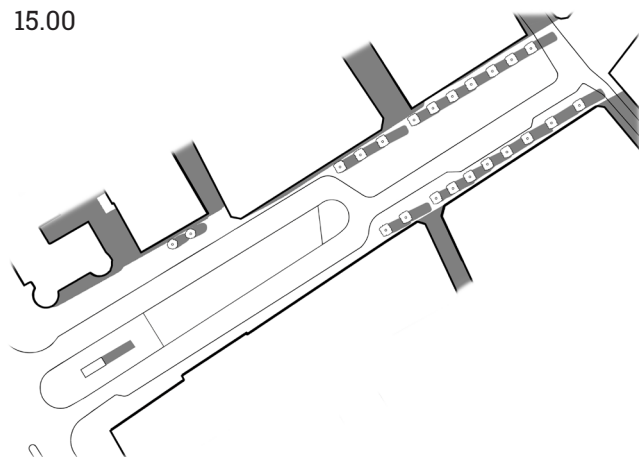
11.00



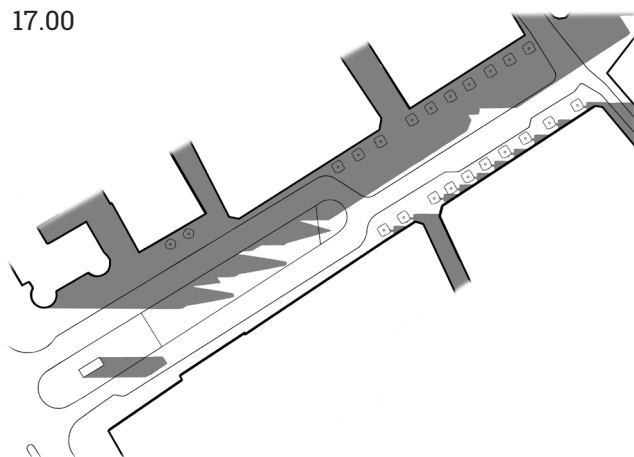
13.00



15.00



17.00



0 25 50m

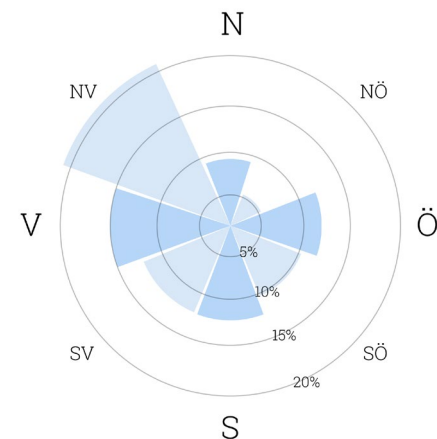
Figur 13: Skuggaanalys över Stortorget vid solzenit sommartid.

SKUGGANALYS

Skugga från bebyggelse runt Stortorget vid olika tidpunkter under sommarsolstånd. Torgets olika delar är beskuggade under olika tider på dagen. Fram till klockan 13:00 är Stortorgets sydvästra sida beskuggad av byggnader. Klockan 15:00 är hela torget solbelyst. Därefter börjar torget långsamt skuggas från nordväst.

VINDANALYS

Vindriktning under värmeböljan 2018, maj-augusti baserat på data från SMHI (2021f). Majoriteten av tiden, 21%, kom vinden från nordväst. Den genomsnittliga vindstyrkan, alla vindriktningar inräknat, under maj-augusti var 2,9m/s (ibid.). På grund av byggnadernas placering upplevs den mer öppna sydvästra delen av Stortorget som mer blåsig än den nordöstra. Mätstationen som samlat in vinddata är dock placerad ca 5km in mot land, men är den mätstation som ligger närmast Stortorget. Detta innebär att vindmätningarna inte har utförts på Stortorget specifikt. En del skillnader i vindriktning och vindstyrka kan därmed förekomma.



Figur 14: Vindriktning i Helsingborg under värmeböljan 2018.

UTGÅNGSPUNKTER FÖR OMGESTALTNINGEN

Målet med den här omgestaltningen är att tillämpa de gestaltningsverktyg som tagits fram genom litteraturstudien. Samtidigt är det viktigt att se till platsen idag och bibehålla en del av framkomligheten och flödena, karaktären av ett historiskt torg, samt ytor med sociala funktioner. Dessa aspekter i kombination med Stortorget's klimatmässiga förutsättningar, samt tidigare nämnda krav och riktlinjer från Helsingborgs Stad lägger grunden för omgestaltningen.

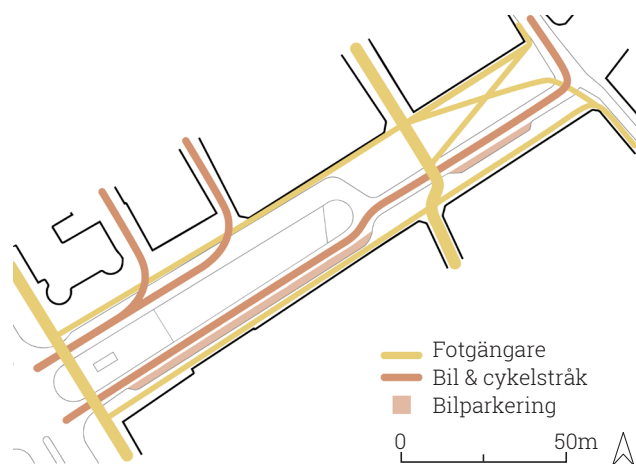
Omgestaltningen görs med tanken att verksamheterna i byggnaderna runt Stortorget kvarstår och därmed att en framkomlighet till dessa ska finnas kvar. Detta innefattar bland annat leveranser till de olika verksamheterna, samt på- och avstigningsplatser

utanför hotellen. Att kunna köra in med utryckningsfordon på torget och de angränsande gatorna är också nödvändigt. Flödet för fotgängare till och från Stortorget, samt möjligheten att röra sig fritt över torget utan större hinder anses också vara av vikt. Bebyggelsegeometrin runt omkring torget förändras inte. Närheten till havet och målpunkter i omgivningen är också de samma.

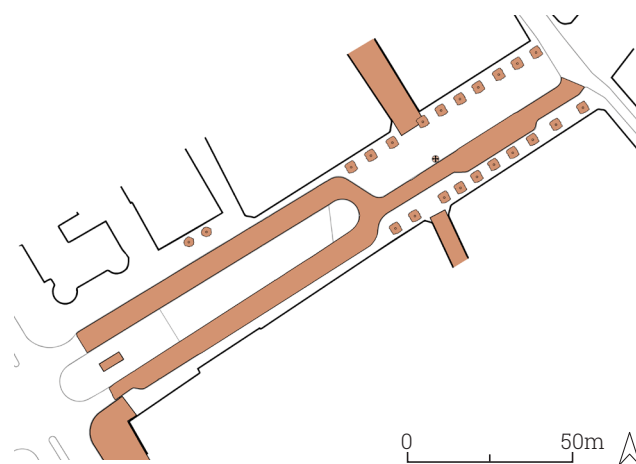
För att behålla karaktären av ett historiskt torg och kopplingen till Helsingborgs innerstad anses vissa objekt och material som finns på Stortorget idag vara relevanta även i omgestaltningen. Kandelabern, Magnus Stenbocks staty och markmaterialet gatsten på körbanan är några exempel. Likaså de angränsande

markmaterialen granit, som idag finns på Kullagatan och Lilla Torggatan, och det gula markteglet som har en lokal förankring och pryder gångvägarna intill Drottninggatan och Järnvägsgatan. I tillägg är de formklippta *Tilia x europaea*, med sin rektangulära form, en del av Stortorget's strikta formspråk. Att spara befintlig vegetation i sig anses även positivt ur en hållbarhetssynpunkt.

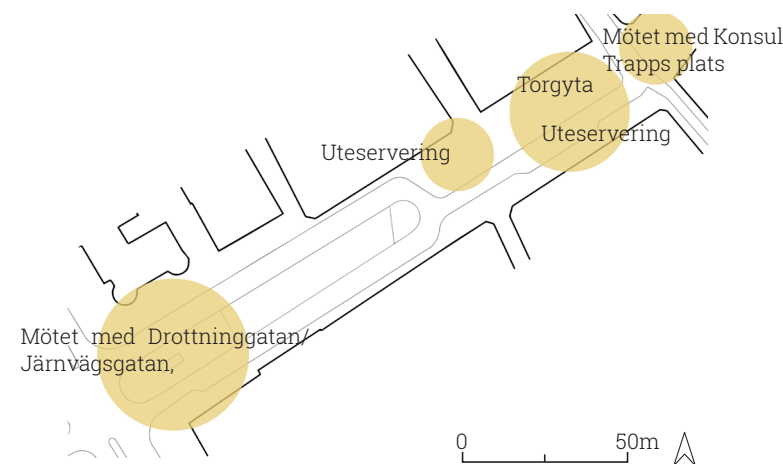
Sociala ytor som uppmuntrar till möten och sammankomster på Stortorget idag är där torget möter Drottninggatan/Järnvägsgatan, mötet med Konsul Trapps Plats, uteserveringarna och den öppna torgytan. Dessa ytors funktioner är viktiga att ta tillvara.



Figur 15: Viktig framkomlighet och flöden till verksamheter på och i nära anslutning till Stortorget.



Figur 16: Viktiga objekt och material för att behålla karaktären av ett historiskt torg. Analysen visar all vegetation, kandelabern, Magnus Stenbocks staty, gatstenen på körbanan, graniten på Kullagatan/Lilla Torggatan, samt det gula markteglet på gångvägar intill Drottninggatan/Järnvägsgatan.



Figur 17: Ytor med sociala funktioner som är viktiga att ta tillvara. Mötet med Drottninggatan/Järnvägsgatan, uteserveringarna, den öppna torgytan samt mötet med Konsul Trapps Plats.

OMGESTALTNINGEN DET SVALA TORGET

Stortorget har med omgestaltningen gått från att vara öppet och solexponerat, till att bli lummigt och skuggande. Den nya gestaltningen bidrar till en klimatanpassning av Stortorget, men samtidigt återfinns en del gamla stråk, material och funktioner. Här varvas nu skugga från träd, segeldukar och pergola tillsammans med permeabla ytor, ljusare markmaterial och vatten. Störst förändring av Stortorget syns på torgets norra sida, som är mest solutsatt under dagens hetaste timmar. En stor förändring är också att den stora parkeringsytan är borttagen. Några av parkeringsfickorna behålls, men övrig parkering hänvisas till andra platser i centrala Helsingborg.



STORTORGETS NYA DELAR

Omgestaltningen av Stortorget bygger på en uppdelning i fyra delar: Entrén, Parken, Passagen och Torget. Namnen speglar de funktioner som ytorna i omgestaltningen har.

Entrén: Det är här Stortorget möter flödet av biltrafik och fotgängare på Drottninggatan/Järnvägsgatan som bland annat rör sig från Helsingborgs centralstation in mot centrum. Entrén är en välkomnande yta som introducerar besökare till Stortorget.

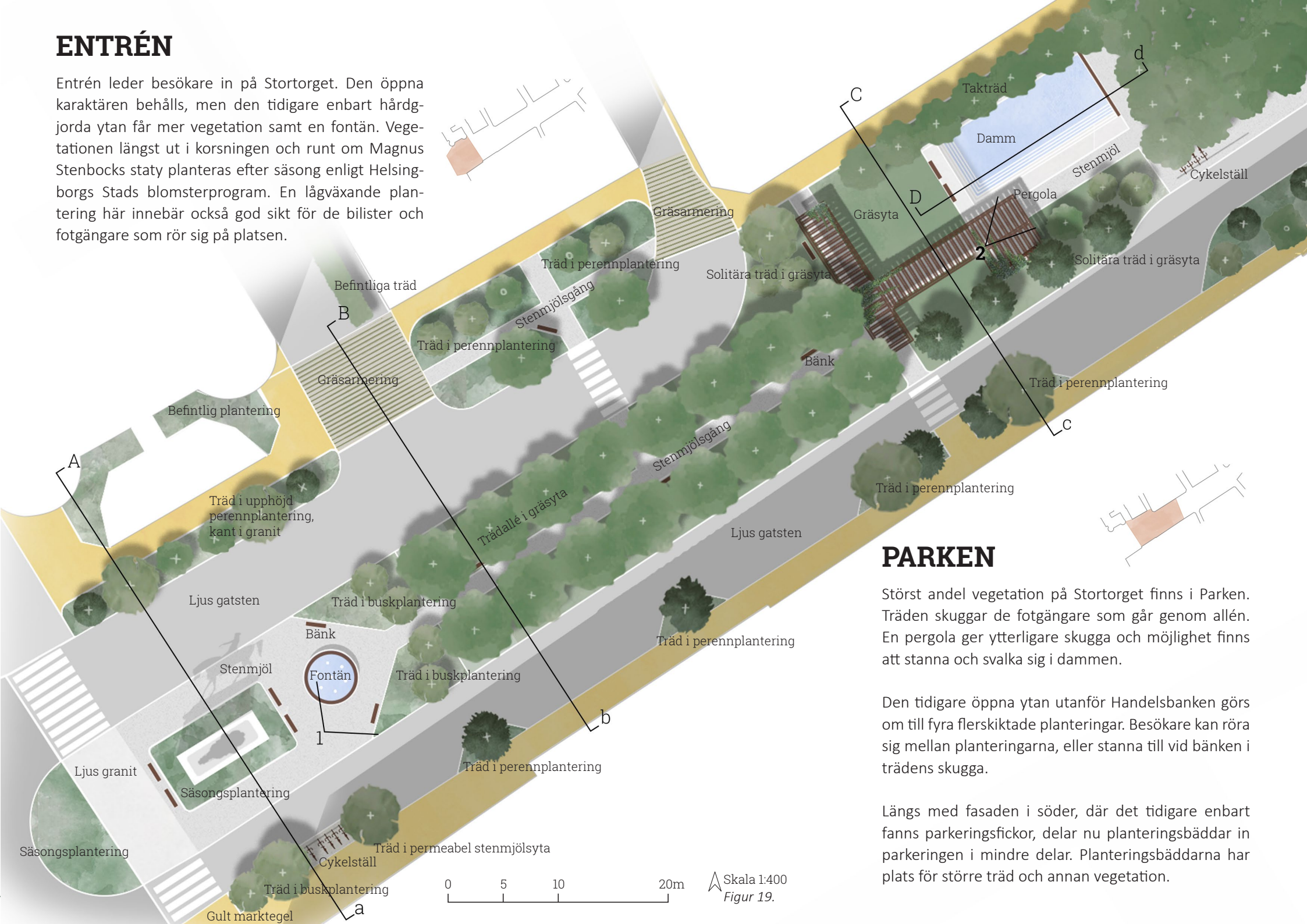
Parken: Som en kontrast till den öppna och fartfyllda Entrén, är Parken en mer omsluten plats för rekreation och lugn.

Passagen: Shoppinggatan korsar Stortorget genom en öppen passage omgärdad av slutna rum med möjlighet att stanna till i skuggan.

Torget: En plats för liv och rörelse. Karaktären speglar hur platsen används idag och möjliggör torghandel och evenemang.

ENTRÉN

Entrén leder besökare in på Stortorget. Den öppna karaktären behålls, men den tidigare enbart hårdgjorda ytan får mer vegetation samt en fontän. Vegetationen längst ut i korsningen och runt om Magnus Stenbocks staty planteras efter säsong enligt Helsingborgs Stads blomsterprogram. En lågväxande plantering här innebär också god sikt för de bilister och fotgängare som rör sig på platsen.



PARKEN

Störst andel vegetation på Stortorget finns i Parken. Träden skuggar de fotgängare som går genom allén. En pergola ger ytterligare skugga och möjlighet finns att stanna och svalka sig i dammen.

Den tidigare öppna ytan utanför Handelsbanken görs om till fyra flerskiktade planteringar. Besökare kan röra sig mellan planteringarna, eller stanna till vid bänken i trädens skugga.

Längs med fasaden i söder, där det tidigare enbart fanns parkeringsfickor, delar nu planteringsbäddar in parkeringen i mindre delar. Planteringsbäddarna har plats för större träd och annan vegetation.

0 5 10 20m

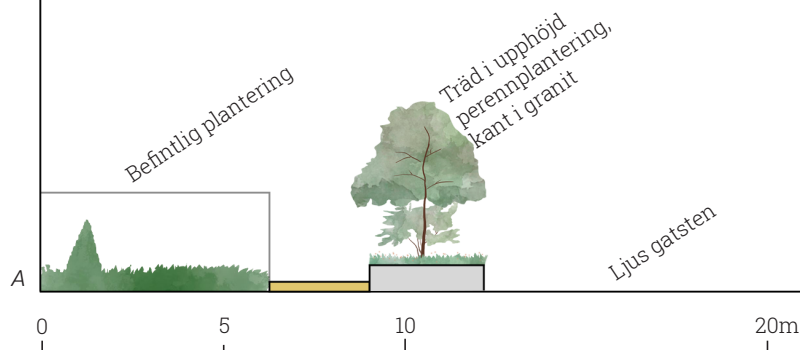
Skala 1:400
Figur 19.

VÄLKOMMEN TILL STORTORGET

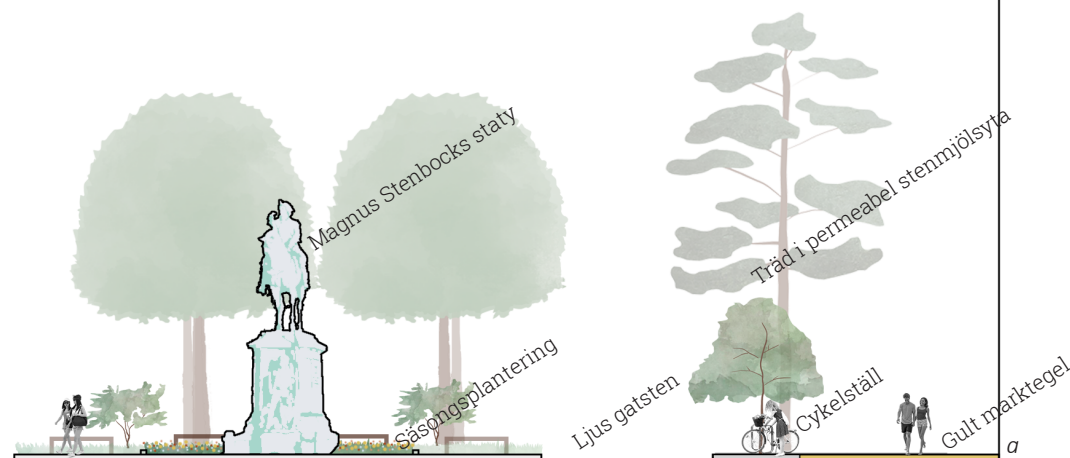
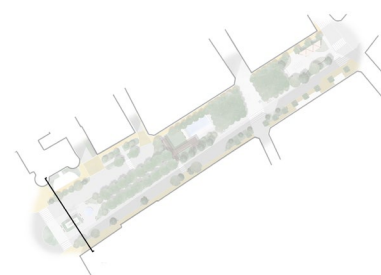
Magnus Stenbocks staty stoltserar fortfarande där Stortorget möter Drottninggatan/Järnvägsgatan, men är nu omgiven av en planteringsbädd för säsongsplantering. Planteringarna, fontänen och vinden från havet bidrar till svalka här.

Intill husfasaderna är markmaterialet gult marktegel och knyter på så sätt ihop Stortorget med Drottninggatan/Järnvägsgatan där samma markmaterial finns. Körbanorna för bilar i Entrén behålls för att möjliggöra framkomlighet till de olika verksamheterna, men de mörka stenarna byts ut mot ljusare. Närmast statyn är markmaterialet stenmjöl för ökad möjlighet till evaporation.

Utanför Rådhuset finns en upphöjd planteringsbädd med perenner och mindre träd. Med lägre vegetation skymts inte Rådhuset för mycket, samtidigt som träden kan ge skugga till förbipasserande. Cykelställ finns både i Entrén samt i mitten av Stortorget för att tillgängliggöra cykelparkering i linje med Helsingborgs Stads riktlinjer för gestaltning av utemiljöer. Samtliga bänkar i omgestaltningen är av trä för att hålla låg termisk admittans.



I omgestaltningen visas ett antal exempel på torktåliga träd- och buskarter som skulle kunna passa på Stortorget och som ska ses som inspiration. Dessa exempel är: *Pinus nigra*, *Pyrus salicifolia*, *Elaeagnus angustifolia*, *Cotinus coggygria*, *Platanus x hispanica* och *Tilia x europaea*.



IN UNDER SKUGGAN

Fontänen är placerad i full sol i Entrén för att evaporation från den ska kunna spridas med vinden in mot resten av Stortorget. Fontänen är gjord i granit, men har en träsits för lägre termisk admittans. En flerskiktad plantering med torktåliga perenner och buskar är början på den allé som leder besökare längre in på Stortorget. Det går också att röra sig längs med husfasaderna i skuggan av byggnader och träd. Gången i allén består av stenmjöl. Träden är förslagsvis *Tilia x europaea* då denna art har tät krona och således ger en tät, sval, skugga. Arten kopplar även samman till de befintliga *Tilia x europaea* som idag står på Stortorget. Träden hålls uppstammade för ökad trygghet samt enkel framkomlighet i Parken. Markunderlaget under träden är gräs. På körbanan ligger fortfarande gatsten i en ljus nyans för att påminna om torgets historia, samt för att bidra till en hållbar omgestaltning genom återanvändning av befintliga material. Till vänster i sektion B-b syns en gräsarmering i betong med permeabel funktion. Körbanan behöver hålla för tung trafik då flera leveranser sker via dessa vägar. Trots den negativa inverkan på miljön vid tillverkning anses betong vara ett material som klarar av bärigheten av större fordon, och kommer därför att användas här.

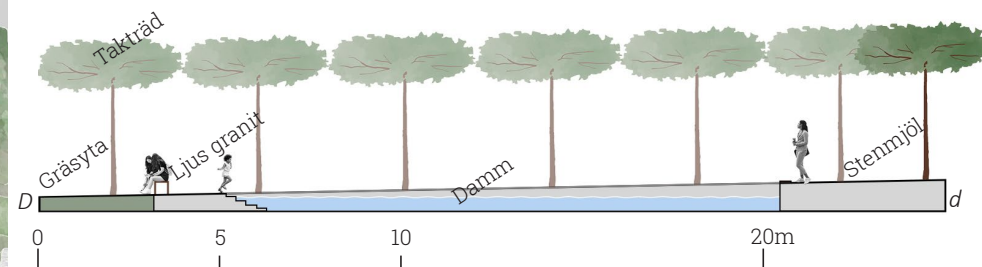


Figur 20: Vy 1. Här övergår den öppna Entrén till den mer skuggande Parken.





Figur 21: Vy 2. Från pergolan syns dammen som inbjuder till lek och svalka. Vidare i vyn skymtas skuggande takträd.



EN GRÖN OAS

Skuggan från allén övergår till skuggan från en pergola beklädd med klättrande växter. I Parken under pergolans tak kan besökare både passera till fots på stenmjölgången eller sätta sig ner på en av bänkarna. Strax intill pergolan framträder en damm som bjuder in till lek, samtidigt som den sprider svalka. Dammen är gjord av betong och omges av en granityta med trappsteg ner till vattnet. Den öppna gräsytan bredvid dammen bidrar till evapotranspiration, samt att vind kan komma in under trädkronorna och hindra varm luft från att hållas kvar på platsen. Gräsytan skuggas till viss del av träd vilket bidrar till dess kylande egenskaper.

En del av bilvägen som fanns här innan har tagits bort till förmån för mer vegetation och en sammanhängande parkyta. Längs fasaderna i söder finns bilvägen kvar i ljus gatsten, med möjlighet till parkering mellan planteringsbäddarna.



PASSAGEN

Mitt i shoppinggatans myller skapas en plats att stanna upp på och ta en paus under takträden. Trots att det är viktigt att behålla platsens nuvarande vegetation tas 6 av de befintliga *Tilia x europaea* bort till förmån för de nya takträden. Vägen för fotgängare längs Kullagatan och Lilla Torggatan behålls och förses med segeldukar för skydd mot solens strålning. Övergångsstället vid Passagen förskjuts en aning för ett naturligare flöde.

Där Passagen möter Lilla Torggatan får de befintliga *Tilia x europaea* nya stora växtbäddar där även fler träd och nya torktåliga perenner planteras.

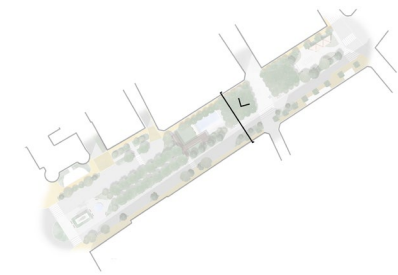


TORGET

Torgytan erbjuder skugga, vattenlek och plats för större sammankomster. Ytan skuggas av segeldukar och träd. De befintliga *Tilia x europaea* står kvar på Torgets norra del, men träden får nya planteringsbäddar för att minska andelen hårdgjorda ytor här. De befintliga *Tilia x europaea* längs gångbanan utmed uteserveringarna i sydöst får nya planteringsbäddar av stensmjöl närmast stammarna för att möjliggöra transpiration från marken samtidigt som fotgängare kan passera över ytan.

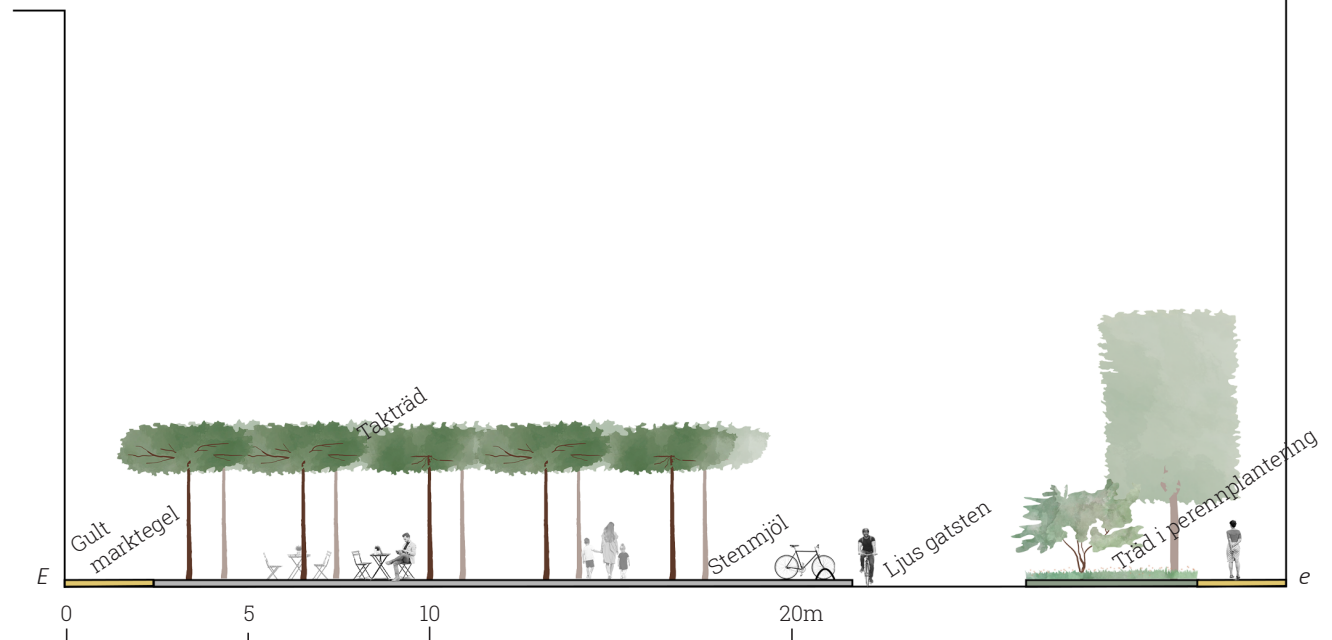


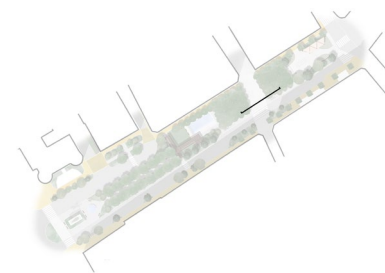
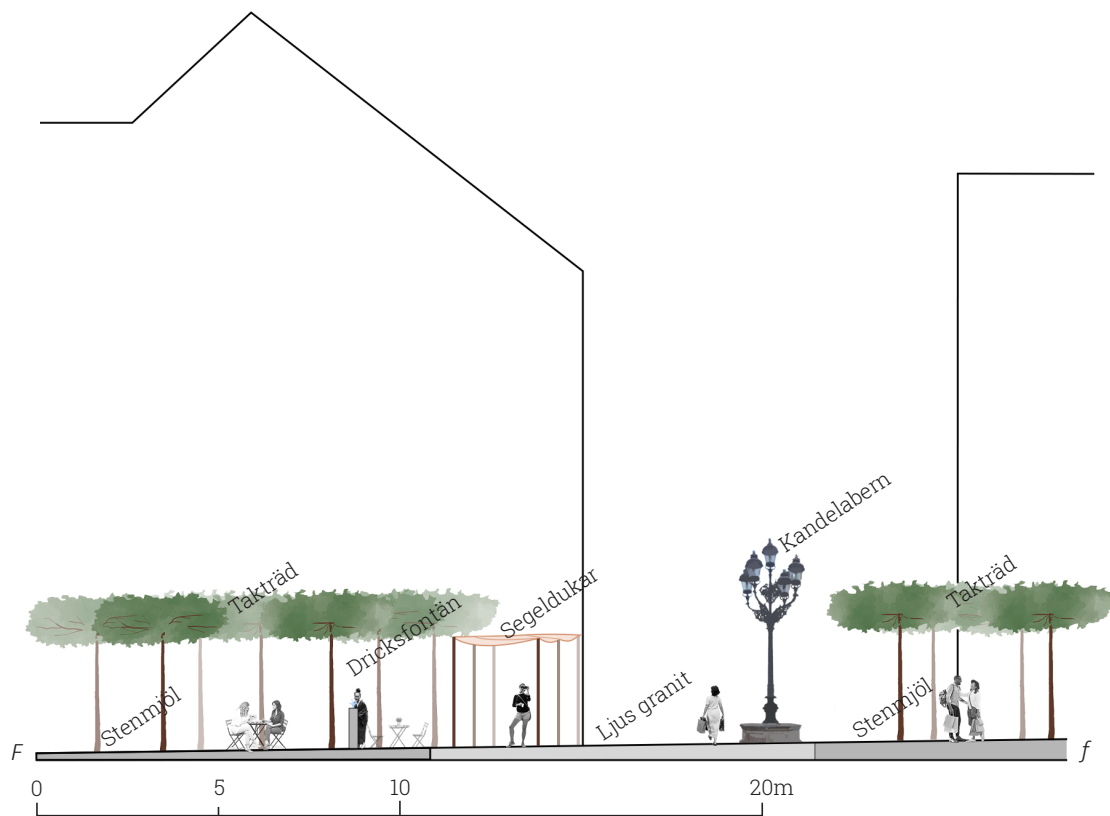
Figur 23: Vy 3. Under takträden intill shoppinggatan erbjuds skugga.



EN PAUS VID KULLAGATAN

Möjlighet till uteservering för konditoriet finns kvar på Stortorget och kan nu ta del av svalkan från takträdens skugga. Här finns också andra sittplatser och cykelställ. Markmaterialet under takträden är stenmjöl för att skapa en mer permeabel yta samtidigt som framkomligheten för fotgängare bibehålls. De befintliga *Tilia x europaea* som står där Stortorget möter Lilla Torggatan omges av planteringsbäddar, fler träd och perenner.





SKUGGAN VID PASSAGEN

Kullagatans markmaterial är en ljus granit, som fortsätter över Stortorget i omgestaltningen för att sedan ansluta till Lilla Torggatan's granitbeläggning. Den nya graniten ska ha ett så högt albedo som möjligt för att reflektera bort solens strålning.

Stolpar med segeldukar sätts upp för att besökare ska kunna passera Stortorget under så mycket skugga som möjligt mellan Kullagatan och Lilla Torggatan. Stolparna fästs i marken genom att sättas ned i hål som annars täcks av metallbrickor, och kan på så vis sättas upp och tas ned efter behov och säsong. Seglen kan även fungera som regnskydd. Kandelabern står kvar på sin nuvarande placering. En dricksfontän placeras under takträden som besökare kan dricka ur.

Förslag på en trädart som skulle kunna användas som takträd är *Platanus x hispanica*.



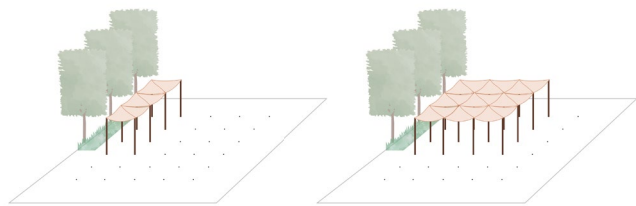
Segeldukarna över passagen erbjuder skugga till de som passerar platsen, och kan sättas upp och tas ned efter behov.

EN PLATS FÖR LIV OCH RÖRELSE

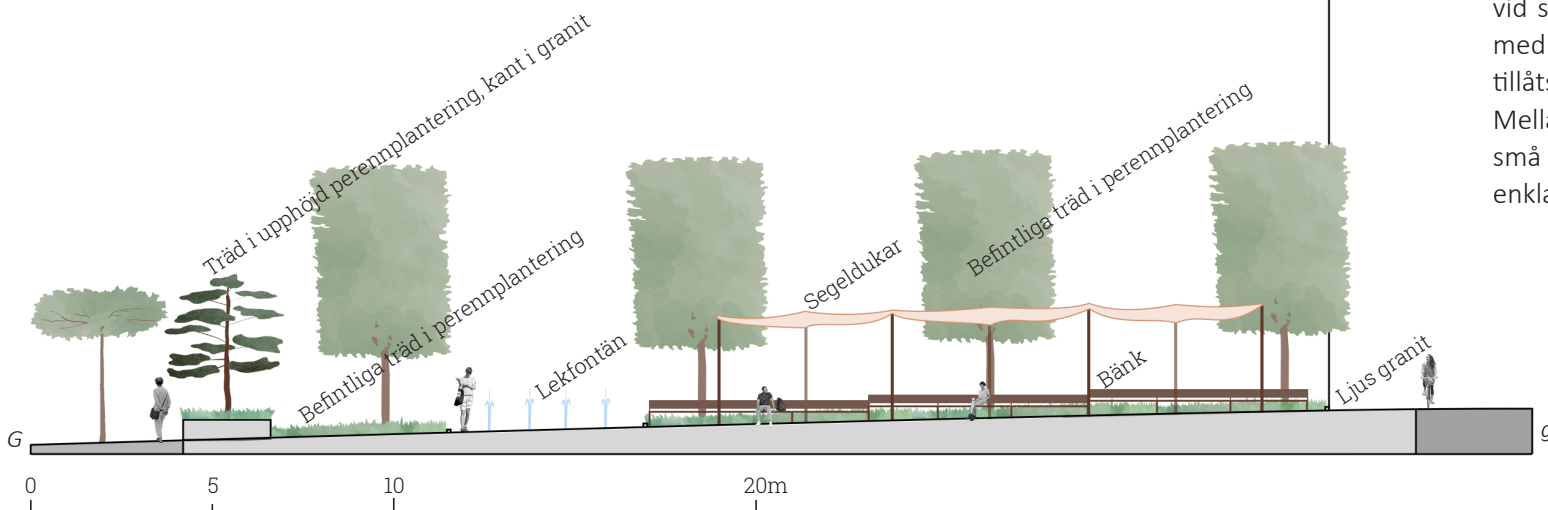
Torget centrala plats är en fontän som erbjuder både lek och svalka. Längs Torgets kanter finns både bänkar och planteringsbäddar. Bänkarna på Torgets norra sida skuggas av segeldukar som precis som vid Passagen går att sätta upp och tas ned efter behov. Vid större sammankomster som exempelvis studentutspring, kan människor stå samlade på Torget och samtidigt vara skyddade från solen. Denna plats kan även användas vid marknader och evenemang. På Torgets sydöstra sida skuggas bänkarna och marken av vegetationen i den upphöjda planteringsbädden av granit som även skapar en barriär mot bilvägen.



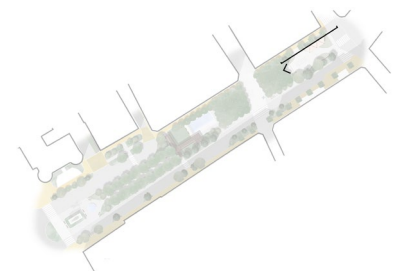
Figur 24: Vy 4. Det skyddade Torget bjuder in till lek och sammankomster. I bakgrunden skymtas Konsul Trapps Plats och Terrasstrapporna.



Principskiss för segeldukar.



Markmaterialet på Torget är ljus granit precis som vid shoppinggatan. På några områden läggs graniten med stora fogar där marktäckande perenner eller gräs tillåts växa upp för mer permeabilitet och grönska. Mellan dessa områden läggs granitplattorna tätt, med små fogar, för att skapa ett slätt och jämnt stråk för enklare framkomlighet.



VÄXTMATERIAL

14 av de formklippta *Tilia x europaea* längs husfasaderna i den nordöstra delen av Stortorget samt de två formklippta *Carpinus betulus* utanför Handelsbanken behålls i omgestaltningen. Ny vegetation tillkommer i form av gräsytor, träd och planteringsbäddar i olika storlekar. I fogarna mellan granitplattorna på Torget samt i gräsarmeringen vid Entrén tillåts gräs och marktäckande perenner växa upp.

Plantering A:

Berberis thunbergii 'Atropurpurea Nana'
Cotoneaster apiculatus E
Perovskia 'Blue Spire'
Potentilla fruticosa 'Red Ace'
Spiraea x cinerea 'Grefsheim'

Plantering B:

Dianthus carthusianorum
Echinops bannaticus
Iris germanica
Lavandula angustifolia
Sesleria nitida
Stachys byzantina

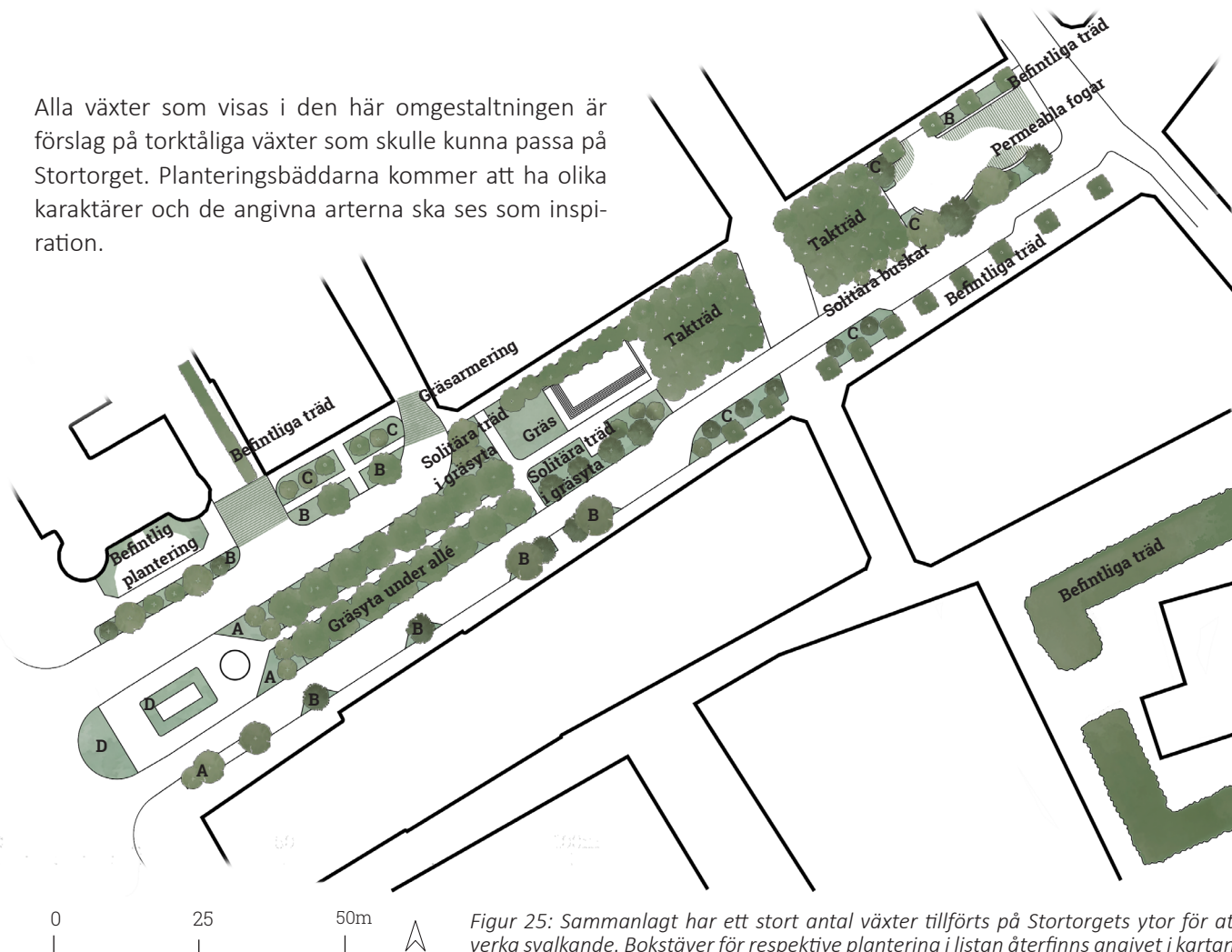
Plantering C:

Carex oshimensis 'evergold'
Epimedium versicolor 'Sulphureum'
Geranium nodosum 'Silver Wood'
Sanguisorba minoris
Scutellaria incana
Sesleria autumnalis

Plantering D:

Säsongplantering efter Helsingborgs Stads blomsterprogram

Alla växter som visas i den här omgestaltningen är förslag på torktåliga växter som skulle kunna passa på Stortorget. Planteringsbäddarna kommer att ha olika karaktärer och de angivna arterna ska ses som inspiration.



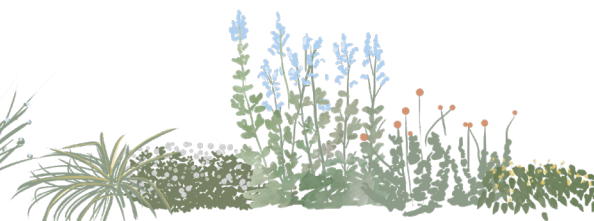
Figur 25: Sammanlagt har ett stort antal växter tillförts på Stortorgets ytor för att verka svalkande. Bokstäver för respektive plantering i listan återfinns angivet i kartan.



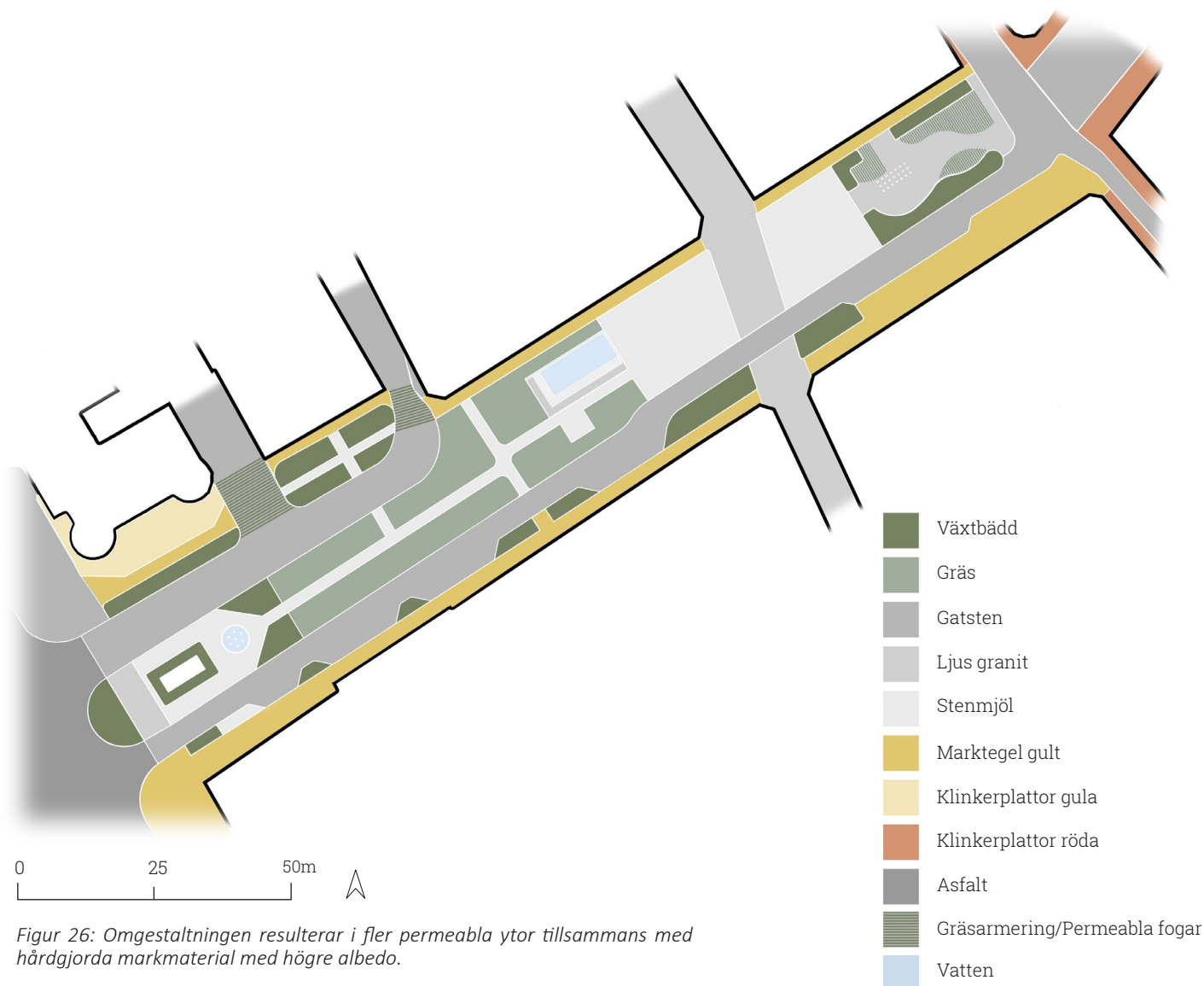
Plantering A: buskar



Plantering B: perenner sol



Plantering C: perenner halvskugga-skugga



Figur 26: Omgestaltningen resulterar i fler permeabla ytor tillsammans med hårdgjorda markmaterial med högre albedo.

MARKMATERIAL

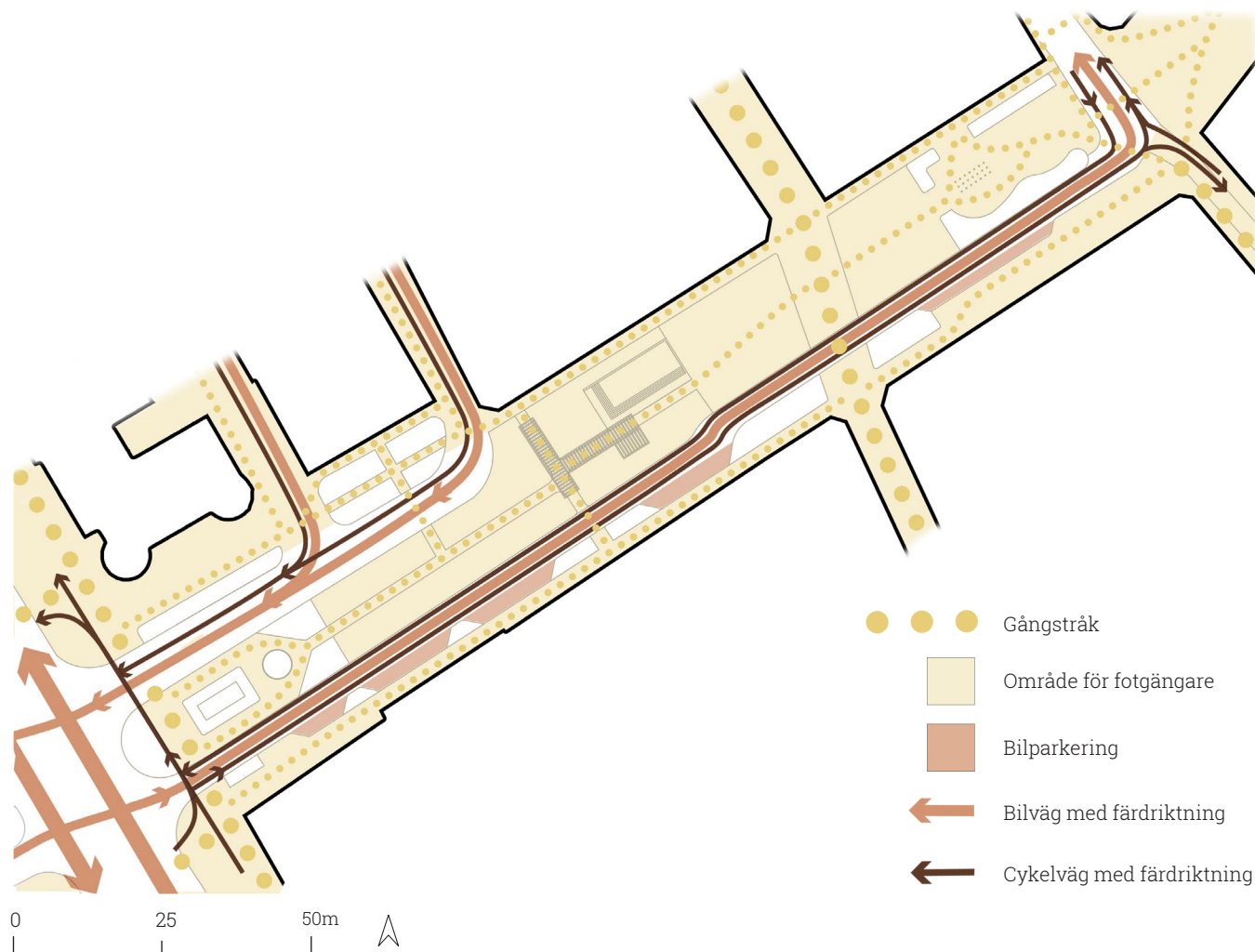
Stortorget's nya markmaterial är en blandning av permeabla och icke permeabla material. På bilvägarna behålls en del av den gatsten som finns där idag, men de mörka stenarna byts ut mot ljusa.

Passagen vid Kullagatan, Torget och en del av Entrén är belagda med ljus granit. Detta material har ett relativt högt albedo och kan därmed reflektera bort en del av den strålning som träffar Stortorget. Där möjlighet finns skuggas graniten av träd eller segel för att motverka höga strålningstemperaturer och att stenmaterialen värms upp. Gångvägarna längs med samtliga husfasader består av gult marktegel för att koppla an till Drottninggatan/Järnvägsgatan samt Helsingborgs karaktär. Entrén, gångvägarna i Parken, ytorna under takträden samt gångarna utanför Handelsbanken beläggs med stenmjöl för ökad permeabilitet. Andra permeabla ytor återfinns på Torget samt på bilvägen vid Entrén. I Parken är även en stor del av ytorna gräsbeklädda för att möjliggöra evapotranspiration, tillsammans med planteringsbäddarna som finns utplacerade över Stortorget. Öppna vattenytor finns i form av fontänen vid Entrén samt dammen i Parken och möjliggör svalka från evaporation. Även lekfontänen på Torget bidrar till detta.

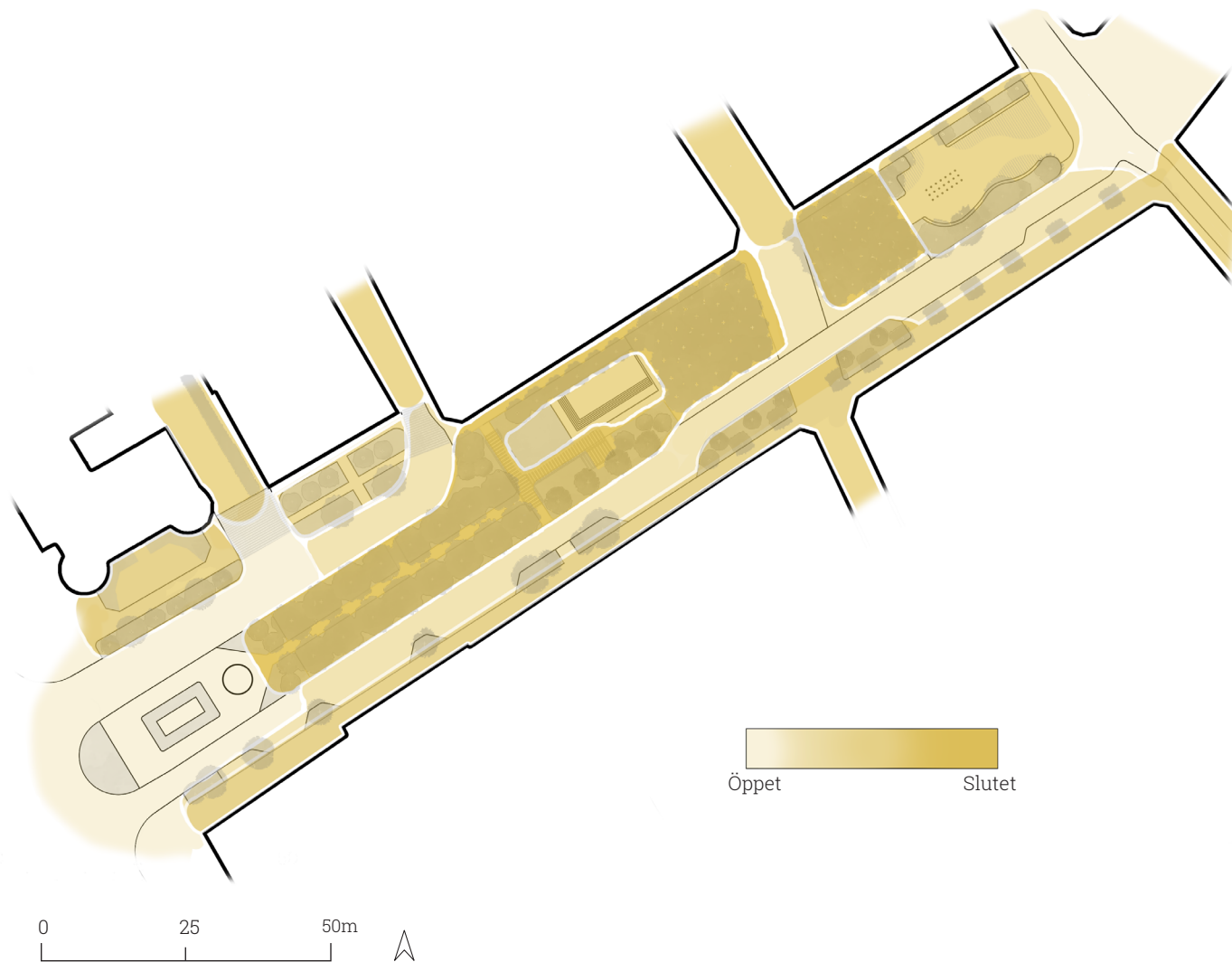
RÖRELSEMÖNSTER

I huvudsak behålls framkomlighet för bil, cykel och fotgängare på Stortorget. Därför finns den genomgående bil- och cykelvägen kvar, samt några av parkeringsfickorna längs med den. Det går dock inte längre att köra runt och ut på Drottninggatan/Järnväggsgatan, då denna plats nu utgörs av Parken. Utfart sker nu istället via Norra Storgatan. Möjligheten att färdas på cykel i båda riktningarna kvarstår, och sker längs med bilvägen. Områdena för fotgängare utvidgas och det som tidigare var en parkeringsplats tas nu i anspråk. De större gångstråken tas till vara, och lika så stråken längs husfasaderna. Det bildas också nya gångstråk över hela Stortorget för att erbjuda en sval, men smidig väg att korsa platsen på.

Övergångsstället vid passagen förskjuts aningen för att få ett mer naturligt flöde mellan Kullagatan och Lilla Torggatan. Ett nytt övergångsställe tillkommer också för bättre anknytning upp mot Kärnan.



Figur 27: Rörelsemönster på Stortorget med omgestaltningen.



Figur 28: Rumslighet med omgestaltningen.

RUMSLIGHET

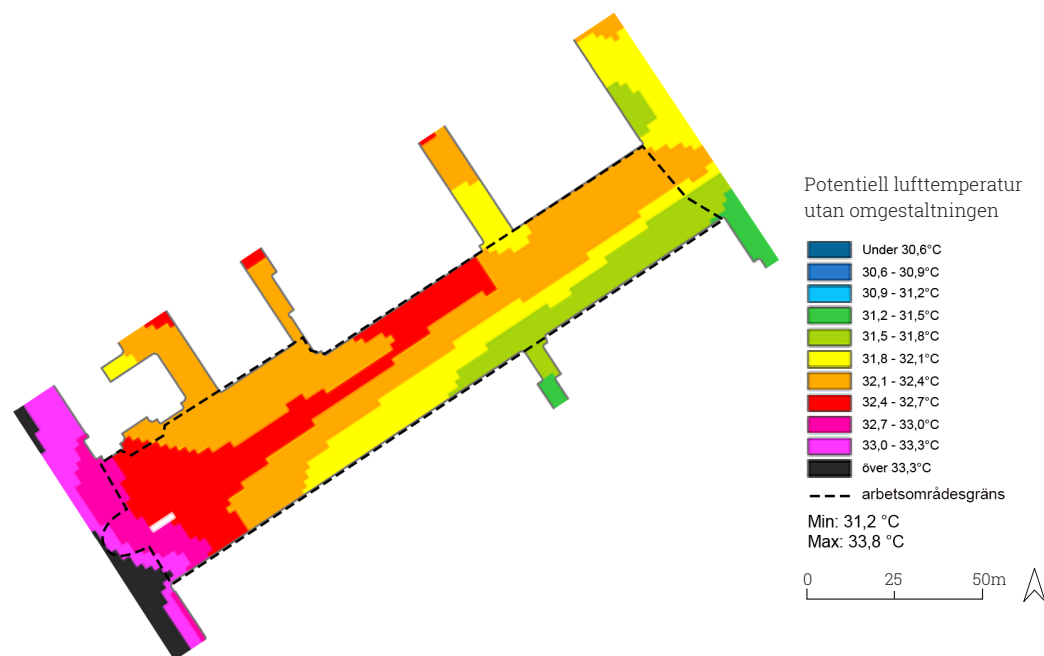
Omgestaltningen av Stortorget resulterar i en indelning av flera mindre rum. Träd, upphöjda planteringsbäddar samt tydligare skillnader på markmaterial bidrar till att skapa dessa rum. Upplevelsen av att vara omsluten är störst under takträden och i allén i Parken där träd-kronorna är täta. De mest öppna ytorna finns vid Entrén i sydväst samt vid anlutningen till Konsul Trapps Plats där det är färre eller inga träd. Dessa platser är öppna för att kunna möjliggöra större sammankomster samt välkomna besökare till Stortorget.

UTVÄRDERING AV OMGESTALTNINGEN

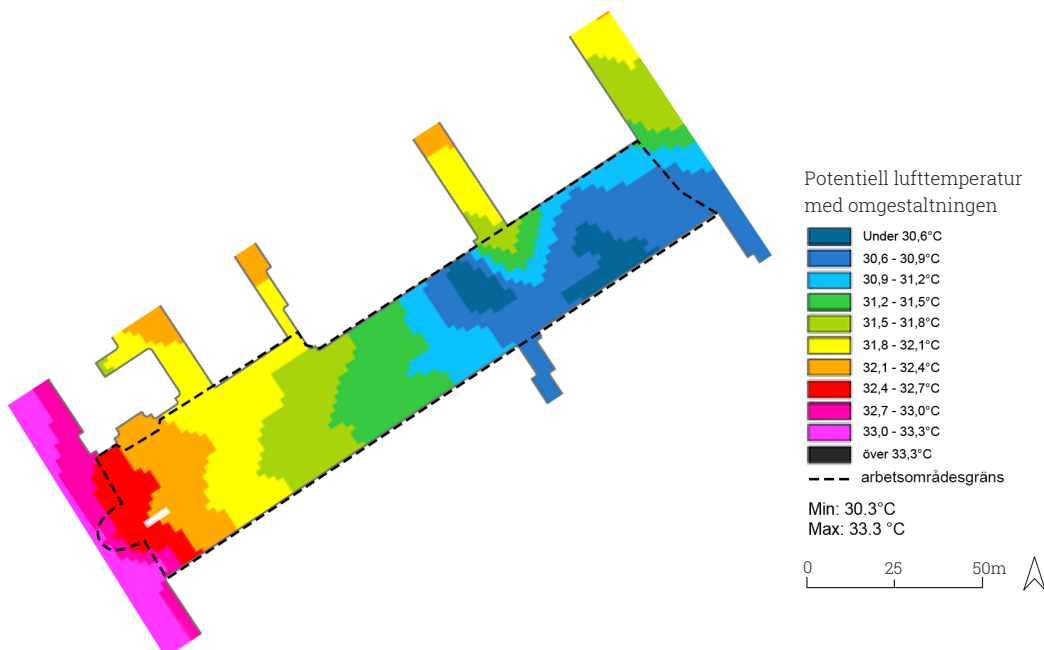
En värmebölja år 2050 på Stortorget och dess närmsta gator har simulerats i programvaran ENVI-met både med och utan omgestaltningen för att jämföra skillnaden gällande potentiell lufttemperatur och medelstrålningstemperatur om Stortorget omgestaltas respektive om det inte gör det. Simuleringarna visar den 27 juli under en värmebölja klockan 13:00 år 2050 på Stortorget och dess närliggande gator i fotgångarnivå. Samtliga meteorologiska variabler har varit de samma i samtliga simuleringar. Resultaten i simuleringarna ska ses som möjliga scenarier för att redovisa gestaltningsverktygens inverkan på Stortorget. Värt att nämna är att seglen och pergolan inte gick att modellera i ENVI-met på grund av det begränsade utbudet av material.

LUFTTEMPERATUR

Simuleringarna gällande potentiell lufttemperatur visar den högsta lufttemperaturen på Stortorget om det inte omgestaltas som 33,8°C. Om Stortorget omgestaltas simuleras den högsta lufttemperaturen till 33,3°C. Detta innebär en temperatursänkning med 0,5°C. Områdena för de högsta lufttemperaturerna är dock betydligt större i simuleringen som visar Stortorget utan omgestaltningen. Utan omgestaltningen simuleras lufttemperaturer på över 32,1°C på ca 67% av ytan på Stortorget och dess närliggande gator, jämfört med om Stortorget omgestaltas, då bara 23% av ytan simuleras till dessa lufttemperaturer. Detta



Figur 29: Potentiell lufttemperatur på Stortorget utan omgestaltning år 2050 på höjden 1,4m. ©ENVI-met.



Figur 30: Potentiell lufttemperatur på Stortorget med omgestaltning år 2050 på höjden 1,4m. ©ENVI-met.

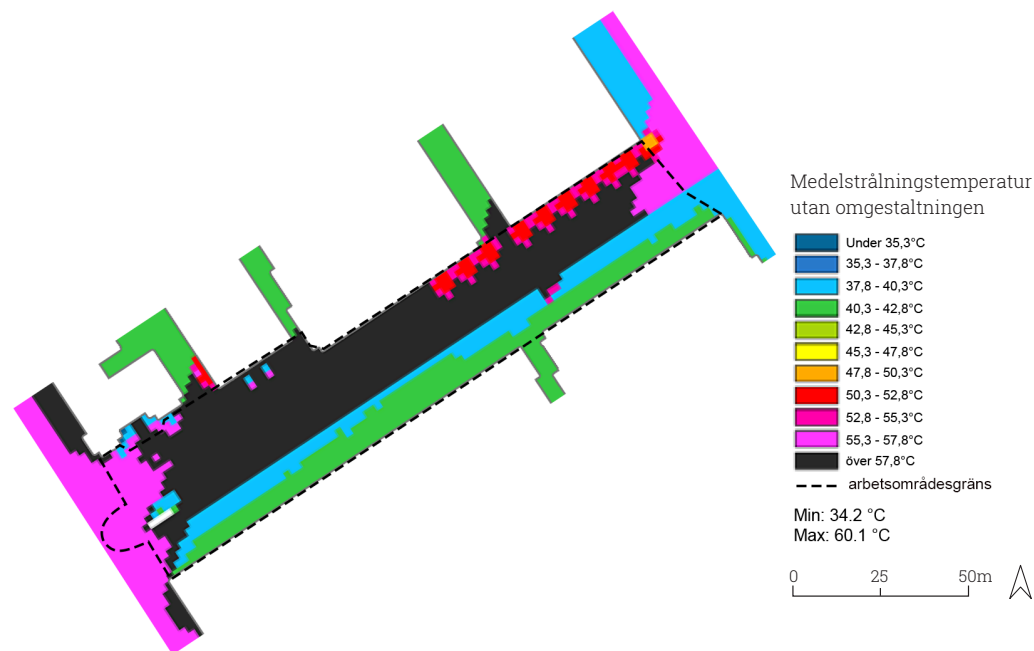
syns tydligt i andelen orange till svart färg i simuleringarna, jämfört med andelen blå färg.

Den lägsta lufttemperaturen som simuleras på Stortorget utan omgestaltningen är 31,2°C. I simuleringen som visar Stortorget med omgestaltningen är 32% av markytan på Stortorget, med de närliggande gatorna inräknade, under 31,2°C. Med omgestaltningen är den lägsta lufttemperaturen 30,3°C.

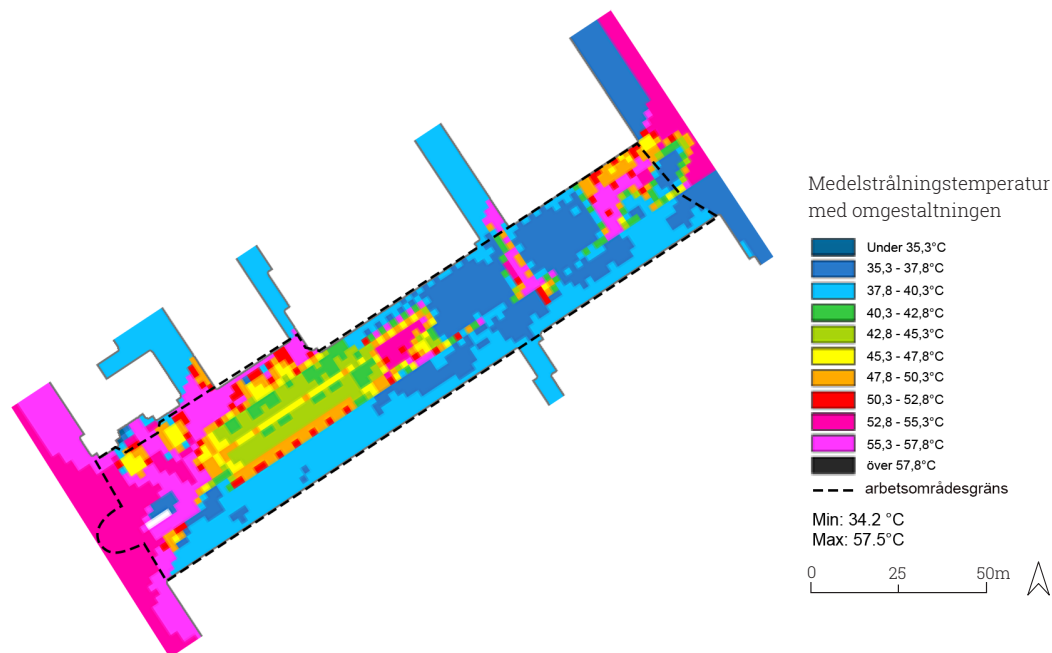
STRÅLNINGSTEMPERATUR

Simuleringarna gällande medelstrålningstemperatur visar att den högsta medelstrålningstemperaturen som simuleras på Stortorget utan omgestaltningen är 60,1°C. Medelstrålningstemperaturer mellan 57,8°C och 60,1°C täcker 41% av Stortorget och dess närliggande gator. I simuleringen som visar Stortorget med omgestaltningen simuleras ingen yta till mer än 57,5°C. De varmaste medelstrålningstemperatuerna i omgestaltningen lokaliseras till Stortorget's mest öppna ytor. På flera av dessa ytor är marken hårdgjord. De hårdgjorda ytorna i skugga är dock betydligt svalare jämfört med de i sol. Medelstrålningstemperaturen på Torget och i Passagen kan dock vara missvisande. Medelstrålningstemperaturen där hade troligen visats som lägre om seglen hade kunnat modelleras över dessa ytor. Stenmjölsytan i Entrén skuggas däremot inte av något i den här omgestaltningen, och kommer därmed att vara utsatt för höga strålningstemperaturer i linje med simuleringens resultat.

Den lägsta medelstrålningstemperaturen på Stortorget utan omgestaltningen simuleras till 34,2°C, men denna temperatur tar endast upp en liten yta utanför Rådhuset. Det är också tydligt att byggnad-



Figur 31: Medelstrålningstemperatur på Stortorget utan omgestaltning år 2050 på höjden 1,4m. ©ENVI-met.



Figur 32: Medelstrålningstemperatur på Stortorget med omgestaltning år 2050 på höjden 1,4m. ©ENVI-met.

ernas skuggor bidrar till lägre strålningstemperaturer. Med omgestatningen simuleras den lägsta medelstrålningstemperaturen till 32,8°C och visas på samma yta utanför Rådhuset som utan omgestaltningen. I övrigt påträffas låga temperaturer i skuggan från byggnaderna, under takträden samt där annan vegetation skuggar. Det är tydligt att Stortorget i helhet utsätts för lägre strålningstemperaturer om omgestaltningen genomförs.

66% av markytan i omgestaltningen simuleras till en medelstrålningstemperatur under 47,8°C, vilket är nära temperaturen 47,6, som tidigare nämnts kan vara livshotande för personer i riskgrupper om den överskrids. Utan omgestaltningen utgör bara 38% av Stortorget och dess närliggande gator strålningstemperaturer under 47,8°C. Dessa ytor återfinns enbart i skuggan av husen. De större svala ytorna som skapas i omgestaltningen med hjälp av gestaltningsverktygen skulle kunna utnyttjas av fler människor med reducerad risk för värmestress jämfört med om Stortorget inte omgestaltas.

DISKUSSION

I följande del av uppsatsen diskuteras hur landskapsarkitekter och fysiska planerare med hjälp av olika gestaltningsverktyg kan anpassa platser i urbana miljöer för att minska risken för värmestress och förbättra möjligheten till utomhusvistelse för människor vid värmeböljor under dagtid. Diskussionen hålls med utgångspunkt i gestaltningsverktygen, samt i omgestaltningen av Stortorget.

GESTALTNING AV BEFINTLIG MILJÖ

Att göra en omgestaltning av en befintlig stadsmiljö innebär att många ramar redan är satta för hur platsen är uppbyggd. En plats i en stad har dessutom ofta en bestämd användning och funktion som behöver tas till hänsyn vid en omgestaltning. I omgestaltningen av Stortorget har det varit viktigt att behålla platsens framkomlighet och flöden, karaktären av ett historiskt torg och de ytor som finns för sociala funktioner, samtidigt som Stortorget får en ny, grönare och svalare identitet. Detta har inneburit att gestaltningsverktygen har fått anpassas till befintliga förutsättningar. Stortorget exemplifierar en plats där befintliga flöden, karaktärer och funktioner värderas högt, och det är viktigt att poängtera att andra urbana platser kan omgestaltas med andra premisser, lösningar och kombinationer av gestaltningsverktyg. Vid gestaltning av en helt ny plats eller stadsdel skulle de befintliga förutsättningarna kunna se helt annorlunda ut, och hela bebyggelsestrukturen skulle kunna utformas med huvudfokus på att skapa svala miljöer.

Anpassningen till de befintliga förutsättningarna på Stortorget har inneburit att några av gestaltningsverktygen från litteraturstudien inte har kunnat användas i den här omgestaltningen. Gröna väggar och tak samt användningen av vit färg på byggnader är några exempel. Detta för att fokus i den här omgestaltningen har legat på just torgytan i fotgängarnivå. Taken på byggnaderna runt om Stortorget har en hög höjd och skulle troligtvis inte ha någon direkt påverkan på fotgängarnivå om de målades om eller fick grönska på sig. Ljusa och gröna tak skulle dock kunna hjälpa till att reducera den urbana värmeöeffekten i hela Helsingborg, en strategi som tas upp av bland annat Errell et al. (2014). En avvägning har också gjorts att det inte

passar att implementera växtmaterial på fasaderna då de i dagsläget domineras av fönsterglas. Inte heller har fasaderna fått en ljusare färg, med tanke på att ljus färg enligt Errell et al. (2014) kan skapa en bländande effekt och därmed ge upphov till att strålningen bara studsar mellan de ljusa materialen i fotgängarnivå. En större vattenyta är ytterligare ett verktyg som inte har implementerats i omgestaltningen eftersom havet redan är beläget nära och att Stortorget är en relativt liten plats för att göra ett så pass stort ingrepp. De verktyg som inte används på Stortorget skulle dock kunna användas på andra platser där andra förutsättningar och utgångspunkter finns.

GESTALTNINGSVERKTYGEN PÅ STORTORGET

En stor del av de gestaltningsverktyg som fanns i litteraturen kunde tillämpas vid omgestaltningen av Stortorget. Enligt utvärderingen i ENVI-met simulerades lägst medelstrålningstemperaturer i skuggan från vegetation och byggnader. Även simuleringarna av potentiell lufttemperatur tydde på detta. Träd och andra skuggande element kan därmed anses vara de gestaltningsverktyg med högst temperatursänkande förmåga. Markmaterialen visade inte samma kylande effekt.

I omgestaltningen av Stortorget har en stor andel träd och andra skuggande element använts för att skapa svalka, men det går inte att bortse från att torget ska användas andra delar av året. I Sverige ses ofta sol och värme som något positivt, och när vårsolen börjar värma söker sig många till soliga platser för att njuta av ljuset. Under värmeböljor på sommaren kan dock soliga platser bli för varma att vistas på, och vi

föredrar därför ofta skugga. De flesta av bänkarna har i den här omgestaltningen därmed placerats i skugga, vilket skulle kunna ses som negativt när de används vid delar av året då temperaturerna är svalare. Att många av träden i den här omgestaltningen är lövfällande gör dock att de släpper igenom solljus under vinterhalvåret. Detta kan vara en fördel när solen då når fler sittplatser, något som nämns i litteraturen av bland annat Lindberg et al. (2016) och Oke et al. (2017). För att gestalta Stortorget med fokus på användning under alla delar av året behövs eventuellt fler bänkar placeras ut, alternativt kan bänkarna vara flyttbara och därmed placeras efter behov under olika säsonger. Kombinationen av lövfällande träd och utplacering av bänkar kan generellt vara värt att tänka på vid gestaltning av utemiljöer. Detta kan vara särskilt viktigt i länder som Sverige där årstiderna varierar kraftigt.

Även vind varierar under året. På vintern kan vind upplevas som obehagligt, medan ett högt vindflöde på sommaren kan anses fördelaktigt för ventilation, vilket bland annat Oke et al. (2017) berättar om. I omgestaltningen har Stortorgets sydvästra del vid Entrén låtits vara mer öppen för att vind ska kunna leta sig in på torget. Studien av Stathopoulos (2006) har dock visat att när temperaturen på vinden är över 33°C avtar dess kylande effekt och kan istället upplevas som värmande. Litteraturen nämner alltså vind både som ett kylande verktyg, men även som något som kan intensifiera upplevelsen av värme. Detta gör det svårt att avgöra om vind är ett användbart gestaltningsverktyg då upplevelsen av vind är så pass föränderlig. Litteraturen har också pekat på att skugga från träd och andra skuggande element är de mest effektiva gestaltningsverktygen när det kommer till att svalka en plats. Därför bör möjligtvis fokus vid gestaltning primärt ligga på att skapa just skugga, snarare än att skapa vindtunnlar

för högre vindflöden. Däremot kan det vara en god idé att ändå låta vind ledas in på en plats för att skapa luftcirkulation och se till att varm luft inte hålls kvar på platsen, vilket Gómez et al. (2013) skriver om. Vinden kan även bidra till att den svalka som skapats på platsen med hjälp av andra gestaltningsverktyg kan spridas till omkringliggande områden.

Vatten och luftfuktighet tas också upp i litteraturen som verktyg för att skapa svalka i urbana miljöer, samtidigt som en del källor menar att vatten vid extremt höga temperaturer kan upplevas som värmande. Mer vegetation i kombination med fler vattenfunktioner på Stortorget innebär troligtvis en ökad luftfuktighet på grund av evapotranspiration. Liksom med vind är det svårt att bedöma om detta är positivt eller negativt. Ökad luftfuktighet i kombination med extrem värme kan enligt bland annat Oke et al. (2017) och SMHI (2020) upplevas som värmande. Då vatteninslag ändå till en viss gräns kan verka kylande, kan det vara fördelaktigt att kombinera vatten med andra gestaltningsstrategier, och på så sätt kunna skapa svala platser. Med hjälp av träd och andra skuggande element kan exempelvis vatteninslagen skuggas och på så sätt upprätthålla sin svalkande effekt längre när temperaturen stiger.

När det kommer till markmaterial visar simuleringen av medelstrålningstemperatur i ENVI-met att de svalaste ytorna i omgestaltningen finns i skuggan av byggnader och träd. Högst strålningstemperaturer simuleras på de öppna ytorna som inte beskuggas. I dammen kan detta bero på att vatten har förmågan att reflektera en stor del strålning. Lufttemperaturen över dammen simuleras dock som relativt sval, vilket troligen påverkas av evaporationen från vattnet. Detta visar på att det inte enbart går att titta på lufttemperatur och strålningstemperatur var för sig för

att utvärdera gestaltningsverktygen. I verkligheten finns det dessutom fler faktorer som påverkar hur en plats upplevs temperaturmässigt, och alla människor upplever inte heller platser på samma sätt. Exempel på faktorer som kan påverka hur en individ upplever en utemiljö är ålder, kön, metabolism, aktivitet och klädsel, och är faktorer som en landskapsarkitekt eller fysisk planerare inte kan påverka, vilket Lenzholzer (2015) skriver om. Gestaltningsverktyg kan alltså anses minska risken för värmestress och förbättra möjligheten till utomhusvistelse olika bra beroende på vem det är som vistas på en plats. Eftersom gestaltningsverktygen i den här omgestaltningen ändå har visat sig kunna sänka både lufttemperaturen och strålningstemperaturen markant är förhoppningen att de kan bidra till att minska risken för värmestress och förbättra möjligheten till utomhusvistelse under en värmebölja.

HÅLLBARHET OCH FÖRÄNDRING ÖVER TID

Då omgestaltningen av Stortorget har gjorts för att vara klimatanpassad till år 2050, är det viktigt att reflektera över gestaltningsverktygens hållbarhet och hur de förändras över tid. Nyplanterade träd har oftast inte stora täta kronor, utan detta är något som kommer att utvecklas med tiden. Vegetationens temperaturesänkande effekt kommer alltså att vara betydligt större år 2050 än direkt efter nyplantering. För att snabba på platsens utveckling bör så stora kvaliteter av växtmaterialet som möjligt köpas in för att se resultat fort. Snabbväxande arter kan också vara att föredra. God etableringsskötsel är av stor vikt för att se till att vegetationen tar sig som den ska. Takträden kommer dessutom att behöva uppbyggnadsbeskärning och

formning av grenar för att se till att ett tätt krontak skapas.

Flera av gestaltningsverktygen är beroende av skötsel. De ljusa markmaterialen kommer att kräva rengöring för att upprätthålla ett högt albedo. Vattenfunktionerna kommer också att behöva regelbunden skötsel, samt att pumpar och elektronik kan komma att behöva bytas ut under årens gång. Segeldukarna som används för att skugga Torget och Passagen kommer också att behöva bytas ut med tiden. Att sätta upp och ta ner seglen kommer dessutom behöva göras under säsongen, samt regelbundet se till att de är hela och rena. Stenmjölsytorna kan komma att kompakteras allt eftersom, och mer stenmjöl kommer att behöva läggas på för att bibehålla en hållfast yta. Detta kan dock komma att minska dess permeabla förmåga över tid. En gestaltning för svalka behöver alltså en viss skötsel och val av rätt material och kvalitet för att fungera optimalt samt vara hållbar över tid.



Vegetationens kylande effekter ökar med åren i takt med att vegetationen växer.

MÄNGDEN GESTALTNINGSVERKTYG

I början av omgestaltningsfasen uppkom frågan om hur mycket Stortorget faktiskt skulle kunna göras om. Litteraturen visade att grönska är ett nyckelverktyg och hela Stortorget skulle med stöd från detta kunna göras om till en park eller grönyta. I ett sådant fall skulle dock torgets nuvarande karaktär och funktion till stor del gå förlorad. Var gränsen går för exempelvis hur mycket vegetation som kan användas utan att ett torg övergår till att bli en park har fått avvägas utefter vilka flöden, historiska karaktärer och sociala ytor som ansetts vara av vikt att behålla på just Stortorget. Resultatet av omgestaltningen har därför inneburit att många hårdgjorda ytor finns kvar, vilket kan medföra att temperaturen på Stortorget inte sänks lika mycket som om torget hade haft ännu mer grönska. Om en omgestaltung skulle ske på en annan plats hade detta kunnat se annorlunda ut. Dock kvarstår frågan kring



När övergår ett torg till att bli en park?

hur mycket en plats kan göras om utan att den förlorar sin karaktär och funktion. Detta är något som måste avvägas inför varje gestaltning då det kan se olika ut från plats till plats. Om värmeböljor i framtiden kommer att bli både fler och mer intensiva, måste troligtvis klimatanpassning få ta en större roll i urbana miljöer, och platsernas karaktär och funktion kan därmed få komma sekundärt. Att inte prioritera gestaltning med fokus på svalka kan på sikt göra en plats obrukbar på grund av att den blir för varm att vistas på under varma dagar.

Hur många gestaltningsverktyg som behövs för att skapa svalka och minska risken för värmestress på en plats är svårt att avläsa i litteraturen. I omgestaltningen av Stortorget har så många gestaltningsverktyg som möjligt använts, samtidigt som viktiga flöden, historiska karaktärer och sociala ytor har behållits. Simuleringarna i ENVI-met för år 2050 visar tydliga skillnader gällande både lufttemperaturen och strålningstemperaturen utan respektive med omgestaltningen. Att använda så många gestaltningsverktyg som möjligt på Stortorget har alltså gett ett svalkande resultat. Detta är särskilt tydligt i simuleringen av medelstrålningstemperatur där uppskattningsvis 66% av ytan i omgestaltningen simuleras till under den skadliga temperaturen på 47,6 °C, jämfört med bara ca 38% om omgestaltningen inte görs. Både strålningstemperaturen och lufttemperaturen blir generellt lägre över hela Stortorget om omgestaltningen görs, jämfört med om den inte görs. Det är dock svårt att veta var gränsen går för vilken mängd gestaltningsverktyg som måste användas för att en plats ska upplevas som sval. Troligen beror detta på platsens omgivning och klimatologiska förutsättningar.

SVALKANS SPRIDNING ÖVER STADEN

Fokus i den här omgestaltningen har legat på en plats där många människor rör sig dagligen. Mänsklig rekreation, minskad risk för värmestress samt förbättrad möjlighet till utomhusvistelse har varit viktigt. Trots att Stortorget är en relativt liten plats i förhållande till de omgivande hårdgjorda ytorna i Helsingborgs centrala delar, har omgestaltningen genom ENVI-met visat sig ge effekt på lufttemperaturen och strålningstemperaturen på platsen, samt på några av de omgivande gatorna.

I många fall är det svårt att särskilja gestaltningsverktygens direkta påverkan på en plats, och dess effekt på den urbana värmeö. Litteraturen har visat att svalka från flera gestaltningsverktyg kan spridas i dess omgivning. Om flera mindre ytor skulle anläggas i Helsingborg eller andra städer med hjälp av gestaltningsverktyg skulle svalka kunna spridas mer omfattande över fler delar av den urbana miljön. Detta skulle i sin tur kunna minska den urbana värmeöeffekten, och på så sätt bidra till förbättrad möjlighet till utomhusvistelse under värmeböljor.

AVSLUTNING

Den här uppsatsen har undersökt hur landskapsarkitekter och fysiska planerare med hjälp av olika gestaltningsverktyg kan anpassa platser i urbana miljöer för att minska risken för värmestress och förbättra möjligheten till utomhusvistelse för människor vid värmeböljor under dagtid. Litteraturen har visat på att det finns en rad gestaltningsverktyg för landskapsarkitekter och fysiska planerare att använda sig av. Skugga från vegetation och andra skuggande element är en viktig byggsten, liksom evapotranspirationen från vegetation, mark och vatten, samt materialval för att reflektera bort strålning. Vind i kombination med byggnader, vegetation och vatten påverkar också upplevelsen av värme på en plats. Något som de flesta av verktygen har gemensamt är att de får en större effekt genom att kombineras med varandra. Det är även värt att betona att flera av verktygen inte bara påverkar en plats i stunden, utan även i det långa loppet genom att reducera den urbana värmeöeffekten.

Gestaltningsverktygen från litteraturen kan tillämpas på Stortorget i Helsingborg genom att en stor del av ytan skuggas av träd, vegetation och andra element. De hårdgjorda ytor som finns bör ha ett högt albedo och genom att införa fler permeabla ytor kan evapotranspirationen öka. Stortorget kan även få flera vatteninslag såsom en klassisk fontän, en damm, samt en lekfontän där vatten kan evaporera och tillsammans med vind bidra till svalka. Om Stortorget omgestaltas med hjälp av dessa gestaltningsverktyg visar simuleringar i ENVI-met att både lufttemper-

aturen och strålningstemperaturen på platsen kan sänkas och att fler människor på så sätt kan vistas på platsen med minskad risk att utsättas för värmestress. Gestaltningsverktygens effekt hänger dock på att platsen upprätthålls med en god skötsel. För att på en stadsövergripande nivå få en kylande effekt skulle flera mindre ytor med gestaltningsverktyg kunna implementeras över en hel stad.

Att använda gestaltningsverktyg kan vara komplext. Vilka och hur många gestaltningsverktyg som kan användas på en plats beror på en rad faktorer såsom hur platsen används, om den ligger i en redan befintlig bebyggelsestruktur, vilka kulturella värden platsen har samt hur platsen används under året. Det är även ovisst exakt vilken kvantitet av gestaltningsverktyg som behövs för att kunna säga att en plats är klimatanpassad till värme. Troligen kan detta se olika ut på olika platser. Att gestalta platser med hjälp av gestaltningsverktyg, oavsett kvantitet, kan ändå vara av värde för att minska risken för värmestress och förbättra möjligheten till utomhusvistelse för människor vid värmeböljor under dagtid.

Då vi står inför en framtid med ett förändrat klimat kommer samhället att behöva klimatanpassas. Den här uppsatsen med omgestaltningen av Stortorget ska ses som en inspiration för hur landskapsarkitekter och fysiska planerare genom gestaltning kan anpassa platser i urbana miljöer till varmare temperaturer och fler och mer intensiva värmeböljor.

VIDARE FORSKNING

I den här uppsatsen har frågor uppkommit som inte rymts inom ramarna för just det här arbetet. Vidare forskning skulle kunna inrikta sig på hur gestaltningsverktygen kan utformas på ett sätt som gör en plats behaglig under alla årstider. I tillägg hade det varit värdefullt att ta reda på hur gestaltningsverktygen skulle kunna implementeras på andra plan, exempelvis i översiktsplanering, för att på så sätt kunna ge resultat på en större skala.

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Illustrationen är gjord fritt från: Länsstyrelserna (2013). *Klimatanpassning i fysisk planering - vägledning från länsstyrelserna*. Stockholm: Länsstyrelserna. <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.76f16c3d1665e-ba4c3e6bb2/1539780768155/klimatanpassning-fysisk-planering-201203.pdf> s. 61. [16.11.2021]

Figur 2: Fastighetskartan Markdata. Fastighetskartan Kommunikation. © Lantmäteriet 2022. Modifierad av författarna.

Figur 3: Fastighetskartan Markdata. Fastighetskartan Kommunikation. Fastighetskartan Bebyggelse. © Lantmäteriet 2022; Helsingborgs Stad (2017) *Helsingborg. Stadsplan 2017. 6. Grönt*. Gröna stråk (odefinierad yta), park [Kartografiskt material] <https://kartor.helsingborg.se/stadsplan/src/index.html?appid=8d8be-12f83ee43408e834ceab5634b67> [05.03.2022]. Modifierad av författarna.

Figur 4: Ortofoto 0.16m/pixel. © Lantmäteriet 2022. Modifierad av författarna.

Figur 5: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (DWG-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 6: Fastighetskartan Bebyggelse. GSD-Höjddata, grid 2+. © Lantmäteriet 2022. Modifierad av författarna.

Figur 7: Ortofoto 0.16m/pixel. © Lantmäteriet 2022. Modifierad av författarna.

Figur 8: Helsingborgs Stad (2021). *Kartunderlag för situationsplan över NORDEN 20. Koordinatsystem: Sweref 99 13 30 Höjdsystem: RH2000* [Kartografiskt material] 1:1000. © Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg. Modifierad av författarna.

Figur 9: Helsingborgs Stad (2021). *Kartunderlag för situationsplan över NORDEN 20. Koordinatsystem: Sweref 99 13 30 Höjdsystem: RH2000* [Kartografiskt material] 1:1000. © Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg. Modifierad av författarna.

Figur 10: Helsingborgs Stad (2021). *Kartunderlag för situationsplan över NORDEN 20. Koordinatsystem: Sweref 99 13 30 Höjdsystem: RH2000* [Kartografiskt material] 1:1000. © Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg. Modifierad av författarna.

Figur 11: Helsingborgs Stad (2021). *Kartunderlag för situationsplan över NORDEN 20. Koordinatsystem: Sweref 99 13 30 Höjdsystem: RH2000* [Kartografiskt material] 1:1000. © Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg. Modifierad av författarna.

Figur 12: Helsingborgs Stad (2021). *Kartunderlag för situationsplan över NORDEN 20. Koordinatsystem: Sweref 99 13 30 Höjdsystem: RH2000* [Kartografiskt material] 1:1000. © Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg. Modifierad av författarna.

Figur 13: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (SKP-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]; Helsingborgs Stad (2021). *Kartunderlag för situationsplan över NORDEN 20. Koordinatsystem: Sweref 99 13 30 Höjdsystem: RH2000* [Kartografiskt material] 1:1000. © Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg. Modifierad av författarna.

Figur 14: Illustration gjord fritt från: © SMHI (2021f). *Vindriktning och vindhastighet Helsingborg A*. Öppna data. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=wind,stations=all,stationid=62040>

Figur 15: Helsingborgs Stad (2021). *Kartunderlag för situationsplan över NORDEN 20. Koordinatsystem: Sweref 99 13 30 Höjdsystem: RH2000* [Kartografiskt material] 1:1000. © Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg. Modifierad av författarna.

Figur 16: Helsingborgs Stad (2021). *Kartunderlag för situationsplan över NORDEN 20. Koordinatsystem: Sweref 99 13 30 Höjdsystem: RH2000* [Kartografiskt material] 1:1000. © Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg. Modifierad av författarna.

Figur 17: Helsingborgs Stad (2021). *Kartunderlag för situationsplan över NORDEN 20. Koordinatsystem: Sweref 99 13 30 Höjdsystem: RH2000* [Kartografiskt material] 1:1000. © Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg. Modifierad av författarna.

Figur 18: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (DWG-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 19: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (DWG-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 20: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (SKP-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 21: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (SKP-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 22: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (DWG-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 23: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (SKP-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 24: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (SKP-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 25: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (DWG-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 26: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (DWG-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 27: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (DWG-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 28: Helsingborgs Stad (u.å). *3D byggnader*. (DWG-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]. Modifierad av författarna.

Figur 29: Modell och simulering skapad av författarna. ©ENVI-met.

Figur 30: Modell och simulering skapad av författarna. ©ENVI-met.

Figur 31: Modell och simulering skapad av författarna. ©ENVI-met.

Figur 32: Modell och simulering skapad av författarna. ©ENVI-met.

KÄLLFÖRTECKNING

1177 Vårdguiden (2019). *Kroppstemperaturen*.

<https://www.1177.se/liv--halsa/sa-fungerar-kroppen/kroppstemperaturen/> [21.02.2021]

1177 Vårdguiden (2021). *Värmeslag*. <https://www.1177.se/Skane/olyckor--skador/akuta-rad---forsta-hjalpen/varmeslag/> [15.11.2021]

Alizadeh, B. & Hitchmough, J. (2019). A review of urban landscape adaptation to the challenge of climate change. *International journal of climate change strategies and management*, 11 (2), 178–194. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-10-2017-0179>

Al-Rubaei, A., Stenglein, A-L., Blecken, G-T. & Viklander, M. (2012). *Can vacuum cleaning recover the infiltration capacity of a clogged porous asphalt?* Luleås tekniska universitet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-31015>

American Society of Landscape Architects (2022). *Professional practice. RESILIENT DESIGN: EXTREME HEAT*. <https://www.asla.org/extremeheat.aspx> [01.05.2022]

Anthropocene (2020). *New white paint reflects up to 98% of the sun's heat*. <https://www.anthropocenemagazine.org/2020/07/new-white-paint-is-super-cool/> [29.11.2021]

Battisti, A., Laureti, F., Zinzi, M. & Volpicelli, G. (2018). *Climate mitigation and adaptation strategies for roofs and pavements: A case study at Sapienza University Campus*. Sustainability (Basel, Switzerland), 10 (10), 3788–. <https://doi.org/10.3390/su10103788>

Bolin, L. & Johansson, K. (2014). Gröna fakta: Natursten som håller måttet. *Utemiljö*. (8/2014) <http://media.sten.se/2015/01/Gr%C3%B6na-Fakta-Tidningen-Utemilj%C3%B6-nr-8-2014.pdf> [01.03.2022]

Boverket (2012). *En urbaniserad värld*. <https://sverige2025.boverket.se/en-urbaniserad-varld.html> [02.11.2021]

Boverket (2019). *Grönska och vatten reglerar temperaturen vid värmeboljor*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/naturen/betydelse/reglerar-temp/> [03.11.2021]

Boverket (2021a). *Reglering av lokalklimat*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/verktyg/rakna/lokalklimat/> [03.11.2021]

Boverket (2021b). *Klimatanpassning i planeringen*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planeringsfragor/klimat/klimatanpassning/> [09.11.2021]

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. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>

Brown, R.D., Vanos, J., Kenny, N. & Lenzholzer, S. (2015). Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. *Landscape and urban planning*, 138, 118–131. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.006>

Bäcklin, O., Lindberg, F., Thorsson, S., Rayner, D. & Wallenberg, N. (2021). Outdoor heat stress at preschools during an extreme summer in Gothenburg, Sweden - Preschool teachers' experiences contextualized by radiation modelling. *Sustainable cities and society*, 75, 103324–. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103324>

Cameron, R.W., Taylor, J.E. & Emmett, M.R. (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. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.005>

Carmona, M. (2021). *Public places urban spaces : the dimensions of urban design*. Third edition. New York: Routledge.

Chen, A., Yao, X.A., Sun, R. & Chen, L. (2014). Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations. *Urban forestry & urban greening*, 13 (4), 646–654. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.07.006>

Climate adapt (2021). *Stuttgart: combating the heat island effect and poor air quality with ventilation corridors and green-blue infrastructure*. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/stuttgart-combating-the-heat-island-effect-and-poor-air-quality-with-green-ventilation-corridors> [17.11.2021]

Doick, K.J., Peace, A. & Hutchings, T.R. (2014). The role of one large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island. *The Science of the total environment*, 493, 662–671. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.048>

Dunnett, N. (2019). *Naturalistic planting design: the essential guide*. Bath: Filbert Press.

Dunnett, N. & Clayden, A. (2005). Resources: The raw materials of landscape, *Landscape and Sustainability* (pp. 179-201). I: Benson, J.F. & Roe, M.H. (red.). *Landscape and sustainability*. Second edition. Abingdon: Routledge.

EEA, European Environment Agency (2020). *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change*. (EEA Report No 12/2020 ISSN 1977-8449) <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-in-europe> [02.11.2021]

ENVI-met (u.å. a). *ENVI-met*. <https://www.envi-met.com/> [08.01.2022]

ENVI-met (u.å. b). *Software*. <https://www.envi-met.com/software/> [08.01.2022]

Erell, E., Pearlmutter, D., Boneh, D. & Kutiel, P.B. (2014). Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons. *Urban climate*, 10 (2), 367–386. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.10.005>

Fahed, J. , Kinab, E., Ginestet, S. & Adolphe, L. (2020). Impact of urban heat island mitigation measures on microclimate and pedestrian comfort in a dense urban district of Lebanon. *Sustainable cities and society*, 61, 102375–. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102375>

Ferguson, B. (2005). *Porous pavements*. Boca Raton: CRC Press, (Integrative studies in water management and land development; 6).

Fischer, E.M., Sippel, S. & Knutti, R. (2021). Increasing probability of record-shattering climate extremes. *Nature climate change*, 11 (8), 689–695. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01092-9>

Folkhälsomyndigheten (2015). *Hälsoeffekter av höga temperaturer – En kunskapssammanställning*. (15048). Östersund: Folkhälsomyndigheten. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/e39b425555f44a3ba05aa0dbaa956c43/halsoeffekter-hoga-temperaturer-15048-webb.pdf> [17.11.2021]

Folkhälsomyndigheten (2018). *Värmestress i urbana utomhusmiljöer*. (18061). Östersund: Folkhälsomyndigheten. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/e5286456e91c442a923c6884d84f79be/varmestress-urbana-utomhusmiljoer-18061-webb-181112.pdf> [20.11.2021]

Folkhälsomyndigheten (2019). *Värme och människa i bebyggd miljö*. (19043). Östersund: Folkhälsomyndigheten. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/da3f008f2fbc4d9f8424a3eb73f0d1a5/varme-manniska-bebyggd-miljo.pdf> [17.11.2021]

Foster, J., Lowe, A. & Winkelmann, S. (2011). *The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation*. The Center for Clean Air Policy February. Washington, DC

Gehl, J (2011). *Life between buildings: using public space*. Washington, DC: Island Press.

Glaumann, M., & Nord, N. (1993). *Uteklimate*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet: *Stad & Land* nr. 113, Movium, Institutionen för landskapsplanering, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Grimmond, S. (2007). *Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming*. Environmental Monitoring and Modelling Group, Department of Geography, King's College London Vol173, nr 1 s.83-88

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. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.04.034>

Guidebook Sweden (u.å.) *Stortorget*. <https://www.guidebook-sweden.com/en/guidebook/destination/stortorget-historical-market-square-helsingborg> [03.12.2021]

Gunawardena, K., Wells, M.. & Kershaw, T. (2017). Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *The Science of the total environment*, 584-585, 1040–1055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>

H22 (u.å.). *Om Helsingborg*. <https://h22.se/om-helsingborg/> [01.12.2021]

Helsingborgs Stad (u.å. a). *3D byggnader*. (DWG-fil). https://helsingborg.io/dataportal/datamangd/#esc_entry=391&esc_context=3 [24.11.2021]

Helsingborgs Stad (u.å. b). *Extremår (2018) - medeltemperatur vid solzenit (13:00)*. Värmeökartan [Kartografiskt material] <https://helsingborg.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b80af94a21a545a8abdfafe86a7b5ee2> [15.03.2021]

Helsingborgs Stad (u.å. c). *Markbeläggning*. <https://stadsmiljoprogram.helsingborg.se/markbelaggnings/> [03.03.2022]

Kemikalieinspektionen (2006). *Perfluorerade ämnen - användningen i Sverige*. (Rapport 6/06). Sundbyberg: Kemikalieinspektionen. ISSN: 0284 -1185 <https://www.kemi.se/download/18.6df1d3df171c243fb23a9920/1591454114790/rapport-6-06.pdf>

Kinouchi, T. & Yoshitani, J. (2001). *Simulation of the urban heat island in Tokyo with future possible increases of anthropogenic heat, vegetation cover and water surface*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.500.1295&rep=rep1&type=pdf> [14.02.2022]

Kleerekoper, L., van Esch, M. & Salcedo, T.B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, conservation and recycling*, 64, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.004>

Konarska, J., Lindberg, F., Larsson, A., Thorsson, S. & Holmer, B. (2013). Transmissivity of solar radiation through crowns of single urban trees—application for outdoor thermal comfort modelling. *Theoretical and applied climatology*, 117 (3-4), 363–376. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1000-3>

Konarska, J., Uddling, J., Holmer, B., Lutz, M., Lindberg, F., Pleijel, H. & Thorsson, S. (2015). Transpiration of urban trees and its cooling effect in a high latitude city. *International journal of biometeorology*, 60 (1), 159–172. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1014-x>

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. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.02.003>

Lenzholzer, S. (2015). *Weather in the city: how design shapes the urban climate*. Rotterdam: nai010 publishers.

Lenzholzer, S. & Brown, R.D. (2013). Climate-responsive landscape architecture design education. *Journal of cleaner production*, 61, 89–99. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.038>

Lindberg, F., Thorsson, S., Rayner, D. & Lau, K. (2016). The impact of urban planning strategies on heat stress in a climate-change perspective. *Sustainable cities and society*, 25, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.004>

Liou, Y.-A., Nguyen, K.-A. & Ho, L.-T. (2021). Altering urban greenspace patterns and heat stress risk in Hanoi city during Master Plan 2030 implementation. *Land use policy*, 105, 105405–. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105405>

Läkartidningen (2019). Ovanligt många dödsfall i Sverige sommaren 2018. *Läkartidningen*. 16 maj. <https://lakartidningen.se/klinik-och-vetenskap-1/artiklar-1/originalstudie/2019/05/ovanligt-ma1nga-dodsfall-i-sverige-sommaren-2018/> [05.11.2021]

Länsstyrelserna (2013). *Klimatanpassning i fysisk planering - vägledning från länsstyrelserna*. Stockholm: Länsstyrelserna. <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.76f16c3d1665eba4c3e6bb2/1539780768155/klimatanpassning-fysisk-planering-201203.pdf> [16.11.2021]

Martinelli, L., Lin, T.-P. & Matzarakis, A. (2015). Assessment of the influence of daily shadings pattern on human thermal comfort and attendance in Rome during summer period. *Building and environment*, 92, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.04.013>

Miljönämnden (2020). *Uppföljning av Helsingborgs klimat- och energiplan för 2019*. Helsingborg: Miljönämnden. <https://helsingborg.se/wp-content/uploads/2021/02/uppfoljning-kep-222018.pdf>

Mohajerani, A., Bakaric, J. & Jeffrey-Bailey, T. (2017). The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *Journal of environmental management*, 197, 522–538. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.095>

MSB (2020). *Fysisk planering i ett varmare klimat*. (MSB1679 december 2020). Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) <https://rib.msb.se/Filer/pdf/29467.pdf> [13.12.2021]

NASA (2019). *A Degree of Concern: Why Global Temperatures Matter*. <https://climate.nasa.gov/news/2865/a-degree-of-concern-why-global-temperatures-matter/> [11.11.2021]

Nationalencyklopedin (u.å. a). *Emissivitet*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/emissivitet>. [21.02.2022]

Nationalencyklopedin (u.å. b). *Marktemperatur och markvärme*. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/mark/marktemperatur-och-markvärme> [11.11.2021]

Naturskyddsföreningen (2021). *Hur fungerar växthuseffekten?* <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/hur-fungerar-vaxthuseffekten/> [04.11.2021]

Naturvårdsverket (u.å.) *Parisavtalet*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet> [03.11.2021]

Nishimura, N., Nomura, T., Iyota, H. & Kimoto, S. (1998). NOVEL WATER FACILITIES FOR CREATION OF COMFORTABLE URBAN MICROMETEOROLOGY. *Solar energy*, 64 (4), 197–207. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(98\)00116-9](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(98)00116-9)

Onishi, A., Cao, X., Ito, T., Shi, F. & Imura, H. (2010). Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots. *Urban forestry & urban greening*, 9 (4), 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.06.002>

Obminska, A. (2018). Så ska framtidens asfalt bli mer klimatsmart. *Ny Teknik*, 4 juli.

Oke, T.R., Mills, G., Christen, A. & Voogt, J.A. (2017). *Urban climates*. Cambridge: Cambridge University Press.

Ottesen, R. T., Støver, L., Bjørn, O., & Berthelsen, O. (2011). *Helse-og miljøskadelige stoffer i støtdempende fallunderlag på lekearealer for barn*. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse (NGU), Miljøenheten, Trondheim kommune (TK).

Perini, K. & Rosasco, P. (2013). Cost–benefit analysis for green façades and living wall systems. *Building and environment*, 70, 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.012>

Persson, B. (1998). Skötselmanual 98. *Gröna Fakta*, 8. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. ISSN: 0284-9798

Qin, Y. (2015). A review on the development of cool pavements to mitigate urban heat island effect. *Renewable & sustainable energy reviews*, 52, 445–459. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.177>

Qiu, G., Li, H., Zhang, Q., Chien, W., Liang, X. & Li, X. (2013). Effects of Evapotranspiration on Mitigation of Urban Temperature by Vegetation and Urban Agriculture. *Journal of Intergrative Agriculture*, Vol. 12, Issue 8, ss. 1307-1315 [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60543-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60543-2).

Regeringskansliet (u.å.). *Agenda 2030 och de globala målen för hållbar utveckling*. <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/> [02.12.2021]

Regeringskansliet (2021). *FN:s klimattoppmöte COP26 i Glasgow*. <https://www.regeringen.se/artiklar/2021/11/fns-klimattoppmote-cop26-i-glasgow/> [09.12.2021]

Robine, J.-M., Cheung, S.L.K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.-P. & Herrmann, F.R. (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes rendus. Biologies*, 331 (2), 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2007.12.001>

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*. Volume 26, October 2013, Pages 224-240 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.047>

Shashua-Bar, L. & Hoffman, M.E. (2000). Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and buildings*, 31 (3), 221–235. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(99\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(99)00018-3)

Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D. & Ereli, E. (2009a). The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. *Landscape and urban planning*, 92 (3), 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.04.005>

Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D. & Ereli, E. (2011). The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International journal of climatology*. 2011-08, Vol.31 (10), p.1498-1506. <https://doi.org/10.1002/joc.2177>

Shashua-Bar, L., Potchter, O., Bitan, A., Boltansky, D. & Yaakov, Y. (2009b). Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. *International journal of climatology*, 30 (1), 44–57. <https://doi.org/10.1002/joc.1869>

Sjöman, H. & Slagstedt, J. (2015). *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur.

SMHI (2017). *Normaldygnet maximitemperatur medelvärde i juli*. <http://www.smhi.se/data/meteorologi/temperatur/normaldygnet-maximitemperatur-medelvärde-i-juli-1.4022> [10.12.2021]

SMHI (2018a). *Större temperaturökning i Sverige än i världen i genomsnitt*. <https://www.smhi.se/nyhetsarkiv/storre-temperaturökning-i-sverige-ani-varlden-i-genomsnitt-1.139719> [03.11.2021]

SMHI (2018b). *Svalkande miljöer viktiga när värmeböljor stressar svenska städer*. <https://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/svalkande-miljoer-viktiga-nar-varmeboljorstressar-svenska-stader-1.136119> [02.11.2021]

SMHI (2019a). *Gröna tak, fördjupning*. <https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhallet/exempel-pa-klimatanpassning/grona-tak-fordjupning-1.116956> [28.12.2021]

SMHI (2019b). *Sommaren 2018 - en glimt av framtiden?*. (Klimatologi 52). https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.165089/Klimatologi_52%20Sommaren%202018%20-%20en%20glimt%20av%20framtiden.pdf

SMHI (2020). *Värmebölja*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/varmebolja-1.22372> [04.11.2021]

- SMHI (2021a). *Hur mäts lufttemperatur?* <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/temperatur/hur-mats-lufttemperatur-1.3839> [11.11.2021]
- SMHI (2021b). *IPCC Nationell kontaktpunkt.* <https://www.smhi.se/klimat/ipcc/ipcc> [15.11.2021]
- SMHI (2021c). *Temperatur.* <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/temperatur/temperatur-1.3843> [25.11.2021]
- SMHI (2021d). *Upplevd temperatur.* <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/temperatur/upplevd-temperatur-1.4613> [25.11.2021]
- SMHI (2021e). *UV-strålning.* <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/uv-stralning> [26.02.2022]
- Stathopoulos, T. (2006). Pedestrian level winds and outdoor human comfort. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, 94 (11), 769–780. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2006.06.011>
- Stewart, I. D. & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*. vol. 93, no. 12, American Meteorological Society, 2012, pp. 1879–900, <http://www.jstor.org/stable/26219368> [11.11.2021]
- Stockholms Stad (2021). *Karteringar av värme i Stockholm.* <https://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimatanpassning/varmeboljor-och-varmestress/karteringar-av-varme-i-stockholm/> [11.11.2021]
- Stone, J., Vargo, J., Liu, P., Habeeb, D., DeLucia, A., Trail, M., Hu, Y. & Russell, A. (2014). Avoided heat-related mortality through climate adaptation strategies in three US cities. *PloS one*, 9 (6), e100852–. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100852>
- Svensk Markbetong. (2019). *Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning*. 1 uppl. Billes Tryckeri AB.
- Svensson, E. (2015). *Bygg ikapp : för ökad tillgänglighet och användbarhet för personer med funktionsnedsättning*. 6. [uppdaterad] utg. Stockholm: Svensk byggtjänst.
- SVT (2021). *Varför känns värmen varmare senare under sommaren?* <https://www.svt.se/vader/amne/varfor-kanns-varmen-varmare-senare-under-sommaren> [09.11.2021]
- Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A. & Huang, J. (1988). Residential cooling loads and the urban heat island—the effects of albedo. *Building and environment*, 23 (4), 271–283. [https://doi.org/10.1016/0360-1323\(88\)90033-9](https://doi.org/10.1016/0360-1323(88)90033-9).
- 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. <https://doi.org/10.1002/jgrd.50704>
- Thorsson, S. (2012) *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden.* (FOI-R--3415--SE). Stockholm/Göteborg: FOI/Göteborgs universitet. <https://www.foi.se/rest-api/report/FOI-R--3415--SE>
- Thorsson, S., Lindberg, F., Björklund, J., Holmer, B. & Rayner, D. (2011). Potential changes in outdoor thermal comfort conditions in Gothenburg, Sweden due to climate change: the influence of urban geometry. *International journal of climatology*, 31 (2), 324–335. <https://doi.org/10.1002/joc.2231>
- Thorsson, S., Rocklöv, J., Konarska, J., Lindberg, F., Holmer, B., Dousset, B. & Rayner, D. (2014). Mean radiant temperature – A predictor of heat related mortality. *Urban climate*, 10 (2), 332–345. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.01.004>
- Upmanis, H., Eliasson, I. & Lindqvist, S. (1998). The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Göteborg, Sweden). *International journal of climatology*, 18 (6), 681–700. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199805\)18:63.O.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199805)18:6<681::AID-JCLI1097-0088(199805)18:63.O.CO;2-L)
- Wilhelmi, O.V. & Hayden, M.H. (2010). Connecting people and place: a new framework for reducing urban vulnerability to extreme heat. *Environmental research letters*, 5 (1), 014021–. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/1/014021>
- Xu, X., Sun, S., Liu, W., García, E.H., He, L., Cai, Q., Xu, S., Wang, J. & Zhu, J. (2017). The cooling and energy saving effect of landscape design parameters of urban park in summer: A case of Beijing, China. *Energy and buildings*, 149, 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.052>
- Zhou, B., Rybski, D. & Kropp, J.P. (2017). The role of city size and urban form in the surface urban heat island. *Scientific reports*, 7 (1), 4791–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04242-2>
- Žuvela-Aloise, M., Koch, R., Buchholz, S. & Früh, B. (2016). Modelling the potential of green and blue infrastructure to reduce urban heat load in the city of Vienna. *Climatic Change* 135, 425–438 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1596-2>