

MAJ 2020
FÖR NACKA KOMMUN

LOKALKLIMATUTREDNING FÖR DEL AV SICKLA, NACKA KOMMUN

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

COWI

MAJ 2020
FÖR NACKA KOMMUN

LOKALKLIMATUTREDNING FÖR DEL AV SICKLA, NACKA KOMMUN

PROJEKTNR. DOKUMENTNR.
A115649 A115649-4-02-RAP-003

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

INNEHÅLL

1	Sammanfattning	7
2	Inledning	9
2.1	Bakgrund	9
2.2	Syfte	10
2.3	Framtida bebyggelse	10
2.4	Fokusområden	11
3	Klimatkomfort och hälsoaspekter utomhus	12
3.1	Vind och den mänskliga upplevelsen av vind	12
3.2	Fördelning av sol och skugga	14
3.3	Termiska förhållanden	14
4	Metod	17
4.1	Modellering av vind och strömningsförhållanden i området	17
4.2	Termisk komfort utomhus	19
5	Resultat	20
5.1	Vindstudien	20
5.2	Sol- och skuggförhållanden utomhus	25
5.3	Strålningstemperatur	27
6	Diskussion	35
6.1	Vindförhållanden	36
6.2	Utvändiga sol- och skuggförhållanden	37
6.3	Strålningstemperatur	37
7	Sammanfattande bedömning lokalklimat	38
7.1	Området runt kvarteret Klinten	38
7.2	Området runt kvarteret Norra Nobelberget	39
7.3	Området runt kvarteret Sickla station	40
7.4	GC stråken	42
8	Referenser	43

BILAGOR

- Bilaga A Beskrivning TAPM-modellen
- Bilaga B Beskrivning MISKAM-modellen
- Bilaga C Beskrivning av UMEP/SOLVEIG modellen
- Bilaga D Delresultat vindberäkningar

1 Sammanfattning

På uppdrag av Nacka kommun har COWI utfört en utredning avseende lokalklimat för tre detaljplaner, Nacka port kvarteret Klinten, Norra Nobelberget Sickla Stationshus. Detaljplanerna karakteriseras av hög och tät bebyggelse och många människor kommer att vistas där i framtiden. Syftet med utredningen är att kartlägga lokalklimatet avseende vind och temperatur vilket ska underlätta att skapa attraktiva platser utomhus för olika ändamål och aktiviteter. Vid presentationen av resultaten har stor fokus legat på ett antal fokusområden i de olika planområde.

Fokusområden i kvarteret Klinten [1] - [4] och [14]

Vindförhållanden: Det råder goda förutsättningar för miljöer avsedda för långvarigt stillasittande vid [2] till [4]. Möjligen kan det i gränsen mellan [3] och [4] i hörnen mellan två huskroppar bli högre vindhastigheter till följd av vindförstärkning. Gång- och cykelstråken på [1] och [14] är något mindre skyddade för vinden, men uppfyller kraven för kortvarigt stillasittande.

Temperaturförhållanden: alla fokuspunkter förutom [14] är ganska skuggiga och ligger mer än hälften av tiden i skugga även på våren och sommaren. Även vindförstärkning vid [3] och [4] kan förekomma Därmed finns risken att området [2] till [4] kommer uppfattas som kyliga under stora delar av året. Gångvägen vid [14] är solbelyst under delar av dagen på våren och sommaren.

Eventuella åtgärder: För att öka utomhuskomforten kan det krävas vissa åtgärder som bromsar vinden, som t ex vegetation. För utveckling av vidare åtgärdsförslag krävs dock en dialog med beställaren.

Fokusområden i kvarteret Norra Nobelberget [5], [6], [10], [13] och [15]

Vindkomfort: Vid [5] som ligger vid förskolan råder det överlag goda eller mycket goda förutsättningar för långvarig stillasittande (stor andel av tiden med mycket låga vindhastigheter). Vindförstärkning kan förekomma vid det befintliga hotellet öster om förskolan. Fokusområdena [6], [10], [13] och [15] som är GC stråken har tillräckligt goda förhållanden för kortvarigt stillasittande och därmed med marginal för gång och cykelbana. Stråken [10] och [15] ligger skyddade för vinden och förutsättningar för långvarigt stillasittande är goda, dock inte helt uppfyllda.

Temperaturförhållanden: Området [5] får mycket sol under senare våren och sommaren. Därför finns risk för höga strålningstemperaturer under varma och soliga sommardagar på eftermiddagen. Under vintertid och tidig vår ligger området ligger däremot till stor del i skugga. Stråken [6] och [13] ligger norr om den nya bebyggelsen och blir förhållandevis skuggiga, även på våren och sommaren. Stråket vid [15] får mycket sol under alla årstider förutom på vintern. T_{mrt} kan bli högt på eftermiddagen under varma, soliga sommardagar.

Eventuella åtgärder: Det kan behövas åtgärder för skydd mot solen i förskolemiljö och längs med "Nobelstråket". Vidare kan även åtgärder behövas för att bromsa vinden vid hotellet, exempelvis med hjälp av vegetation. För utveckling av vidare åtgärdsförslag krävs dock en dialog med beställaren.

Fokusområden i kvarteret Sickla [7], [8], [9], [11], och [12]

Vindkomfort: Minitorget vid T-banestationen [7] har goda förutsättningar för kortvarigt stillasittande. [8] och [9] längs med GC-banan vid Sickla industriväg är en av de mer blåsiga delarna i området varför platsen endast är lämplig för kortvarigt stillasittande. Bytespunkten i [11] och Hållplatsen Värmdövägen [12] är båda relativt blåsiga och enbart tillräckligt bra för kortvarigt stillasittande.

Temperaturförhållanden: Minitorget vid [7] är en solig plats på senvåren och sommaren med risk för höga strålningstemperaturer under varma och soliga sommardagar. Vid [8] och [9] är det ganska skuggigt och begränsat med sol även på sommaren. Kombinerad med förhöjda vindhastigheter kan platsen komma upplevas som kyligt. Risk för höga strålningstemperaturer kan uppstå vid [9] på soliga sommareftermiddagar. Området vid [11] får mkt skugga från stationshuset och kan upplevas som okomfortabelt vid blåsigt väder. Hållplatsområdet vid [12] är soligt stora delar av året förutom på vintern. Det finns risk för höga strålningstemperaturer på varma och soliga sommareftermiddagar.

Eventuella åtgärder: Det kan behövas åtgärder både med avseende på vind och sol vid Minitorget, Bytespunkten och Hållplatsen för att göra miljöerna mer komfortabla. För utveckling av vidare åtgärdsförslag krävs dock en dialog med beställaren.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Västra Sicklaön i Nacka kommun ska enligt planen för området utvecklas till en tät och blandad stad. Området pekas ut som lämplig plats för att eventuellt bygga höga hus, enligt kommunens dokument "Förhållningssätt till höga hus i Nacka stad".

I Nacka kommun pågår för närvarande flera parallella stadsbyggnadsprojekt som omfattar både bostadshus och kontorshus. Området som ska utredas inom detta uppdrag inkluderar tre detaljplaner, Sickla nya stationshus med ca 23 våningar, Nacka port kvarteret Klinten med byggnader upp till 25 våningar och Norra Nobelberget däremellan. I de angränsande områdena finns redan idag en hel del bebyggelse, även högre punkthus. Planområdet avgränsas i norr av Värmdöleden, Sickla köp kvarter är begränsningen åt öster, Nobelberget ansluter i söder och Lugnets trafikplats är begränsningen till väster. Figur 1 visar en översikt över planområdena med omnejd.

Nacka kommun vill få bättre förståelse för hur den nya bebyggelsen inverkar på lokalklimatet i den omgivande miljön med avseende på vind, fördelning av skuggor, solljus och dagsljus. Även åtgärdsförslag som förbättrar lokalklimatet efterfrågas. COWI har sedan tidigare ett snarlikt uppdrag från Nacka kommun att utreda lokalklimatologiska förhållanden inklusive dagsljusanalys inomhus för stadsbyggnadsprojektet Bergs gård.



Figur 1. Utredningsområde, från vänster visas detaljplaneområdet för Klinten, Norra Nobelberget och Sickla stationshus i rött. Bild hämtad från Nacka kommuns webbkarta, webbkarta.nacka.se.

2.2 Syfte

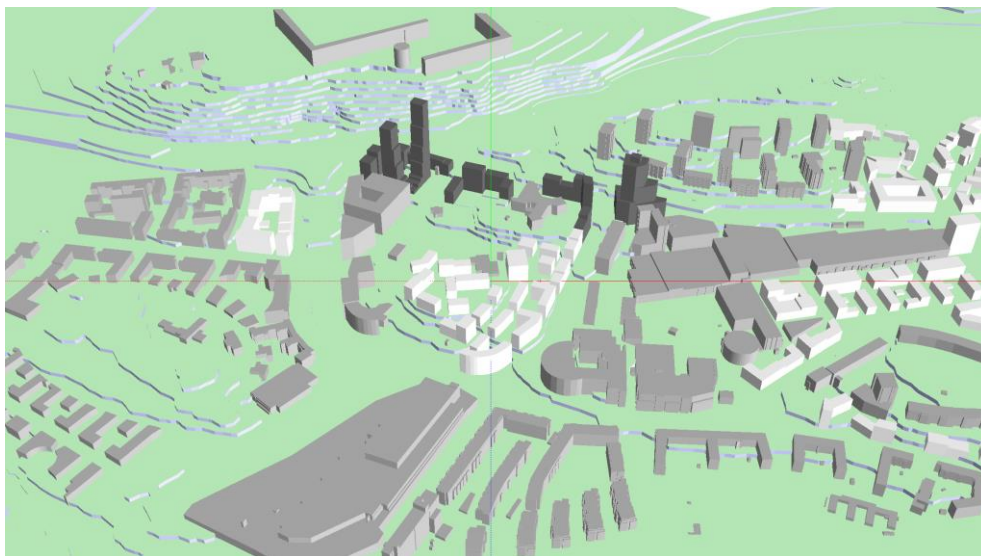
Syftet med utredningen är att kartlägga lokalklimatet i del av Sickla i Nacka kommun avseende vind, sol/skugga, temperatur och dagsljus. En bättre förståelse av de lokalklimatologiska förhållandena ska underlätta att skapa attraktiva platser utomhus för olika ändamål och aktiviteter (t.ex. vindstilla 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 dels undvika mörka och blåsiga områden, men även områden som kan bli för varma på sommaren p.g.a. för lite skugga och för mycket hårdgjorda ytor.

I uppdraget ingår även att stödja kommunen med lokalklimatologisk expertis avseende eventuella förändringar och åtgärder i till exempel bebyggelsestruktur och växtlighet för att förbättra utomhuskomforten.

2.3 Framtida bebyggelse

Utredningen fokuserar på de tre detaljplanerna Nacka port kvarteret Klinten, Norra Nobelberget och Sickla Stationshus. För planerna Nacka port kvarteret Klinten och Sickla Stationshus ska projektet pröva lämpligheten för höga hus på platsen enligt kommunens dokument "Förhållningssätt till höga hus i Nacka stad". De planerade höga husen framträder tydligt i den 3D-modell av bebyggelsen som byggts för beräkningarna, se Figur 2.

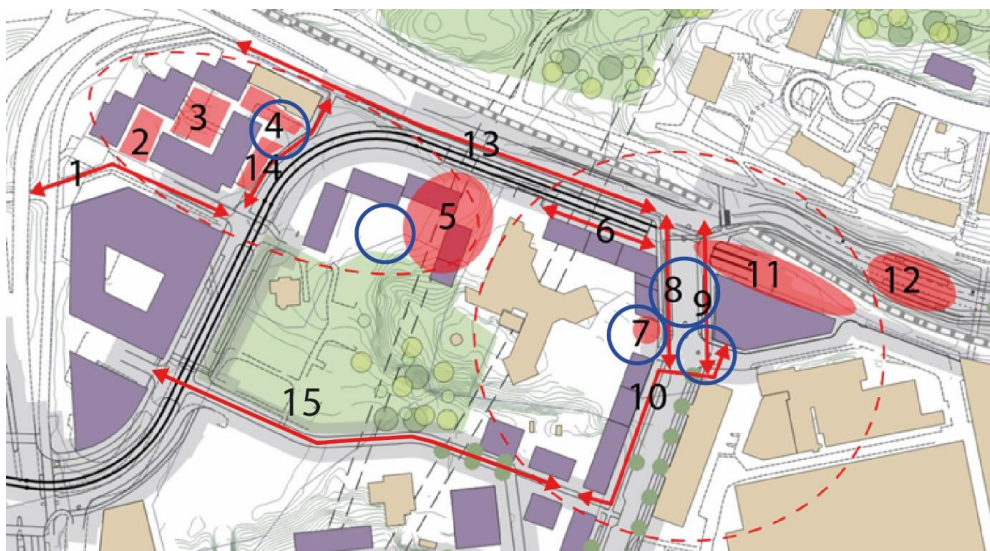
Då vindfältet även påverkas av omgivningen har detta beräknats för ett större område än avgränsningen för de aktuella detaljplanerna där även den lokala topografin har inkluderats i 3D-modellen, vilket också kan ses i Figur 2. Effekten av de mer storskaliga (men fortfarande lokala) förutsättningarna inkluderas genom meteorologisk indata (se vidare kap 4.1.1).



Figur 2. Vy över beräkningsområdet från söder, ur Miskam. De nya byggnader som tillhör detaljplanerna Nacka port kvarteret Klinten, Norra Nobelberget och Sickla Stationshus är mörkgrå. De övriga nya byggnaderna i omkringliggande detaljplaner är vita. Befintliga byggnader visas i ljusgrått och topografin i grönt.

2.4 Fokusområden

Vid utvärderingen av resultaten i denna utredning kommer dels nedanstående definierade fokusområden att diskuteras. Dessa är definierade av Nacka kommun och är särskilt intressanta/viktiga inför planeringen av användande av dessa ytor i och kring de olika detaljplanerna. Här har man därför önskemål om detaljerad information och diskussion avseende lokalklimatet. I de fall ytterligare områden identifieras som "problem" kommer självklart även dessa att lyftas.



Figur 3. Definierade fokusområden för utvärdering av resultatet i denna utredning. De blåa cirkelarna indikerar viktiga platser att undersöka avseende påverkan på vistelsevärden.

I Tabell 1 ges en kort förklaring till punkterna och i vissa fall den planerade användningen av området.

Tabell 1. Förklaring till fokusområden definierade i Figur 3.

1	Gång- och cykelkoppling från passage under Sicklavägen till Tvärbanan utmed Uddvägen.
2	Södervänd plats inom Klinten ("verkstadstorget")
3	Instängd plats inom Klinten ("trädgården")
4	Plats framför Klintens färgfabrik
5	Förskolemiljö
6	Smal gång- och cykelkoppling utmed Tvärbanans tråg/stödmur
7	Plats/minitorg mitt emot tunnelbanans entré
8	Gång- och cykel Sickla industriväg västra
9	Gång- och cykel Sickla industriväg östra
10	Gångväg från tunnelbanan till Nobelstråket
11	Bytespunkt/svacka Sickla (tvärbana, Saltsjöbana, tunnelbana)
12	Busshållplats Värmdövägen
13	Gångväg Värmdövägen från trafikplats Lugnet till Sickla bro

14	Gångväg mellan Uddvägen och Värmdövägen samt plats framför Klinten
15	Ny gångväg mellan Uddvägen och Sickla Industri väg "Nobelstråket"

3 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 °C) upplevs temperaturen som lägre än vad termometern visar. Riktigt varma sommardagar kan å andra sidan en fläkande 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 påverkar 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 termiska 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.

Till följd av sitt vindutsatta läge har klimatudredning för Sickla särskild fokuserat på vindkomfort, men även termisk komfort kommer att beaktas. Nedan ges en kort introduktion till hur komfort avseende vind och temperatur kan beräknas.

3.1 Vind och den mänskliga upplevelsen av vind

I vårt nordliga klimat med övervägande låga temperaturer har vinden en stor inverkan 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 vindhastighet och ökad byig vind blir vindtrycket den effekt som ger försämrad 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 cykelbanor, överskridas redan när den *uppmätta* vindhastigheten är 3,7 m/s eller

högre. I Tabell 2 redovisas årsmedelvärden för upplevda och uppmätta vindhastigheter 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 2.

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 2).

Tabell 2. 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.

3.1.1 Vind i tätbebyggda områden

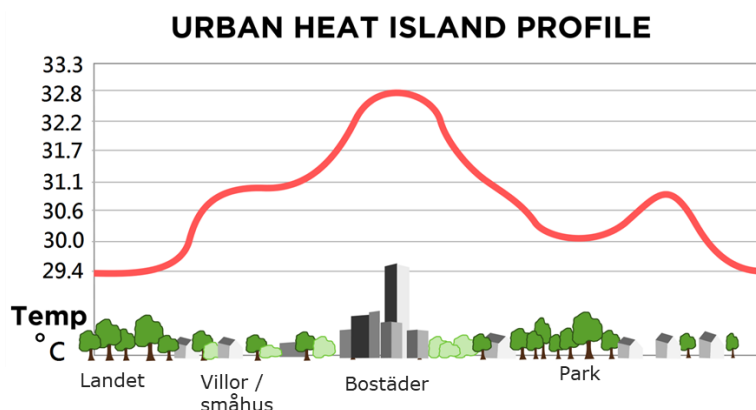
Jämfört med öppna ytor ger bebyggelsen skydd mot vinden på den aktuella platsen. Detta innebär att medelvindhastigheten i marknivå blir lägre jämfört med om platsen hade varit utan bebyggelse. Å andra sidan ökar bebyggelsen markytans råhet, vilket gör att turbulensen och bygheten ökar. Höga byggnader 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.

3.2 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.

3.3 Termiska förhållanden

Förutom vinden är även 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 3.3.1). 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 (källa: Climate Model Berlin, Department for Urban Development and Housing; https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/edb411_13.htm#E5). Förklaringen är att människor påverkas i högre utsträckning om det inte finns en möjlighet att ventilera ut bostaden under natten och därmed erhålla dräglig temperatur nattetid. I flera länder, däribland Sverige, utfärdas därför numer varningar för höga temperaturer (se Tabell 3) så att t.ex. sjukvård och äldreboende blir mer förberedda, samt människor generellt kan planera aktiviteter efter värmen.

Tabell 3. 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

3.3.1 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 långvägiga 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 strålningstemperaturen 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 4. 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 härefter till T. 55 respektive T. 60 (Tabell 5).

Tabell 5. Gränser för strålningstemperatur (T_{mrt}) använda i denna utredning.

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

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

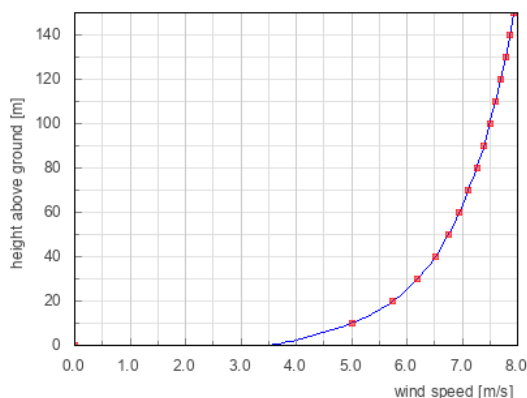
Baserat på ovanstående gränser för högre risk att dö kommer dessa strålnings-temperaturer att användas i denna utredning för bedömning av risken för exponering av för höga temperaturer.

4 Metod

4.1 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området

4.1.1 Meteorologiska förhållanden

Ju närmare marken desto mer påverkas vindhastigheten och vindriktningen av markytans beskaffenhet. Byggnader och vegetation utgör hinder för vinden och luften i rörelsen behöver ta sig runt eller över hindret. I större skala har topografien 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.

För att kunna beräkna realistiska vindförhållanden över ett område behöver Mis-kam-modellen meteorologiska indata som representerar de lokala förhållanden med avseende vindhastighet och vindriktning (se Bilaga B). 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.

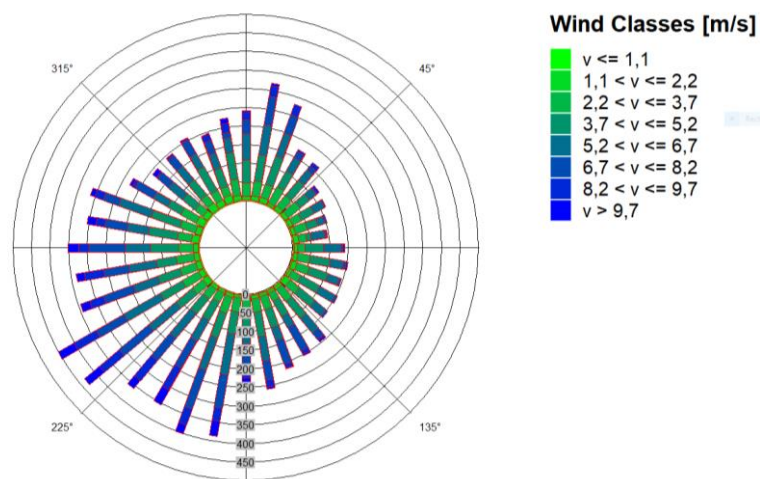
De byggnader som är planerade i de aktuella detaljplanerna är i vissa fall mycket höga. För att kunna beräkna effekten av "neddraget" av höga vindhas-

tigheten från hög höjd via de höga husen (> 100 m) har ingångsdata till de lokala beräkningarna hämtats från TAPM-beräkningarna från 100 meter över mark. Denna vindhastighet modifieras därefter i CFD-modellen så att relevant marknära vind erhålles (se 4.1.3).

4.1.2 Indata vindsimulering

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 Stockholm använts, sammansatt av månader tagna från åren 2001 till 2007.

Figureerna nedan visar den vindindata som används som indata vid CFD-beräkningarna för vindfältet över detaljplaneområdet. Här visas fördelningen av vindhastighet och vindriktning över planområdet vid 100 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 sydvästliga och västliga vindar dominerande, även nordliga är ganska frekventa. 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 Sickla, Nacka, för typåret.

4.1.3 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.

4.2 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).

4.2.1 Indata termisk modellering

Indata till den termiska modelleringen är hämtad från Högdalsmasten (SLB Analys) knappt 6 km sydväst om utredningsområdet. 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. Var (hur högt och i vilket väderstreck) solen står på himlen i kombination med byggnadernas höjd och placering styr hur skuggmönstret fördelar sig över området.

Som ingångsdata har marktäckeskarta (Nationella marktäckedata (NMD), Bas-skikt, region B, Naturvårdsverket, 2018). Denna kan dock inte representera den framtida situationen i området men då det inte fanns någon information om detta så användes befintliga marktäckedata.

4.2.2 Sol- och skuggstudie utomhus

Beräkningar har gjorts för fördelningen av sol och skugga utomhus över området för några dagar på året. Det är den 20 mars, 15 april, 5 maj, 21 juni och 21 december. Vårdagjämningen den 20 mars representerar vår- och höstförhållanden (dag och natt är lika långa), 15 april och 5 maj är tiden när utomhussäsongen kommer igång mer på allvar och representerar hur våren framskrider

mot sommarsolståndet den 21 juni. Sommarsolståndet representerar högsommarförhållanden med maximal solhöjd och därmed de kortaste skuggorna. Vintersolståndet representerar årets mörkaste tid när dagarna är som kortast och solen står mycket lågt över horisonten, vilket ger längst skuggor.

4.2.3 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. För ett av ovan nämnda fokusområdena, område 7 (se Tabell 1) har även en tidsserieanalys gjorts. Här framgår hur T_{mrt} förändras mellan dag och natt samt från maj-augusti och hur många tillfällen som överskrider de aktuella temperaturgränserna $T. 50$ respektive $T. 60$ (se Tabell 5).

5 Resultat

5.1 Vindstudien

5.1.1 Vindkomfort

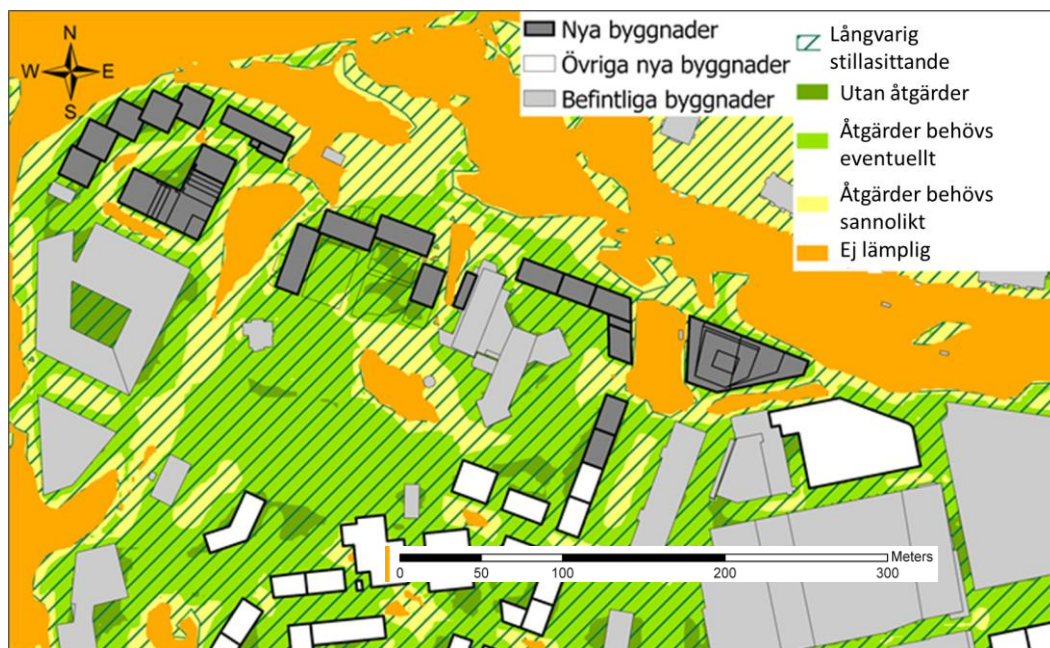
För bedömning av vindkomforten appliceras de vindklasser som beskrivs i Tabell 2. Kriterierna beskriver var olika typer av aktiviteter lämpar sig så som långvarigt stillasittande som i en park eller uteservering, kortvarigt stillasittande som t.ex. vid busshållplats och slutligen område lämpligt för gång- och cykelbanor.

Beräkningarna har gjorts dels för medelvindhastigheten för hela året över planområdet dels med vilken frekvens olika vindhastigheter uppträder. Detaljerade kartor för detta återfinns i Bilaga C. Då den faktiska vindhastigheten oftast inte är av primärt intresse, utan snarare vindkomforten, har baskartorna från bilaga C sammanvägts med hjälp av GIS-metodik. Områden lämpliga för långvarigt stillasittande visas i Figur 7 där färgsättningen baseras på Tabell 6.

Tabell 6. 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 2.

Klassificering av området	Vindexponering	Platsens lämplighet för långvarigt stillasittande
Blårandigt	Årsmedelvärdet för vindhastighet är lägre än 1,1 m/s.	Förutsättning för långvarig 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
Orangt	Vindhastigheten högre än 1,1 m/s	Ej lämpligt för långvarig stillasittande, men bra för GC-banor

I Figur 7 framgår att det i stora delar av området är lämpligt med långvarigt stillasittande. 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 visas som olika färger under den gröna rasteringen.



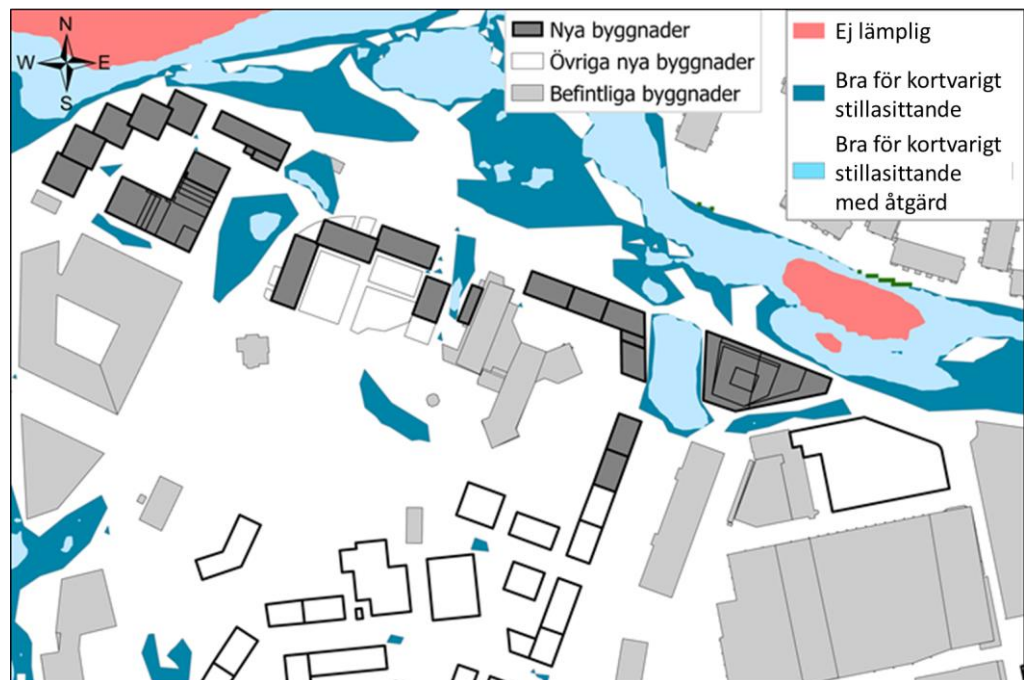
Figur 7. Bedömning avseende lämplighet för **långvarigt stillasittande**. Randig markeringen: områden generellt lämpliga för långvarigt stillasittande. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Mörkgrönt: inga åtgärder. Ljusgrönt: ev. behövs åtgärder. Gula områden: åtgärder behövs. Orange; ej lämplig.

Vid de få mörkgröna områdena behövs ingen åtgärd alls. Vid ljusgröna kan åtgärd behövas om det planeras t.ex. ett café, park eller eventuellt dagisgård. På de gula områdena kan ytterligare åtgärder behövas om stillasittande planeras, då andelen timmar med högre vindhastigheter överstiger vindgränsen för långvarigt stillasittande (mellan 60%-80% av tiden).

Motsvarande analys har även gjorts för kortvarigt stillasittande där områden lämpliga för kortvarigt stillasittande visas i Figur 8 där färgsättningen baseras på Tabell 7.

Tabell 7. 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
Mörkblått	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.



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)

De områden som definierats enligt kriterier för kortvarigt stillasittande och analyserats med avseende på åtgärder visas i Figur 8. För ljusblå områdena kan det komma att behövas olika former av åtgärder om denna typ av aktivitet planeras här. De aktuella områdena är lokaliserade mellan kvarteret Klinten och Norra Nobelberget vid fokuspunkterna [4 och 14], vid Norra Nobelberget [5] samt längs dessa två kvarter [13]. Därtill vid Sickla station [8, 9 och delvis 7] samt området vid [11].

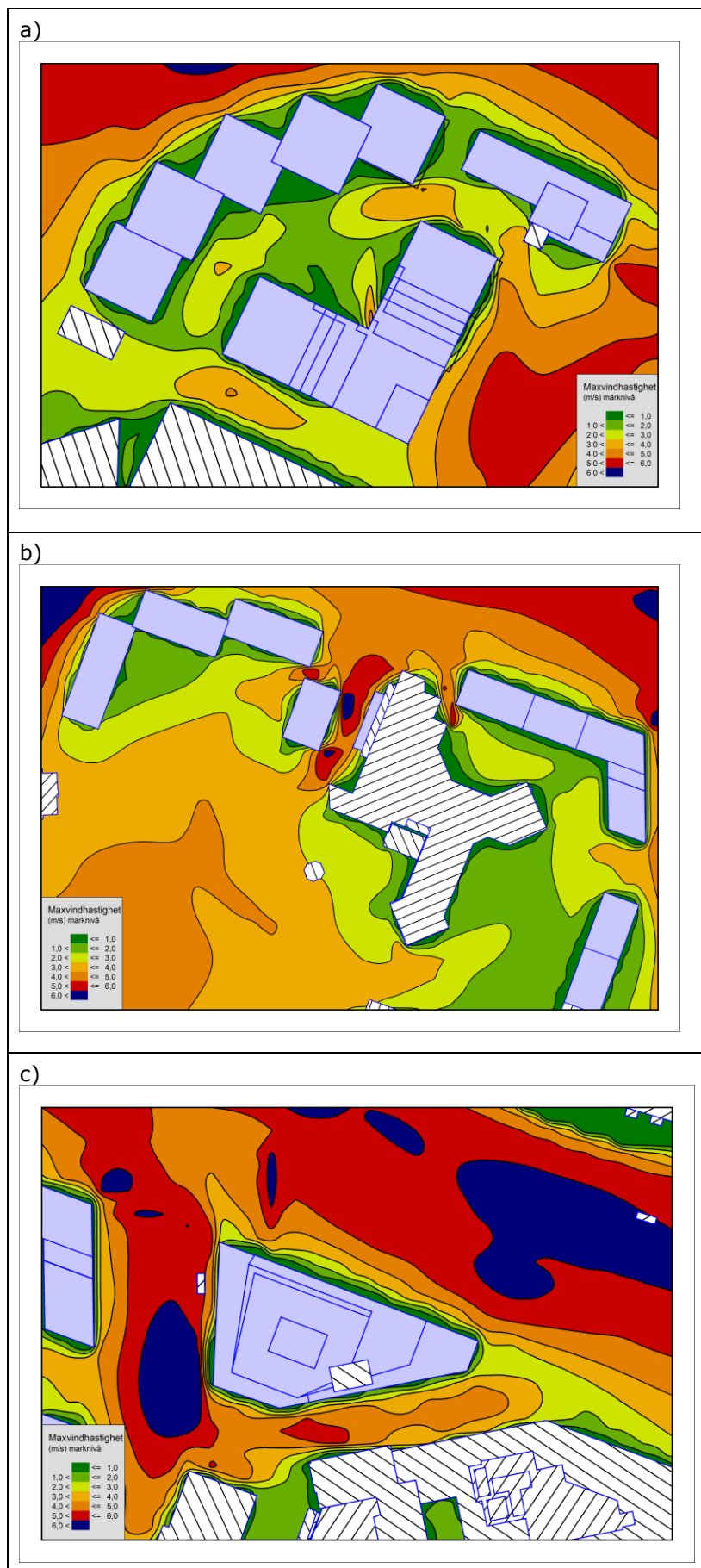
Vid busshållplats vid Värmdövägen som är fokuspunkten [12] rekommenderas inte ens kortvarigt stillasittande. Här skulle det behövas relativt omfattande åtgärder för att förbättra förutsättningar för kortvarigt stillasittande, dock är vindförhållandena bra för gång- och/eller cykelbana.

5.1.2 Områden med risk för vindförstärkningar

Det kan även vara av intresse att se om det kan förkomma vindförstärkningar inom några av områdena. Detta uppträder framför allt vid situationer med allmänt höga vindhastigheter (se Figur 9a-c). I Figur 9a visas vindhastigheten vid Nacka Port. Här framgår att det kan bli en viss vindförstärkning in emellan husen öster ifrån vid fokuspunkt [4] (enligt Figur 3) och även till viss del inne i område vid fokuspunkt [3]. De högsta vindhastigheterna uppstår vid fokuspunkt [14] samt norr om utanför detaljplanen.

I Figur 9b visas vindhastigheten vid Nobelberget. Även här kan det uppstå vindförstärkningar. Vid fokuspunkt [5] och vid vägen in mot parken bakom de nya byggnaderna blir det en påtaglig förstärkning vilket sannolikt skulle kunna ge obehag. Vinden förstärks även i inpassagen mellan fokuspunkt [5 och 6] mellan en av de nya och en av de befintliga byggnaderna.

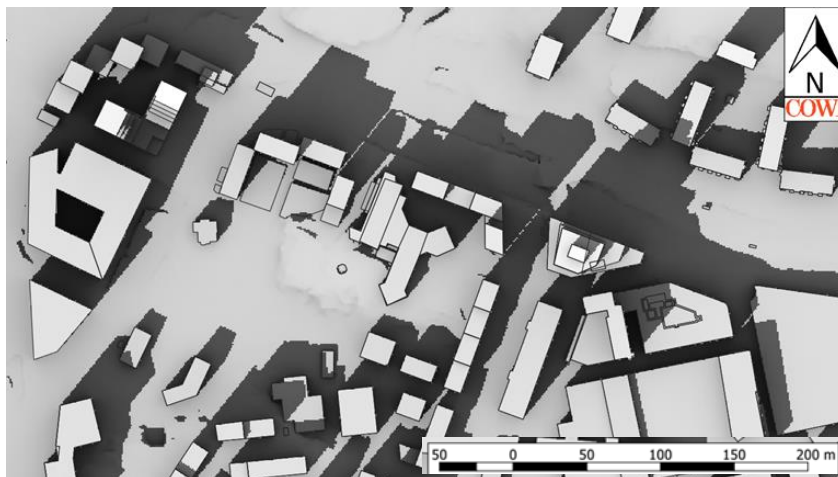
I Figur 9c visas vindhastigheten vid Sickla station. Här framgår att den kraftigaste vindförstärkningen i alla de tre detaljplanerna återfinns i fokusområde [8 och 9] väster om Sickla station och den ostligaste byggnaden vid Nobelberget. Dessutom är det höga vindhastigheter vid fokusområde [12] och även till viss del i fokusområde [7].



Figur 9. Maximala vindhastigheter i respektive detaljplan a) kv. Klinten; b) kv. Norra Nobelberget och c) kv. Sickla station.

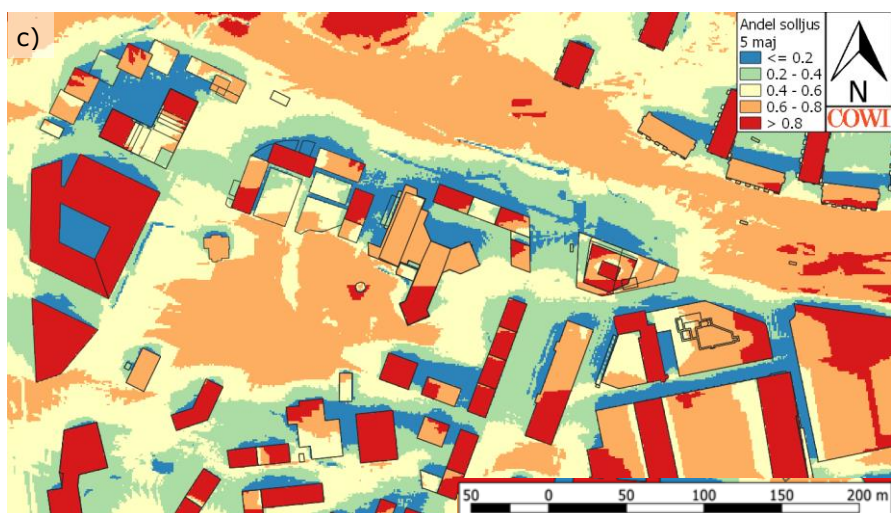
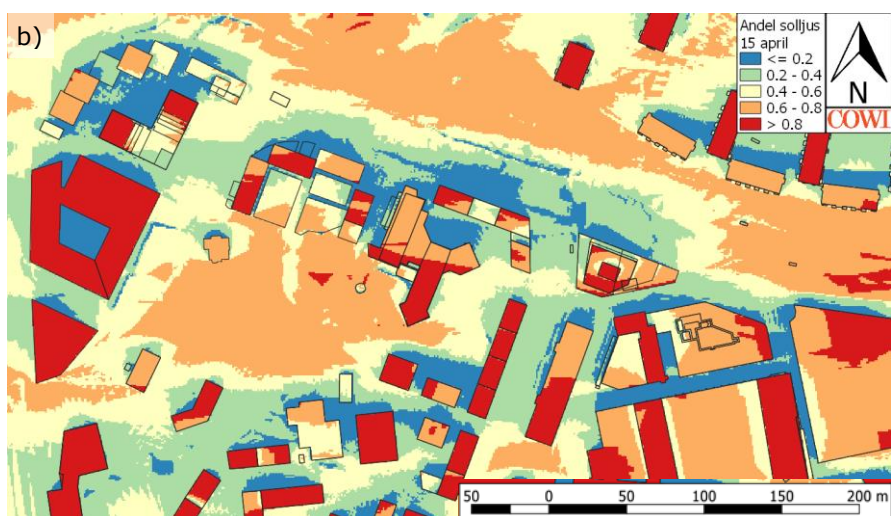
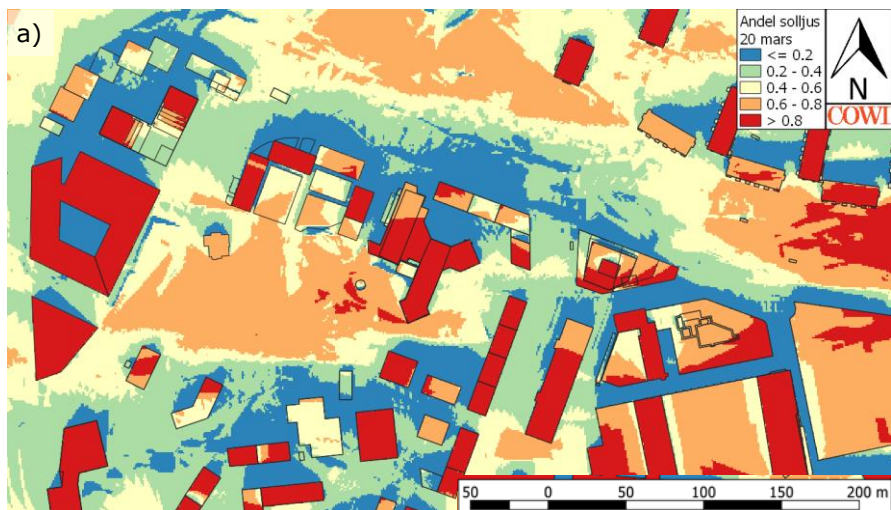
5.2 Sol- och skuggförhållanden utomhus

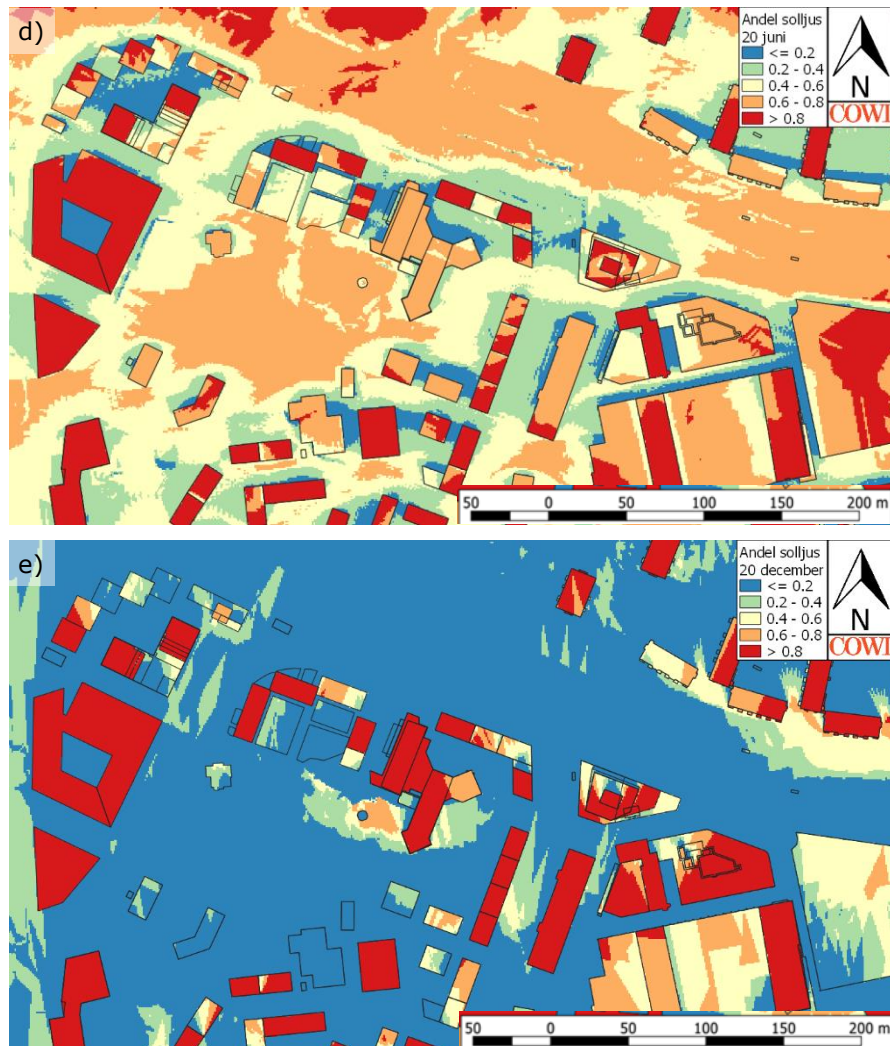
I detta avsnitt presenteras resultaten från sol- och skuggberäkningen över planområdet med modellen UMEP (se 4.2). Resultaten presenteras i Figur 10 och Figur 11.



Figur 10. Skuggmönstret över området 20 mars kl.14.15.

I Figur 10 visas skuggiga och solbelysta områden kl. 14.15 den 20 mars. Här syns tydligt skuggorna från bebyggelsen. Denna karta är en ögonblicksbild för den valda tiden, men talar inte om hur länge en särskild plats ligger i skuggan vid ett visst datum. Beräkningar har därför även gjorts för att visa hur stor andel av dagen som varje punkt i kartan är solbelyst. Dessa dagar är 20 mars, 15 april, 5 maj, 20 juni samt 20 december och presenteras i Figur 11 a) till e). De här kartorna visar andel timmar med solljus (i marknivå och på hustak) i förhållande till tiden solen står över horisonten. Till exempel betyder intervallet 0,2 till 0,4 att 20 till 40% av timmarna är området solbelyst i förhållande till antal timmar när solen är över horisonten vid det aktuella datumet. Den 20 mars (Figur 11 a)) är stora delar av planområdet vid Norra Nobelberget och i kvarteret Klinten solbelysta mindre än 40 % av tiden. I de obebyggda delarna blir andelen solbelyst tid större, upp till 80%. Minst andel solljus får områden norr om bebyggelsen, där det är solbelyst mindre än 20 % av tiden. Fyra till sex veckor senare, den 15 april och 5 maj märks den högre solhöjden tydligt. Det syns hur områdena med stor andel skugga krymper ju längre våren fortskrider och man kommer in i april (Figur 11 b)), vilket fortsätter i maj (Figur 11 c)) och fram till midsommar (Figur 11 d)). Trots att solen står högt på himlen finns områden som är i skuggan större delen av dagen även vid midsommar, exempelvis större områden runt Klinten, norr om Sickla stationshus och norr om bebyggelsen i Norra Nobelberget. Den 20 december är tillgången till direkt solljus i planområdet mycket begränsad (Figur 11 e). Hela området ligger i skugga under den största delen av dygnets ljusa timmar på grund av låg solhöjd. Generellt gäller att tak och högt liggande platåer (inkl. terrasser) är solbelysta större delen av dagen oberoende av årstid.





Figur 11. Fördelning av sol och skugga över området för fem olika datum: a) 20 mars; b) 15 april; c) 5 maj; d) 20 juni; e) 20 december. Kartan visar andel timmar med solljus i förhållanden till det maximala antal timmar med solen över horisonten för det aktuella datumet. Siffrorna i legenden: $\leq 0,2$ betyder mindre än 20% av tiden solbelyst, $0,2 - 0,4$ betyder 20 - 40% av tiden solbelyst, osv.

5.3 Strålningstemperatur

I detta avsnitt presenteras resultaten från beräkningar av strålningstemperaturen T_{mrt} över planområdena. Det ska dock noteras att denna kan skilja sig mycket från lufttemperaturen, och ska därför inte förväxlas med lufttemperatur. Beräkningarna baseras på olika typer av sommarväder.

Eftersom det i detta tidiga skede i planeringen av området inte är känt hur fördelningen av vegetation kommer att se ut har det i dessa beräkningar av T_{mrt} inte tagits någon hänsyn till vegetation kunnat tas. Träd, buskar, gräs och rabatter ger dels skugga och skydd från den direkta solinstrålningen, men sänker även lufttemperaturen genom växternas avdunstning. Däremot har typen av marktäcke (hårdgjorda ytor, gräs, bar jord etc.) beaktats i beräkningarna.

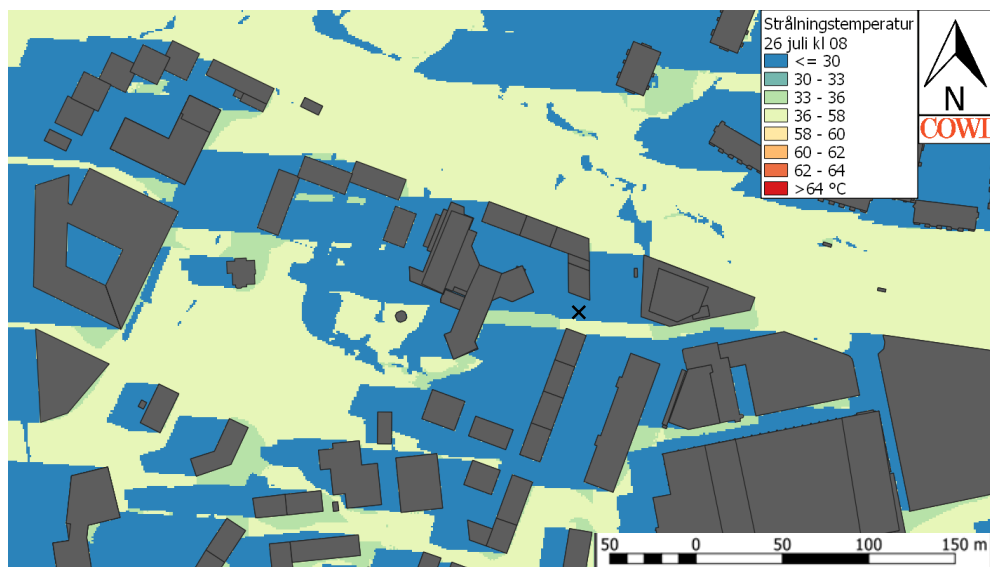
5.3.1 Strålningstemperatur för olika typer av sommarväder

För beräkning av strålningstemperaturen har tre olika typer av "svenskt sommarväder" valts ut, för att representera att den skandinaviska sommaren kan bjuda på både soligt och varmt men även kyligt och molnigt väder. De utvalda tillfällena är en "mycket varm" dag som representeras av den 28 juli 2018, "normalt till varm" som representeras av två eftermiddagstimmar vid olika datum, samt två "kyligare" tillfällena. Väderförhållandena för dessa timmar presenteras i Tabell 8

Tabell 8. Väderförhållandena för de timmar som strålningstemperaturen beräknades. Färgerna representerar olika typer av svenskt sommarväder: röd= en varm sommar dag (obs: kl. 08 och kl. 16 från samma dag), grön = "normalt sommarväder", blå = "kyligare sommarväder".

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)
20180726	08	2,1	207	24,2	58,6	318,9	270,1	188,7
20180726	16	3,3	151	30,4	32,7	675,4	760,5	243,0
20040810	16	1,8	114	24,7	50,7	417,8	716,3	298,5
20050705	16	3,2	127	23,8	35,5	529,9	795,4	265,5
20050714	16	3,2	130	21,7	55,7	360,2	289,4	70,8
20050723	16	0,9	329	16,2	85,4	167,6	52,3	115,3

I Figur 12 - Figur 13 samt Figur 15 - Figur 18 presenteras strålningstemperatur över planområdet för respektive tidpunkt i Tabell 8. Det svarta krysset (x) i kartorna markerar Plats/minitorg mitt emot tunnelbanans entré. Punkten tillhör fokusområden som presenterades i Tabell 1 och betecknas i den följande texten med [7]. För detta område presenteras även en tidsserieanalys i Figur 19.



Figur 12. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för den 26 juli 2018, kl.8 på morgonen, baserad på indata i Tabell 8.

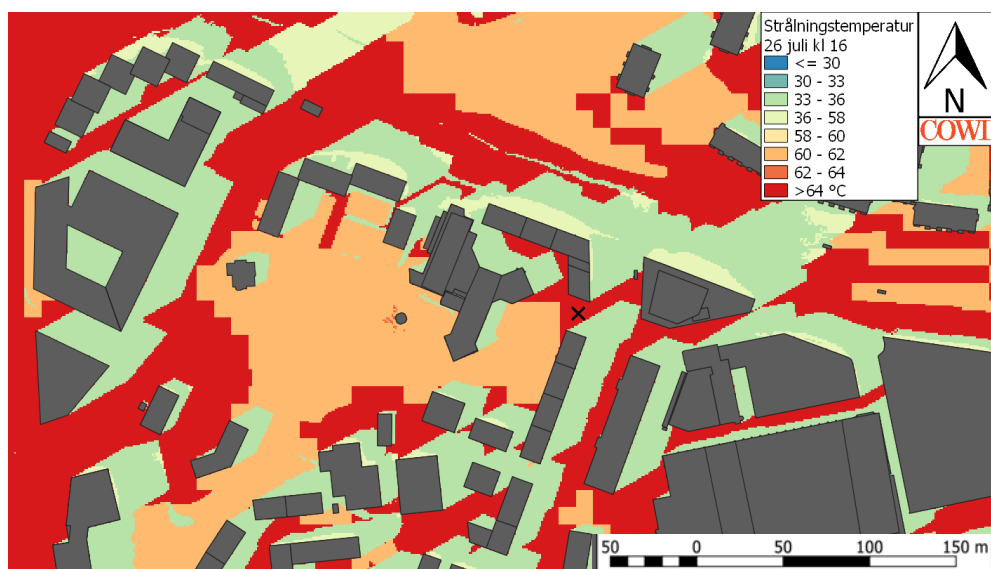
Exempel på mycket varm och soligt sommarväder

För den 26 juli 2018, som är klassad som en mycket varm dag, presenteras strålningstemperaturen både på morgonen kl.8 (Figur 12) när lufttemperaturen

redan var över 24 °C, och kl. 16 på eftermiddagen (Figur 13) då lufttemperaturen hade stigit till över 30 °C.

På morgonen skiljer sig ytemperaturen, och därtill kopplad värmestrålning, för hårdgjorda (t.ex. asfalt) och icke hårdgjorda områden inte nämnvärt åt. Över solbelysta områden varierar T_{mrt} mellan 35 och 39 °C. Överst i spannet är till exempel kullen i Norra Nobelberget, där solen redan kommit åt att lysa under några timmar. Jämför med Figur 11 d) där det är strålningsvärmens från marken som ger ett extra tillskott av värme. De kyligaste delarna (som inte ligger i skugga) återfinns vid denna tid på dygnet istället där inte solen kommit åt i någon vidare utsträckning. Dessa omfattas av svackor och trånga passager mellan hus, till exempel den längs Järnvägsgatan, söder om Sickla stationshus. I skuggade områden ligger T_{mrt} under 30 °C. De lägsta temperaturerna återfinns över gräsytor mellan höga hus, till exempel i område Förskolemiljö [5], i synnerhet nära de icke uppvärmda husväggarna.

På eftermiddagen kl.16 är mönstret annorlunda med lägst strålningstemperaturerna under 36 °C (Figur 13) i skuggan norr om bebyggelsen. De högsta temperaturerna når upp över 64 °C och uppkommer över de solbelysta och öppna (stor andel solbelyst tid, jfr m. Figur 11 d), hårdgjorda områdena. Här ses till exempel området väster och söder om Norra Nobelberget eller över den öppna ytan kring Järnvägsgatan (N-S sträckning). Men generellt denna dag ligger strålningstemperaturen över hårdgjorda ytor mycket högt, på minst 66 °C. T_{mrt} är ungefär densamma eller något högre över takytorna i området. Över gräsmattor ligger strålningstemperaturen i allmänhet omkring sex grader lägre och varierar mellan 60 och 62 °C.



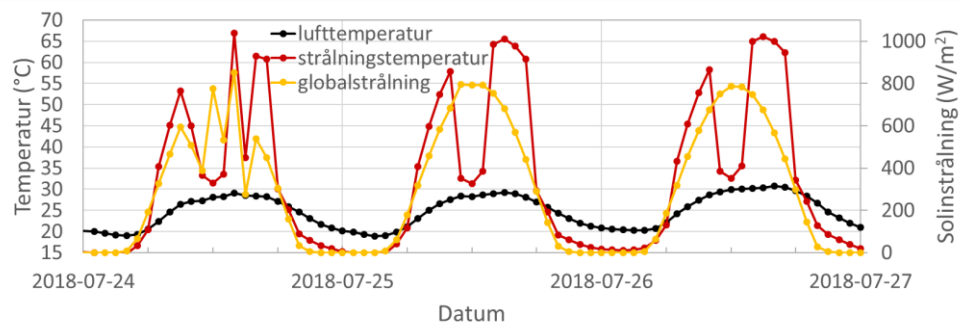
Figur 13. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för den 26 juli 2018, kl.16 på eftermiddagen, baserad på indata i Tabell 8.

I Figur 13 framgår även att det blir stora skillnader i T_{mrt} på korta avstånd, mellan solbelysta och skuggiga ytor. Det förekommer nästan inga temperaturer inom temperaturintervallet T_{mrt} 40 till 60 °C, då bebyggelsen skapar skarpa gränser mellan områden som ligger i skuggan eller är solbelysta. De områden som är eller har varit i skugga har en viss kvarstående lägre temperatur (jfr m. Figur 11). Senare under dagen ändras beskuggningen och därmed mönstret för

T_{mrt} och för värmebelastningen. Enligt Tabell 4 finns risk för värmestress och hälsoeffekter vid strålningstemperaturer över 50°C. Beräkningen för eftermiddagsituationen den 26 juli 2018 visar tydligt att stora delar av området når upp till dessa nivåer, under åtminstone delar av eftermiddagen.

Temperaturutvecklingen före 26 juli 2018

I kartorna över T_{mrt} presenteras ögonblicksbilder för utvalda datum och klockslag. För att visa temperaturutvecklingen över tiden visas även en kort tidsserie om tre dagar (24-26 juli 2018) för lufttemperatur, strålningstemperatur och inkommande solstrålning och presenteras i Figur 14. Solinstrålningen anges som globalstrålning, d v s den totala mängden solstrålning som träffar en horisontell (mark-)yta. Denna består av direkt strålning (solljus som når en yta, t.ex. kroppen, utan att träffa på något hinder) och diffus strålning (solljus som på vägen genom atmosfären spridits av t.ex. moln, dimma, dis eller damm).



Figur 14. Tidsserie för lufttemperatur, strålningstemperatur och globalstrålning (inkommande solstrålning) för område Plats/minitorg mitt emot tunnelbanans entré [7] under en period av tre dygn, 24-26 juli 2018. Tidsserien är en timma.

Tidserien gäller för område Plats/minitorg mitt emot tunnelbanans entré [7]. Denna plats skuggas av den planerade byggnaden längs Sicklaindustriaväg ett par timmar vid lunchtid i juli. Detta visar sig som en djup svacka i T_{mrt} -kurvan mitt på dagen. Däremot syns inte någon motsvarande svacka i globalstrålningens kurva. Anledning till detta är att mätningar över solinstrålning kommer från en öppen plats, utan störande skuggor. Den hackiga strukturen, i strålningstemperatur och globalstrålning, under den första dagen (24 juli) är en effekt av växlande molnighet. Som ses i Figur 14 är lufttemperaturens variation över dygnet mycket mindre än den för T_{mrt} , och effekten från förbipasserande moln är inte alls lika påtaglig då det sker en ständig omblandning. På natten, när solinstrålningen är noll är lufttemperaturen högre än T_{mrt} .

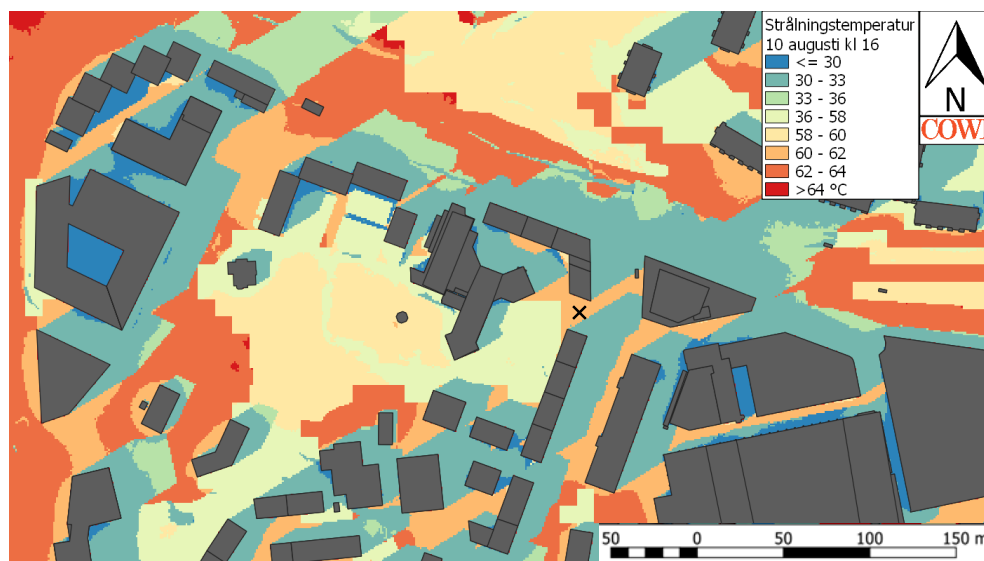
Under perioden uppvisar dygnsmaximum för lufttemperaturen en svagt stigande trend. De två första dagarna hamnar den på drygt 29°C och den tredje dagen stiger den till 30,7°C. Motsvarande minimumtemperaturer nattetid är 19,0, 18,9 respektive 20,3°C. Denna utveckling i lufttemperatur är ett resultat av en gradvis uppvärmning av mark och byggnader och indikerar hur värmebelastningen kan byggas upp succesivt över flera dagar under en pågående värmebölja. Ökningen är tydligare när föregående dag varit klar (25 juli) jämfört med när den haft växlande molnighet (24 juli).

Maximala strålningstemperaturen uppvisar däremot inte samma trend. Den är högst första dagen (ca 67°C) och lägst andra dagen (ca 66°C) för att åter stiga

till tredje dagen (ca 66°C). Det innebär att T_{mrt} alla dessa överskrider gränsen 60°C enligt Tabell 4. Under dag 1 är det diffusa bidraget klart högre på grund av molnighet än under de två andra dagarna samtidigt som det direkta bidraget inte skiljer så mycket mellan de tre dagarna.

Exempel på varm och soligt sommarväder

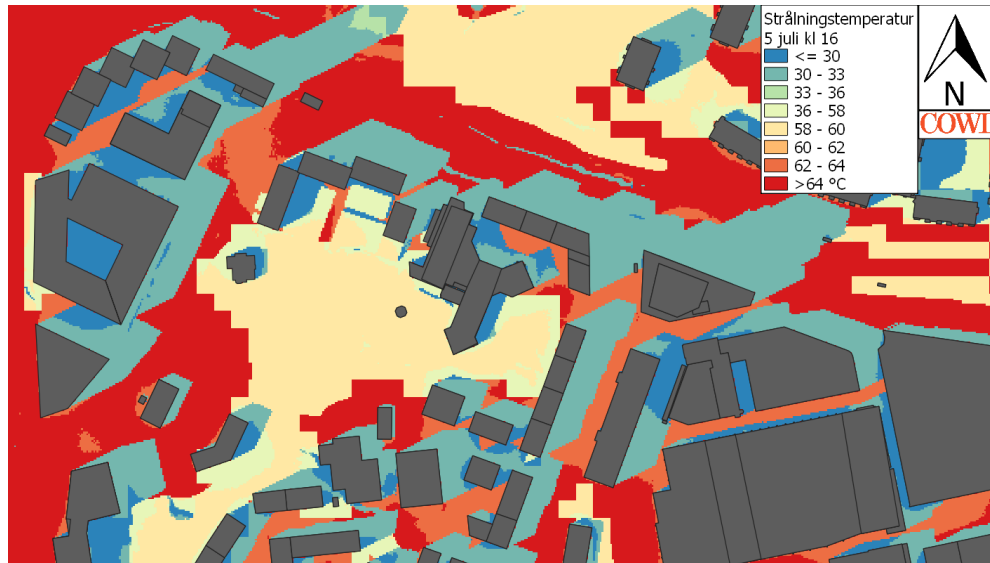
10 augusti 2004 kl 16 (Figur 15) representerar en situation med normalt soligt sommarväder. Lufttemperaturen kl. 16 är nästan 25 °C (se Tabell 8 för ytterligare meteorologisk information).



Figur 15. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för den 10 augusti 2004, kl. 16 på eftermiddagen, baserad på indata i Tabell 8.

De maximala T_{mrt} är lägre än 26 juli 2018 och når som mest upp till ungefär 64°C, till exempel den öppna ytan kring Järnvägsgatan (N-S sträckning), västligaste delen av Norra Nobelberget (över asfalt) samt icke skuggade delar av Värmdövägen [13]. Även i [7] är det något svalare jämfört med 26 juli 2018. Strålningstemperaturen i skuggan ligger i allmänhet på 30-33 °C. De svalaste platserna (<30°C) återfinns inom ringslutna huset och i skuggade hörn i kvarteret Klinten [2 & 3]. Även över gräsytor i Norra Nobelberget är T_{mrt} hög, 58-60°C.

Resultatet i Figur 16, 5 juli 2005 kl 16, representerar normalt sommarväder. Lufttemperaturen är strax under 24 °C och relativa luftfuktigheten är 35%. En stor del av området får en strålningstemperatur över 64°C (upp till 65°C), trots att lufttemperaturen är något lägre (ca 1°C) än 10 augusti 2004. Anledningen till de jämförelsevis högre strålningstemperaturerna är att solinstrålningen denna dag är högre (mindre moln) jämfört med under 10 augusti 2004 (se t.ex. globalstrålning i Tabell 8).

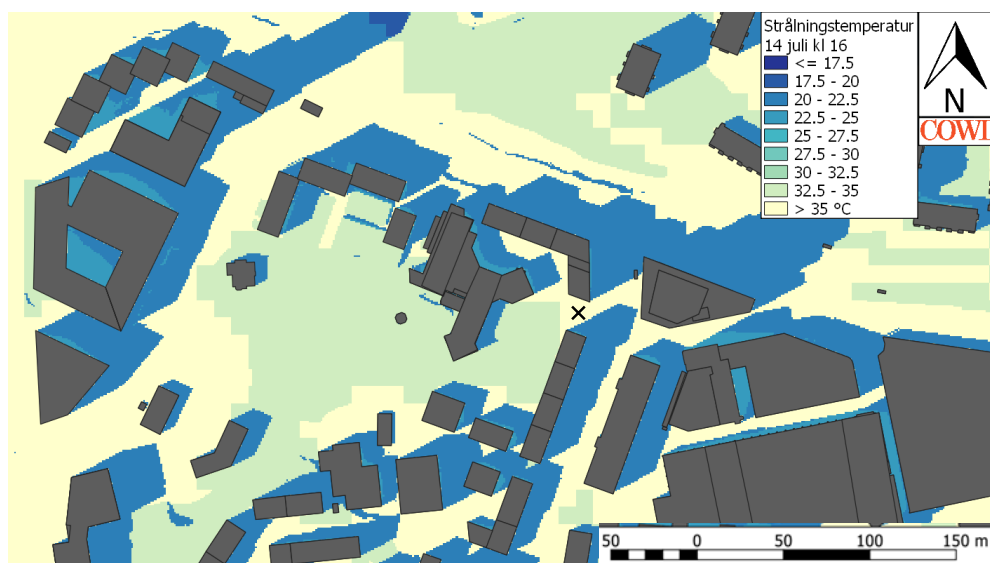


Figur 16. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för den 5 juli 2005, kl.16 på eftermiddagen, baserad på indata i Tabell 8.

De högsta T_{mrt} uppkommer, på samma ställen som i tidigare exempel. I skuggan ligger strålningstemperaturen i intervallet $<30-33^{\circ}\text{C}$ (t ex de skuggade hörnen i kvarteret Klinten [2 & 3] samt i det skuggade hörnet väster om området Förskolemiljö [5]). Över gräsytor i Norra Nobelberget ligger T_{mrt} i intervallet $58-60^{\circ}\text{C}$ där även de högsta temperaturerna återfinns. Detta är ytor som varit solbelysta en stor del av dagen, så som kullen väster om nuvarande Quality Hotell.

Exempel på molnigt, men ganska varmt sommarväder

Det första exemplet representerar molnigt väderlek, men ändå ganska varmt sommarväder (Figur 17). Den 14 juli 2005 kl.16 är lufttemperaturen strax under 22°C och relativa luftfuktigheten 56% . Till skillnad från tidigare exemplen är den direkta solinstrålningen dock mycket lägre, vilket påverkar T_{mrt} .



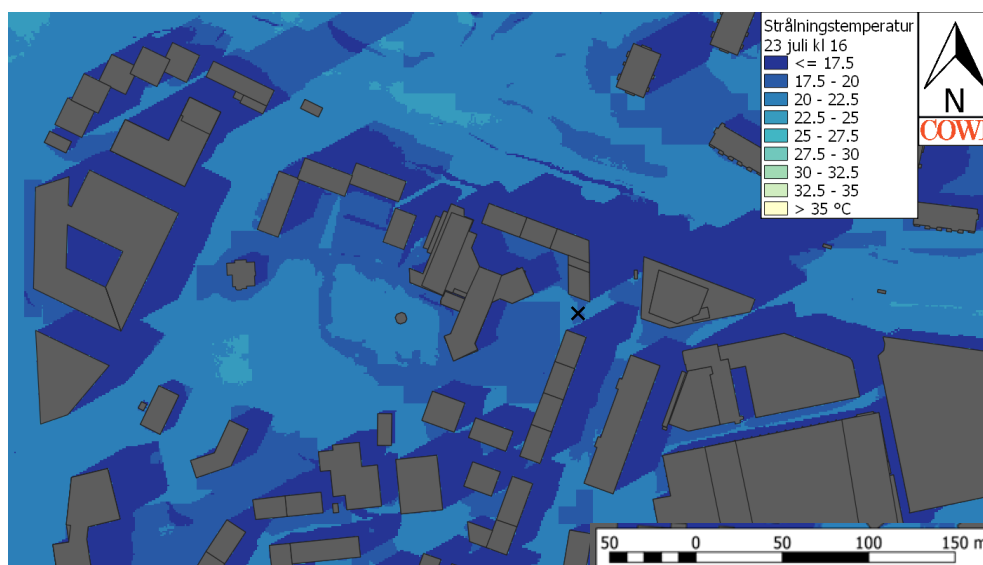
Figur 17. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för den 14 juli 2005, kl.16 på eftermiddagen, baserad på indata i Tabell 8.

Över asfalterade ytor ligger strålningstemperaturen i allmänhet $>35^{\circ}\text{C}$. Varmast är det mellan höga hus där ändå solen kommer åt, till exempel väster [8 & 9]

och söder om Sickla stationshus och inne i kvarteret Klinten [2 & 3]. I skuggan ligger T_{mrt} på 20-25 °C. Varmast i skuggan är det närmast husen medan det över solbelysta gräsytor är en T_{mrt} på 33-35 °C. Generellt är strålningstemperaturen något högre i sluttningar som vetter mot solen (och är solbelysta), till exempel i Norra Nobelberget.

Exempel på molnigt och ganska kyligt sommarväder

Exempel två på molnig sommardag representeras av 23 juli 2005, kl 16 (se Figur 18). Här är det betydligt kyligare än 14 juli 2005 och kl.16 var lufttemperaturen endast 16°C samtidigt som relativa luftfuktigheten var relativt hög (85%).



Figur 18. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för den 23 juli 2005, kl.16 på eftermiddagen, baserat på indata i Tabell 8.

I skuggan ligger strålningstemperaturen under 17°C, vilket innebär att den på vissa ställen till och med är lägre än lufttemperaturen. Detta beror sannolikt på att solinstrålningen är så låg att tidigare solbelyst mark inte kunnat värmas upp i någon nämnvärd omfattning. Över både asfalterade områden och gräsytor ligger strålningstemperaturen i allmänhet på 20-22°C.

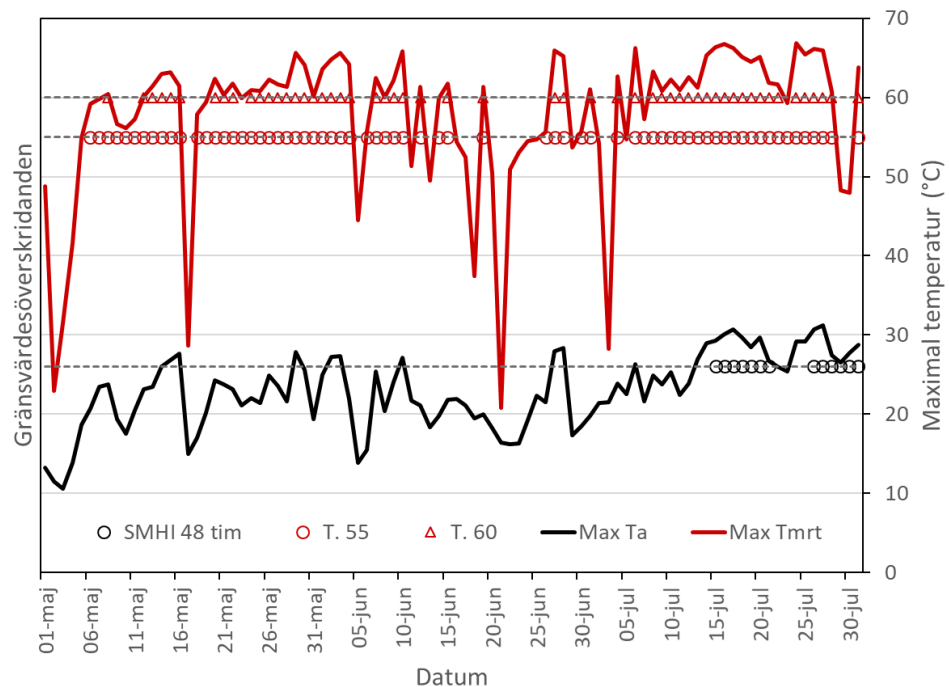
5.3.2 Risk för höga temperaturer under värmeböljor?

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 och T_{mrt} beräknats för tre sammanhängande månader, maj till juli 2018 för Plats/minitorg mitt emot tunnelbanans entré [7], se svart kryss (x) i T_{mrt} -kartorna (Figur 12 - Figur 13 samt Figur 15 - Figur 18).

För utredningen av risk för värmeböljor har SMHIs tre nivåer för lufttemperatur använts (48 timmars förvarning, varning klass 1 och varning klass 2, se Tabell 3). Vidare har risk för hälsopåverkan med avseende på strålningstemperaturen analyserats. Två nivåer baserade på ökad risk för dödlighet kopplat till sommar-

värme (Thorsson m.fl., 2014), förkortade T. 55 och T. 60 har tillämpats. Perioden har analyserats utifrån maximal luft- respektive strålningstemperatur under respektive dag. Resultaten presenteras i Figur 19 som visar den maximala lufttemperaturen och maximala T_{mrt} för perioden. Temperaturnivåerna för olika gränsoverskridanden är markerade med streckade linjer och de olika symbolerna anger vilken gräns som har passerats och när.

Under den aktuella perioden överskrids tre av de sammanlagt fem olika gränsvärdena (se Tabell 3 och Tabell 4).



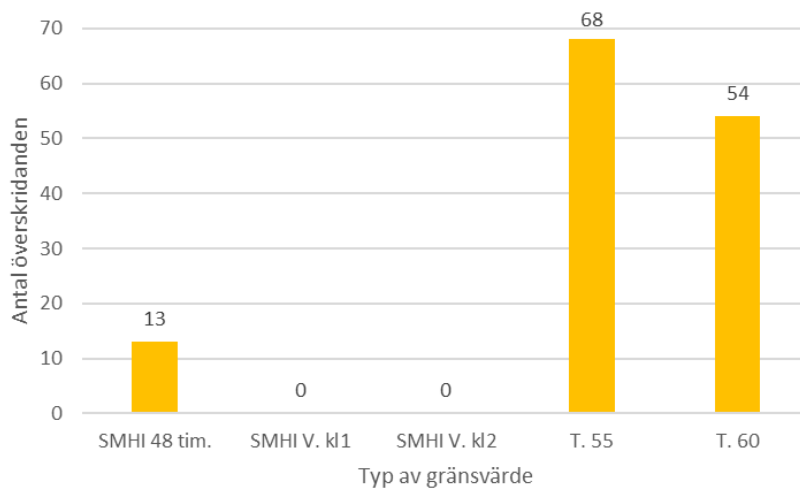
Figur 19. Uppmätt maximal lufttemperatur (svart heldragen linje) och beräknad maximal strålningstemperatur (röd heldragen linje) för respektive dag från maj-juli 2018 och därtill kopplade överskridanden av gränsvärden. Beräkningen gäller för fokusområde [7]. De streckade linjerna markerar SMHI:s gräns, 48 timmars förvarning för lufttemperatur (26°C) samt de två gränsvärdena för strålningstemperatur, T. 55 (55°C) respektive T. 60 (60°C). Varje dag med överskridande är markerat med en symbol (○ eller ▲) på respektive nivå och i respektive färg.

För SMHI:s första nivå gäller att en varning skall gå ut till allmänheten om lufttemperaturen förväntas bli 26°C eller mer i minst tre dagar i följd. Detta villkor uppfylls under två perioder i slutet av juli och är i Figur 19 markerat med svarta cirkel. Det var däremot inte tillräckligt varmt tillräckligt länge för att SMHI:s varning klass 1 och varning klass 2 skulle behöva utfärdas.

För strålningstemperaturen sker gränsvärdesöverskridanden (av både T. 55 och T. 60) betydligt oftare och över större delen av den redovisade perioden. Den övre nivån överskrids framförallt under andra halvan av maj och in i juni respektive stora delar av juli.

I Figur 20 sammanfattas antalet överskridanden för de aktuella gränsvärdena. SMHI:s 48 timmars förvarning överskrids 13 gånger under perioden medan varning klass 1 och varning klass 2 inte överskrids någon gång. T. 55 och T. 60

överskrids 68 respektive 54 gånger. För gränsvärdena kopplade till strålningstemperaturen (T. 55 och T. 60) finns det inte något villkor att nivån skall uppnås flera dagar i följd.



Figur 20. Antal överskridanden av luft- och strålningstemperaturgränsvärden under perioden från och med maj till och med juli 2018.

Analysen för fokusområdet [7] indikerar att sommaren 2018, som var en av de varmaste somrarna i Sverige, hade lett till ett stort antal tillfällen med strålningstemperaturer över nivåer som ökar risken för hälsoproblem. Analysen är i och för sig plats-specifik och det går inte att rakt av applicera denna för andra delar av utredningsområdet. Resultatet i Figur 12, Figur 13 och Figur 15 Figur 18 som visar den geografiska fördelningen under flera av de andra varma dagarna visar dock på snarlika nivåer av T_{mrt} varför det sannolikt generellt råder liknade förhållanden på många andra delar också, med flera överskridanden av gränsen för T_{mrt} under varma somrar.

6 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. Behovet av åtgärder bedöms därför vara viktigt för vissa av områdena (se vidare nedan i kap 7). 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.

6.1 Vindförhållanden

Den planerade bebyggelsen i utredningsområdet är både hög och tät 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 utredningsområdet syns denna effekt t ex längs med Sickla Industriväg (fokusområdet [8] och [9]) samt även vid [4].

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 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 utredningsområde 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.

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 främst utanför Sickla

station där det kan bli en kraftig förstärkning i gaturummet öster om stationshuset. Även området mitt i Nobelbergets detaljplan, i den smala passagen mellan befintliga och planerade husen blir vinden förstärkt vid blåsiga förhållanden. 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.

6.2 Utvändiga sol- och skuggförhållanden

Den planerade höga och täta bebyggelsen påverkar avsevärt fördelningen av sol och skugga i utredningsområdet. Sol- och skuggberäkningen visar att det är stor spridning i tillgången till sol och skugga i de tre detaljplaneområden och fördelningen varierar givetvis mycket med årstiden. Generellt framgår att ytor norr om bebyggelsen har högst andel skugga, medan ytor söder om bebyggelsen får mest sol. Instängda områden som t ex fokusområde [3], "Trädgården" i kvarteret Klinten får ytterst begränsat med direkt solljus även på senvåren och sommaren. Detta kommer även påverka dagsljusförhållanden inomhus, särskild i de lägre våningsplanen, där rummen/lokaler som vetter mot "Trädgården" kan bli mörka. Risker kan även finnas i mer instängda områden i Norra Nobelbergets detaljplaneområde (t ex nordsidan av komplexet som idag är Quality hotell Nacka).

Den planerade bebyggelsen gör att ytorna längs Värmdövägen blir skuggiga under stora delar av dagen på våren och även på sommaren. Bedömningen är att stråken längs med Värmdövägen kan därför upplevas som något mörka och mindre komfortabla, särskild under den kalla årstiden. Varma och soliga somrardagar kan skuggan däremot vara en stor fördel för de människor som vistas där.

6.3 Strålningstemperatur

Under varma somrardagar med förhållanden liknande den 26 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 beräk-

ningen 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 fokusområde [7], för den varma sommaren 2018. Resultaten visar att nivåer för hälsofarliga strålningstemperaturer överskreds ett stort antal gånger under perioden. Då analysen är specifik för den valda platsen är det svårt att dra allmänna slutsatser för andra delar av området. Den geografiska fördelningen av T_{mrt} under flera av de andra varma dagarna visar dock på snarlika nivåer varför det sannolikt generellt råder liknade förhållanden på många andra delar av området också, med flera överskridanden av gränsen för T_{mrt} under varma somrar.

Vid planering av till exempel sociala ytor där höga strålningstemperaturer kan förekomma bör åtgärder diskuteras. Som exempel kan tänkas att uteplatser 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.

7 Sammanfattande bedömning lokalklimat

I detta kapitel presenteras en sammanfattande bedömning av lokalklimatet i detaljplaneområden, och förhållanden avseende vind, sol och skugga samt strålningstemperatur i fokusområden lyfts fram. Till viss del diskuteras även åtgärder men i många fall behövs en interaktion med beställaren då relevant åtgärd bedöms utifrån tänkbar användning av respektive yta. I många fall ligger punkterna nära varandra och dessa kommer därför diskuteras tillsammans. Därför följs inte den nummerordning som visas i Tabell 1.

7.1 Området runt kvarteret Klinten

I Figur 21 visas de fokuspunkter där en sammanfattande bedömning gjorts för vind- och temperaturkomfort samt vissa åtgärdsförslag.



Figur 21. Fokusområden för kvarteret Klinten (=Nacka Port)

Fokusområden [1] - [4] och [14]

Fokuspunkterna i detta område inkluderar gång- och cykelvägar ([1] och [14]) samt fyra platser ([2] – [4] samt [14]).

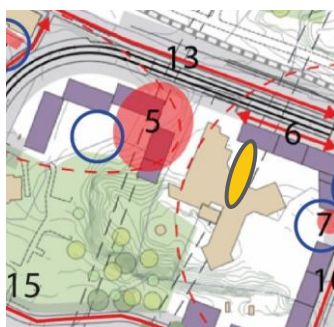
Avseende *vindförhållanden* råder goda förutsättningar för att inrätta miljöer avsedda för långvarigt stillasittande vid punkterna [2] till [4], som till största delen ligger skyddade. Möjligen kan det i gränsen mellan [3] och [4] i hörnen mellan de två huskropparna vid turkos punkt, bli högre vindhastigheter till följd av vindförstärkning. Detta syns tydligare vid beräkningen av maximala vindhastigheten (Figur 9). Gång- och cykelstråken på [1] och [14] är något mindre skyddade för vinden, men uppfyller kraven för kortvarigt stillasittande, vilket även är till fördel för områden och stråk som främst är avsedda för passager.

Avseende *temperaturförhållanden* så är alla fokuspunkter förutom [14] ganska skuggiga och ligger mer än hälften av tiden i skugga även på våren och sommaren. Särskilt skuggig bedöms den instängda platsen inom Klinten vara. Gångvägen vid [14] är solbelyst under delar av dagen på våren och sommaren. Under varma och soliga sommardagar finns det en liten risk för höga strålningstemperaturer vid [1], [2] och [14]. Risken bedöms istället snarare vara att området [2] till [4] kommer uppfattas som kyliga under stora delar av året på grund av begränsad möjlighet till solinstrålning samt på vissa platser även vindförstärkning.

Eventuella åtgärder: Beroende på vad de olika fokusplatserna är planerade att användas till skulle det kunna finnas behov av vissa åtgärder för att bromsa vinden och på så sätt öka komforten. För området vid den turkosa punkten skulle till exempel viss vegetation kunna bryta upp vinden. För utveckling av vidare åtgärdsförslag krävs dock en dialog med beställaren.

7.2 Området runt kvarteret Norra Nobelberget

I Figur 22 visas de fokuspunkter där en sammanfattande bedömning gjorts för vind- och temperaturkomfort samt vissa åtgärdsförslag.



Figur 22. Fokusområden för kvarteret Norra Nobelberget.

Förskolemiljö, fokusområde [5]

Förskolans utomhusområden förtjänar extra omtanke då den antagligen kommer att användas mycket under stora delar av dagen året om, och för blandade aktiviteter. Det är därför av stor vikt att detta fokusområde får goda förhållanden avseende vind, sol och temperatur.

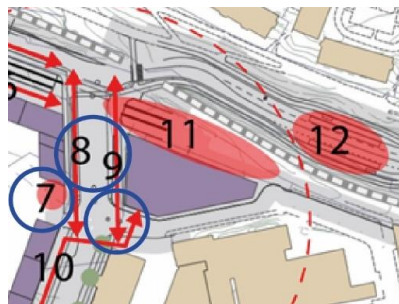
Avseende *vindkomfort* råder det överlag goda eller mycket goda förutsättningar med hög andel av tiden med mycket låga vindhastigheter. Vid området som är markerat med orange oval (till höger om rödmarkerat område [5]) kan det dock förekomma vindförstärkning vilket även blir tydligt i Figur 9b.

Avseende *temperatur*: Området får mycket sol under senare våren och sommaren. Det finns därför risk för höga strålningstemperaturer under varma och soliga sommardagar på eftermiddagen. Här är det därför viktigt att planera för åtgärder som skyddar mot solen, som t ex plantering av lövträd, så att även småbarn kan vistas utomhus längre stunder när det är soligt. Under vintertid och tidig vår ligger området ligger däremot till stor del i skugga.

Eventuella åtgärder: För området vid den orange ovalen kan eventuellt vegetation eller plank/"pergola" eller dylikt kunna användas för att bryta upp vinden. För utveckling av vidare åtgärdsförslag krävs dock en dialog med beställaren.

7.3 Området runt kvarteret Sickla station

I Figur 23 visas de fokuspunkter där en sammanfattande bedömning gjorts för vind- och temperaturkomfort samt vissa åtgärdsförslag.



Figur 23. Fokusområden för kvarteret Sickla station.

Minitorg vid T-baneentré, fokusområde [7]

Många människor kommer passera denna plats på väg till och från T-banan. Platsen fungerar som träffpunkt och mötesplats.

Avseende *vindförhållandena* är dessa goda för kortvarigt stillasittande, dock är förutsättningar för långvarigt stillasittande inte uppfyllda.

Avseende temperaturen: Det är överlag en solig plats på senvåren och sommaren, och därmed finns även risk för höga strålningstemperaturer under varma och soliga sommardagar.

Eventuella åtgärder: På grund av höga temperaturer bör man överväga möjligheten att skapa skuggiga platser, t ex med hjälp av vegetation. Rätt utformad kan denna även skapa goda förutsättningar för långvarigt stillasittande.

Sickla Industriväg, fokusområde [8] och [9]

Dessa fokusområden består av gång- och cykelvägar, och även här förväntas folk i första hand vara i rörelse och passerar området.

Vindklimat: Stråket är en av de mer blåsiga delarna i området varför platsen endast är lämplig för kortvarigt stillasittande. Anledningen till detta är sannolikt att Sickla stationshus är mycket högt och leder därför ner vind med högre vindhastigheter till markplan. Även vid analys av maximala vindhastigheter framgår att detta område kan få relativt kraftigt förhöjda vindar och sannolikt kan komma att upplevas som ett "blåshål". Detaljer kring om detta enbart beror på det höga huset eller om det även beror på vindförstärkningseffekter är inte utrett i denna analys, då detta måste studeras i mer detalj.

Temperaturklimatet: Stråket är ganska skuggigt och får begränsat med sol även på sommaren. Detta ihop med risken för förhöjda vindhastigheter gör att platsen kan komma att upplevas som kylig och därmed okomfortabel. En varm och solig dag kan det ändå finnas risk för höga T_{mrt} vid [9], som är solbelyst på eftermiddagen, men möjligen kompenserar den högre vindhastigheten här till att platsen under dessa dagar ändå blir relativt komfortabel.

Eventuella åtgärder: Om platsen även ska vara lämplig för långvarigt stillasittande krävs någon form av skydd för att bryta vinden. Orsaken till den höga vindhastigheten måste i så fall utredas lite mer (se vidare ovan). Här kan det även finnas ett behov att skapa skuggiga platser.

Gångväg från tunnelbanan till Nobelstråket, fokusområde [10]

Även detta område nyttjas som gångväg.

Vindklimat: Stråket är mindre blåsigt än fokusområden [8] och [9] och förutsättningar för långvarigt stillasittande är delvis uppfyllda. Sammantaget råder goda vindförhållanden för ett område där många människor förväntas vara i rörelse.

Temperaturklimat: Gångvägen är genomgående ganska skuggig, även på sommaren. En varm och solig sommardag finns dock risk för höga T_{mrt} på morgonen, när solen ligger på.

Bytespunkt, fokusområde [11]

I detta området förväntas många personer uppehåller sig en kort stund för byten i kollektivtrafiken eller som transportsträcka mellan platser.

Vindklimat: Delar av detta område är också relativt blåsigt och enbart förutsättningar för kortvarigt stillasittande är uppfyllda.

Temperaturklimat: Stationshuset ger området en hel del skugga även på sommaren varför kombinationen med den förhöjda vindhastigheten kan komma att den upplevas som icke komfortabel, om inte åtgärder vidtas. En varm och solig sommardag finns ändå risk för höga T_{mrt} på morgonen, när solen ligger på, om inte vinden kompenserar för detta.

Åtgärd: Beroende på vilken aktivitet som ska få vara styrande på platsen så kan olika åtgärder övervägas varför detta måste ske i samarbete men beställaren.

Hållplats Värmdövägen, fokusområde [12]

Även här förväntas att många personer kommer att vistas.

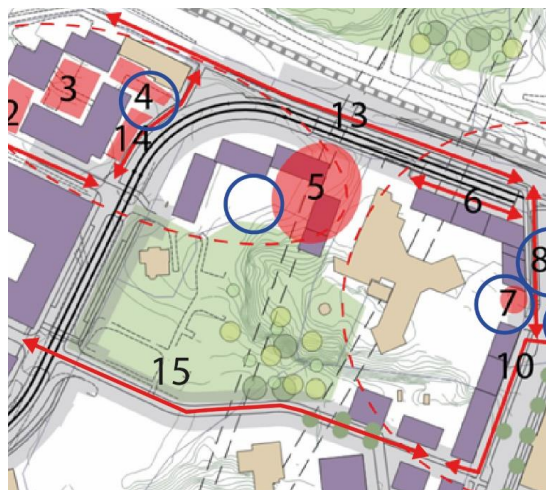
Vindklimat: Hållplatsen ligger relativt oskyddat vilket ger blåsig förhållanden, som dock kan vara tillräckligt bra för kortvarigt stillasittande, beroende på var hållplatsen placeras.

Temperaturklimatet: Hållplatsområdet får mycket sol under alla årstider förutom på vintern, när praktiskt taget hela planområdet ligger i skuggan. Varma och soliga sommardagar finns därför risk för höga T_{mrt} på eftermiddagen, när solen ligger på.

Åtgärder: Området kan kräva åtgärder både med avseende på vind och sol för att göra den mer komfortabelt men även här behövs en dialog med beställaren för att kunna föreslå relevanta åtgärder.

7.4 GC stråken

Dessa stråk omfattar fokusområden [6, 13 samt 10 och 15] (Figur 24). Här kommer människor i första hand vara i rörelse, vilket betyder att kraven på vindkomfort inte är lika höga som för stillasittande aktiviteter.



Figur 24. Fokusområden för GC-stråken längs Värmdövägen och Nobelstråket.

Värmdövägen, fokusområden [6] och [13]

Här ingår en smal GC-bana utmed Tvärbanan och en gångväg längs med Värmdövägen.

Vindklimat: Då stråken i första hand kommer att användas av människor i rörelse, dvs under passager, antingen med cykel eller till fots är bedömningen att förutsättningar för långvarigt stillasittande inte behöver vara uppfyllda. Vindförhållandena är däremot tillräckligt goda för kortvarigt stillasittande och därmed med marginal för gång och cykelbana. Det finns dock en viss risk för vindförstärkningseffekter då stråket [13] passerar in/utgång till alla kvarteren dels vid kv. Norra Nobelberget vid [5] samt vid [8] och även till viss del ingången till kv. Klinten utanför [4].

Temperaturklimatet: Då stråken [6] och [13] ligger norr om den nya bebyggelsen är de förhållandevis skuggiga, även på våren och sommaren. Detta minskar risken för höga T_{mrt} på sommaren, men kan upplevas som mindre komfortabla under kalla och kyliga delar av året.

Eventuella åtgärder: De enda åtgärder som eventuellt skulle kunna behövas göras är att minska vindförstärkningseffekterna.

Gångväg "Nobelstråket", fokusområde [10 och 15]

Denna gångväg passerar Nobelberget och knyter ihop olika delar av området och antas komma att användas både som passage och för nöjes skull.

Vindklimat: Gångvägen ligger skyddat för vinden och förutsättningar för långvarigt stillasittande är goda, dock inte helt uppfyllda.

Temperaturklimat: Stråket får överlag mycket sol under alla årstider förutom på vintern. T_{mrt} kan bli högt på eftermiddagen under varma sommardagar när solen ligger på.

Eventuella åtgärder: För att göra området mer komfortabelt avseende temperatur föreslås skuggande vegetation eller dylikt.

8 Referenser

BFS 2018:4, BBR 26. Boverket

Climate Model Berlin, Department for Urban Development and Housing
https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/edb411_13.htm#E5

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.

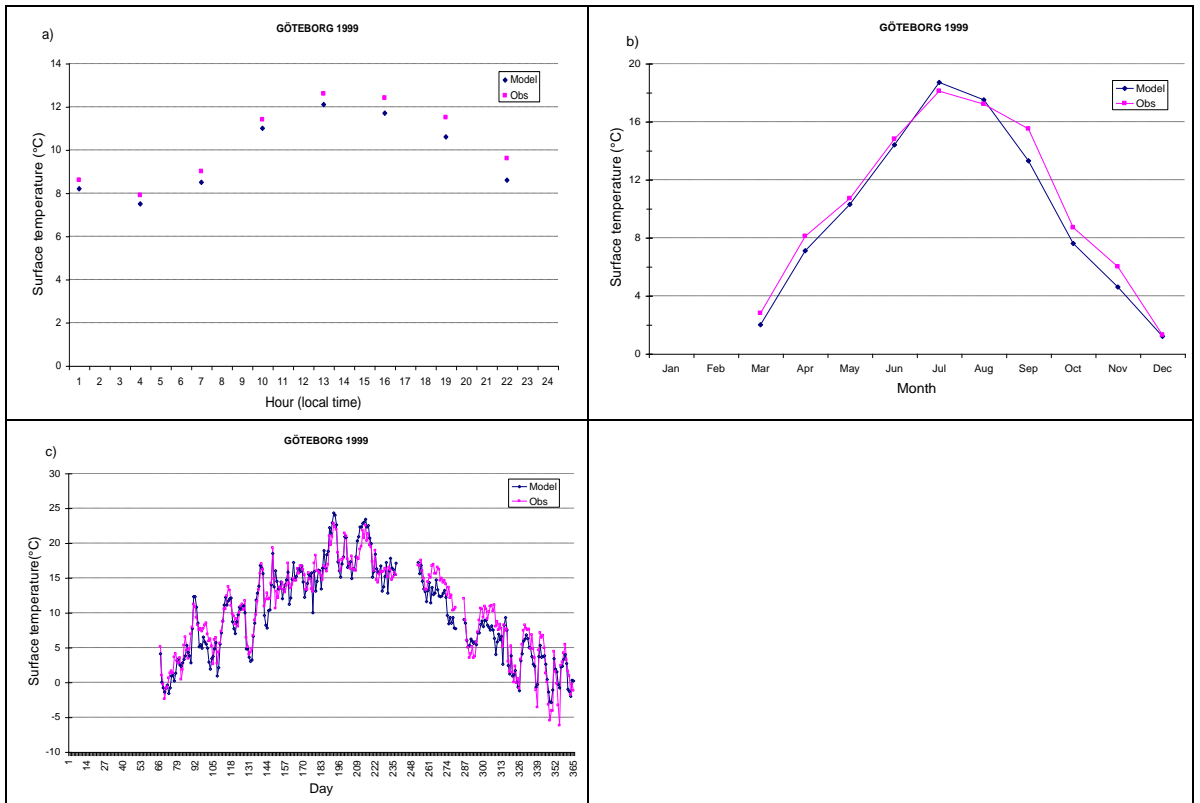
Långdistanstransporterade luftföroreningar kan definieras genom att koppla timupplösta halter till modellkörningarna. Biogeniska ytemissioner (VOC) kan också inkluderas. Detta har visat sig vara viktigt för både ozon- och partikelbildningen (Pun, et al. Environ. Sci. Technol., 36 (2002)).

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).

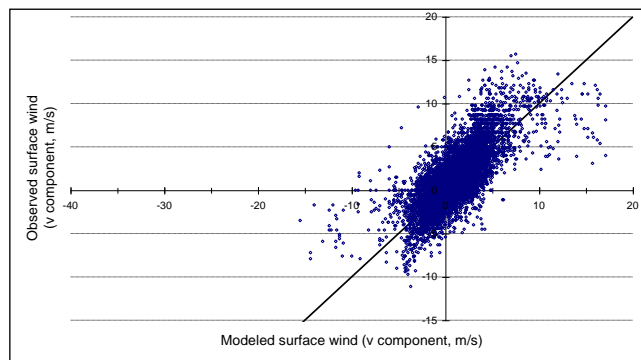
Modellen har validerats i både Australien och USA, och IVL har också genomfört valideringar för svenska förhållanden dels i södra Sverige (Chen m.fl. 2002). Resultaten visar på mycket god överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta värden. Mer detaljer om modellen kan erhållas via www.dar.csiro.au/TAPM.

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.

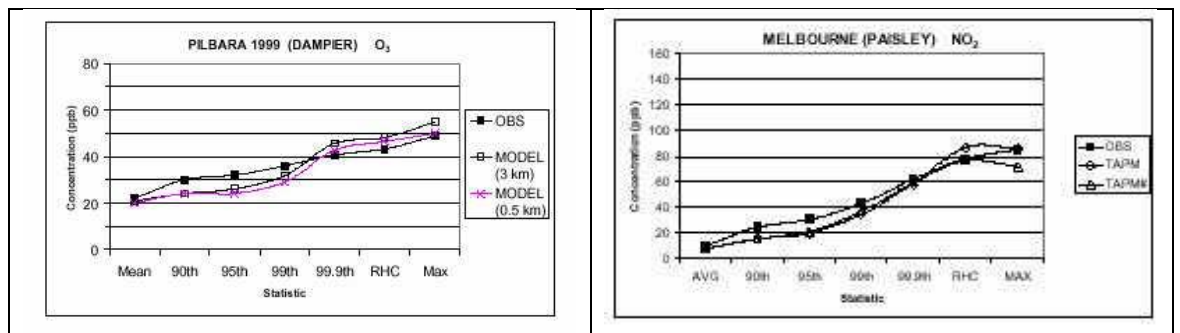
I figur B.2 presenteras en jämförelse mellan uppmätt och beräknad vindhastighet vid Säve. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade ozon- och NO₂-halter har genomförts i Australien (se figur B.3)



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. underflow d.v.s. effekten av vindmönster under t.ex. broar/viadukter. Föroreningsskällorna 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/SOLVEIG 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) Irradiance 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 marktäckte och vegetation och på så sätt få en förbättrad beskrivning av ytors optiska egenskaper respektive skuggmönster.

Litteratur:

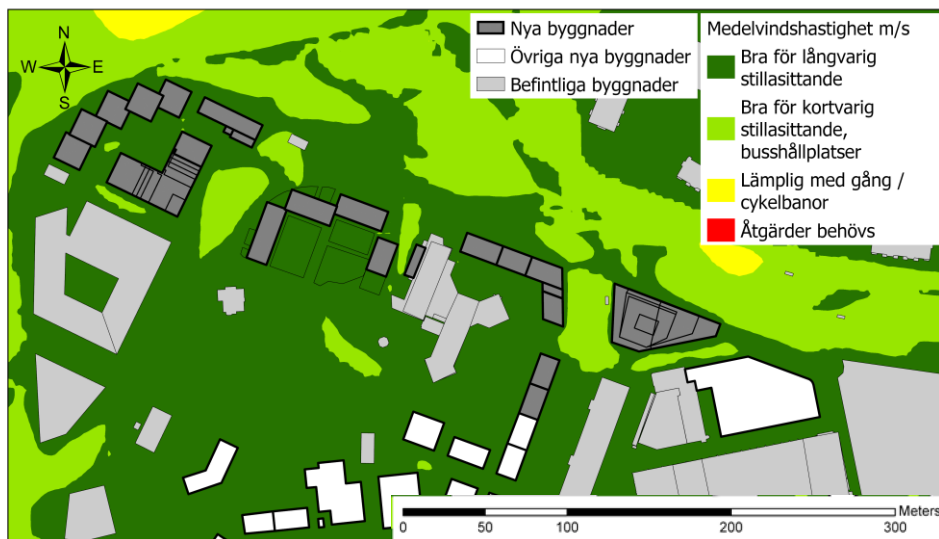
Lindberg, F., Holmer, B. och Thorsson, S., "SOLWEIG 1.0 – Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings", *Int. J. Biometeorol.* **52** (2008).

Bilaga D Delresultat vindberäkningar

Resultatet som presenteras i huvudrapporten baseras på beräkningarna som presenteras nedan.

Medelvindhastigheten för hela året över planområdet visas i Figur 25. De olika färgerna indikerar vindhastighetsindelningen enligt Tabell 2. Gällande vilka aktiviteter som kan planeras med avseende på årsmedelvinden finns ingen begränsning för planering av gång- och cykelbanor, här uppfylls kriteriet i hela planområdet, då det inte förekommer några röda områden med vindhastigheter > 3,7 m/s. Det är mycket goda förutsättningar för planering av kortvarig vistelse, då medelvindhastigheten i området nästan uteslutande är under 2,2 m/s, vilket visas av de ljusgröna och mörkgröna områdena. För planering av lekplatser, uteserveringar, gårdar eller andra sociala ytor där längre stillasittande aktivitet är tänkt ska man endast välja mörkgröna områden, där vindhastigheten är under 1,1 m/s.

I Figur 25 syns även tydligt hur de höga tornen som utgör Sickla stationshus och Nacka Port påverkar vinden i markplan. Sydost om Nacka Port och i passagerna runt Sickla Stationshus förekommer ljusgröna områden, vilket tyder på en förstärkning av vinden i dessa områden. Den kan delvis förklaras med att de höga byggnaderna leder ner högre vindhastigheter, då det längre upp blåser kraftigare än närmare marken. Förstärkning av vinden kan även ske i trånga passager, där byggnader kanalisera luftflödet.

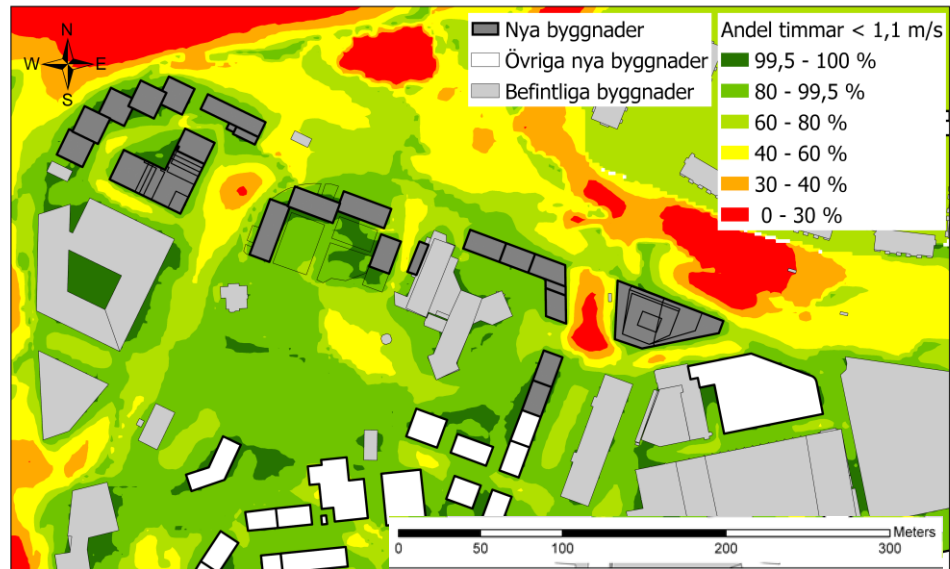


Figur 25. Medelvindhastigheten över planområdet. De olika färgerna indikerar gränserna för olika komfortklasser enligt Tabell 2.

För att bedöma vilka delar av planområdena som uppfyller kriterierna för god vindkomfort måste Figur 25 kompletteras med information avseende hur ofta hastighetsgränserna överskrids. Därför presenteras i Figur 26 till Figur 28 kartor med andelen av tiden i % där 1,1 m/s, 2,2 m/s och 3,7 m/s inte överskrids.

Vid planering av lekplatser, uteserveringar, gårdar eller andra sociala ytor ska områden väljas där vindhastigheten är under 1,1 m/s under minst 99,5% av tiden. Denna rekommendation är ganska strikt och innebär i praktiken att endast mycket skyddade områden är lämpliga, där det i princip alltid är vindstilla eller

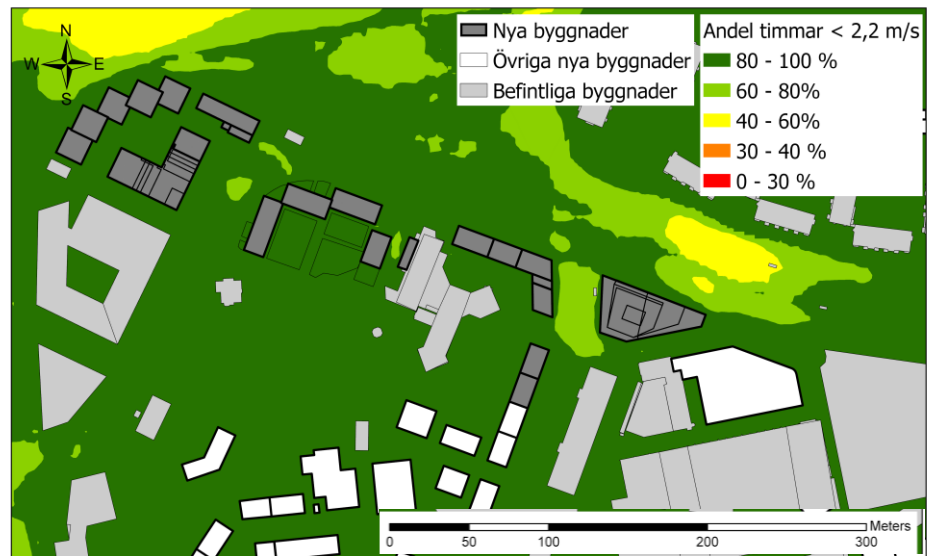
nästintill. Dessa visas i Figur 25 som mörkgröna områden. Stora delar av området ligger dock i intervallet 80 till 99,5 %, vilket innebär att vindhastigheten är mycket låg under en betydande andel av årets alla timmar. Dessa områden är ljusgröna på kartan och bedöms ha potential att nyttjas för långvarigt stillasittande. Det kan dock eventuellt krävas vissa åtgärder för att förbättra vindkomforten beroende på vilken typ av användning som är tänkt här. I Figur 25 syns även tydligt att passagerna i direkt anslutning till Nacka Port och Sickla Station är blåsigare under en stor del av året. Här är alltså inte lämpligt med aktiviteter som innebär längre stillasittande.



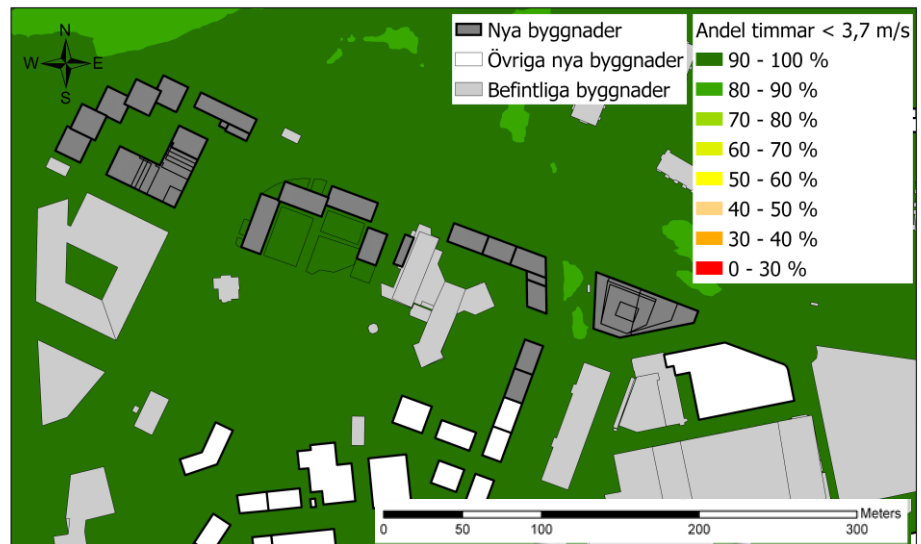
Figur 26. Frekvensfördelning av andelen timmar i % när vindhastigheten < 1,1 m/s.

Detaljplaneområden avser även ytor tänkta för kortare uppehåll (t.ex. busshållplatser). Enligt Tabell 2 ska då vindhastigheten vara under 2,2 m/s under minst 80 % av tiden, vilket kan ses i Figur 27, mörkgröna områden. Kriteriet uppfylls i praktiskt taget hela planområdet, förutom passagen väster om stationshuset. Kriteriet är också uppfyllt runt Nacka Port.

Sista vindklassificeringen i Tabell 2 är applicerbar för till exempel gång- och cykelbanor där vindhastigheter ska vara under 3,7 m/s under minst 50% av tiden, och detta kriteriet är uppfyllt med god marginal över hela planområdet, se Figur 28.



Figur 27. Andelen timmar i % när vindhastigheten < 2,2 m/s.



Figur 28. Andelen timmar i % när vindhastigheten < 3.7 m/s.

För att ta fram en samlad bedömning över vindkomfort avseende hur väl kriteriet för långvarigt stillasittande är uppfyllt i planområdet, har kartorna kombinerats i Figur 7. Kombinationen visar var i området kriteriet för långvarigt stillasittande är uppfyllt, både med avseende på medelvindhastigheten och andelen timmar under 1,1 m/s. Baserat på detta resultat har även en samlad bild av de olika ytornas lämplighet för aktiviteter som innefattar långvarigt stillasittande presenterats i tabellform (Tabell 6).