

---

Diarienummer: SBF 2023–02222  
2025-11-28

## **Detaljplan för spårväg mellan Lindholmen och Linnéplatsen inom stadsdelarna Lindholmen, Stigberget, Masthugget, Änggården, Olivedal och Annedal. "Lindholmsförbindelsen"**

### **Försättsblad för Lokalklimat**

Göteborgs Stad planerar för ny spårvägsdragning mellan Lindholmen och Linnéplatsen, även kallad "Lindholmsförbindelsen".

Följande dokument har tagits fram som underlag kopplat till detaljplanen för att redogöra för lokalklimat:

1. Lokalklimatutredning Linnéplatsen Delområde Linnéplatsen inom stadsdelarna Annedal, Kommendantsängen, Olivedal, Slottsskogen och Änggården, 2025-11-28 (COWI)

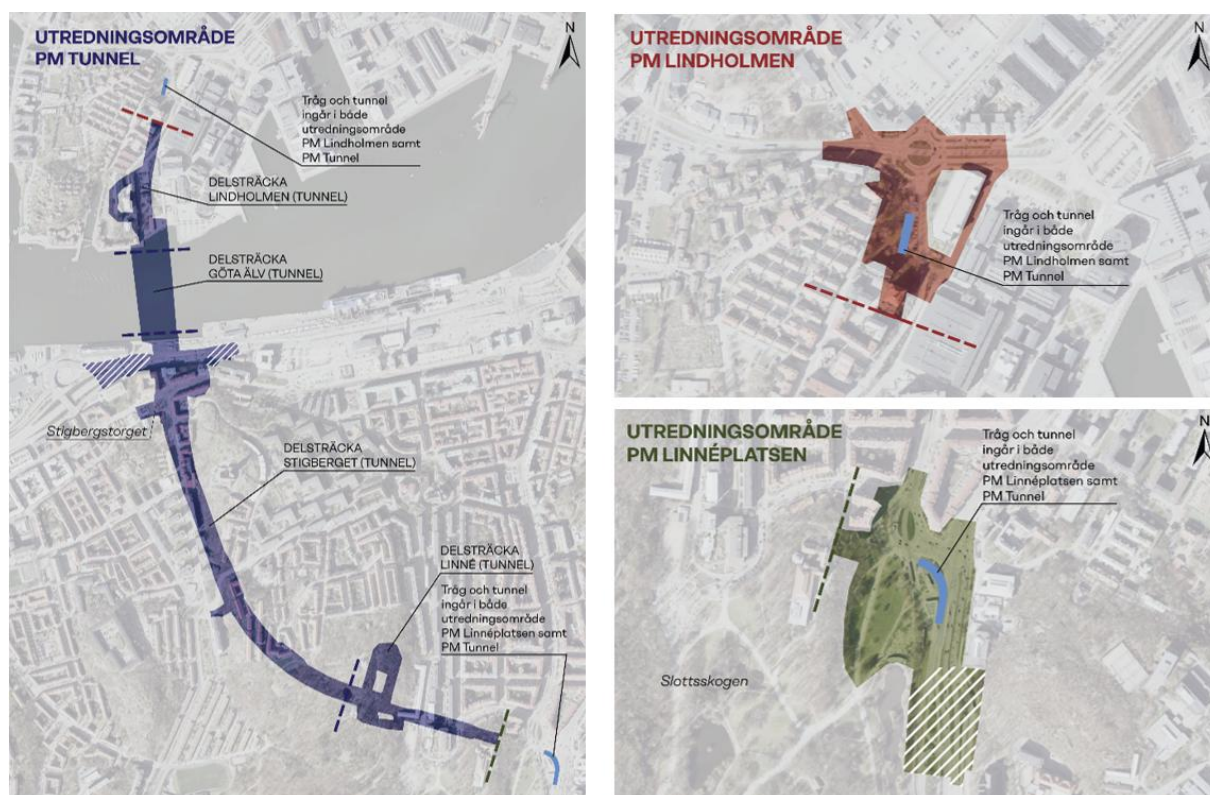


Figur 1. Översiktskarta över aktuellt planområde för Lindholmsförbindelsen.

## Bakgrund

Göteborgs Stad arbetar med att ta fram en ny spårvägsdragning mellan Lindholmen och Linnéplatsen, även kallad Lindholmsförbindelsen. Inledningsvis delades spårvägsdragningen in i tre olika delområden tillika tre olika detaljplaneförslag, vilka tidigare omnämnts som; Detaljplan Lindholmen, Detaljplan Tunnel samt Detaljplan Linnéplatsen. Se geografisk avgränsning nedan. Under processens gång har Göteborgs Stad valt att gå vidare med en gemensam detaljplan för hela Lindholmsförbindelsens sträckning, i stället för uppdelat i flera detaljplaner. Detta innebär att vissa framtagna dokument hänvisar till detaljplanenamn som inte längre är aktuella, utan ingår i den sammanhållna detaljplanen för sträckan.

Förhållandena för lokalklimat beskrivs i en separat rapport och omfattar endast området runt Linnéplatsen, se Figur 3. Inför kommande granskningsskede, kommer rapporten justeras så att det tydligare framgår att det är ett underlag till aktuell detaljplan, som numera går under namnet Detaljplan för spårväg mellan Lindholmen och Linnéplatsen inom stadsdelarna Lindholmen, Stigberget, Masthugget, Änggården, Olivedal och Annedal, ”Lindholmsförbindelsen”.



Figur 2. Bilden redovisar de olika avgränsningarna för Detaljplan Tunnel (blå), Detaljplan Lindholmen (röd), samt Detaljplan Linnéplatsen (grön).

NOVEMBER 2025  
STADSBYGGNADSFÖRVALTNINGEN, GÖTEBORGS STAD

# LOKALKLIMATUTREDNING LINNÉPLATSEN

DETALJPLAN FÖR SPÅRVÄG LINDHOLMEN – LINNÉPLATSEN, DELOMRÅDE  
LINNÉPLATSEN INOM STADSDELARNA ANNEDAL, KOMMENDANTSÄNGEN, OLIVEDAL,  
SLOTTSSKOGEN OCH ÄNGGÅRDEN

NOVEMBER 2025  
STADSBYGGNADSFÖRVALTNINGEN, GÖTEBORGS STAD

# LOKALKLIMATUTREDNING LINNÉPLATSEN

DETALJPLAN FÖR SPÅRVÄG LINDHOLMEN – LINNÉPLATSEN, DELOMRÅDE  
LINNÉPLATSEN INOM STADSDELARNA ANNEDAL, KOMMENDANTSÄNGEN, OLIVEDAL,  
SLOTTSSKOGEN OCH ÄNGGÅRDEN

PROJEKTNR. DOKUMENTNR.  
A222245 EXF-2023-00924-04-025-0400-4001

BESTÄLLARE  
Emma Larsson, stadsbyggnadsförvaltningen, Göteborgs Stad

DIARIENUMMER  
SBF 2023-02222

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
3.0	2025-11-28		Gabriella Villamor Benjamin Holmberg	Marie Haeger-Eugensson	Erik Bäck

# INNEHÅLL

Sammanfattning	5
1 Inledning	6
1.1 Lindholmsförbindelsen	6
1.2 Detaljplaner	6
1.3 Syfte med rapport	7
1.4 Klimatkomfort och hälsoaspekter utomhus	8
1.5 Effekter av klimatförändringen	8
2 Bedömningsgrunder	10
2.1 Termisk komfort utomhus	10
2.2 Vind och den mänskliga upplevelsen av vind	12
3 Metod	16
3.1 Underlag	16
3.2 Finskalgig modellering av termisk komfort utomhus	18
3.3 Vindkomfortmodellering	21
4 Resultat	23
4.1 Termisk komfort	23
4.2 Vindkomfort	25
5 Diskussion och slutsatser	30
5.1 Planering avseende termisk komfort	30
5.2 Planering med avseende på vindkomfort	31
6 Referenser	33

# BILAGOR

Bilaga A	UMEP-modellen och SOLWEIG-modulen	35
Bilaga B	Miskam-modellen	36

## Sammanfattning

Som en del av utredningarna inför planeringen av Linnéplatsen önskades en utredning av effekten gällande lokalklimatet avseende värmestress och vindkomfort. Syftet med denna utredning är därför att undersöka förutsättningarna kring de planerade hållplatslägena vid Linnéplatsen, samt effekten av den planerade vegetationen och utformningen av området, med avseende på värmestress och vindkomfort.

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.

För att ta fram värsta fall avseende vindförhållandena för området har meteorologi tagits för ett särskilt blåsigt år från vindmätningar vid Järnbrott. Inne i området har CFD-modellen Miskam använts som beräknar hur vinden rör sig mellan byggnader ner i gatuplan och strömningsförhållandena i det planerade området. För beräkning av termiska komfortindexet Physiological Equivalent Temperature (PET) för en varm sommardag (2018-07-27) har modelleringsverktyget UMEP (Urban Multiscale Environmental Predictor) använts.

Resultatet för värmekomfort visar på en hög termisk belastning under extremt varma sommardagar likt den 27 juli 2018. Den planerade utformningen och planeringen av träd visar på en effektiv sänkning av den termiska belastningen i närhet till hållplatslägena på Linnéplatsen. Kluster av träd och träd med större kron diameter och höjd är effektiva för att sänka den termiska belastningen under en hel dag, medan mindre enstaka träd bidrar med skugga under enstaka timmar. För att även erbjuda skugga intill en eventuell vänthall eller hållplatslägena rekommenderas pergolor, markis eller segelduk om ej träd är tillämpligt. På så sätt kan den termiska belastningen sänkas från hög till måttlig under varma dagar.

Resultatet för vindkomfort visar att vindhastigheten kan bidra till att områden inom detaljplaneområdet inte är acceptabla för frekvent och tillfälligt stillasittande, men acceptabla för gående, cykling eller andra aktiviteter. Vidare visar resultaten att vindhastigheterna ökar under vintern jämfört med sommaren, vilket kan bero på både förekomst av högre vindhastigheter under vintern samt att vegetationen inte bidrar med bromsande effekt. Dock finns det goda möjligheter, med rätt utformning, påverka hur byggnader inom detaljplanen ska planeras för att bidra till mer lä för särskilt viktiga områden.

# 1 Inledning

## 1.1 Lindholmsförbindelsen

Inom ramen för Sverigeförhandlingen planerar Göteborgs Stad för en ny fast förbindelse mellan Lindholmen och Linnéplatsen. Den så kallade Lindholmsförbindelsen utgör en del av det större projektet *Spårväg och Citybuss Brunnsbo–Linné via Lindholmen*. Projektet innefattar ny spårväg med stadsbanekvalitet i tre etapper: Brunnsbo–Hjalmar Brantingsplatsen, Frihamnen–Lindholmen samt aktuellt projekt Lindholmen–Linnéplatsen (Lindholmsförbindelsen). Stadsbanekvalitet innebär att spårvägen ska gå på egen bana med få korsningar i plan och relativt glest placerade hållplatser, vilket skapar förutsättningar för att hålla en hög hastighet och en förhållandevis hög turtäthet.

Lindholmsförbindelsens funktion och lokalisering har tagits fram genom Göteborgs Stads stadsutvecklingsarbete. Förbindelsen pekas ut i stadens gällande översiktsplan liksom i det gemensamma kollektivtrafikprogrammet *Målbild Koll2035* som ett stråk för stadstrafikens stomnät. Lindholmsförbindelsen utgör en stor del av den planerade innerstadsringen som ska länka samman stadskärnan med övriga delar av innerstaden. Syftet med Lindholmsförbindelsen är att skapa en tvärlänk med goda resenärskvaliteter som överbryggar de naturliga barriärerna Göta älv och Stigberget. På så sätt förs stadens delar närmare varandra, stomnätet i de centrala delarna av Göteborg avlastas och nya resvanor skapas.

Lindholmsförbindelsen innefattar en ny spårvägskoppling som huvudsakligen planeras att gå i tunnel, med hållplatser vid Stigbergstorget (under jord) och på Linnéplatsen (i markplan). För att projektera och planlägga Lindholmsförbindelsen har Göteborgs Stad anlitat två konsulter, AFRY och COWI, som ansvarar för olika delar av sträckan. AFRY ansvarar för delen mellan Lindholmen och Vegasvackan, strax väster om Jungmansgatan, medan COWI ansvarar för den avslutande delen från Vegasvackan till Linnéplatsen. Arbetet sker i nära samverkan mellan de båda konsulterna och staden.

## 1.2 Detaljplaner

Göteborgs Stad har valt att planlägga Lindholmsförbindelsen som en järnvägsplan, vilket innebär att projektet ska följa *Lag om byggande av järnväg (1995:1649)*.

Projektet innebär även en påverkan på områden utanför Lindholmsförbindelsens gränser och eftersom spårväg inte får byggas i strid mot gällande detaljplaner eller områdesbestämmelser pågår parallellt stadsbyggnadsförvaltningens planläggning av tre detaljplaner.

- > Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde tunnel och hållplats Stigberget inom stadsdelarna Lindholmen, Majorna, Slottsskogen, Olivedal
- > Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Lindholmen inom stadsdelen Lindholmen
- > Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Linnéplatsen inom stadsdelarna Annedal, Kommendantsängen, Olivedal, Slottsskogen och Änggården

### 1.3 Syfte med rapport

Denna rapport utgör underlag till detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Linnéplatsen inom stadsdelarna Annedal, Kommendantsängen, Olivedal, Slottsskogen och Änggården. Som ett underlag önskades en utredning av effekten gällande lokalklimatet avseende värmestress och vindkomfort. Syftet med denna utredning är därför att undersöka förutsättningarna kring de planerade hållplatslägena vid Linnéplatsen (se utredningsområdet i Figur 1), samt effekten av den planerade vegetationen och utformningen av området, med avseende på värmestress och vindkomfort.



Figur 1. Preliminär utformning av området vid hållplatslägena vid Linnéplatsen (orange) som inkluderar tråg, hållplats och vegetation (erhållet maj 2024). Bakgrundskarta: Stadskartan (Göteborgs stad 2019).

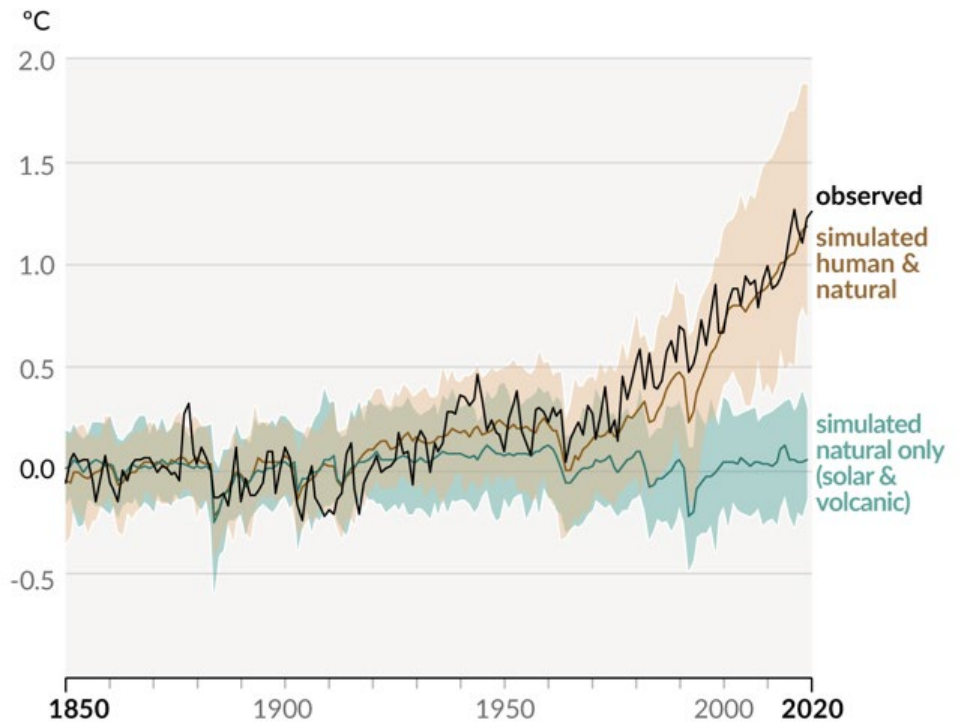
## 1.4 Klimatkomfort och hälsoaspekter utomhus

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. Vid höga vindhastigheter upplever människor generellt att det är okomfortabelt av enbart vinden (se detaljer nedan i avsnitt 2.2). Vinden förstärker även upplevelsen av låg temperatur (lägre än 10 °C) så den upplevs kallare än vad termometern visar. Under riktigt varma sommardagar kan en fläktande vind både ge tillräcklig svalka för att det ska bli komfortabelt, men kan även upplevas som värmande. 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 som utförs och mängder kläder. Generellt kan sägas att människor är mest tillfreds när de termiska förhållandena är neutrala och det är vid dessa förhållanden som vi upplever optimal termisk komfort, "thermal comfort". I kapitel 2 ges en introduktion till komfort avseende vind och temperatur, känsliga områden, vilka gränsvärden gällande hälsa som finns samt hur det kan beräknas.

## 1.5 Effekter av klimatförändringen

Enligt den senaste rapporten från FN:s klimatpanel (IPCC 2022) kommer klimatförändringarna leda till kraftigt ökad värmebelastning i Norden, både gällande intensitet och frekvens. Jämförelser med framtida temperaturökningar görs i förhållande till ett medelvärde av temperaturen under referensperioden 1850 - 1900, där temperaturen ännu inte hunnit påverkas av mänsklig aktivitet (Figur 2). Under referensperioden var risken för värmeböljor 1 gång/10 år.



Figur 2 Utvecklingen av temperaturen från referensperioden, 1850 - 1900, fram till nutid (IPCC 2022).

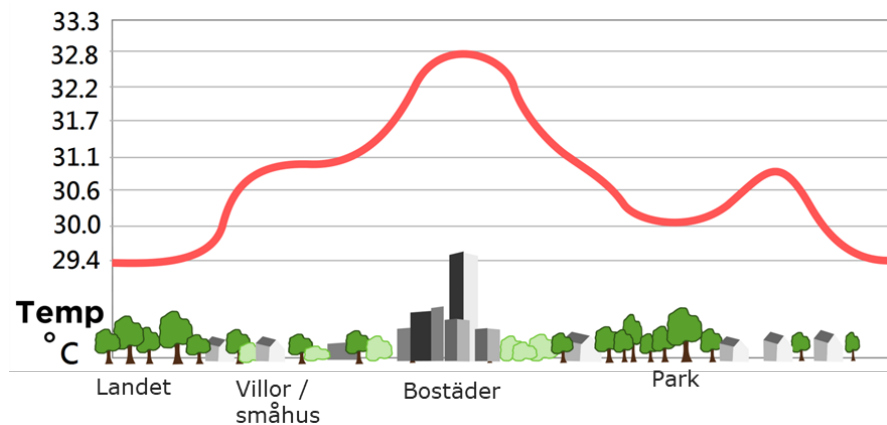
I dagsläget har den globala medeltemperaturen ökat till 1 grad över referensperioden. Detta har medfört att risken för fler och mer intensiva värmeböljor är 2,8 gånger vanligare. Om 1,5 graders-målet nås förväntas det vara 4,1 gånger vanligare med värmeböljor, vilket innebär heta somrar likt år 2018 med längre perioder där den dagliga maxtemperaturen når över 30 °C. Samtidigt ökar urbaniseringen vilket leder till en förändrad markanvändning i form av mer hårdgjorda ytor, vilket i sig försämrar möjligheten att dämpa effekten av värmebelastningen. Den globala uppvärmningen är svår att påverka lokalt i någon större grad (förutom minskade växthusgasemissioner) men det går dock med genomtänkt urban planering att påverka den lokala temperaturen.

## 2 Bedömningsgrunder

### 2.1 Termisk komfort utomhus

Det vanligaste måttet för värme är lufttemperatur men under senare år har forskning visat att det vid varma och soliga dagar är den så kallade strålningstemperaturen ( $T_{mrt}$ ) som är mest kritisk för människors hälsa (Folkhälsomyndigheten 2019). De högsta strålningstemperaturerna uppkommer i urban miljö i anslutning till solbelysta väggar och öppna hårdgjorda ytor. Dessa ytor kan bli mycket varma dagtid till följd av dessas förmåga att lagra solens strålning och värmer i sin tur den angränsande luften. Det är i synnerhet byggnadskroppar i betong eller sten och asfalterade markytor som kan lagra stora mängder värme under dagen. Denna värmeenergi frigörs senare till omgivningen under natten. Dessa två faktorer bidrar till att lufttemperaturen i en stad blir varmare än omgivande landsbygd, speciellt nattetid och kan då även ha en variabilitet inom en stad till följd av olika marktäckning. Fenomenet av temperaturskillnad stad/omland kallas för den urbana värmeön och skillnader inom en stad kallas intraurbana värmeöar.

Effekten av den urbana värmeön kan ses i Figur 3 som visar ett exempel på en profil för lufttemperaturen tvärs genom en stad. De centrala delarna är i detta fall drygt 3 °C varmare än omgivande områden dagtid. Här ses också att parken har en avkylande effekt. Det framgår även att centrala med tätbebyggda och hårdgjorda ytor ger varmare temperaturer.



Figur 3. Exempel på en lufttemperaturprofil tvärs genom en stad.

Resultatet av värmeöar blir en ökad exponering för värmestress i urbana områden. Till följd av den kontinuerligt ökande urbaniseringen kommer därför sannolikt tätare bebyggelse utsätta fler människor för ökad risk för värmestress. Det går inte att påverka den storskaliga utvecklingen med fler värmeböljor men däremot kan lokala åtgärder i stadsplaneringen göras för att begränsa de negativa effekterna av själva urbaniseringen. Det är därför en stor fördel att genomföra detaljerade studier i områden med nyproduktion för att tidigt identifiera eventuella problem och på så sätt i tid kunna planera genomförandet av relevanta åtgärder. Strålningstemperaturen har en stor spatial variabilitet beroende på bebyggelse och marktäckning, inklusive träd, varför detaljerade

beräkningar för aktuella områden krävs. På så sätt kan det göras relevanta bedömningar av risk kopplat till värme och effekten av eventuella åtgärder kan testas.

### 2.1.1 Hälsoeffekter hög lufttemperatur

I flera länder, däribland Sverige, utfärdas varningar till allmänheten då det väntas bli höga temperaturer under dagtid som innebär förhöjd hälsorisk. I Sveriges definieras en värmebölja av att dagens högsta temperatur överstiger 26 °C under tre dagar i följd, se Tabell 1 (SMHI 2022).

Tabell 1. Befintliga gränser för varningar vid värmeböljor avseende lufttemperatur och de klassningar som används i denna utredning (SMHI 2022).

Typ av varning	Gränstemperatur och tidslängd
Meddelande om höga temperaturer	Om maxtemperaturen förväntas bli mellan 26 och 30 °C under 3 dygn i följd.
Gul varning	Om maxtemperaturen förväntas bli minst 30 °C under 3 - 4 dygn i följd
Orange varning	Om temperaturen förväntas bli minst 30 °C grader under mer än 5 dygn eller minst 33 °C under 3 dygn

### 2.1.2 Termiska komfortindex (PET)

De termiska förhållandena, s.k. termisk komfort (utomhus), är delvis ett subjektivt begrepp och styrs av lufttemperatur, vind, luftfuktighet, strålningstemperatur ( $T_{mrt}$ ), metaboliskt värme och kläders förmåga att isolera (Mukherjee och Mahanta 2014). För att ge en så realistisk bedömning som möjligt gällande risker för hög påverkan av värme, kan vindens och luftfuktighetens påverkan på den mänskliga upplevelsen av värme adderas genom beräkningar av termiska komfortindex. Ett vanligt termiskt komfortindex som utgår från den mänskliga upplevelsen av temperatur är Physiological Equivalent Temperature (PET).

Den mänskliga värmebalansen i kroppen styrs av en mängd in- och utflöden av värme, så som hastigheten på metabolismen, värmeutstrålning från kroppen, uppvärmning av inandningsluft och värmeförluster via svettning. Flödena påverkas av lufttemperaturen, luftfuktigheten, vind och strålningstemperaturen (Höppe 1999). PET inkluderar effekten av vind, fuktighet, strålningstemperatur och lufttemperatur på en människas termiska komfort, genom att räkna ut dessa parametrars inverkan på den mänskliga energibalansen (Matzarakis,

Muthers, och Rutz 2014). I Tabell 2 redovisas gränsvärdenivåerna för PET med avseende på värmestress för människor.

Tabell 2. Gränsvärden för Physiological Equivalent Temperature (PET), kategoriserat som stresskategori avseende värmestress för människor (Matzarakis m.fl. 2014).

Stresskategori	PET (°C)
Extrem värmestress	Över 41
Hög värmestress	35 - 41
Måttlig värmestress	29 - 35
Låg värmestress	23 - 29
Ingen värmestress	18 - 23

## 2.2 Vind och den mänskliga upplevelsen av vind

### 2.2.1 Vinden i tätbebyggda områden

Jämfört med öppna ytor modifierar bebyggelse ofta vinden. Detta innebär att medelvindhastigheten i marknivå ofta blir lägre än om platsen hade varit utan bebyggelse. Å andra sidan ökar bebyggelsen markytans råhet, vilket gör att turbulensen och bygheten ökar. En ytterligare modifiering på vinden från bebyggelsen är att så kallade tratteffekter kan uppstå. Detta kan ske där vinden från vissa riktningar kanaliseras in i smala passager och där ge betydligt högre vindhastigheter än strax utanför passagen. Dessa effekter kan vara viktiga att identifiera om dessa platser exempelvis inkluderar utgångar, gång- eller cykelbanor eller där människor vistas. Höga byggnader och/eller icke homogen bebyggelsestruktur genererar även en ökad turbulens (virvlar som snabbt växlar i riktning och styrka) i markplan jämfört med icke bebyggda områden.

Vid utvärdering av vindeffekter i områden undersöks därför dels komforten med hjälp av angivna komfortkriterierna (se nedan), dels vilken maximal vind som kan förekomma inom området dels turbulensen. Dessa olika mått underlättar bedömningen av, förutom användningsområdet olika plaster, vad som orsakar höga vindar då detta antingen primärt kan bero på nedtransport, tratteffekt eller

stark turbulens. Beroende på vilka faktorer som dominerar så kan åtgärderna se olika ut.

## 2.2.2 Kriterier för vindkomfort

Det finns flera kriterier för vindkomfort på global basis, varav dessa är baserade på exempelvis medelvindhastighet, maximal vindhastighet, byvind, med mera. Vidare baseras kriterierna även på vindkomfort baserade på olika aktiviteter. 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 långvariga vistelser, såsom torg eller lekplatser, bör vindhastigheten vara lägre än där man förväntas vara i rörelse, som till exempel gång- och cykelvägar. Här kan högre vindhastigheter under en större andel av tiden accepteras.

Ett kriterium som används på global skala är Lawsons vindkomfortskriterier (Lawson och Ad 1977). Dessa har i sin tur anpassats på olika sätt i efterhand, varav en modifierad version som ofta används är Lawsons kriterier baserade på London Docklands Development Corporation (LDDC) (Jenkins 2019). Vidare har även vissa städer anpassat skalan ytterligare för att bättre möta de mål och behov en stad kan ha, såsom London som vill öka andel ytor för caféer och förbättra miljön för promenader (City of London 2019).

I denna utredning har Lawson LDDC använts, se kriterierna i Tabell 3. Det kan antas att kriterierna är mer konservativa än andra vanliga kriterier (exempelvis Davenportkriteriet (Isyumov och Davenport 1975) eller Nederländernas standard NEN 8700) då den tar i beaktning lägre vindhastigheter. För att en plats ska ha godtagbara vindförhållanden krävs det att den upplevda vindhastigheten för respektive aktivitet inte ska överskridas under mer än 5 % andel av tiden under ett genomsnittligt år.

Tabell 3. Vindkomfortkriterier enligt Lawson LDDC för respektive kategori för vistelsemiljö och aktivitet samt motsvarande acceptabel medelvindhastighet.

Kategori	Medelvinds- hastighet (m/s)	Beskrivning
	(Bör ej överskridas mer än 5 % av alla timmar under ett år)	
Frekvent stillasittande	<2,5 m/s	Acceptabel för frekvent användning av utomhusplatser, till exempel restaurang, café och lekplatser
Tillfälligt stillasittande	<4 m/s	Acceptabel för tillfällig utomhussittning, till exempel allmänna utomhusområden, balkonger och terrasser avsedda för tillfällig användning, osv.
Stående	<6 m/s	Acceptabel för entréer, busshållplatser, täckta gångvägar eller passager under byggnader.
Promenerande	<8 m/s	Acceptabel för trottoarer och gångvägar.
Obekvämt	>8 m/s	Ej bekvämt för regelbunden gångtrafik och cykling.
Osäkert	>15 m/s	Osäkert för cykling och känsliga individer. Ökad risk för olyckor.

### 2.2.3 Upplevd 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 försämrade komfort. När det blåser mer än 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" i stället för den uppmätta vinden. Då bygheten 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 (medelvindshastighet) eftersom bygheten är högre. Enligt Glaumann och Westerberg (1988) kan den upplevda vindhastigheten relateras till den uppmätta, d.v.s. inklusive bygheten, enligt ekvation (1):

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

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 2,5 m/s, som är gränsvärdet för årsmedel som ej bör överskridas på gång och cykelbanor, överskridas redan när den *uppmätta* vindhastigheten är 1,8 m/s eller högre.

I denna utredning har utvärdering gjorts för vindkomfortskriterier för både medelvindhastighet och upplevd vindhastighet.

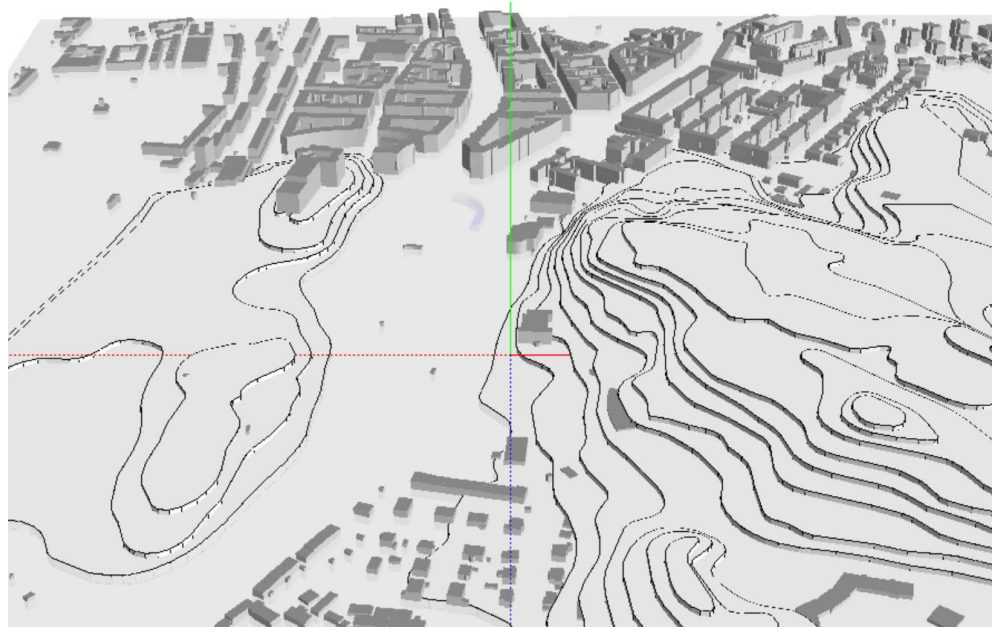
## 3 Metod

Nedan redovisas underlag och metodik som använts för både vindmodelleringen och den termiska modelleringen.

### 3.1 Underlag

#### 3.1.1 Byggnadshöjder och topografi

Underlag avseende byggnader, byggnadshöjder och topografi har baserats på Fastighetskartan och LAS-data (Metria 2024). Underlaget har använts för både modellering av värme- och vindsimuleringar. Se ett exempel på 3D-visualisering av byggnader och topografi som använts i vindmodellen i Figur 4.



Figur 4. 3D-modell över befintliga byggnader och förenklad topografi vid Linnéplatsen.

#### 3.1.2 Trädäckning

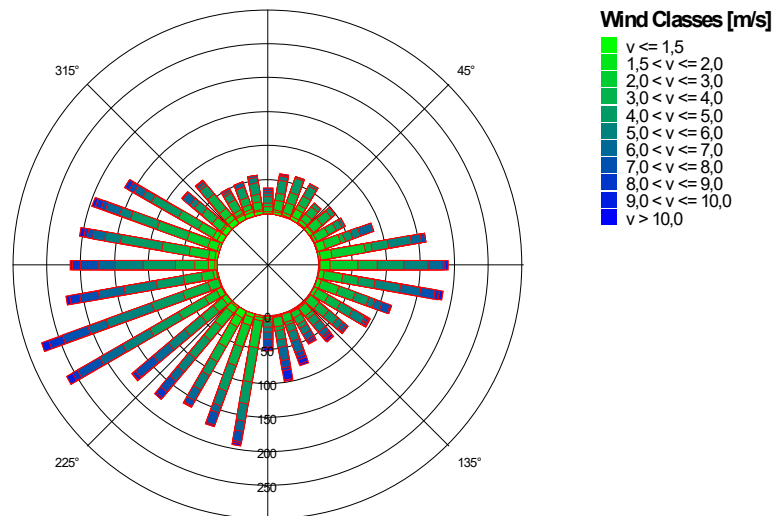
Befintlig vegetation har modellerats baserats på Boverkets kartläggning av krontäckning av träd över tre meters höjd (Boverket 2023).

Avseende den planerade vegetationen på Linnéplatsen, har detta baserats på landskapsplaneringen för området. Den sammanfattande bilden över den framtida vegetationen kan ses i Figur 5. De planerade träden har antagits vara stora eller små, varav stora träd antas vara 15 meter höga med en 10 meter hög krona och små träd 10 meter med 5 meters krona.

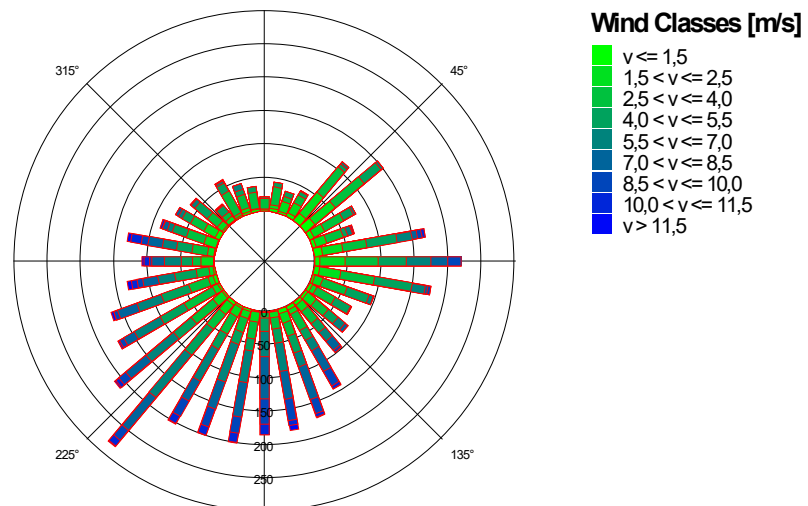
Trädäckningen har harmoniserats och använts både i värme- och vindmodellen.



### Sommar



### Vinter



Figur 6. Vindros för uppmätt vind vid Järnbrott. Vindrosen visar fördelning av vindhastighet och vindriktning 56 m över marken för sommar (april-oktober) respektive vinter (oktober-mars).

## 3.2 Finskalig modellering av termisk komfort utomhus

För beräkningarna av termisk komfort utomhus har modelleringssystemet UMEP (Urban Multiscale Environmental Predictor) (Lindberg m.fl., 2018) (se Bilaga A) använts. I modellen kan beräkningar göras av termisk komfort utomhus, urban energiförbrukning och även fördelningen av sol och skugga utomhus, med mera. UMEP används av arkitekter, stadsplanerare och klimatologer både inom forskning och för olika praktiska tillämpningar. Grunden för UMEP är ett modelleringssystem med olika moduler som tar hänsyn till de faktorer som styr det urbana temperaturklimatet (så som bebyggelsestruktur, geometri och

markanvändning) och de relevanta processerna (till exempel den urbana energi- och strålningsbalansen).

För beräkning av genomsnittlig strålningstemperatur ( $T_{mrt}$ ) används modulen SOLWEIG (Solar och Longwave Environmental Irradiance Geometry-model) i UMEP. Denna beräknas 1,1 m över marken, vilket motsvarar ett ungefärligt masscentrum för en stående människa, och påverkas bl. a. av lufttemperatur, luftfuktighet och global strålning. Skugga är många gånger fundamentalt för den termiska komforten. Minskad solinstrålning på grund av molnighet resulterar i en minskning av den uppmätta globalstrålningen. Hur högt och i vilket väderstreck solen står på himlen i kombination med byggnadernas höjd och placering styr hur skuggmönstret fördelar sig över området. Effekten av hur stor andel av tiden som marken är beskuggad påverkar därmed även hur mycket värmeinstrålning som marken exponeras för. De termiska förhållandena påverkas även av byggnadsmaterial och typ av marktäcke (till exempel asfalt, gräs, grus/jord), då det styr utbytet av strålning (reflektion och emission).

En viktig parameter i SOLWEIG-modulen och för termisk modellering är Sky View Factor (SVF). SVF beskriver hur öppen en yta är vilket mäts genom hur stor andel av himlen som ses från respektive gridruta i modellen. Detta påverkar i hög grad hur mycket strålning som denna yta kan nås av respektive kan stråla ut från. En yta i ett trångt gaturum med höga byggnader ger en låg SVF och ett öppet fält ger en mycket stor SVF. Se beräknad SVF för Linnéplatsen med omgivningar i Figur 7.



Figur 7. Ungefärligt beräkningsområde för den termiska modellen. Figuren visar beräknad SVF över beräkningsområdet för SOLWEIG. Bakgrundskarta: Stadskarta nedtonad (Göteborgs stad 2019).

Resultaten av beräkningarna gällande genomsnittlig strålningstemperatur i SOLWEIG kan sedan implementeras i UMEP för att räkna fram termiska komfortindex så som PET. För detta krävs, utöver resultaten av genomsnittlig strålningstemperatur, även detaljerad modellering av vindmönstret.

### 3.2.1 Antaganden

Genom att studera värmebelastningen under en värmebölja identifieras de varmaste förhållandena som kan råda i området. Värmeböljan som inträffade 2018 var extrem. I en studie av SMHI (2019) fastslogs det att dygnsmedeltemperaturerna i Sverige under sommaren 2018 var likställda de för en medelsommar prognosticerade med IPCCs RCP scenarier 4.5 och 8.5 i slutet av seklet (SMHI 2019), vilka även förväntas öka i frekvens (se avsnitt 1.5). Sommaren 2018 har därför valts för att visa ett värsta fall representativt både för dagens situation och även till viss del inkludera de meteorologiska förutsättningarna i ett framtida klimat (SMHI 2019). 27 juli 2018 valdes som lämpligt datum, dels för att det då var hög lufttemperatur (över 30 °C), dels för att solinstrålningen visade på en jämn solinstrålning under dagen. Det var en solig dag fri från intermittenta solinstrålningsvariationer orsakade av passerande moln.

### 3.3 Vindkomfortmodellering

Vindberäkningen utförs med en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics), Miskam-modellen (Microscale Climate and Dispersion Model, se vidare information i Bilaga B) som tar hänsyn till tredimensionella strömningsförhållandena mellan huskropparna. Beräkningarna med Miskam-modellen görs i två steg, där första modelleringssteget är att beräkna ett relevant och lokalspecifikt så kallade vindfält över området, baserat på lokala meteorologiska data. 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, Andersson, och Kindell 2019).

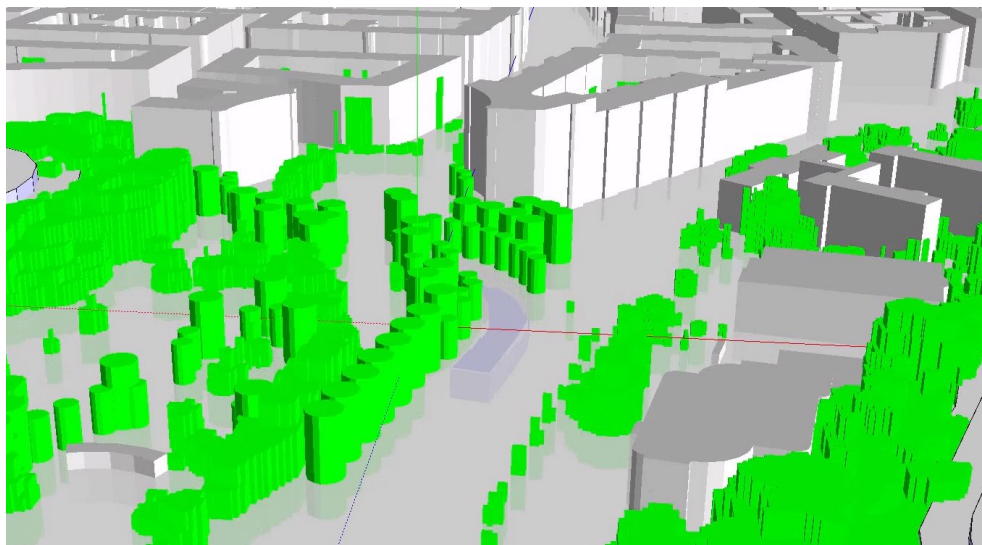
För att kunna beräkna realistiska vindförhållanden över ett område behöver CFD-modellen meteorologiska indata (se underlag i avsnitt 3.1.3) som representerar de lokala förhållanden med avseende vindhastighet och vindriktning. Modellen beräknar 36 olika vindriktningar för en vindhastighet. Sedan extrapoleras vindhastigheten i enlighet med vindstatistiken som kan representeras för varje timme under ett år.

#### 3.3.1 Antaganden

I vindmodelleringen har beräkningarna gjorts för vindsimuleringar för sommar- respektive vinterperioden separat. Detta för att ta hänsyn till vegetationen under sommaren samt ta hänsyn till säsongsviss aktivitet.

I Miskam modelleras träd genom att definiera lövareadensitet och lövtäckning, se exempel i Figur 8. Trädets stam modelleras därmed utan dessa parametrar medan lövdensitet och -täckning fördelas över kronan, där kronans mitt har högst densitet och täckning.

I modellen har befintliga träd enligt Boverket antagits vara 3-25 meter höga i enlighet med underlaget, med antagande om stam och kronhöjd. Planerade träd har modellerats med höjder enligt beskrivet i avsnitt 3.1.2.



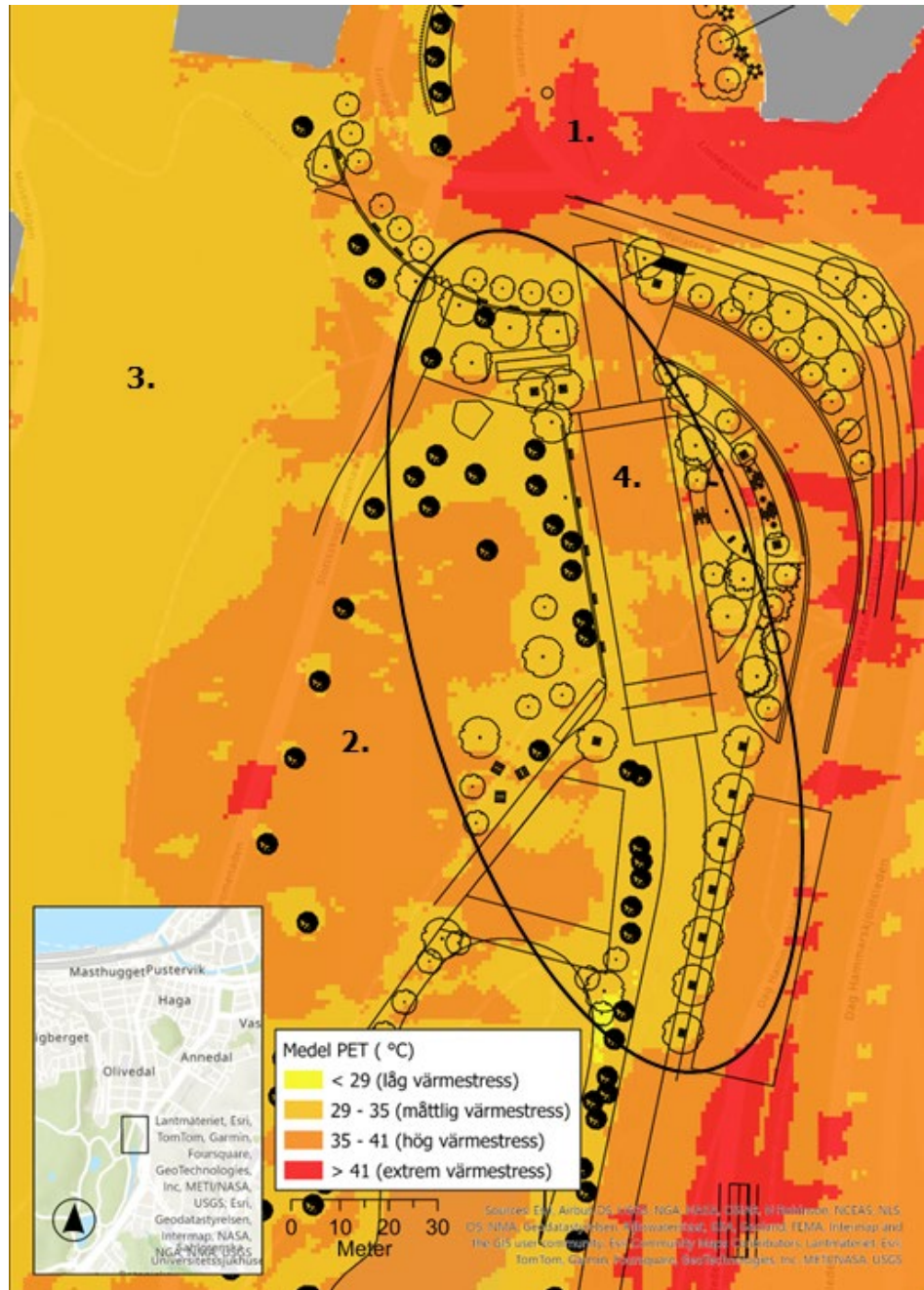
*Figur 8. 3D-modell med byggnader (grått) och träd (grönt). Vidare ses en antydan av Lindholmsförbindelsens tråg som även finns med i modellen (blågrått).*

## 4 Resultat

### 4.1 Termisk komfort

Bedömningen av termisk komfort genom beräknad Physiologigal Equivalent Temperature (PET) omkring hållplatslägena invid Linnéplatsen utgår från bedömningsgrunderna i Tabell 2. I Figur 9 presenteras medelvärdet av beräknad PET under dagen 2018-07-27 mellan kl. 9 och 18 lokal tid (UTC+2). På asfalterade öppna ytor blir den termiska belastningen hög och överskrider i vissa områden gränsvärdet för extrem termisk belastning (se Tabell 2), vilket kan ses i området kring Linnéplatsen norr om tunneltråget (Figur 9, område 1). Andra öppna områden likt den grästäckta ytan norr om Fågeldammen överskrider gränsvärdet för hög termisk belastning (Figur 9, område 2). I områden beskuggade av träd är den termiska belastningen lägre och uppgår till måttlig enligt bedömningskriterierna, vilket syns tydligt i västra delarna av området i skogspartiet nedanför Göteborgs Naturhistoriska museum (Figur 9, område 3). Det framgår även tydligt omkring hållplatslägena vid Linnéplatsen (Figur 9, område 4), där träd med större krondiameter eller kluster av träd ger störst effekt. Enstaka träd likt de på gräsytan norr om Fågeldammen sänker belastningen under enstaka timmar men sett över en hel dag blir resultatet en hög termisk belastning även här. Gräsytor utan beskuggning ger också höga värden och det framgår därmed att skugga är den avgörande faktorn för en sänkt termisk belastning.

Till följd av solens rörelsemönster är det viktigt att analysera förhållandena under en dag för att fånga det varierande skuggmönstret. Därav har antalet timmar som PET överskrider gränsvärdet för hög termisk belastning (35 °C, se även Tabell 2) beräknats under den 27 juli 2018, vilket syns i Figur 10. Även här syns trädens effekt tydligt då trädtäckta ytor överskrider 35 °C upp till 20 % av dagen, medan det på öppna ytor överskrider 35 °C under mer än halva dagen. Resultaten visar därmed att vid höga lufttemperaturer under en värmebölja kan träd effektivt bidra till att den termiska belastningen minskar betydligt.



Figur 9. Beräknat medelvärde av Physiological Equivalent Temperature (PET) den 27 juli 2018 mellan kl. 9 och 18 lokal tid (UTC+2). Antagna gränser för termisk belastning är baserade på Tabell 2. Område 1 – trafikplatsen kring Linnéplatsen, område 2 – öppen gräsyta norr om Fågeldammen, område 3 – skogspartiet nedanför Göteborgs Naturhistoriska museum och område 4 – hållplatslägena på Linnéplatsen. Figuren inkluderar även befintliga träd (fyllda cirklar) samt planerade träd (cirklar).



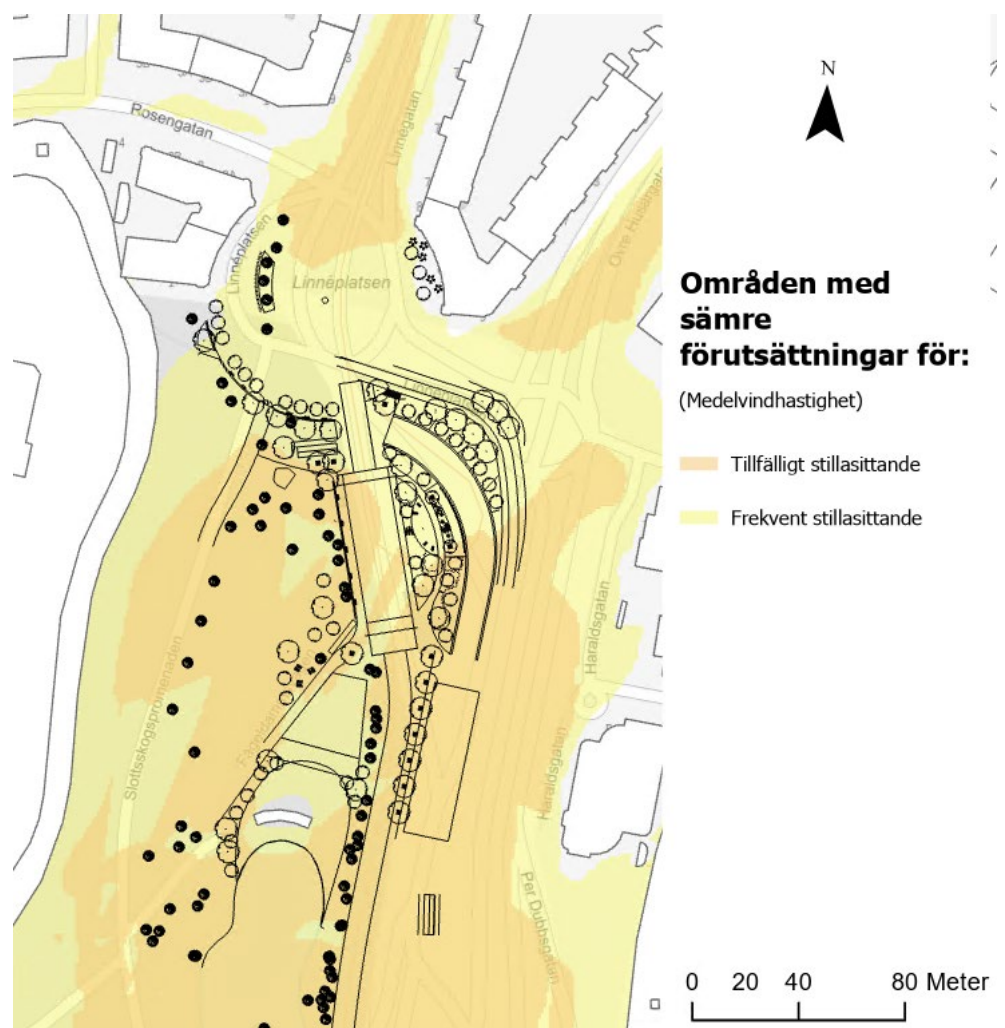
Figur 10. Andel av tiden mellan kl. 9 och 18 lokal tid (UTC+2) den 27 juli 2018 som beräknad Physiological Equivalent Temperature (PET) överskrider 35 °C, vilket är kriteriet för hög värmestress i Tabell 2. Figuren inkluderar även befintliga träd (fyllda cirklar) samt planerade träd (cirklar).

## 4.2 Vindkomfort

För bedömning av vindkomforten appliceras de vindkomfortskriterier som beskrivs i Tabell 3. För att bedöma vindförhållandena enligt dessa kriterier har beräkningar gjorts dels för medelvindhastigheten, dels hur ofta olika vindhastigheter uppträder. Resultaten nedan visar de områden där förekomsten av höga vindhastigheter för respektive aktivitet förekommer mer än 5 % av alla

timmar under ett år, se resultat för medelvindhastigheten i Figur 11 och upplevd vind i Figur 12.

Med avseende på medelvindhastighet visar resultatet att hela utredningsområdet har goda förutsättningar för stående aktiviteter (ex hållplatser eller entréer) samt promenerande (ex trottoarer och gångvägar). Området vid hållplatsläget väster om tråget, har inte har inte lika goda förutsättningar för frekvent stillasittande (Figur 11), men har bättre förutsättningar för tillfälligt stillasittande enligt kriterierna. För hållplatsläget söder om tråget, blir dock förutsättningarna sämre för även tillfälligt stillasittande.



Figur 11. Områden som inte är acceptabla för kortvarigt stillasittande och kortare uppehåll med avseende på medelvindhastigheten. Övriga aktiviteter klarar kriterier enligt Lawson LDDC. I övrigt visas även skiss av vegetation, tråg och hållplatslägen enligt erhållet material i maj 2024.

För att även ta hänsyn till vindens byighet, som har visat sig påverka bedömningen av komforten i hög omfattning, har även upplevd vind beräknats enligt metodik beskrivet ovan. Avseende den upplevda vinden, är det störst

påverkan utmed Dag Hammarskjöldsleden, se Figur 12. Här finns inga områden som är acceptabla för stående aktiviteter vilket främst kan innebära obekväma förhållanden för exempelvis entréer och hållplatser. Det gäller exempelvis hållplatslägena söder om träget.

För de norra planerade hållplatslägena vid Linnéplatsen finns dock bättre förutsättningar för områden som är acceptabla för stående aktiviteter, men inte för stillasittande aktiviteter med avseende på den upplevda vinden. Förutsättningarna är goda för promenader i hela planområdet.

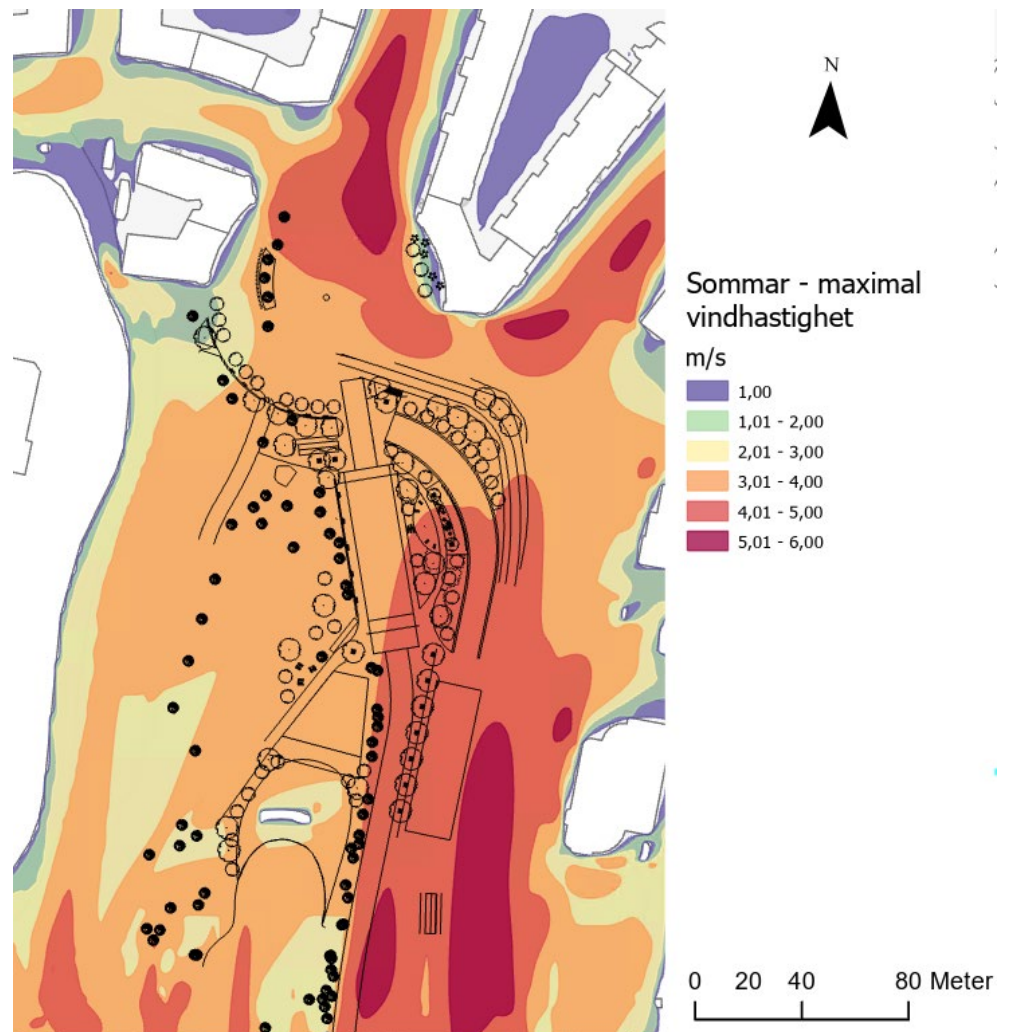


*Figur 12. Områden som inte är acceptabla för stående, kortvarigt stillasittande och kortare uppehåll med avseende på upplevd vind. Övriga aktiviteter klarar kriterier enligt Lawson LDDC. I övrigt visas även skiss av vegetation, tråg och hållplatslägena enligt erhållet material i maj 2024.*

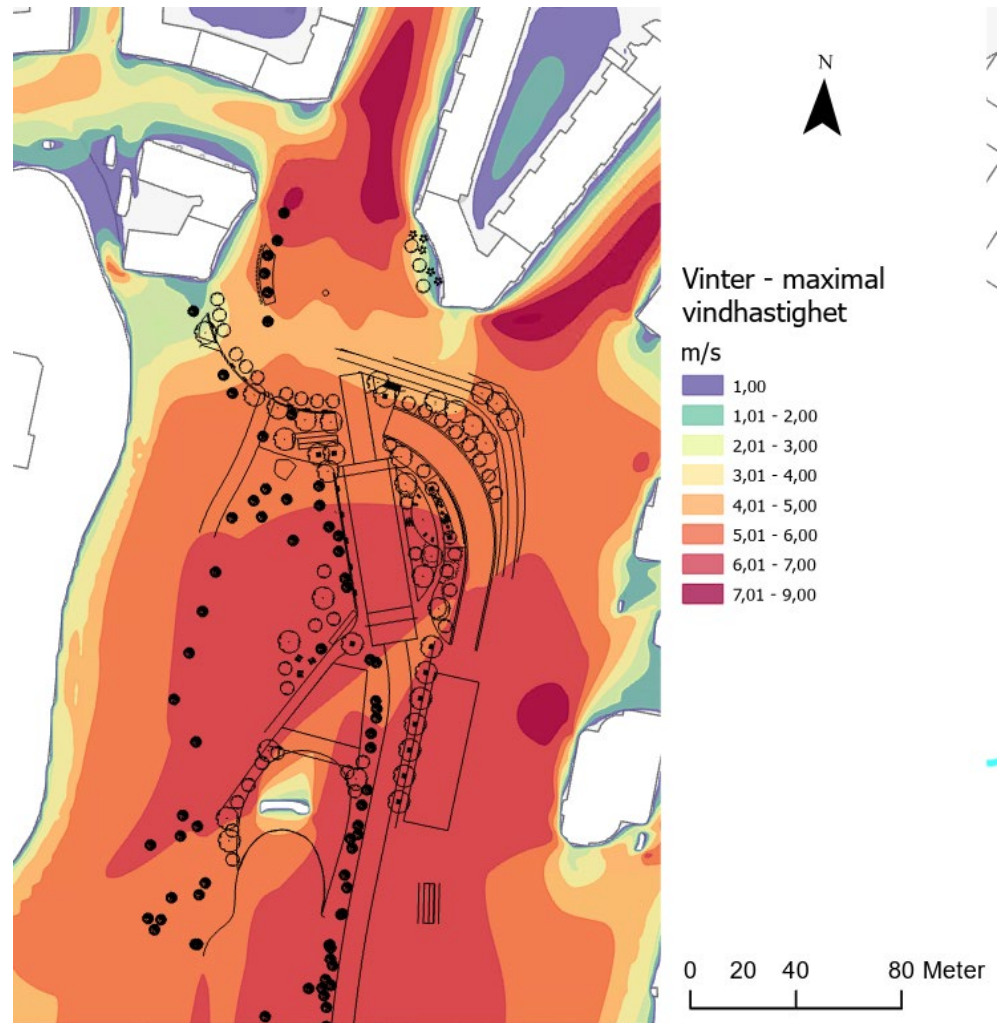
Behovet och utförande av olika aktiviteter skiljer sig åt säsongvis, vilket även vinden gör. Därför presenteras även resultat säsongvis för sommar- och vinterperioden, se Figur 13 och Figur 14. För att kunna visa vilka områden där högst vindar förekommer, som värsta fall, redovisas därför maximala vindhastigheten.

I Figur 13 och Figur 14 är det tydligt att förekomsten av högre vindhastigheter ökar under vinterperioden jämfört med sommarperioden. Detta kan både bero på att högre vindhastigheter förekommer under vinterperioden samt att vegetationen inte har samma inbromsande effekt på vinter.

Under sommaren är generellt vindhastigheterna lägre än vintern, med maximala vindhastigheter på 3-4 m/s vid hållplatslägena väster om tråget jämfört med under vintern på 6-7 m/s. Vid de andra hållplatslägena söder om tråget är vindhastigheterna högre, 4-6 m/s under sommaren och 6-7 m/s på vintern.



Figur 13. Maximal vindhastighet (m/s) under sommarperioden med färgskala som motsvarar vindhastigheter 1-6 m/s. I övrigt visas även skiss av vegetation, tråg och hållplatslägen enligt erhållet material i maj 2024.



Figur 14. Maximal vindhastighet (m/s) under vinterperioden med färgskala som motsvarar vindhastigheter 1-9 m/s. I övrigt visas även skiss av vegetation, tråg och hållplatslägen enligt erhållet material i maj 2024.

Vindhastigheter över 8 m/s kan uppfattas vara obekvämt, vilket underskrids för hela utredningsområdet. Vindhastigheter som anses osäkert och kan innebära risk med avseende på olyckor (15 m/s) underskrids i hela området.

## 5 Diskussion och slutsatser

### 5.1 Planering avseende termisk komfort

Resultaten av den termiska belastningen i området under en varm sommardag i juli 2018 visar på höga nivåer, särskilt på öppna ytor (Figur 9). Ytor beskuggade av träd sänker den termiska belastningen från extrem (över 41 °C) till måttlig belastning (29-35 °C), varför träden är viktiga att prioritera. Vinden kan i sin tur kan ha en avkylande effekt. Dock är vindhastigheterna låga under denna sommardag, cirka 1-3 m/s, vilket ofta är vanligt under varma sommardagar. Därmed förekommer det inte någon avkylande effekt från vinden. Under mildare dagar med högre vindhastigheter kommer den termiska belastningen därmed sjunka i större utsträckning.

Med dagens planerade utformning skuggar träden stora ytor intill hållplatslägena på Linnéplatsen under flera timmar under dagen (Figur 10). Gränsvärdet för hög termisk belastning (35-41 °C) överskrids mindre än 20 % under de beräknade timmarna, medan öppna ytor överskrider detta gränsvärde över 50 % av tiden. Det sker heller inte en skarp avgränsning mellan beskuggade och öppna ytor till följd av att skuggmönstret under en dag ändras, vilket sänker den termiska belastningen i områden större än trädens krontäckning.

Vid kluster av träd blir effekten större, till skillnad från enstaka träd, vilket därför rekommenderas vid planering. Om enskilda träd planeras är en stor krondiameter och kronhöjd att föredra för att öka den beskuggade ytan omkring trädet och därigenom sänka minska den termiska belastningen under fler timmar under dagen. Mindre träd kan dock fortfarande erbjuda mindre ytor av skugga under enstaka timmar.

För denna utredning har alla nyplanterade träd antagits vara lövträd, då dessa skuggar på sommaren men släpper in ljus under vintern, vilket även rekommenderats i tidigare utredningar med fokus på bland annat värme i Göteborg (Andersson-Sköld m.fl. 2015). I denna utredning har effekten på temperaturen vid fullvuxna träd simulerats vilket kommer innebära en större värmeexponering fram tills att aktuella krondiameter och -höjd uppnåtts. Nyligen har COWI, i samarbete med Stadsbyggnadsförvaltningen, bland annat tagit fram en åtgärds katalog för områden med hög risk för termisk belastning baserat på en sammanställning av den senaste forskningen inom fältet (COWI 2024). Några effektiva åtgärder till träd om en snabbare påverkan önskas eller om träd inte är tillämpligt togs då fram, exempelvis pergolor, markiser eller segeldukstak. Särskilt intill eller ut från väntrum eller intill hållplatslägena är detta effektiva lösningar för att erbjuda skugga under varma dagar. Som resultaten i denna utredning visat på blir det en hög till extremt hög termisk belastning under varma sommardagar men genom att skapa skugga kan belastningen sjunka till måttlig, vilket påtagligt skulle minska människors hälsorisker. För mer detaljerad information och fler åtgärder, se vidare i *Planera för en varmare stad – åtgärds katalog* (COWI 2024).

## 5.2 Planering med avseende på vindkomfort

För sociala ytor där det antas att människor vill kunna vistas en längre stund (exempelvis i parker, caféer) ska det vara övervägande vindstilla, med en mycket hög andel timmar med mycket svaga vindar. Resultatet från vindkomfortberäkningen baseras på helårsstatistik för ett blåsigt år, vilket ger ett värsta fall med avseende på vind. I Sverige är 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. Dock, avseende hållplatslägen, är det områden där människor är tvungna att vistas under hela året, varför i högsta grad okomfortabla vintersituationer är viktiga att identifiera även för vinterperioden.

Det är endast ett fåtal platser i utredningsområdet där det snäva kriteriet med upplevda vindhastigheter som tillfredsställer goda förutsättningar för frekvent stillasittande uppfylls. Det kan behövas åtgärder vid planering och inrättandet av vindstilla platser för frekvent och kortvarigt sittande. Ett större område som i vindkomfortberäkningen framträder som relativt blåsigt är hållplatsen söder om tråget längs Dag Hammarskjöldsleden. Vindhastigheter är lägre vid Linnéplatsen, väster om tråget, vilket sannolikt bero på uppblomsning av vegetationen. Detta ses genom att det är tydligt i skillnaden mellan maxhastigheten för sommar- respektive vinterperioden, då det inte finns löv på träden och effektiviteten av träden är lägre. Dock bör det tas i beaktning att vindstatistiken visar att det förekommer högre vindhastigheter under vintern än sommaren så effekten från vegetationen är svår att kvantifiera.

När det gäller maximala vindhastigheter framgick det av denna analys att det förekommer områden med vindförstärkning. Detta gäller gatan öster om Dag Hammarskjöldsleden. De topografiska förutsättningarna genom en relativt distinkt dal blir som en tratt för vinden vid sydliga riktningar. Detta kan leda till en viss kanalisering av de sydliga vindriktningarna och eventuellt med högre strömningshastigheter som följd. Dock är det främst hållplatslägena som utgör en viktig knutpunkt och social yta. Det kan därför komma att kräva särskilt noggrann planering för att undvika okomfortabla vindförhållanden på en yta där stillasittande aktiviteter planeras. Dock förekommer inga vindar över 8 m/s, vilket innebär särskilt obekväma ytor.

Det ska tas hänsyn till att byggnader intill hållplatslägena som planeras inte har inkluderats i beräkningarna. Detta eftersom utformningen av dessa inte finns på plats än. Framtida byggnader, även om dessa är mindre, kan dock ha stor påverkan på vinden. Det är exempelvis tydligt att den lilla byggnaden strax norr om Fågeldammen ger tydlig lä. Därmed kan kommande framtida byggnader som planeras vid hållplatserna ha möjligheten att ge flera positiva effekter för att skapa lä och förbättra möjligheterna för acceptabla områden för stillasittande aktiviteter. Dock bör man ta hänsyn till att turbulens kan skapas kring byggnader, varför det är viktigt att beakta dessas placering för att säkerställa att goda miljöer med avseende på vindkomfort skapas.

För att fastställa effekten, samt även undvika att ökad turbulens uppkommer, kan det vara av intresse att utföra nya vindsimuleringar med de planerade byggnadsstrukturerna.

## 6 Referenser

- Andersson-Sköld, Yvonne, Sofia Thorsson, David Rayner, Fredrik Lindberg, Sara Janhäll, Anna Jonsson, Ulf Moback, Ramona Bergman, och Mikael Granberg. 2015. "An integrated method for assessing climate-related risks and adaptation alternatives in urban areas". *Climate Risk Management* 7:31–50. doi: 10.1016/j.crm.2015.01.003.
- Boverket. 2023. "Nationell kartläggning av trädäckning i större tätorter - Boverket". Hämtad 12 juni 2024 (<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planeringsfragor/ekosystemtjanster/tradtackning/>).
- City of London. 2019. *Wind Microclimate Guidelines - For developments in the city of London*.
- COWI. 2024. *Åtgärds katalog - planera för en varmare stad*. A257641-4-02-01-RAP-003-Åtgärds katalog.
- Folkhälsomyndigheten. 2019. "Värme och människa i bebyggd miljö – kunskapsstöd för åtgärder som minskar hälsoskadlig värme – Folkhälsomyndigheten". Hämtad 01 februari 2023 (<https://www.folkhalsomyndigheten.se/publikationer-och-material/publikationsarkiv/v/varme-och-manniska-i-bebyggd-miljo--kunskapsstod-for-atgarder-som-minskar-halsoskadlig-varme/>).
- Göteborgs stad. 2019. "Stadskarta WMS-tjänst". Hämtad 14 maj 2024 (<https://goteborg.se/wps/portal?uri=gbglnk%3a2015816171319546>).
- Göteborgs stad. 2024. "Luftkvalitet och meteorologiska data, månadsrapporter". Hämtad 01 juli 2024 (<https://goteborg.se/wps/portal?uri=gbglnk%3a20221026103811891>).
- Haeger-Eugensson, Marie, Stefan Andersson, och Sven Kindell. 2019. *Modellering av luftkvalitet i markplan i tätbebyggda områden - Jämförelse mellan en CFD- och OSM-modell samt två Gaussiska modeller*. C124. ISSN 1400-383X. University of Gothenburg.
- Höppe, P. 1999. "The Physiological Equivalent Temperature – a Universal Index for the Biometeorological Assessment of the Thermal Environment". *International Journal of Biometeorology* 43(2):71–75. doi: 10.1007/s004840050118.
- IPCC. 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]*. Cambridge University Press.
- Isyumov, N., och A. G. Davenport. 1975. "The ground level wind environment in built-up areas". n Proc. 4th Int. Conf. on Wind Effects on Buildings and Structures.
- Jenkins, Megan. 2019. "Wind Comfort Criteria: Lawson, Davenport, and NEN 8100". *SimScale*. Hämtad 27 juni 2024 (<https://www.simscale.com/blog/wind-comfort-criteria/>).

- Lawson, Tv, och Penwarden Ad. 1977. "The Effects of Wind on People in the Vicinity of Buildings." *DEP. AERONAUT. ENG., UNIV. BRISTOL, UK.*
- Matzarakis, Andreas, Stefan Muthers, och Frank Rutz. 2014. "Application and comparison of UTCI and PET in temperate climate conditions". *Finisterra* 48:21–31. doi: 10.18055/Finis6453.
- Metria. 2024. "SeSverige". *SeSverige*. Hämtad 12 juni 2024 (<https://ehandel.metria.se/start>).
- Mukherjee, Mahua, och Shatabi Mahanta. 2014. *Outdoor Thermal Comfort*.
- SMHI. 2019. "Sommaren 2018 - en glimt av framtiden? | SMHI". Hämtad 01 februari 2023 (<https://www.smhi.se/publikationer/publikationer/sommaren-2018-en-glimt-av-framtiden-1.149088>).
- SMHI. 2022. "Varning för höga temperaturer | SMHI". Hämtad 01 februari 2023 (<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/varningar-och-meddelanden/varningstyper/varning-for-hoga-temperaturer-1.169218>).
- SMHI. 2023. "Ladda ner meteorologiska observationer | SMHI". Hämtad 29 mars 2023 (<https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=airtemperatureInstant,stations=all>).

## Bilaga A UMEP-modellen och SOLWEIG-modulen

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

### Litteratur:

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

## Bilaga B Miskam-modellen

Miskam betyder 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 vägavsnitt till kvarter eller i delar av städer eller för mindre städer. Det tredimensionella strömningsmönstret runt bland annat byggnader beräknas genom tredimensionella rörelseekvationer. Modellen tar även hänsyn till horisontell transport (advektion), sedimentation och deposition samt effekten av vegetation och s.k. under-flow dvs. effekten av vindmönster under till exempel broar/viadukter. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt-, linje- eller ytkällor.

Modellen simulerar ett tredimensionellt vindfält över beräkningsområdet varför till exempel 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 Institute for Atmospheric Physics vid Johannes Gutenberg-universitetet i Mainz.

Miskam-modellen ingår i ett modellsystem, 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.