

NOVEMBER 2020
STADSBYGGNADSKONTORET GÖTEBORG

LOKALKLIMATUTREDNING FÖR DP CENTRUMBEBYGGELSE INOM BACKAPLAN

Christine Achberger, Marie Haeger-Eugensson, Frans Olofson
och Marian Ramos Garcia

COWI

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00
FAX 010 850 10 10
WWW cowi.se

NOVEMBER 2020
STADSBYGGNADSKONTORET GÖTEBORG

LOKALKLIMATUTREDNING FÖR DP CENTRUMBEBYGGELSE INOM BACKAPLAN

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A209035	A209035-4-02-RAP-003

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
1	20201127	Rapport	Christine Achberger Marie Haeger-Eugensson Frans Olofson Marian Ramos		

INNEHÅLL

Sammanfattning	7
1 Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	10
1.3 Framtida utformning av området	10
2 Klimatkomfort och hälsoaspekter utomhus	11
2.1 Vind och den mänskliga upplevelsen av vind	12
2.2 Fördelning av sol och skugga	13
2.3 Termiska förhållanden	14
3 Metod	17
3.1 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området	17
3.2 Termisk komfort utomhus	19
4 Resultat	20
4.1 Vindstudien	20
4.2 Strålningstemperatur	26
5 Diskussion	33
5.1 Vindförhållanden	34
5.2 Utvändiga sol- och skuggförhållanden	35
5.3 Strålningstemperatur	35
6 Sammanfattande bedömning lokalklimat	36
7 Referenser	40

BILAGOR

Bilaga A Beskrivning TAPM-modellen

Bilaga B Beskrivning MISKAM-modellen

Bilaga C Beskrivning av UMEP/SOLWEIG-modellen

Bilaga D Klimatkartor

- D.1 Förutsättningar för långvarigt stillasittande
- D.2 Förutsättningar för kortvarigt stillasittande
- D.3 Maximala vindhastigheter i detaljplaneområdet
- D.4 Strålningstemperatur het sommardag på morgonen kl 08.
- D.5 Strålningstemperatur 27 juli 2018, kl 16
- D.6 Strålningstemperatur varm sommardag på eftermiddagen
- D.7 Strålningstemperatur på en kylig sommardag på eftermiddagen
- D.8 Solljusanalys Backaplan vid vårdagsjämnningen genomförd av Radar Arkitektur

Sammanfattning

Inledning och syfte

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg håller på att ta fram en detaljplan för delar av Backaplansområdet, DP2. Detta arbete ingår i genomförandet av planprogrammet för Backaplan, som antogs våren 2019. Programarbetet syftar till att omvandla Backaplan från ett befintligt handels- och verksamhetsområde med stora asfalterade ytor till en attraktiv tätbebyggd blandstad.

COWI har fått i uppdrag att göra en utredning av lokalklimatet för detaljplaneområde 2, DP2, med avseende på vindförhållanden och risk för värmestress på sommaren. Syftet med utredningen är att kartlägga lokalklimatet i DP Centrumbebyggelse inom Backaplan, avseende vind, sol/skugga, temperatur och värmestress på sommaren och vegetationens och grönstrukturens betydelse för lokalklimatet.

Metod

För att ta fram representativa vindförhållandena för området har meteorologin beräknats med modellen TAPM för ett meteorologiskt typår, dvs. ett meteorologiskt representativt år för Göteborgsområdet. För de lokala vindförhållandena inne i området har CFD-modellen Miskam använts som beräknar hur vinden rör sig mellan byggnader ner i gatuplan och beräkna strömningsförhållandena i det bebyggda området. För beräkningen av strålningstemperaturen för utvalda sommardagar har modelleringsverktyget UMEP (Urban Multiscale Environmental Predictor) använts.

Resultat

Vindkomfort

Medelvindhastigheten över hela året är låg och därmed är förutsättningar för långvarigt stillasittande principiellt goda. Områden som inte uppfyller kriteriet ligger utanför bebyggelsen, t.ex. parkområdet längs med Kvillebäcken och parken i den norra delen av planområdet. På vissa platser kan det behövas åtgärder t.ex. vegetation eller skärmar för att förbättra vindkomforten för långvarigt stillasittande (t.ex. kvarter 70 vid kulturhuset, eller skolgårdarna i kvarter 54 och 26). Förutsättningar för kortvarigt stillasittande är mycket bra i hela området. Resultaten visar också att bebyggelsen kan förstärka vinden i markplan vid kraftigt blåst, t.ex. mellan husen som ligger mellan Backavägen och Lundbyleden eller i områdets sydöstra hörn, vid östra ändan av Hjalmar Brantingsgatan och nära Hjalmar Brantingsplatsen.

Värmestress på sommaren

För beräkning av strålningstemperaturen (T_{mrt}) har tre sommardagar valts ut, en "het", en "varm" och en "kylig" dag. Alla dagar har varit soliga.

Under den "heta" dagen värmts området upp kraftigt och eftermiddagens T_{mrt} på hårdgjorda ytor och i närheten av uppvärmda fasader når nivåer som kan innebära risk för hälsa för sårbara personer (t.ex. på innergårdar). Områden som ligger i skuggan på eftermiddagen får T_{mrt} mellan 33 och 36 °C. I grönområdena ligger T_{mrt} betydligt lägre då skugga från träden ger en markant sänkning. Även en varm sommardag kan T_{mrt} nå upp till den nedre gräns för hälsoeffekt på

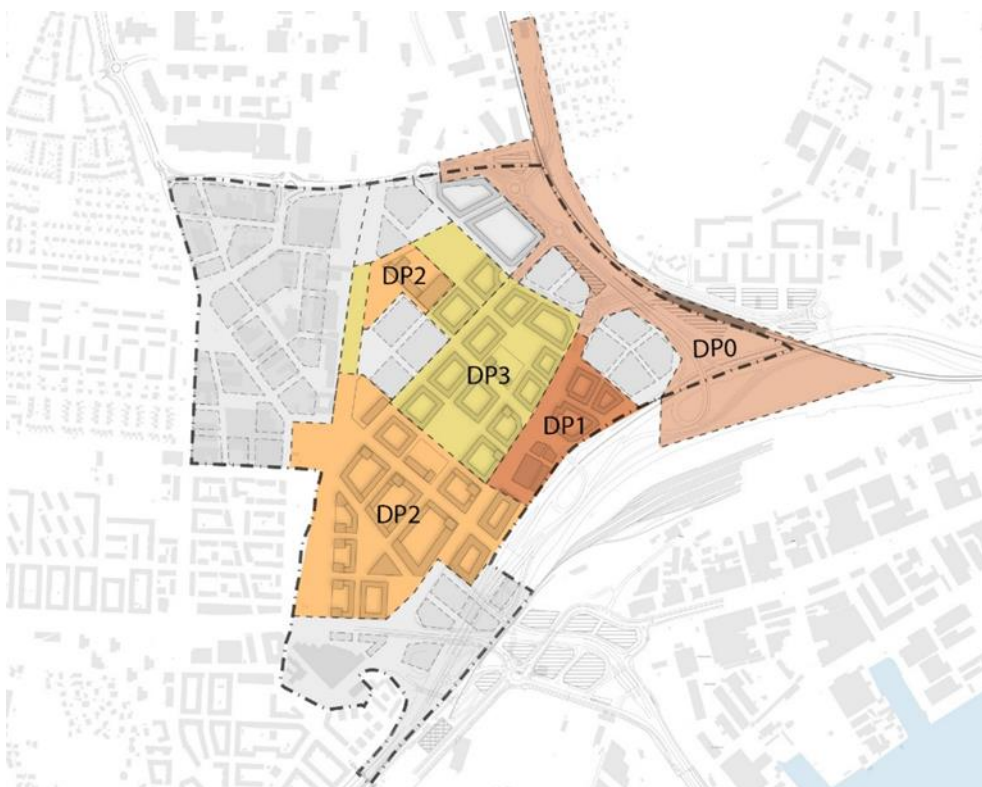
hårdgjorda, solbelysta områden och nära lodrätta fasader. Skillnaden i T_{mrt} kan bli stora på kort avstånd. Vid kyligare, men soligt sommarväder blir T_{mrt} överlag lägre.

Baserad på lufttemperaturen för maj till augusti 2018 har risken för värmestress utvärderats m h a SMHI's varning för hög värmebelastning (tre dygn i följd med lufttemperatur över 26 °C). Sommaren 2018, som var en mycket varm sommar och som ger en indikation för framtida somrar har gränsen överskridits ett flertal gånger. Den var en av de varmaste somrarna i Sverige och hade lett till ett flertal tillfällen med strålningstemperaturer över nivåer som ökar risken för hälso-problem.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg håller på att ta fram en detaljplan för delar av Backaplansområdet, DP2. Detta arbete ingår i genomförandet av planprogrammet för Backaplan, som antogs våren 2019. Programarbetet syftar till att omvandla Backaplan från ett befintligt handels- och verksamhetsområde med stora asfalterade ytor till en attraktiv tätbebyggd blandstad. Inom programområdet finns flera detaljplaner, varav denna utredning fokuserar på DP2. I Figur 1 visas en översikt över programområdet med DP2 markerat med orange färg.



Figur 1. Översikt över programområdet för Backaplan. Bild från SBK.

Planområdet för DP2 är indelat i två delområden. Ett större delområde i södra delen av Backaplan och ett mindre delområde i norra delen. Det större delområdet ligger i anslutning till Hjälmar Brantingsplatsen.

Inom DP2 planeras för ca 2 200 bostäder, handel, kontor och hotell, ett kulturhus i två våningar vid Hjälmar Brantingsplatsen samt flera förskolor och skolor. Planerade grundskolor i området placeras i egna kvarter medan förskolor kan integreras i byggnader tillsammans med andra markanvändningar. Se Figur 2 för en översikt över detaljplaneområdet för DP2.



Figur 2. Översikt över planområde för DP2, med kvartersnummer. Skolor planeras i kvarter 54 och 26, kulturhus i kvarter 70 och förskolor integrerat i kvarter 58 och 59. Bild ur förfrågningsunderlaget.

1.2 Syfte

Syftet med utredningen är att kartlägga lokalklimatet i DP Centrumbebyggelse inom Backaplan, avseende vind, sol/skugga, temperatur och värmestress på sommaren och vegetationens och grönstrukturens betydelse för lokalklimatet. En sammanvägd bedömning för de olika klimataspekterna och fördjupad analys av sociala ytor såsom torg, stråk och hållplatser ger en bättre förståelse av de lokalklimatologiska förhållandena, vilket underlättar att skapa attraktiva platser utomhus för olika ändamål och aktiviteter (t.ex. vindstilla lekplatser, innegårdar med solljus). I områden med hög och tät bebyggelse är det viktigt att ta hänsyn till de lokalklimatologiska förhållandena redan tidigt i planeringen för att undvika dels mörka och blåsiga områden, dels områden som kan bli för varma på sommaren p.g.a. för lite skugga och för mycket hårdgjorda ytor.

1.3 Framtida utformning av området

Den planerade bebyggelsen inom DP Centrumbebyggelse inom Backaplan visas i Figur 3. Området angränsar till Hjalmar Brantingsplatsen i söder och Lundbyleden i öster. Mot Lundbyleden ses höga byggnader på 12 våningar som skärmar av mot leden. Kvarter 61-63 kommer vara ca 10 våningar med högre hus på hörnen, 16-24 våningar. Kvarter 59 kommer också ha högre delar mot Hjalmar Brantingsplatsen, medan kulturhuset i kvarter 70 kommer vara endast 2 våningar. Övriga kvarter inom detaljplaneområde kommer variera mellan ca 4-10 våningar.



Figur 3. Planerad bebyggelse inom DP Centrumbebyggelse inom Backaplan. Siffror mitt i kvarteren visar kvarters-nummer, medan små siffror på de olika husdelarna visar antal våningar. OBS norra delen av detaljplaneområdet är inklippt i övre högra hörnet av bilden.

Kommande bebyggelse inom övriga delar av programområdet har även den lagts in i 3D-modellen för beräkningarna, eftersom ett större område än bara det område man vill utreda behöver inkluderas i modellen för att få ett realistiskt vindmönster. Därför har även planerad bebyggelse för övriga områden inom programområdet inkluderats. Arbetet med att ta fram bebyggelse inom DP3 och gråa områden inom programområdet (se Figur 1 på sidan 8) har inte gjorts i detalj ännu, så för dessa områden har bebyggelse med kvartersstruktur antagits, i samråd med beställaren. För DP1 finns en planerad utformning som har inkluderats i modellen.

Även bebyggelse lite längre från planområdet kan potentiell påverka vindförhållandena i området. I Frihamnen några hundra meter söder om Backaplan planeras tät och hög bebyggelse, och dessa har inkluderats i randvillkoren för vindberäkningarna.

2 Klimatkomfort och hälsoaspekter utomhus

Människors upplevelse av utomhusförhållanden med avseende på väder styrs av en rad faktorer där temperatur, solinstrålning, vind och luftfuktighet påverkar kroppens värmebalans och människans upplevelse. När det blåser kraftigt samtidigt som temperaturen är låg ($< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) upplevs temperaturen som lägre än

vad termometern visar. Riktigt varma sommarkvarnar kan å andra sidan en fläk-
tande vind ge tillräcklig svalka för att det ska bli komfortabelt. När det är varmt
och luftfuktigheten samtidigt är hög upplevs temperaturen ofta som varmare än
vad termometern visar, eftersom den höga luftfuktigheten gör att svettning inte
är lika effektivt för avkylning som vid låg luftfuktighet. Andra faktorer som på-
verkar upplevelsen är vilken typ av aktivitet man utför och hur mycket kläder
man har på sig. Generellt kan sägas att människor är mest tillfreds med de ter-
miska förhållandena när dessa är "neutrala", det vill säga när det varken är för
kallt eller för varmt. Det är vid dessa förhållanden som vi upplever "thermal
comfort", termisk komfort. Nedan ges en kort introduktion till hur komfort avse-
ende vind och temperatur kan beräknas.

2.1 Vind och den mänskliga upplevelsen av vind

I vårt nordliga klimat med övervägande låga temperaturer har vinden en stor in-
verkan på hur människor upplever vistelsen utomhus. Vid låga vindhastigheter
upplevs "olägenheter" till följd av dels av vinden s.k. byighet (d.v.s. när vinden
byter riktning plötsligt och ofta) dels dess avkylande effekt. Vindens effekt och
därmed dess olägenhet ökar snabbt med vindhastigheten. Vid högre vindhastig-
het och ökad byig vind blir vindtrycket den effekt som ger försämrade komfort.
När det blåser > 5 m/s upplevs därmed vinden ofta som störande, men i vilken
grad den upplevs som besvärande är individuellt och beror mycket på aktivitet.

Vid utvärdering av vindkomforten används ofta den "upplevda vinden" istället
för den uppmätta vinden. Då byigheten i bebyggda områden ofta är högre än på
exempelvis ett öppet fält, är den upplevda vindhastigheten i bebyggda områden
för det mesta något högre än den uppmätta eftersom byigheten är högre. Enligt
Glaumann och Westerberg (1988) kan den upplevda vindhastigheten relateras
till den uppmätta, d.v.s. inklusive byigheten, enligt:

$$u_{upplevd} = 0,85 * (1 + I) * u_{uppmätt} \quad (1)$$

där I är mått på turbulensintensiteten. Ett typiskt värde för I är 0,6 i lä om en
byggnad. Med hjälp av denna omräkning kommer till exempel värdet 5 m/s,
som är gränsvärdet för årsmedel som ej bör överskridas på gång och cykelba-
nor, överskridas redan när den *uppmätta* vindhastigheten är 3,7 m/s eller
högre. I Tabell 1 redovisas årsmedelvärden för upplevda och uppmätta vindhas-
tigheter som ej bör överskridas i olika typer av miljöer.

Vindmiljön bedöms i vilken grad människor upplever en sämre komfort, baserat
på några olika kriterier som visas i Tabell 1.

För att en plats ska ha godtagbara vindförhållanden krävs det att den upplevda
vindhastigheten för respektive aktivitet inte ska överskridas under mer än en
viss procentuell andel av tiden under ett genomsnittligt år (Tabell 1).

Tabell 1. Bedömningsgrunder för vindkomfort enligt Glaumann och Westerberg 1988. Blåmarkerad kolumn avser uppmätt vindhastighet vilken används i denna studie.

Vistelsemiljö	Årsmedelvärde för upplevd vindhastighet som ej bör överskridas (m/s)	Årsmedelvärde för uppmätt/beräknad vindhastighet som ej bör överskridas (m/s)	Andel timmar under ett år (%) som vinden ska understiga den upplevda vinden
Gång- och cykelvägar – risk för personskador	5	3,7	50 %
Kortare uppehåll, (torg, hållplatser) – gräns för acceptabla förhållanden	3	2,2	80 %
Längre uppehåll stillasittande (uteplatser, lekplatser) – gräns för önskvärda förhållanden	1,5	1,1	99,5 %

Generellt gäller att godtagbara vindförhållanden för stillasittande/stillastående aktiviteter innebär både lägre gränsvärde för årsmedelvindhastigheten och mindre andel av tiden som detta gränsvärde får överskridas, än vid rörliga aktiviteter så som promenad eller cykling. Även vistelsetiden spelar roll. Detta innebär att på platser som främst är avsedda för kortvariga vistelser och där man förväntas vara i rörelse som t ex gång- och cykelvägar kan högre vindhastigheter under en större andel av tiden accepteras, jämfört med torg eller lekplatser där människor förväntas vistas längre och vara stillasittande.

2.1.1 Vind i tätbebyggda områden

Jämfört med öppna ytor ger bebyggelsen skydd mot vinden på den aktuella platsen. Detta innebär att medelvindhastigheten i marknivå blir lägre jämfört med om platsen hade varit utan bebyggelse. Å andra sidan ökar bebyggelsen markytans råhet, vilket gör att turbulensen och bygheten ökar. Höga byggnader kommer dessutom i kontakt med luftskikt högre upp över marken där vindhastigheten är större än i markplan där människorna vistas. Detta kan leda till att höga byggnader leder ner de kraftigare vindarna till markplan, särskild vid byggnader som är betydligt högre än omgivningen. I kombination med bebyggelsens rumsliga struktur kan detta leda till att det uppstår speciellt blåsiga ställen runt huskropparna, i gaturum eller på torg.

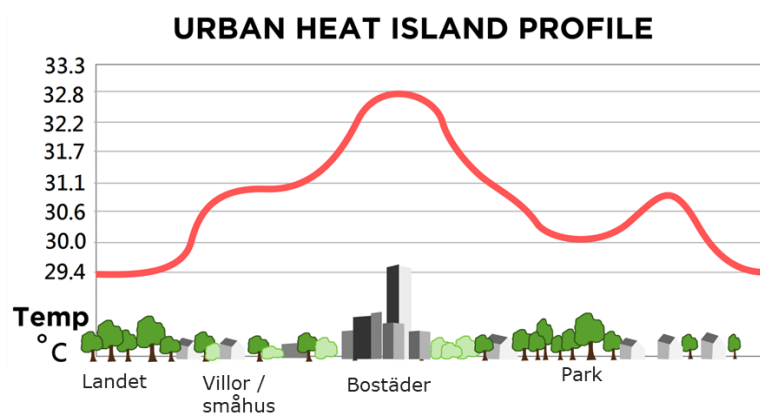
2.2 Fördelning av sol och skugga

Direkt solljus och fördelning av skugga är viktiga parametrar för hur boendemiljön upplevs. Höga byggnader och stora träd styr hur mycket och när bostäder och andra lokaler exponeras för direkt och indirekt solljus och har stor betydelse för ljusförhållanden och termisk komfort i ett bostadsområde. I områden där tät och hög bebyggelse skapar trånga gaturum kan bostäder och gatorna mellan

byggnaderna ligga i skugga stora delar av året och dygnet. Särskilt under vinterhalvåret när solen står lågt över horisonten på våra nordliga breddgrader kan bebyggelsen förhindra att direkt solljus når markplan eller de lägre våningarna. En solig dag på våren söker sig många till soliga platser, medan det en varm sommardag är skuggiga platser som föredras. God tillgång till både solbelysta och skuggiga platser är särskilt viktigt för att göra offentliga platser, parker och lekparkar attraktiva för utomhusvistelse hela året.

2.3 Termiska förhållanden

Förutom vinden är de termiska förhållandena mycket avgörande för upplevelsen av utomhuskomforten i det urbana rummet. Även höga temperaturer kan ge negativa hälsoeffekter på människor vilket har uppmärksammats mer under senare år. De termiska förhållandena, s.k. termisk komfort (utomhus), är delvis ett subjektivt begrepp och styrs av lufttemperatur, vind, luftfuktighet, solinstrålning, metaboliskt värme och kläders förmåga att isolera (Mukherjee och Mahanta, 2014). På senare år har man även funnit att den termiska komforten till stor del styrs av den så kallade strålningstemperaturen, vilken i sin tur styrs av solinstrålning. Vidare har marktäckets beskaffenhet samt reflektion av utgående värmestrålning en inverkan på strålningstemperaturen (se vidare kap 2.3.1). Till skillnad från obebyggda områden finns större andel hårdgjorda ytor i staden, som till exempel vägar, trottoarer, husfasader, tak etc. Hårdgjorda ytor har andra egenskaper än naturliga ytor med avseende på värmelagringskapacitet, reflektion av inkommande solinstrålning och hur mycket av solenergin som kan gå till avdunstning. De lodrätta byggnadsfasaderna i staden gör att det finns en mycket större yta som kan värmas upp av solinstrålningen och som kan lagra värme jämfört med om samma markyta hade varit obebyggd. Av den anledningen är städer, särskilt stora, tätbebyggda sådana, ofta några grader varmare än den omgivande landsbygden, vilket kallas för urban värmeö. Medan det kan anses som en positiv effekt, särskilt i kallt klimat, kan det förstärka värmebelastningen under varma sommardagar. Effekten kan ses i Figur 4 som visar en temperaturprofil tvärs genom en stad. De centrala delarna är i detta fall > 3 °C varmare än omgivande områden. Här ses också att parken har en avkylande effekt.



Figur 4. Temperaturprofil tvärs genom en stad.

När det gäller hälsoeffekter till följd av höga temperaturer finns det flera studier som visar att högst hälsopåverkan ses då nattetemperaturen överstiger 26 °C under minst 3 dygn i rad (Climate Model Berlin, 2016). Förklaringen är att människor påverkas i högre utsträckning om det inte finns en möjlighet att ventilerar ut bostaden under natten och därmed erhålla dräglig temperatur nattetid. I flera länder, däribland Sverige, utfärdas därför numer varningar för höga temperaturer (se Tabell 2) så att t.ex. sjukvård och äldreboende blir mer förberedda, samt människor generellt kan planera aktiviteter efter värmen.

Tabell 2. Befintliga gränser för varningar vid värmeböljor avseende lufttemperatur.

Typ av varning	Gräns temperatur och tidslängd
48 timmars förvarning	Om maxtemperaturen förväntas bli minst 26 °C under 3 dygn i följd.
Klass 1-varning till allmänheten	Om maxtemperaturen förväntas bli minst 30 °C under 3 dygn i följd.
Klass 2-varning till allmänheten	Om temperaturen förväntas bli minst 30 °C grader under mer än 5 dygn eller minst 33 °C under 3 dygn.

2.3.1 Strålningstemperatur T_{mrt}

Under varma perioder lagrar tätbebyggda, urbana miljöer med många husfasader och hårdgjorda ytor stora mängder termisk energi (d.v.s. värme) från solinstrålningen dagtid. I takt med att huskropparna och markbeläggning värms upp börjar dessa också avge en del av värmen genom strålning och även konvektion (d.v.s. (vertikal) värmetransport i luften). Detta leder till att människor värms upp av både luftens temperatur och av värmestrålning från väggar och varm mark. Dessutom sker ytterligare uppvärmning genom reflektion av solljus mot väggar och mark. Effekten av dessa processer blir tydligt märkbara nära en solbelyst vägg. I den urbana, mera "slutna" miljön är därför lufttemperaturen en otillräcklig indikator för människans termiska upplevelse. Istället är den s.k. "mean radiant temperature" (T_{mrt}), den "genomsnittliga strålningstemperaturen", en bättre indikator. Denna tar hänsyn till både kortvågig (synligt ljus) och långvågig (värme-) strålning som människan exponeras för. Det är därför inte lufttemperaturen som är den viktigaste meteorologiska faktorn som styr människans energibalans och därmed den termiska komforten och påverkan på hälsan vid värmestress. Det är istället främst den summerade kort- och långvågiga strålningen, representerad av T_{mrt} .

I Sveriges övervägande kyliga klimat är det än så länge förhållandevis liten risk för långvariga höga sommartemperaturer och värmeböljor inträffar, dock är förekomsten av enstaka riktigt varma sommardagar inget ovanligt. Med den globala uppvärmningen ökar emellertid risken för att det kommer inträffa fler och även mer långvariga varma perioder i framtiden. Eftersom både framtida klimat och en tätare bebyggelse förväntas ge ökade urbana temperaturer är det viktigt att utreda lokala effekter från byggandet. Om det visar sig att den föreslagna

bebyggelsen ger för höga lokala temperaturer kan åtgärder föreslås och även testas om dessa frågor hanteras redan i detaljplaneskedet.

Det finns i dagsläget inte lika tydliga bedömningsgrunder för vanlig lufttemperatur eller för strålningstemperatur som för vindstyrka. På senare år har det framkommit en hel del vetenskapliga studier som visar att strålningstemperaturen är ett bättre mått på hälsoeffekter till följd av höga temperaturer. Ett exempel är genomförd av Thorsson m.fl. (2014) där det framgår att strålningstemperatur ger en större förklaringsgrad relaterat till människors hälsa jämfört med lufttemperatur. Vid strålningstemperaturer över ca 60 °C identifierades en 10 % högre risk att dö för äldre över 80 år och dessa påverkas mest av höga temperaturer på dagen. Andra åldersgrupper är dock också utsatta för risk men inte i samma utsträckning som den övre åldersgruppen. Människor mellan 45-70 år påverkas mest av höga temperaturer på natten (Thorsson m.fl., 2014).

Tabell 3. Strålningstemperaturens koppling till ökad mortalitetsrisk för två olika åldersgrupper.

Ökning i mortalitetsrisk (%)	T_{mrt} (°C)	
	Ålder 45-79 år	Ålder 80+ år
5	58,8	55,5 (T. 55)
10	-	59,4 (T. 60)

I denna utredning har fokus varit på den mest sårbara gruppen det vill säga människor på 80+ år. Gränserna för T_{mrt} för denna åldersgrupp är avrundade till 55 respektive 60 °C och förkortas härafter till T. 55 respektive T. 60 (Tabell 4).

Tabell 4. Gränser för strålningstemperatur (T_{mrt}) använda i denna utredning.

Nivå	Gräns T_{mrt} (°C)
Övre gräns för hälsoeffekt av strålnings-temperatur*	60°C
Nedre gräns för hälsoeffekt av strålnings-temperatur	55°C

*Baserat på den mest sårbara gruppen i samhället d.v.s. människor på 80+ år

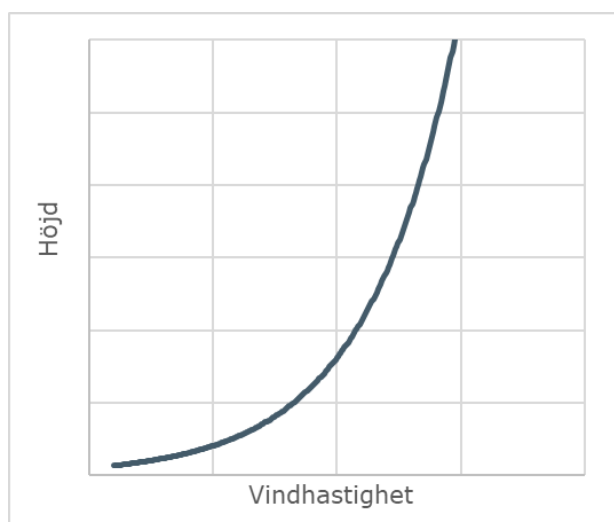
Baserat på ovanstående gränser för högre risk att dö kommer dessa strålnings-temperaturer att användas i denna utredning för bedömning av risken för exponering av för höga temperaturer.

3 Metod

3.1 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området

3.1.1 Markytans påverkan på vinden

Markytans beskaffenhet påverkar vindhastigheten och vindriktningen och effekten är störst nära marken. Byggnader och vegetation utgör hinder för vinden och luften i rörelsen behöver ta sig runt eller över hindret. I större skala har topografin samma effekt och ändrar både vindens hastighet och riktning när luften behöver ändra bana. Vindhastigheten ökar med höjden då påverkan från markytan avtar med höjden. Denna ökning i vindhastigheten sker inte linjärt med höjden utan är ännu mer (logaritmiskt, se exempel Figur 5).



Figur 5. Generell bild över vindhastighetens ökning över marken. Den vertikala profilen visar hur vindhastigheten kan öka med större höjd över marken. Profilen är ett typexempel och kan variera mycket beroende på geografiska läget.

Byggnadshöjderna för den aktuella detaljplanen ligger mellan 4 till 16 våningar, dvs upp till ca 50 m. För att kunna beräkna effekten av "neddraget" av högre vindhastigheten från högre höjd via de högre husen har ingångsdata till de lokala beräkningarna hämtats från en höjd av 100 meter över mark. Denna vindhastighet modifieras därefter i nästa steg i beräkningen med en CFD-modell så att relevant marknära vind erhålles. Dessa steg beskrivs i mer detalj i kommande avsnitt.

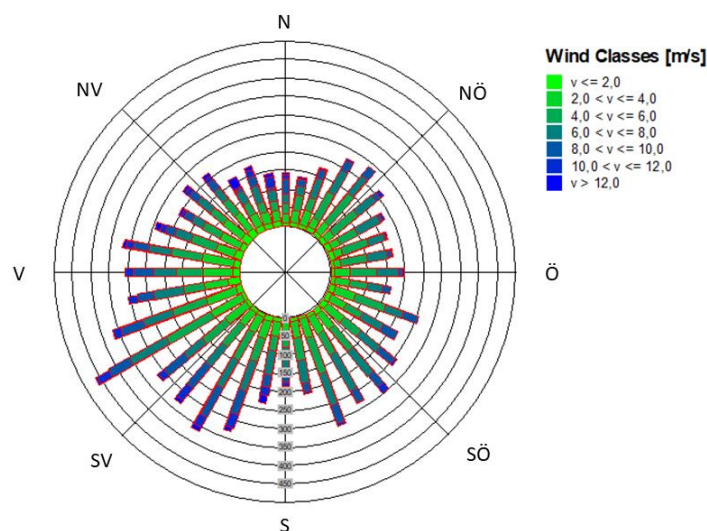
3.1.2 Indata vindsimulering

För att kunna beräkna realistiska vindförhållanden över ett område behöver CFD-modellen meteorologiska indata som representerar de lokala förhållanden med avseende vindhastighet och vindriktning. Då det inte finns någon meteorologisk mätstation i närheten med tillräckligt hög tidsupplösning (vindmätning

varje timme), och inte heller på en relevant höjd (se nedan) har den lokala meteorologin beräknats med TAPM (The Air Pollution Model, se vidare Bilaga A). TAPM är en validerad meteorologisk prognosmodell (Chen m. fl. 2002) som tar hänsyn till bl.a. topografi, markanvändning, havstemperatur, markfukt m.m. varpå exempelvis sjö/landbris samt omlandsbris kan simuleras. Modellen beräknar vinden på allt ifrån markplan till flera tusen meters höjd men med en högre vertikal upplösning närmast marken.

Som meteorologisk indata till vindfältberäkningar används ofta antingen ett specifikt år eller ett statistiskt medelår. Vid användande av ett specifikt år finns risk att detta år inte återspeglar "normala" vindförhållanden eftersom klimatets mellanårsvariabilitet är stor i Sverige. Därför används i denna studie istället ett så kallat meteorologiskt typår som representerar de typiska vindförhållandena över en tidsperiod av flera år. För denna studie har det meteorologiska typåret för Göteborg använts, sammansatt av månader tagna från åren 2011 till 2019.

Figuren nedan visar den data som används som indata vid CFD-beräkningarna för vindfältet över detaljplaneområdet. Här visas den lokala fördelningen av vindhastighet och vindriktning framtagna med modellen TAPM över planområdet vid 125 m höjd för hela typåret (Figur 6). Staplarna i vindrosorna indikerar från vilket håll det har blåst och längden är ett mått på hur ofta vindriktningen har förekommit. Vindhastigheten indikeras med olika färger. För hela året är sydöstliga, sydvästliga och västliga vindar dominerande. På 100 m höjd är vindhastigheten avsevärt högre än vid 10 m över marken, vilket förklarar den ganska stora andelen av hastigheter över 5 m/s.



Figur 6. Vindros för DP Centrum Backplan, för typåret. Vindrosen visar fördelning av vindhastighet och vindriktning 125 m över marken.

3.1.3 Detaljerad vindmodellering i detaljplaneområdet

För att modellera vinden i markplan i området har en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics) använts, Miskam-modellen (Microscale Climate and Dispersion Model, se Bilaga B för mer information). I modellen byggs initialt en 3D-modell av bebyggelsen, och därefter beräknas ett tredimensionellt vindfält (strömningsmönster) med en detaljerad upplösning (3,5 x 3,5 m grid). Modellen simulerar både turbulens (virvelbildning) och strömningsförhållanden runt byggnader i mikroskala, exempelvis runt enskilda byggnader, i gaturum eller kvarter, och lämpar sig därmed väl för detaljerade vindstudier i tätbebyggda områden (Haeger-Eugensson m.fl. 2019). Förutom vindsimuleringar kan Miskam även användas för beräkning av spridningen av luftföroreningar.

Beräkningsområdet som inkluderats i modellen är mycket större än planområdet. Orsaken är att omkringliggande hus påverkar och modifierar vinden som kommer in över planområdet. Om ett för litet område inkluderas finns risk att den beräknade vindhastigheten överskattas då vinden inte i tillräcklig omfattning modifieras (bromsas) innan vinden når det aktuella kvarteret/området. Bebyggelse, särskilt när den består av en blandning av högre och lägre byggnader, ökar markytans råhet varpå turbulensen ökar, vilket ger lägre vindhastigheter nära marken. Höga hus nära planområdet kan också ha stor påverkan på vindförhållandena i markplan genom att dessa leder ner höga vindhastigheter från vindlager på högre höjd.

3.2 Termisk komfort utomhus

Modelleringsverktyget UMEP (Urban Multiscale Environmental Predictor) (Lindberg m.fl., 2018) är en modell för klimatutredningar och har använts för den här utredningen. I modellen kan beräkningar göras av termisk komfort utomhus (bl.a. T_{mrt}), urban energiförbrukning eller planering med avseende på klimatförändringar och även fördelningen av sol och skugga utomhus etc. UMEP används av arkitekter, stadsplanerare och klimatologer både inom forskning och för olika praktiska tillämpningar. Grunden för UMEP är ett modelleringsystem med olika moduler som tar hänsyn till de faktorer som styr det urbana klimatet (så som bebyggelsestruktur, geometri och markanvändning) och de relevanta processerna (t.ex. den urbana energi- och strålningsbalansen). För beräkning av strålningstemperatur används modulen SOLWEIG (Solar och Longwave Environmental) Irradiance Geometry-model).

3.2.1 Indata termisk modellering

Indata till den termiska modelleringen är hämtad från SMHI stationen vid Skansen Lejonet. Mätdata för lufttemperatur, luftfuktighet och globalstrålning är indata till UMEP för att beräkna strålningstemperaturen. Skugga är, som beskrivet tidigare, många gånger fundamentalt för den termiska komforten. Minskad solinstrålning, på grund av molnighet visar sig som en minskning av den uppmätta globalstrålningen. Hur högt och i vilket väderstreck solen står på himlen i kombination med byggnadernas höjd och placering styr hur skuggmönstret fördelar sig över området.

De termiska förhållandena påverkas också av byggnadsmaterial och typ av marktäcke (t.ex. asfalt, gräs, grus/jord), då det styr *utbytet* av strålning (reflektion och emission). Även *lagringen* av termisk energi, som i mindre eller större utsträckning förskjuter utstrålningen av värmestrålning i tiden, påverkas av marktäcke och byggnadsmaterial men denna term är inte inkluderad i SOLWEIG. Marktäckeskartan som använts i denna utredning är framtagen så att den, genom samråd, överensstämmer med kartmaterial erhållet från Stadsbyggnadskontoret (se Figur 2).

Utöver marktäckesfördelning har, i samråd med Park- och Naturförvaltningen, träd placerats ut i parker och i grönområdet längs Kvillebäcken. Det skall påpekas att det i detta tidiga skede av planeringsprocessen inte går att fastställa trädens exakta antal och position och inte heller vilken typ av träd det i slutändan blir.

3.2.2 Strålningstemperatur

Beräkningar av T_{mrt} inkluderar bl.a. den rumsliga fördelningen av kortvågig strålning (d.v.s. den synliga delen av solljuset) och långvågig värmestrålning. Här inkluderas även skuggeffekter från byggnader och vegetation (träd) och hur skuggmönstren varierar i både tid (över dygn och året) och rum. Resultatet från dessa beräkningar anges i strålningstemperaturen, T_{mrt} . Denna beräknas 1,1 m över marken, vilket motsvarar ett ungefärligt masscentrum för en stående människa. Baserat på detta modellresultat kan risken för värmestress bedömas. Utredningen av lokalklimatet med avseende på temperaturen i planområdet fokuserar på olika vädersituationer på sommaren; dels soliga och varma sommardagar med höga luft- och strålningstemperaturer då det är risk för värmestress, men även mer "normalt" svenskt sommarväder samt kyliga sommardagar.

4 Resultat

4.1 Vindstudien

4.1.1 Vindkomfort

För bedömning av vindkomforten appliceras de vindklasser och bedömningsgrunder som beskrivs i Tabell 1. Kriterierna beskriver hur vindförhållanden bör vara för olika typer av aktiviteter och i vilka vistelsemiljöer dessa antas förekomma (t.ex. långvarigt stillasittande i en park eller uteservering, kortvarigt stillasittande vid busshållplats och områden lämpligt för gång- och cykelbanor).

Beräkningar har gjorts dels för medelvindhastigheten för hela året över planområdet, dels hur ofta olika vindhastigheter uppträder, för att bedöma vindförhållandena enligt kriterierna i Tabell 1. Då den faktiska vindhastigheten oftast inte

är av primärt intresse, utan snarare vindkomforten, har baskartorna sammanvägts med hjälp av GIS-metodik. Områden lämpliga för långvarigt stillasittande visas i Figur 7 där färgsättningen baseras på Tabell 5.

Tabell 5. I Figur 7 har respektive område klassificerats för att visa på områdets lämplighet avseende aktiviteter som innefattar långvarigt stillasittande. Gränserna bygger på kriterier i Tabell 1.

Klassificering av området	Vindexponering	Platsens lämplighet för långvarigt stillasittande
Blårandigt	Årsmedelvärdet för vindhastighet är lägre än 1,1 m/s.	Förutsättning för långvarigt stillasittande kan finnas
Mörkgrönt	Vindhastigheten är lägre än 1,1 m/s under 99,5 % av tiden	Mycket bra förutsättningar för långvarigt stillasittande
Ljusgrönt	Vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 80-99,5 % av tiden	Relativt bra förutsättningar, men vissa åtgärder kan behövas.
Gult	Vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 60-80 % av tiden	Åtgärder krävs för att området ska bli lämpligt för långvarigt stillasittande
Orange	Vindhastigheten högre än 1,1 m/s	Ej lämpligt för långvarigt stillasittande, men bra för GC-banor

I Figur 7 framgår att medelvindhastigheten över hela året är låg (under 1,1 m/s som indikeras av den blårandiga ytan). Därmed är förutsättningar för långvarigt stillasittande principiellt goda. Områden som inte uppfylla kriteriet ligger utanför bebyggelsen, t.ex. parkområdet längs med Kvillebäcken och parken i den norra delen av planområdet (vid 26 i Figur 2). Ett värde på en medelvindhastighet för hela året ger dock inte tillräckligt information om vindkomforten, varför årsmedelvärdet kompletteras med andel timmar när medelvindhastigheten är under 1,1 m/s. I figuren nedan är områden där det mycket sällan blåser mer än 1,1 m/s indikerade som mörkgrönt och dessa områden återfinns framförallt på innejårdarna.



Figur 7. Bedömning avseende lämplighet för **långvarigt stillasittande**. Randig markeringen: områden generellt lämpliga för långvarigt stillasittande. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Mörkgrönt: inga åtgärder. Ljusgrönt: ev. behövs åtgärder. Gula områden: åtgärder behövs. Orange; ej lämplig.

Vidare finns det områden som är lite mer exponerade, dessa syns som ljusgröna i området. Även här är andelen timmar med lugna vindförhållanden mycket hög, över 80% av tiden. Beroende på vilken typ av aktivitet som planeras på området kan det dock, på vissa platser, behövas åtgärder i form av t.ex. vegetation eller skärmar för att det ska bli tillräckligt komfortabelt. Detta gäller t.ex. kvarter 70 med det planerade kulturhuset, eller skolgårdarna i kvarter 54 och 26. Gula områden är mer exponerade och här kan det finnas behov för åtgärder som förbättra vindkomforten på de platser där långvarigt stillasittande planeras (andelen timmar med högre vindhastigheter överstiger vindgränsen för långvarigt stillasittande som är 60-80% av tiden). Delar av skolgårdarna ligger t.ex. i gula områden. I områden som är markerad med orange uppfylls inte kriteriet för långvarigt stillasittande. Här framstår parken längs med Kvillebäcken som relativt blåsig, vilket delvis kan förklaras med att vindkomfortberäkningen i detta tidiga skede inte har tagit hänsyn till träd och vegetation.

Motsvarande analys har även gjorts för kortvarigt stillasittande där områden lämpliga för kortvarigt stillasittande visas i Figur 8. Kartans färgsättning baseras på Tabell 6.

Tabell 6. I Figur 8 har respektive område klassificerats för att visa på områdets lämplighet avseende aktiviteter som innefattar kortvarigt stillasittande. Gränserna bygger på kriterier i Tabell 2.

Klassificering av området	Vindexponering	Platsens lämplighet för kortvarigt stillasittande
Ljusgrönt	Vindhastigheten är lägre än 2,2 m/s under 80 % av tiden	Mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande.
Ljusblått	Vindhastigheter lägre än 2,2 m/s under 60-80% av tiden	Bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande, men vissa åtgärder kan behövas.
Rött	Vindhastigheter högre än 2,2 m/s	Åtgärder krävs för att området ska bli lämpligt för kortvarigt stillasittande, men lämplig med gång/cykelbana.

I Figur 8 kan ses att det finns mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande i hela område, vilket visas med ljusgrönt i kartan. De ljusblåa områdena indikerar områden med bra förutsättningar, dock kan det komma att behövas olika former av åtgärder om denna typ av aktivitet planeras här. Det är parkområdet längs med Kvillebäcken som framstår som mer vindexponerad.



Figur 8. Bedömning avseende komfortkriterium för **kortvarigt stillasittande**. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Blått: inga åtgärder behövs. Ljusblått: Ev. behövs åtgärder. Rosa: Ej lämplig för kortvarigt stillasittande men ok för gång/cykelbana. (Vita områden omfattas av analysen i Figur 7)

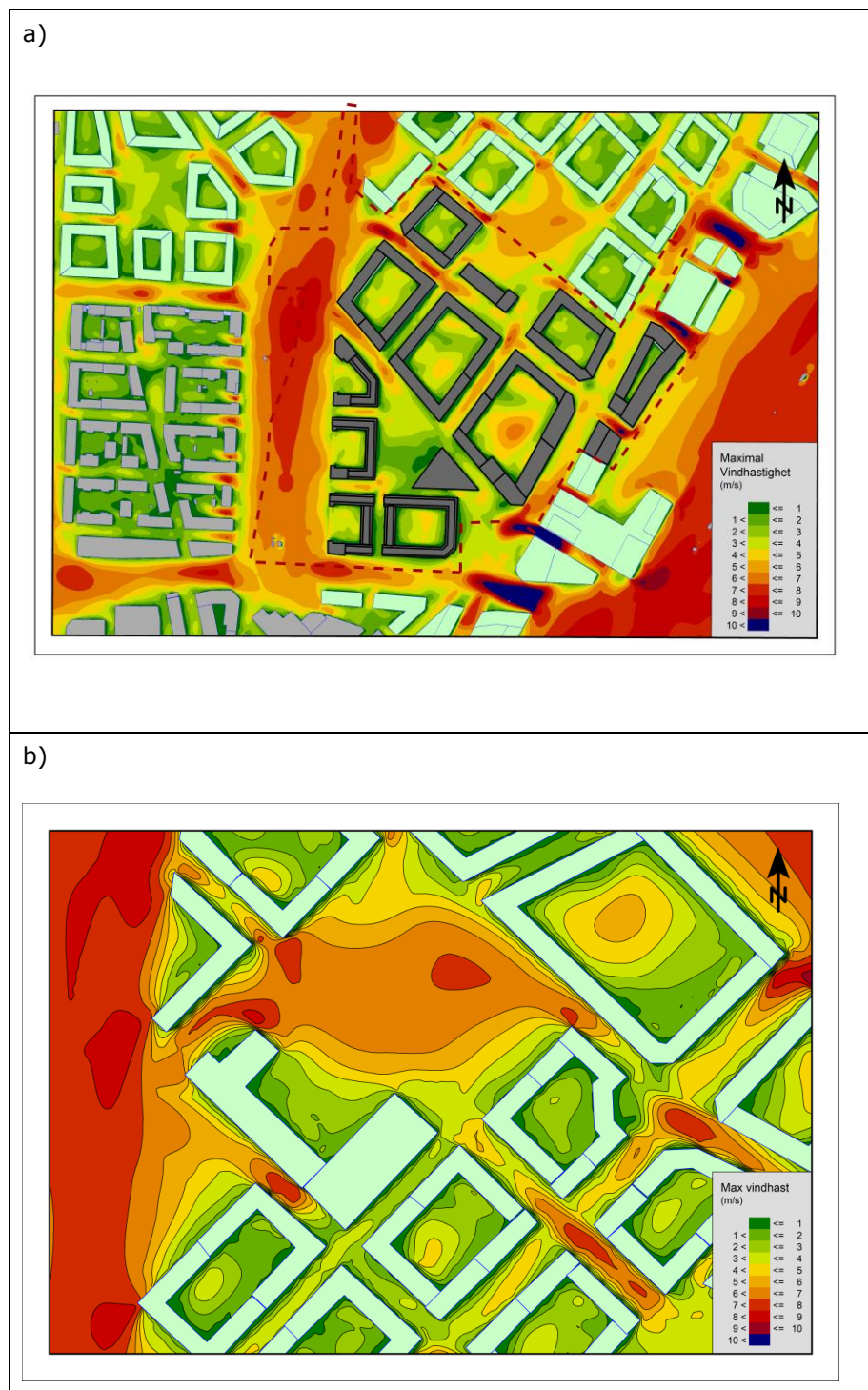
4.1.2 Områden med risk för vindförstärkningar

Det kan även vara av intresse att se om det kan förkomma vindförstärkningar inom delar av detaljplaneområden. Detta uppträder framför allt vid situationer med allmänt höga vindhastigheter och visas i Figur 9. Vindförstärkningen kan ske genom att höga byggnader leder ner högre vindhastigheter från luftlagren högre upp till markplan, längs med fasaden. På marken upplevs dessa som kastvindar eller byiga vindförhållanden som snabbt kan ändra både vindriktning och styrka. Det kan även bli extra blåsig runt byggnadshörn eller delar av faser som sticker ut, då hörnen och utskjutande delar skapar turbulens och i luftflö-

det. I trånga passager kan vinden förstärkas då luften kanaliseras längs med gatan. Ofta är det en kombination av olika effekter som leder till en vindförstärkning vid en viss plats.

I Figur 9a visas vindhastigheten vid den södra delen av DP2. Här framgår att det kan bli en viss vindförstärkning in emellan husen som ligger mellan Backavägen och Lundbyleden. En mycket tydlig förstärkning syns även i anslutning till DP2, i områdets sydöstra hörn, vid östra ändan av Hjalmar Brantingsgatan och nära Hjalmar Brantingsgplatsen. Denna plats ligger dock utanför DP2 område. En viss förstärkning genom kanalisering vinden förekommer även längs med Skolgatan, i den delen som ansluter till parken utmed Kvillebäcken. I den långsträckta öppna ytan längs med Kvillebäcken kan vindhastigheter också bli höga vid blå-siga förhållanden, då parken är långsträckt och förhållandevis öppen jämfört med det bebyggda området runt omkring. Här kan det därför bli en viss kanalisering längs med parken.

I Figur 9b visas vindhastigheten för den norra delen av DP2, där en skola 4-9 planeras. Även här kan det uppstå vindförstärkningar, dock når de maximala vindhastigheterna inte upp till samma nivåer som i den södra delen. Här förekommer de högsta vindhastigheterna i den mer öppna ytan som upptas av parken. En viss förstärkning syns även längs med gatan framför skolan. Den U-formade skolgården ligger dock rätt skyddad från tre sidor.



Figur 9. Maximala vindhastigheter i detaljplan a) södra delen av DP 2, b) norra delen av DP2.

4.2 Strålningstemperatur

I detta avsnitt presenteras resultaten från beräkningar av strålningstemperaturen T_{mrt} över planområdena. Strålningstemperaturen kan skilja sig mycket från och skall inte förväxlas med lufttemperaturen. Beräkningarna baseras på olika typer av sommarväder.

4.2.1 Strålningstemperatur för olika typer av sommarväder

För beräkning av strålningstemperaturen har tre olika typer av "svenskt sommarväder" valts ut, för att representera att den skandinaviska sommaren som kan bjuda på såväl soligt och varmt som kyligt och molnigt väder. De utvalda tillfällena är en "het" dag som representeras av den 27 juli, en "varm" dag som representeras av den 7 maj, samt en "kylig" dag 23 juni. Meteorologiska data är för alla tre dagar hämtat från 2018, som på många håll i Sverige var en varm sommar, och finns presenterade i Tabell 7.

Tabell 7. Väderförhållanden för de timmar som strålningstemperaturen beräknades. Färgerna representerar olika typer av svenskt sommarväder: röd= het sommardag (obs: kl. 08 och kl. 16 från samma dag), grön = behaglig sommardag, blå = sval/kylig sommardag.

År	kl.	Vindhast. (m/s)	Vindrikt. (deg)	Lufttemp. (°C)	Rel. luftfuktighet (%)	Globalstrålning (W/m ²)	Direkt instrålning (W/m ²)	Diffus strålning (W/m ²)
20180727	08	1,5	48	21	56	251	543	86
20180727	16	3,5	285	31	41	718	874	105
20180507	16	4	222	22	62	749	843	137
20180623	16	5	290	19	31	754	812	151

I Figur 10 -Figur 13 presenteras strålningstemperatur över planområdet för respektive tidpunkt i Tabell 7.



Figur 10. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för en het sommardag på morgonen (den 27 juli 2018, kl. 8) baserad på indata i Tabell 7. Detaljplanens områden är markerade med streckad linje.

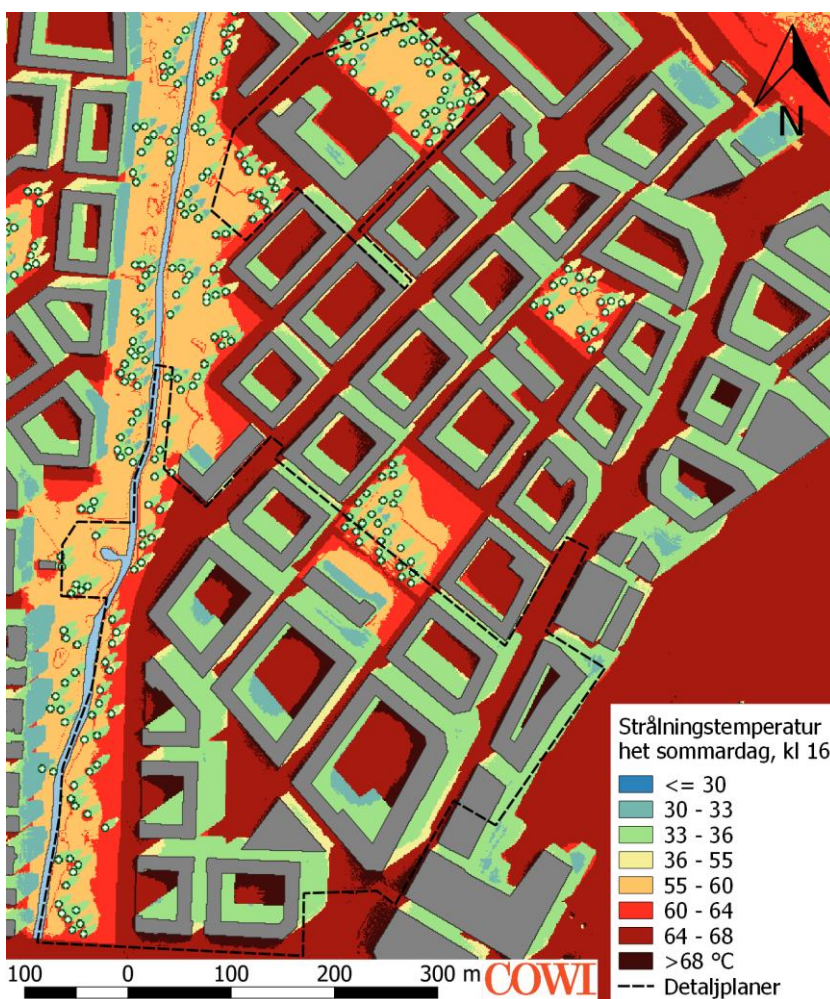
Exempel på en het sommardag

Den 27 juli 2018 representerar förhållandena för en het sommardag. I Figur 10 presenteras strålningstemperaturen på morgonen kl. 8 när lufttemperaturen redan var 21 °C, i Figur 11 visas förhållanden kl. 16 på eftermiddagen, då lufttemperaturen hade stigit till 31 °C.

Under morgontimmarna ligger stora delar av detaljplaneområdet i skugga, skapad av bebyggelsen. Dessa områden syns med blå färg i Figur 10, här ligger strålningstemperaturen T_{mrt} under 30 °C. Områden som är solbelysta på morgonen är skolgården vid kvarter 54, delar av innegårdarna i kvarter 57 till 59, delar av grönområdet öster om kvarter 62 och parken och skolgården vid kvarter 26. I de solbelysta områdena ligger T_{mrt} i intervallet 36 till 55 °C, vilket syns med gul färg.

På eftermiddagen kl.16 har området värmts upp kraftigt av solinstrålningen under dagen, vilket syns tydligt i Figur 11. De hårdgjorda ytorna som gator och innegårdar har värmts upp kraftig och strålningstemperaturen ligger här över 60 °C, vilket är de klarröda och mörkröda områdena i kartan. I innegårdar kan T_{mrt} även nå över 68 °C, detta händer närmast de nordliga fasaderna i kvarteren

57-59 som är solbelysta på eftermiddagen. Strålningstemperaturer på denna nivå anses innebära en risk för hälsa för sårbara människor, som exempelvis äldre personer (se Tabell 4). Områden som ligger i skuggan på eftermiddagen får strålningstemperaturer mellan 33 och 36 °C, och visas med de ljusgröna och ljusblå färgerna i kartan. Grönområdenas T_{mrt} ligger i allmänhet i intervallet 55 till 60 °C. Den skugga som träden i grönområdena ger upphov till sänker strålningstemperaturen med omkring 25 °C.

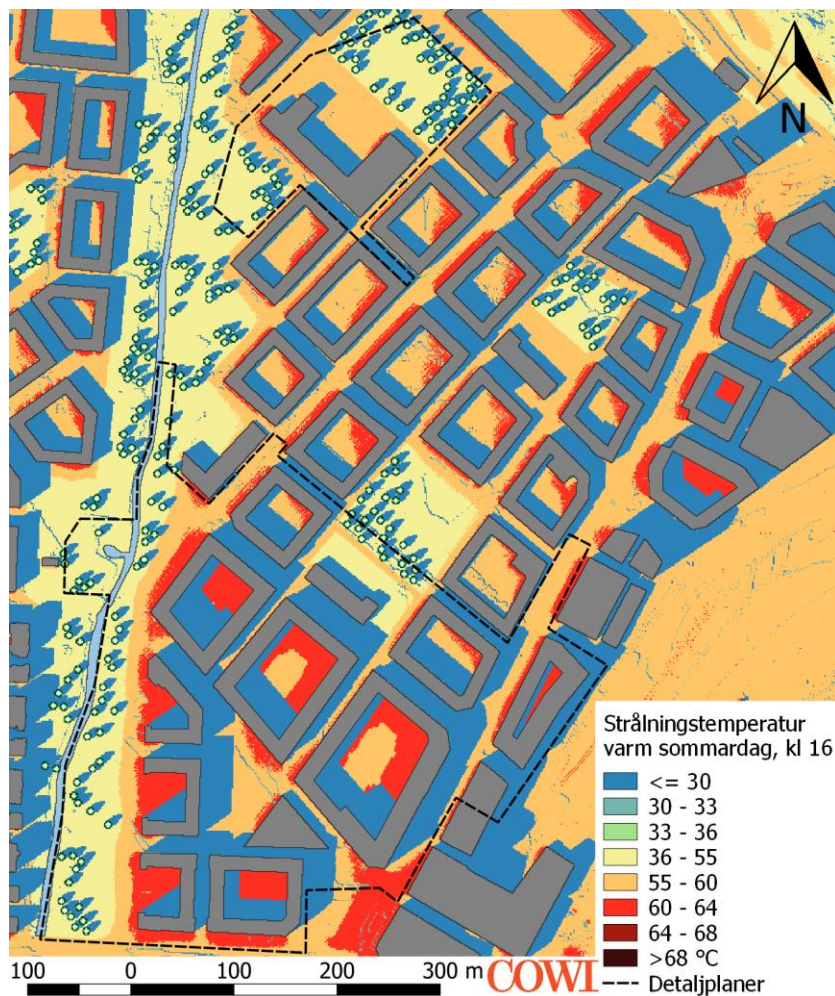


Figur 11. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för en het sommardag på eftermiddagen (27 juli 2018, kl. 16), baserad på indata i Tabell 7. Detaljplanens områden är markerade med streckad linje.

I Figur 11 framgår även att det blir stora skillnader i T_{mrt} på korta avstånd, mellan solbelysta och skuggiga ytor. Bebyggelsen skapar skarpa gränser mellan områden som ligger i skugga respektive är solbelysta. Enligt Tabell 4 finns risk för värmestress och hälsoeffekter vid strålningstemperaturer över 55 °C. Beräkningen för eftermiddagssituationen den 26 juli 2018 visar tydligt att stora delar av området når upp till dessa nivåer, under åtminstone delar av eftermiddagen.

Exempel på en behaglig sommardag

7 maj 2018 kl. 16 (Figur 12) representerar en situation med normalt soligt sommarväder. Lufttemperaturen kl. 16 är ungefär 22 °C (se Tabell 7 för ytterligare meteorologisk information).



Figur 12. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för en varm sommardag på eftermiddagen (7 maj 2018, kl.16) baserad på indata i Tabell 7. Detaljplanens områden är markerade med streckad linje.

De solbelysta delarna av området präglas även en varm och behaglig dag av höga strålningstemperaturer, där hårdgjorda ytor i området får T_{mrt} mellan 55 till 60 C. De maximala T_{mrt} är lägre än 27 juli 2018 kl 16 och når som mest upp till intervallet 60 till 64 C, till exempel i de solbelysta delarna av innergårdarna. I innergårdarna för kvarter 57 till 59 syns tydligt fasadernas effekt på strålningstemperaturen. Här ger de solbelysta fasaderna en högre T_{mrt} , men en bit bort ifrån fasaden sjunker T_{mrt} till 55-60 C (orange färg). Områden som ligger i skuggan får betydligt lägre T_{mrt} , under 30 C. Även vid denna situation förekommer stora skillnader i T_{mrt} , på kort avstånd.

Exempel på en kylig sommardag

Exemplet i Figur 13 representerar soligt men ganska svalt sommarväder. Den 23 juni 2018 kl 16 är lufttemperaturen ungefär 19 C (se Tabell 7 för ytterligare meteorologisk information).



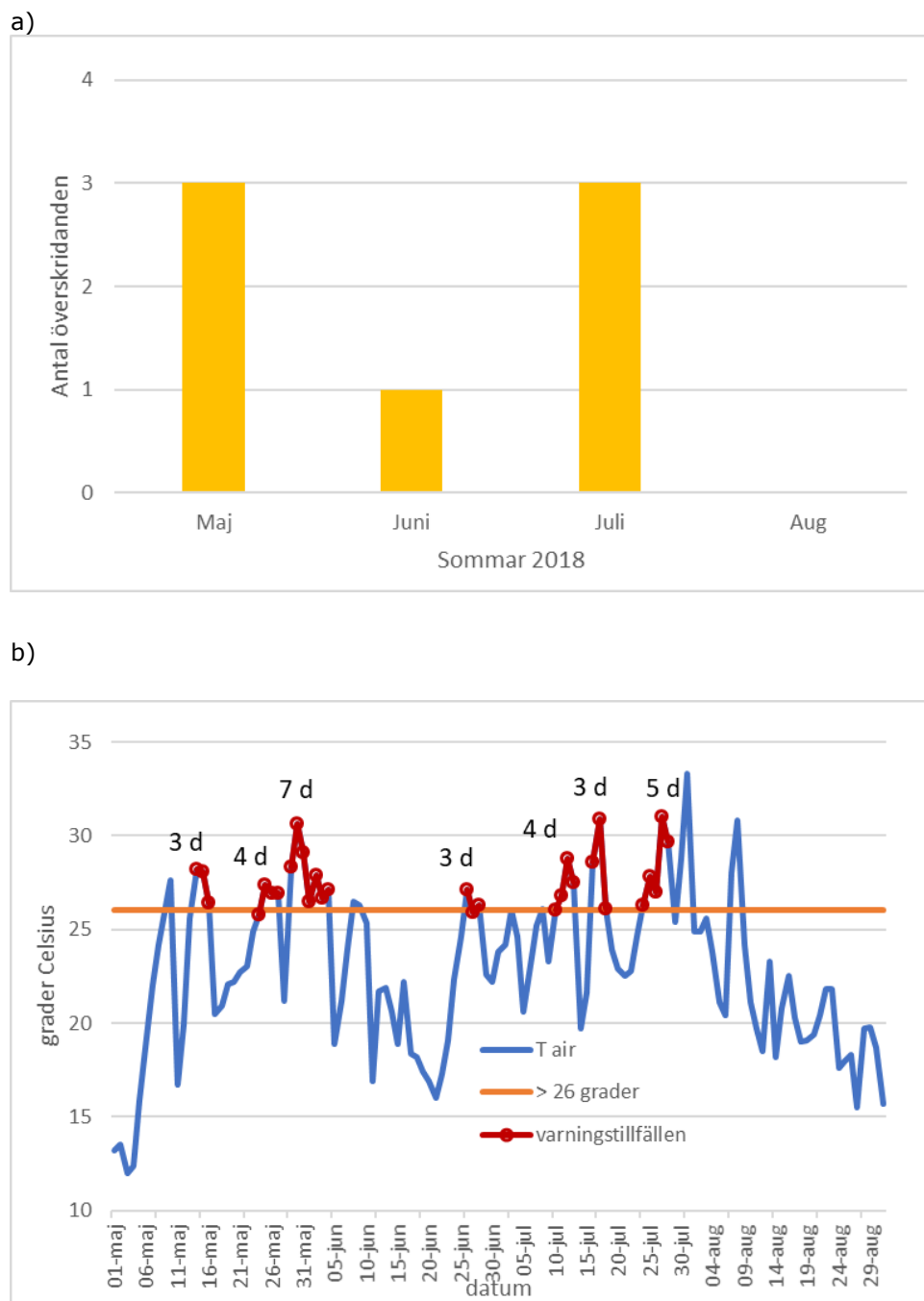
Figur 13. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för en kylig sommardag på eftermiddagen (23 juni 2018, kl.16), baserad på indata i Tabell 7. Detaljplanens områden är markerade med streckad linje.

Över de solbelysta och hårdgjorda ytor ligger strålningstemperaturen i allmänhet i intervallet 55 till 60 °C. Den här lite kyligare sommardagen når strålningstemperaturen inte upp till de riktigt höga nivåerna som visas i Figur 11 och det förekommer inte heller lika stora temperaturskillnader på kort avstånd.

4.2.2 Risk för höga temperaturer under värmeböljor

För att utreda risken för hälsoskadliga utomhustemperaturer behöver även längre sammanhängande tidsintervall, som omfattar hela eller delar av sommaren, analyseras. Baserat på en sådan analys kan t.ex. statistik tas fram över hur ofta vissa temperaturgränser överskrids. För att få en indikation för värmeböljor av det slag som ett framtida varmare klimat kan medföra, har lufttemperaturen tagits fram för tre sammanhängande månader, maj till augusti 2018 baserat på data från SMHIs mätstation i Göteborg.

För utredningen av risk för värmeböljor har kriteriet för SMHIs 48 timmars förvarning använts, d.v.s. förekomsten av en maxtemperatur över 26 °C under 3 dygn i följd, se Tabell 2).



Figur 14. Antal överskridanden av luft-och temperaturgränsvärden under perioden från och med maj till och med augusti 2018, baserat på timvärden för lufttemperatur vid SMHIs station i Göteborg. a) Antal överskridanden enligt kriteriet för SMHIs 48 timmars varning, b) dygnets maxtemperatur och antal dygn varje tillfälle med överskridande varade. Förkortning "3 d" innebär 3 dygn, etc.

Som kan ses i Figur 14a) överskreds kriteriet för SMHIs varning tre gånger i maj och i juli, samt en gång i juni. Augusti var däremot svalare och det förekom ingen period med tre dygn i följd med lufttemperatur över 26 °C. I Figur 14b) visas maxtemperaturen för varje dygn under de fyra sommarmånaderna 2018. SMHIs temperaturgräns markeras med det horisontella orangea strecket, och de timmarna som gränsen överskrids under minst tre sammanhängande dygn har markerats med röda cirklar. Här kan ses hur många dygn varje överskridanden

varade. Av de sju sammanhängande perioderna hade tre en varaktighet av fler än tre dygn. Den längsta perioden höll i sig i 7 dygn och inträffade i månads-skifte maj-juni. Då den började redan i maj räknades den som ett tillfälle i maj. Strax innan den 7 dygn långa varma perioden inträffade även en kortare period som sträckte sig över 4 dygn. Det var däremot inte tillräckligt varmt tillräckligt länge för att SMHIs varning klass 1 och varning klass 2 skulle behöva utfärdas.

Av de tre dagar som har valts ut för beräkning av strålningstemperaturen i Figur 10 till Figur 13 är det den 27 juli 2018 som tillhör en av värmeperioderna i juli, den som varade 5 dygn. Figur 14 visar att väderförhållanden som kan leda till mycket höga T_{mrt} , liknande de som visas i Figur 11 var relativt ofta förekommande under den varma sommaren 2018. Den var en av de varmaste somrarna i Sverige och hade lett till ett flertal tillfällen med strålningstemperaturer över nivåer som ökar risken för hälsoproblem.

5 Diskussion

Studier av effekten av framtida klimatförändringar pekar på att frekvensen av extremväder i form av framför allt värmeböljor men även stormar kommer att öka (IPCC, SMHI och WHO m.fl.). Andra studier visar att enbart vissa urbana strukturer i sig riskerar att ge förhöjd temperatur (Thorsson m.fl. 2014). Redan på 1960-talet var det känt att hög bebyggelse, speciellt solitära byggnader och trattformationer kan skapa kraftiga vindförstärkningseffekter (Oke 2017). Dessa kan vara okomfortabla och till och med farliga för till exempel cyklister eller vid utgångar från byggnader m.m. För att motverka de negativa effekter som det framtida klimatet kommer att innebära är det därför en mycket stor fördel att denna typ av studier genomförs i ett så tidigt skede som möjligt. På så sätt kan vissa av de negativa klimateffekterna kompenseras genom en genomtänkt exploatering.

Denna lokalklimatstudie har genomförts baserat på dagens meteorologi, men för temperaturanalysen användes 2018 vilket var ett år med en sommar som i vissa delar överensstämde med de sommartemperaturer som förväntas i framtiden (enl. SMHI, 2018).

I de områden där förhöjd risk för höga temperaturer har identifierats indikerar detta att dessa områden kan komma att bli än mer problematiska i framtiden då denna typ av väderförutsättningar förväntas öka. För de områden där vindklimatet förväntas ge försämrad komfort eller bekymmer i form av vindförstärkningar beror behovet av åtgärder på vad området är tänkt att användas till. Planeringen bör dock inkludera att risken för högre vindhastigheter inte kommer att minska i framtiden.

5.1 Vindförhållanden

Den planerade bebyggelsen i utredningsområdet karakteriseras av tät kvartersstruktur med inslag av höga byggnader, vilket påverkar de lokala vindförhållandena i markplan. Höga byggnader kommer i kontakt med luftlagren högre upp över marken där det blåser mer. På så vis leds de kraftigare vindarna ner till markplan, och ger högre vindhastigheter där. Vidare utgör bebyggelsen ett hinder för luften i rörelse och vinden behöver därför ofta byta riktning. Det bidrar till byig vind och upplevelsen att "det blåser samtidigt från alla håll", vilket ofta märks runt byggnaders hörn. I (trånga) passager trycks luftvolymen ihop och det kan bli en förstärkning av vindhastigheten. I detaljplaneområdet syns denna effekt särskild tydligt vid Hjalmar Brantingsplatsen (vid A i Figur 1, området ligger dock utanför DP2 men i direkt anslutning).

För att undersöka områdets vindförhållanden har vindkomforten enligt Glauman och Westerberg beräknats. Detta system bygger på två mått, där det ena är medelvindhastigheten över hela året, och det andra är antal timmar per år när vindhastigheten är lägre än ett gränsvärde. Dessa två mått används i kombination för bedömningen av vindkomforten och bestämmer vilken typ av aktivitet som är lämplig. För sociala ytor där det antas att människor vill kunna vistas en längre stund (t ex i parker, caféer) ska det därför vara övervägande vindstilla, med en mycket hög andel timmar med mycket svaga vindar. Det är endast ett fåtal platser i utredningsområdet (mörkgröna områden) där det snäva kriteriet med vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 99,5% av tiden uppfylls (det betyder att endast ca 440 timmar per år får det blåsa mer än 1,1 m/s). Vid den lägre gränsen på minst 80% av vindstilla timmar (motsvarar ca 7000 timmar/år) framgår att nästan hela utredningsområde omfattas. Bedömningen är därför att utredningsområdet har överlag god vindkomfort, men att det på sina ställen kan behövas åtgärder vid planering och inrättandet av vindstilla platser. Behovet av typ och omfattning av åtgärder varierar för olika platser men har inte närmare utvärderats här utan bör göras i samråd med beställaren. Ett större område som i vindkomfortberäkningen framträder som relativt blåsigt är parken längs med Kvillebäcken. Då beräkningen inte har tagit hänsyn till träd och vegetation är bedömningen att vindkomforten i själva verket kommer vara bättre när parken är färdigställd.

Resultatet från vindkomfortberäkningen baseras på helårsstatistik, vilket ger en bra generell bild. I Sverige är dock utomhussäsongen relativt kort och begränsad till den varmare perioden av året, från ca april till oktober och det är under den perioden när människor är mest utomhus och vill kunna sitta på uteserveringar, i parker eller lekplatser. Då det generellt är mer blåsigt på hösten och vintern och lugnare på sommaren, skulle eventuellt komfortberäkningar baserade på utomhussäsongens statistik möjligen ge ett modifierat resultat, med fler områden som klarar kriterier för långvarigt stillasittande.

När det gäller maximala vindhastigheter så framgick det av denna analys att det förekommer områden med vindförstärkning. Detta gäller gator öster om Hjalmar Brantingsplatsen, där det finns hög och tät bebyggelse. Förträngningen som gaturummen utgör blir som en tratt för vinden, med högre strömningshastigheter

som följd. Då platsen utgör en viktig knutpunkt och social yta för hela stadsdelen krävs här särskild noggrann planering för att undvika okomfortabla vindförhållanden på en yta där många människor vistas. Även om det är få tillfällen under ett år med kraftiga vindar kan dessa situationer upplevas som icke komfortabelt för människor som passerar områdena. Därför kan eventuellt åtgärder behövas för att motverka vindförstärkningen.

5.2 Utvändiga sol- och skuggförhållanden

Den planerade bebyggelsen påverkar avsevärt fördelningen av sol och skugga i utredningsområdet. Sol- och skuggberäkningen genomförd av Radar arkitekter för vårdagsjämningen visar att det är stor spridning i tillgången till sol och skugga över detaljplaneområdet. Då beräkningen endast avser ett datum kommer sol- och skuggmönstren se betydligt annorlunda ut på sommaren och vintern. Beräkningen för förhållanden som gäller vid vårdagsjämningen indikerar dock att de delarna av innegårdar som är vända åt norr kan upplevas som skuggiga och mörka under den mörka tiden av året.

5.3 Strålningstemperatur

Under varma sommarkvarnar med förhållanden liknande den 27 juli 2018, finns risk att människor i bebyggda områden utsätts för värmestress under delar av dagen. Strålningstemperaturens variation i tid och rum är därför viktiga ur ett hälsoperspektiv. Studier har visat att det finns ett samband mellan lufttemperatur och dödlighet avseende hjärt- och kärlsjukdomar samt respiratoriska sjukdomar, men hur känslig en population är beror mycket på vilket klimat man är van vid. Ett exempel är att den optimala lufttemperaturen för sydeuropeer betydligt högre än för invånarna i Skandinavien. Det finns däremot, än så länge, ingen vetenskaplig grund för ett motsvarande värde för optimal strålningstemperatur. Studier som till exempel Matzarakis m.fl. (1999) har visat att strålningstemperaturer > 50 °C förknippas med kraftig värmestress. Thorsson m.fl. (2014) såg liknande resultat, där ökningen i mortalitetsrisk för åldersgruppen 80+ år fanns öka med 5% vid en strålningstemperatur över ca 55 °C. Baserat på detta och de i denna utredning framtagna nivåer för T_{mrt} så föreligger det risk för värmestress i de frekvent solbelysta delarna inom planområdet som t.ex. ses i Figur 11. Det ska dock nämnas att resultaten illustrerar ett sannolikt "värsta fall" då beräkningen inte har tagit hänsyn till vegetation. Effekten av grönskan på strålningstemperaturen har studerats i detalj för två områden i Stockholm av Lindberg m.fl. (2012). Under de mest solexponerade timmarna ger effekten av träden både skugga men framför allt genom trädens avdunstning vilket därmed effektivt sänker strålningstemperaturen med flera grader (Lindberg et al, 2018).

Risken för värmestress för en hel sommarsäsong har analyserats för den varma sommaren 2018, baserade på mätningar av lufttemperaturen vid SMHIs automatiska mätstation i centrala Göteborg. Resultaten visar att nivån för SMHIs så kallade 48-timmar varning för hälsofarliga lufttemperaturer (Tabell 2) överskreds flera gånger under perioden. Den längsta sammanhängande period med höga lufttemperaturer varade i 7 dygn, vilket visar att värmeböljor kan vara

ihållande, vilket ökar risken att ohälsosamt varma förhållanden byggs upp under en längre period och att nätterna inte ger tillräckligt med avkylning.

Vid planering av till exempel sociala ytor där höga strålningstemperaturer kan förekomma bör åtgärder diskuteras. Som exempel kan tänkas att uteplatser och hållplatser förses med möjlighet till solskydd på eftermiddagen. Det kan också vara önskvärt att behålla så många av de befintliga träden som möjligt och komplettera med nyplanterade. Skillnaden i strålningstemperatur mellan solbelysta och skuggade områden uppgår inte sällan till > 30 °C. Från T_{mrt} -beräkningarna kan man se att träden (som i regel släpper igenom några få procent solljus) i grönområdena ger en sänkning med omkring 25 °C. Tillgången till skugga ger således en markant förbättring av det termiska klimatet och är i många fall helt avgörande för om det känns behagligt eller påfrestande varmt. Å andra sidan kan områden i skugga under kyliga dagar upplevas som allt för kalla.

6 Sammanfattande bedömning lokalklimat

I detta kapitel presenteras en sammanfattande bedömning av lokalklimatet i detaljplaneområdet, avseende vind, och strålningstemperatur samt sol och skugga på våren i punkterna som markeras med blåa stjärnor i Figur 15. För bedömningen av sol och skugga på våren har en karta använts från en tidigare solljusstudie som Radar Arkitektur har genomfört på uppdrag av SBK. Kartan har bifogats rapporten i Bilaga D. Avseende den framtida användningen har utgångspunkten varit de olika vistelsemiljöer som framgår av kartan. I tillägg har även klimatförhållandena på innegårdar bedömts, då slutna kvarter är den dominerande bebyggelsen i detaljplaneområdet.

Bedömningen är tänkt att lyfta detaljer som eventuellt behöver åtgärdas för att förbättra utomhusupplevelsen på de olika platserna. För denna process behövs dock i många fall en interaktion med beställaren då relevant åtgärd bedöms utifrån tänkbar användning av respektive yta.



Området 1: Kvarter 70 och området öster om 70

Avseende *temperaturförhållanden* så är området öster om kvarter 70 ganska soligt på sommaren, varför det finns risk att höga strålningstemperaturer kan förekomma under soliga och varma till heta sommardagar. Tillgång till solljus bedöms som god på våren och sommaren, då området får mer än 50 % solljus under vårdagsjämningen.

Detta område ligger precis vid gränsen till detaljplaneområdet, men är av intresse då det planeras hållplatser för kollektivtrafiken här. Det finns en risk att platsen kan upplevas som något blåsigt, då området är ganska öppet och bebyggelsen runt omkring kan medföra förstärkning av vinden. De högsta maximala

vindhastigheter som har beräknats för området ligger nära denna plats (se Figur 9 a). Förutsättningar för långvarigt stillasittande bedöms som goda inom gränser för DP, men är sämre strax utanför (se Figur 7). Det finns risk för höga strålningstemperaturer under soliga och varma dagar på sommaren, dock ligger delar av området i skuggan på eftermiddagen. Tillgång till solljus bedöms som god på våren och sommaren.

Området 3: Hjalmar Brantingsgatan, knutpunkt och stråk och söder om Kvarter 64

Detta område är en viktig knutpunkt för kollektivtrafiken och ligger på Hjalmar Brantingsvägen, söder om kvarter 64. Vindförhållandena för långvarigt stillasittande bedöms som goda, dock under blåsiga dagar kan området upplevas som något exponerat då det ligger längs med vägen, som inte ger mycket skydd för vindar i väst-östlig riktning. Det finns risk för höga strålningstemperaturer under soliga och varma dagar på sommaren, särskild nära fasaden till kvarter 64.

Området 4: Ny spårvagnshållplats öster Kvarter 59

Platsen ligger precis öster om kvarter 59 där det ska finnas en spårvagnshållplats i framtiden. Vindförhållandena för långvarigt stillasittande bedöms som goda på delar av gaturummet, men vid blåsigt väder kan vinden förstärkas i det ganska trånga gaturummet. Under soliga och varma sommar dagar finns det risk för höga strålningstemperaturer, dock ger kvarter 59 skugga på eftermiddagen. Tillgång till solljus bedöms som god på våren och sommaren.

Området 5: Grönt stråk mellan Kvarter 58 och Kvarter 59

Mellan kvarter 58 och 59 planeras ett grönt stråk. Stråket ligger skyddat och vindförhållandena för långvarigt stillasittande bedöms som goda här. Även här finns det risk för höga strålningstemperaturer under soliga och varma sommar dagar om andelen hårdgjorda ytor är stor, som i en "vanlig" gata. Beroende på utformningen av det gröna stråket kan denna risk dock sänkas, med hög andel vegetation. Vid vårdagsjämnningen är tillgång till dagsljuset ganska begränsat, vilket indikerar att stråket kan upplevas som mörkt under den mörkare delen av året.

Området 6: Nya busshållplatser öster om Kvarter 57

Området ligger öster om Kvarter 57 och i direkt anslutning till parken längs med Kvillebäcken. Här planeras nya busshållplatser. Läget är lite mer öppet men vindförhållandena för kortvarigt stillasittande bedöms som goda här. Däremot är det lite för exponerat för att förutsättningar för långvarigt stillasittande är uppfyllda. Det finns risk för höga strålningstemperaturer under soliga och varma sommar dagar. Tillgång till solljus är god vid vårdagsjämnningen dock skuggar Kvarter 57 delar av gaturummet under den tiden på året.

Området 7: Skolan i Kvarter 54 och parken norr om skolan

I detta kvarter planeras en skola. Precis i anslutning till skolgården ligger ett grönområde (som befinner sig utanför detaljplaneområdet), men som inkluderas i bedömningen här. På stora delar av skolgården bedöms vindförhållanden som goda för långvarigt stillasittande, men parken är lite mer exponerad för vinden. I detta område är risken för höga strålningstemperaturer lägre, då andelen vegetation är hög. Endast vid mycket varma och soliga dagar finns risk för värme-stress. Tillgång till solljus på skolgården är god på våren och sommaren och mycket god i delar av parken.

Området 8: Skolan i Kvarter 26

Även i detta kvarter planeras en skola. Förutsättningar för långvarigt stillasittande är uppfyllda på den skyddade skolgården. Det finns risk för höga strålningstemperaturer under soliga och varma sommardagar. Det finns ingen information tillgängligt avseende tillgång till solljus på våren.

Området 9: Parken i anslutning norr om Kvarter 26

Parken ligger lite mer öppet, vilket gör att förhållanden för långvarigt stillasittande inte är uppfyllda, men för kortvarigt. Det kan också bli blåsigt under dagar med högre vindhastigheter. Endast vid mycket varma och soliga dagar finns risk för värmestress. Det finns ingen information tillgängligt avseende tillgång till solljus på våren.

Förhållanden på innegårdar

Avseende vindförhållanden så är kriteriet för långvarigt stillasittande uppfyllt i de stora kvarteren 57 till 59, samt i 56 och 61 till 64. I kvarteret 53 och 55 är förutsättningar goda, men kriteriet uppfylls inte fullt ut. Under soliga och varma sommardagar finns det risk för höga strålningstemperaturer på de soliga delarna av innegårdarna, dock finns även en hel del skuggiga partier på dessa, men betydligt lägre T_{mrt} . Under våren är tillgång till solljus i många fall ganska begränsat på innegårdarna, där särskilt kvarter 64 utmärker sig med låg andel soltimmar, enligt Radars solljusanalys. På de största innegårdar (kvarter 58 och 59) är tillgången betydligt bättre på innegårdarnas norra del.

7 Referenser

BFS 2018:4, BBR 26. Boverket

Climate Model Berlin (2016):, https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/edb411_13.htm#, Senate Department for Urban Development and Housing

Glaumann, M, och Westerberg, U (1988): *Klimatplanering Vind*. Stockholm: Svensk Byggtjänst 1988. ISBN 91-7332-371-3.

Oke, T. et. al, (2017): *Urban Climates*. Cambridge University Press.

Lindberg, Johansson och Thorsson, 2012: Rumslig variation av strålningstemperaturen i Hjorthagen och på Östermalm.

Lindberg F, Grimmond CSB, Gabey A, Huang B, Kent CW, Sun T, Theeuwes N, Järvi L, Ward H, Capel- Timms I, Chang YY, Jonsson P, Krave N, Liu D, Meyer D, Olofson F, Tan JG, Wästberg D, Xue L, Zhang Z (2018) Urban Multi-scale Environmental Predictor (UMEP) - An integrated tool for city-based climate services. *Environmental Modelling and Software*.99, 70-87

Mukherjee, M. och Mahanta S. (2014), Outdoor thermal comfort – A review on the concepts, parameters and methods to evaluate thermal comfort in outdoor spaces, *Architecture – Time, space and people*, April 2014

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, Part 2, 332-345.

Bilaga A Beskrivning TAPM-modellen

För spridningsberäkningarna har TAPM (The Air Pollution Model) används, vilket är en så kallad prognostisk modell, utvecklad av CSIRO i Australien. För beräkningarna i TAPM behövs indata i form av meteorologi från storskaliga synoptiska väderdata, topografi, markbeskaffenhet indelat i 31 olika klasser (t.ex. is/snö, hav olika tätortsklasser m.m.), jordart havstemperatur, markfuktighet mm. Topografi, jordart och markanvändning finns automatiskt inlagd i modellens databas med en upplösning av ca 1x1 km men kan förbättras ytterligare genom utbyte till lokala data. Utifrån den storskaliga synoptiska meteorologin simulerar TAPM den marknära lokalspecifika meteorologin ner till en skala av ca 1x1 km utan att behöva använda platsspecifika meteorologiska observationer. Modellen kan utifrån detta beräkna ett tredimensionellt vindflöde från marken upp till ca 8000 m höjd, lokala vindflöden så som sjö- och landbris, terränginducerade flöden (t.ex. runt berg), omlandsbris samt kalluftsflöden mot bakgrund av den storskaliga meteorologin. Även luftens skiktning, temperatur, luftfuktighet, nederbörd mm beräknas horisontellt och vertikalt.

Med utgångspunkt från den beräknade meteorologin beräknas halter för olika förorenings-parametrar timme för timme där första timmen även utgör indata till nästkommande timme o.s.v. I spridningsberäkningarna inkluderas, förutom dispersion, även kemisk omvandling av SO₂ och partikelbildning, fotokemiska reaktioner där ibland NO_x, O₃ och kolväte i gasfas samt våt- och torrdeposition. Det finns även en beräkningsmodul där man själv kan definiera den kemiska nedbrytnings- samt depositions-hastigheter på ett eller flera ämnen, om parametrar som inte innefattas av den befintliga kemiska modellen, används.

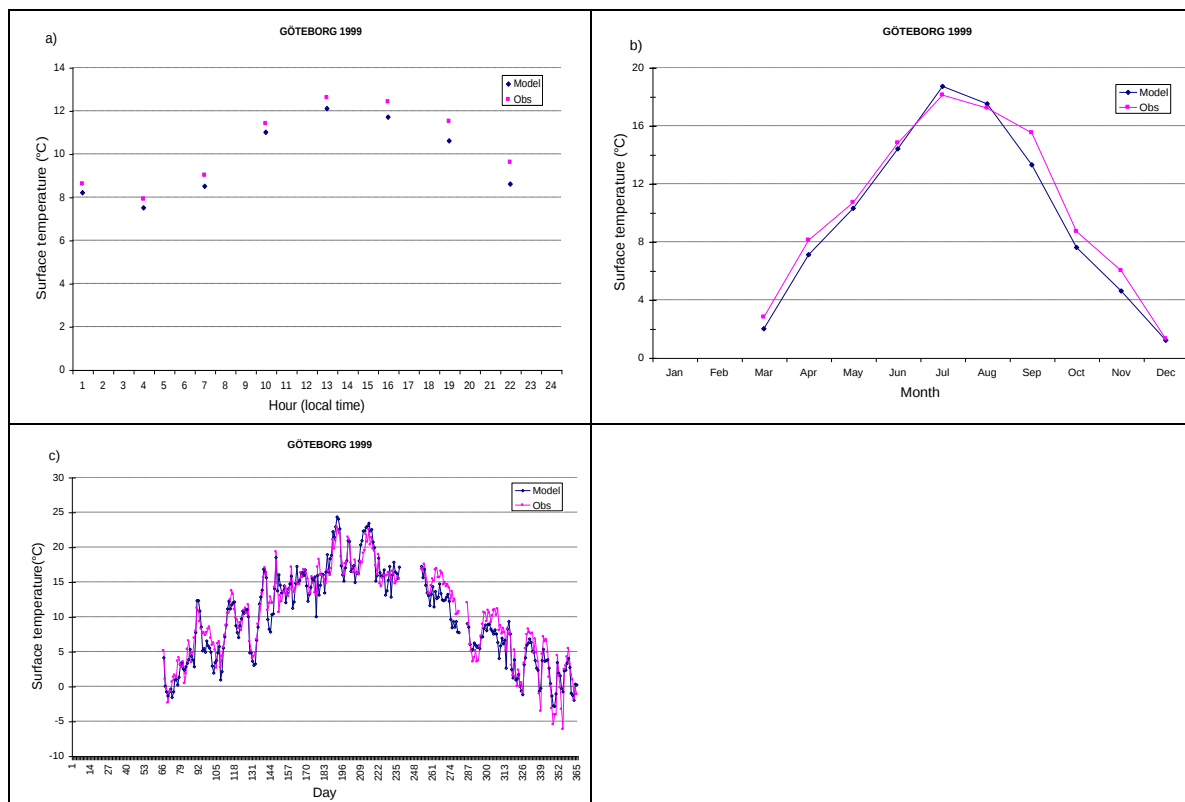
Långdistanstransporterade luftföroreningar kan definieras genom att koppla timupplösta halter till modellkörningarna. Biogeniska ytemissioner (VOC) kan också inkluderas. Detta har visat sig vara viktigt för både ozon- och partikelbildningen (Pun, et al. Environ. Sci. Technol., 36 (2002)).

I spridningsberäkningarna kan både punkt, linje- och areakällor behandlas. Resultatet av spridning av föroreningar såväl som meteorologin presenteras dels i form av kartor, dels i form av diagram och tabeller både som årsmedelvärden och olika percentiler (dygn respektive timmedelvärden).

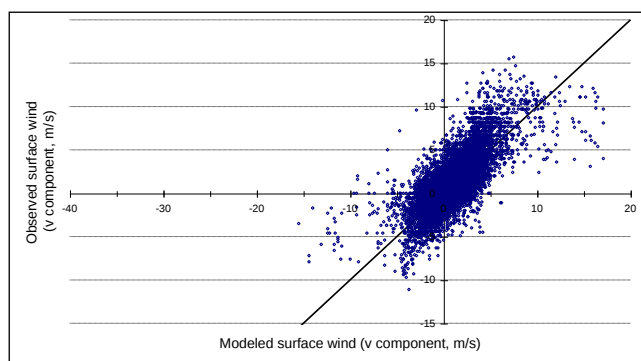
Modellen har validerats i både Australien och USA, och IVL har också genomfört valideringar för svenska förhållanden dels i södra Sverige (Chen m.fl. 2002). Resultaten visar på mycket god överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta värden. Mer detaljer om modellen kan erhållas via www.dar.csiro.au/TAPM.

I Chen m.fl., (2002) gjordes även en jämförelse mellan uppmätta (med TAPM) och beräknade parametrar. I figur B.1 presenteras jämförelsen av temperatur i olika tidsupplösning.

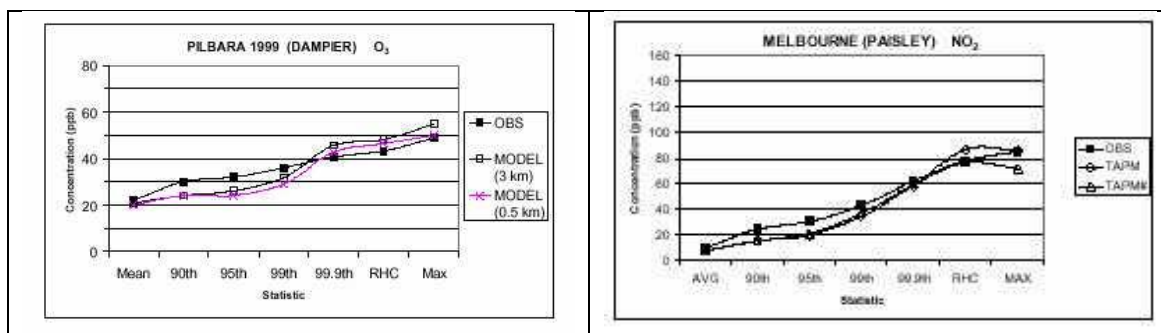
I figur B.2 presenteras en jämförelse mellan uppmätt och beräknad vindhastighet vid Säve. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade ozon- och NO₂-halter har genomförts i Australien (se figur B.3)



Figur B.1. Uppmätt och modellerad lufttemperatur i Göteborg för 1999 (a) timvariation; (b) säsongsvariation; (c) dygnsvariation.



Figur B.2. Jämförelse mellan beräknad och uppmätt vindhastighet vid Säve 1999.



Figur B.3. Jämförelse mellan uppmätta O₃ och NO₂ halter i Australien, gridupplösning 3x3km.

Referenser

Chen m.fl. 2002, IVL-rapport L02/51 "Application of TAPM in Swedish West Coast: validation during 1999-2000"

Pun, B K. Wu S-Y and Seigneur C. 2002: "Contribution of Biogenic Emissions to the Formation of Ozone and Particulate Matter in the Eastern United States" Environ. Sci. Technol., 36 (16), 3586 -3596, 2002.

Bilaga B Beskrivning MISKAM-modellen

MISKAM (Microscale Climate and Dispersion Model). MISKAM-modellen är en av de idag mest sofistikerade modellerna för beräkning av spridning avseende luftföroreningar i mikroskala. Det är en tredimensionell dispersionsmodell som kan beräkna vind- och haltfördelningen med hög upplösning i allt från gaturum och vägvagnsnitt till kvarter eller i del av städer eller för mindre städer. Det tredimensionella strömningsmönstret runt bl.a. byggnader beräknas genom tre-dimensionella rörelseekvationer. Modellen tar även hänsyn till horisontell transport (advektion), sedimentation och deposition samt effekten av vegetation och s.k. under flow d.v.s. effekten av vindmönster under t.ex. broar/viadukter. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt eller linje- eller ytkällor.

Modellen simulerar ett tredimensionellt vindfält över beräkningsområdet varför t.ex. turbulens runt hus samt s.k. trafikinducerad turbulens och därmed marknära strömningsförhållanden återges på ett realistiskt sätt. Denna typ av modell lämpar sig därmed väl även för beräkningar inom tätbebyggda områden där beräkning av haltnivåer ner i markplan skall utföras.

MISKAM är speciellt anpassad för planering i planeringsprocesser av nya vägdragningar eller nybyggnation i urbana områden. Modellen är utvecklad av The Institut für Physik der Atmosphäre of the University of Mainz.

MISKAM-modellen ingår i ett modellsystem s.k. SoundPLAN där även externbuller kan beräknas. Programmet kan räkna i enlighet med alla större internationella standarder, inklusive nordiska beräkningsmetoder för buller från industri, vägtrafik och tågtrafik. Resultatet kan bestämmas i enskilda punkter eller skrivas ut som färgkartor för större ytor.

Bilaga C Beskrivning av UMEP/SOLWEIG-modellen

För att beräkna den upplevda temperaturen – strålningstemperaturen – används modelleringsverktyget UMEP (Urban Multi-scale Environmental Predictor). I detta verktyg ingår bl.a. modellen SOLWEIG (Solar och Longwave Environmental) Ir-radiance Geometry-model), utvecklad av Lindberg et al. (2008) vid Göteborgs universitet. SOLWEIG är en GIS-baserad modell som använder högupplösta kartlager. I SOLWEIG beräknas strålningstemperaturen med hjälp av en höjdmodell, DSM (Digital Surface Model) över området, lufttemperaturen samt solinstrålningen. Först beräknas hur mycket av himlen som syns (SVF, Sky View Factor) samt hur skuggorna ligger för den valda tidpunkten på året. Detta görs för varje pixel i DSM:en. Därefter beräknas de olika strålningsbidragen – både inkommande och utgående långvågig och kortvågig strålning. Den inkommande långvågig strålning med hjälp av SVF, lufttemperatur och relativ luftfuktighet. Skuggmönstret och lufttemperaturen används för att ta fram byggnadernas och markens yttemperaturer, från vilka den långvågiga, utgående strålningen kan beräknas. Den inkommande såväl som utgående kortvågiga strålningen beräknas från solstrålning, SVF, solhöjd, skuggmönster samt alla ingående ytors albedo. Slutligen beräknas strålningstemperaturen från de fyra komponenterna av kort- och långvågig strålning. Det är möjligt att lägga in och använda kartlager även för marktäcke och vegetation och på så sätt få en förbättrad beskrivning av ytors optiska egenskaper respektive skuggmönster.

Litteratur:

Lindberg, F., Holmer, B. och Thorsson, S., "SOLWEIG 1.0 – Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings", Int. J. Biometeorol. **52** (2008).

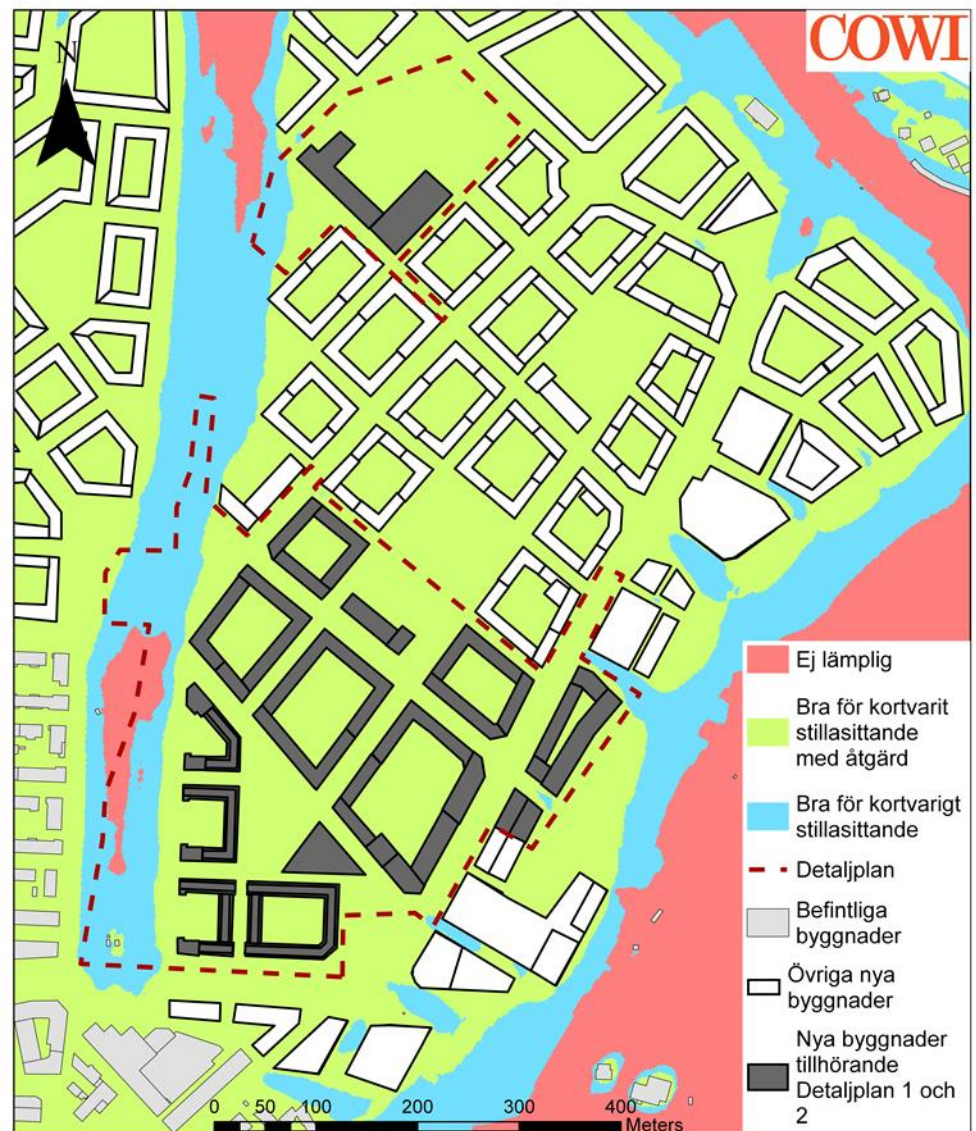
Bilaga D Klimatkartor

I denna bilaga visas klimatkartorna i större format.

D.1 Förutsättningar för långvarigt stillasittande

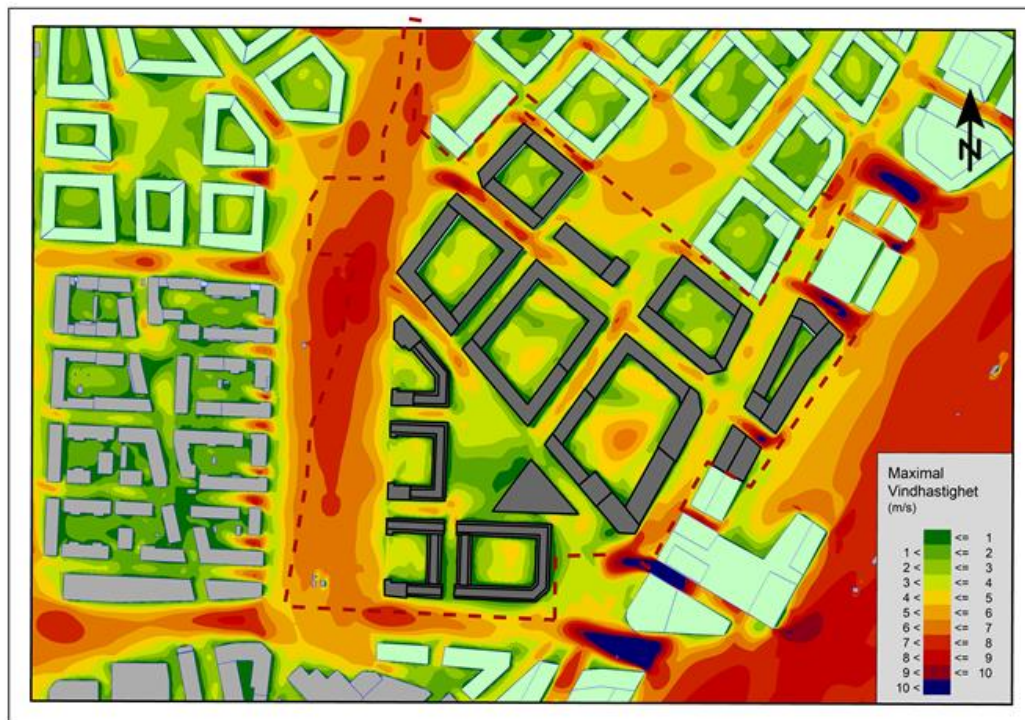


D.2 Förutsättningar för kortvarigt stillasittande

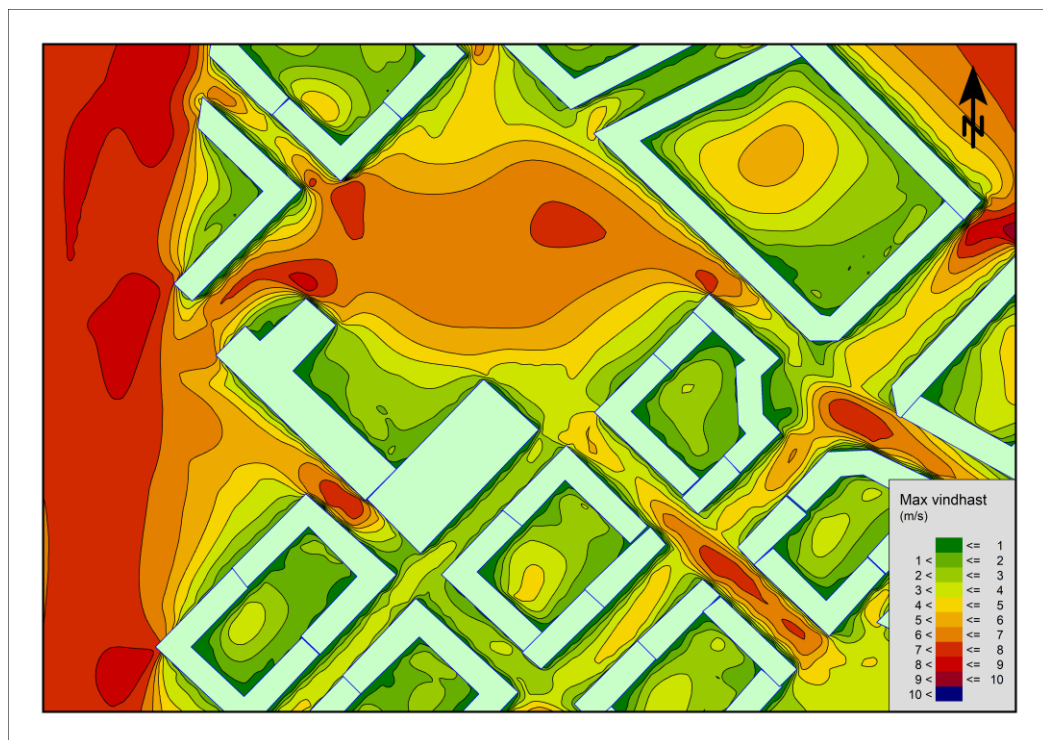


D.3 Maximala vindhastigheter i detaljplaneområdet

a) Södra delen av DP



b) Norra delen av DP



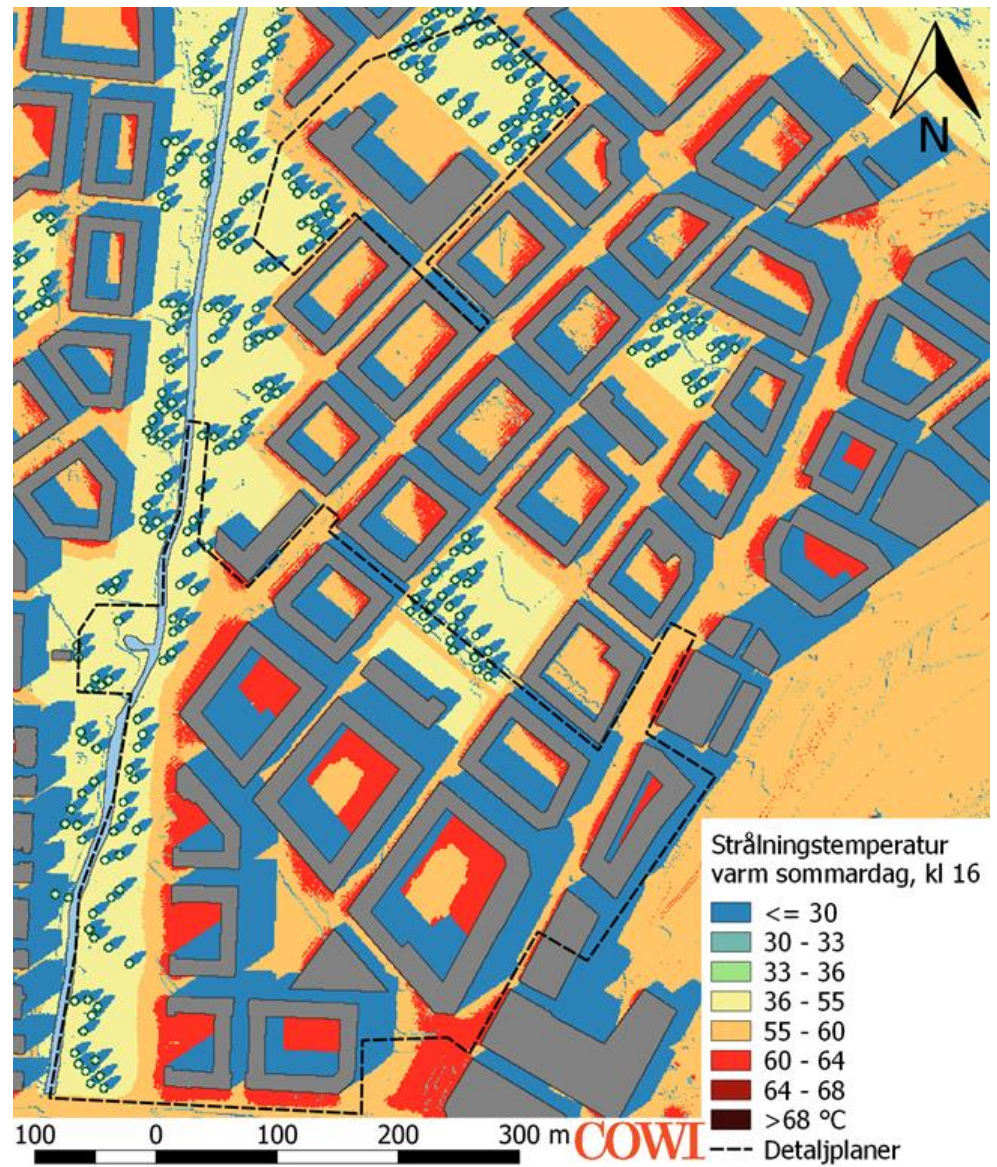
D.4 Strålningsstemperatur het sommardag på morgonen kl 08.



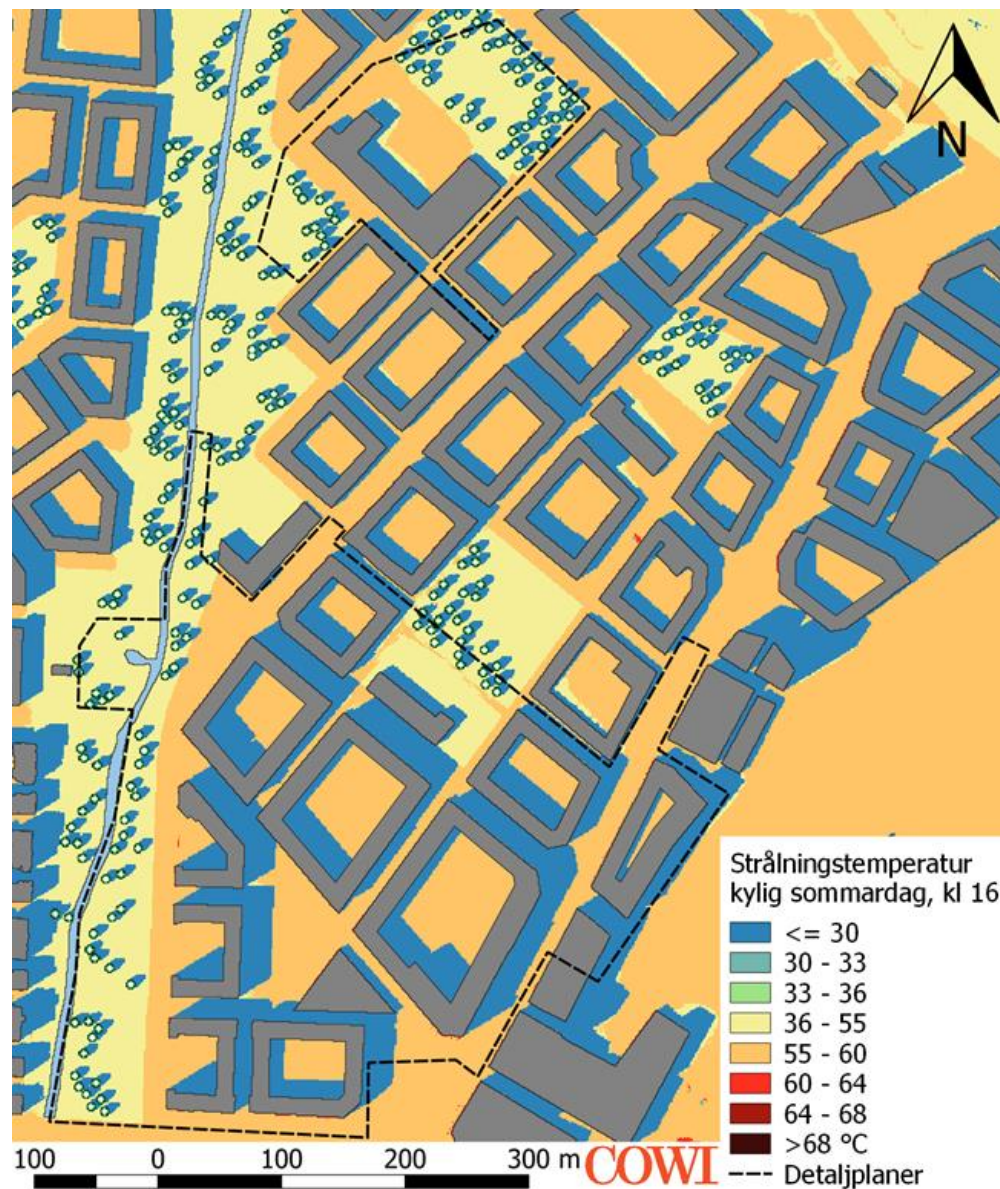
D.5 Strålningsstemperatur 27 juli 2018, kl 16



D.6 Strålingstemperatur varm sommardag på eftermiddagen

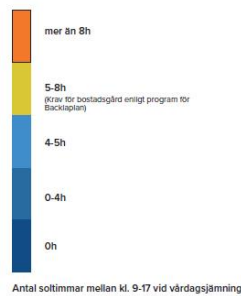


D.7 Strålningsstemperatur på en kylig sommardag på eftermiddagen



D.8 Solljusanalys Backaplan vid vårdagsjämnningen genomförd av Radar Arkitektur

SOLLJUSANALYS Backaplan
Vy från ovan



Base Shop