

2016-06
STADSBYGGNADSKONTORET, GÖTEBORGS STAD

LOKALKLIMATUTREDNING FÖR BEBYGGELSE OVANPÅ GÖTALEDEN

UNDERLAGSRAPPORT

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00

FAX 010 850 10 10

WWW cowi.se

PROJEKTNR.

A079228

DOKUMENTNR.

A079228/04/02/RAP001 - Lokalklimatutredning för bebyggelse ovanpå Götaleden

VERSION

2

UTGIVNINGSDATUM

2016-06

BESKRIVNING

Underlagsrapport

UTARBETAD

Marie Haeger-Eugensson
Christine Achberger
Helen Nygren
Marian Ramos García

GRANSKAD

Jessica Lovell

GODKÄND

Gert Swenson

INNEHÅLL

1	Sammanfattning	7
2	Inledning	8
2.1	Bakgrund	8
2.2	Syfte	8
2.3	Vind och den mänskliga upplevelsen av vind	8
2.3.1	Vind i tätbebyggda områden	9
2.4	Sol, skugga och termiska förhållanden	9
3	Metod	10
3.1	Framtida utformning av kvarteret	10
3.2	Modellering av vind och strömningsförhållanden i området	12
3.2.1	Meteorologiska förhållanden	12
3.3	Solweigmodellen	13
3.4	Sketchup-modellering	13
4	Resultat	13
4.1	Vind	13
4.1.1	Vindstatistik	13
4.1.2	Vindsimulering	14
4.2	Sol och skugga	18
4.3	Termiska förhållanden	22
5	Diskussion och slutsatser	23
5.1	Lokalklimat och Den goda bebyggda miljön	23
5.2	Planområdets lokalklimat	24
5.3	Möjliga åtgärder	25
6	Referenser	26
Bilaga A	Beskrivning MISKAM-modellen	27

1 Sammanfattning

Inledning

Göteborgs Stadsbyggnadskontor med flera håller på och utreder en sänkning med tillhörande överdäckning av hela eller delar av Götaleden, öster om Götatunneln. Detta planeras ske successivt och syftet är att uppföra ett nytt blandat kvarter inom stadsdelen Gullbergsvass med bostäder och handel. Den lokalklimatologiska utredningen är framtagen att ligga till grund för den samlade bedömningen med avseende på god boendemiljö.

Metod

Lokalklimatutredningen med fokus på vind, solexponeringen och temperatur sommartid har gjorts för ett bebyggelsescenario år 2026, som avser bebyggelse enligt planförslaget på överdäckningen. Beräkningar har gjorts med CFD-modellen Miskam (vind), strålningsmodellen Solweig (solexponering, temperatur) och programmet 3D-programmet Sketchup för visualisering av skuggmönster. Beräkningar för sol och skugga har gjorts för tre datum, vår-/höstdagsjämningen; sommarsolståndet och vintersolståndet för att täcka in årstidsvariationen. Temperaturberäkningen är gjord för en mycket varm sommardag för att bedöma värmerisken.

Resultat

Beräkningen av vinden visar att årsmedelvindhastigheten generellt är låg vid husen (<0,6 m/s), men på Kämpegatan mellan husen samt i ytterkanten av planområdet når den hastigheter på mellan 0,6-1,2 m/s.

Det råder goda förhållanden för stillasittande aktivitet i området. Gränsvärdet för långvarig stillasittande aktivitet är 1,1 m/s och överskrids endast ca 440 timmar per år (d.v.s. ca 5% av tiden).

Gränsvärdet för kortvarig stillasittande aktivitet är satt till 2,2 m/s. Denna hastighet uppnås ca 400-600 timmar/år främst i gatukorsningar belägna i det nordvästra och sydostliga hörnet av planområdet.

Solexponeringen är generellt ganska låg i planområdet, förutom sommartid. På våren/hösten är delar gaturummen i planområdet solexponerad max upp till 6 timmar, oftast betydligt kortare.

Innegårdarna ligger i generellt i skuggan, förutom vid sommarsolståndet där delar av innergården för hus B och C får upp till 6 timmar direkt solljus.

Vintertid är solexponeringen nästintill obefintligt, där solen endast når taknivån.

Dygnsmedelvärdet för strålningstemperaturen för en mycket varm sommardag ligger mellan ca 28 och 34 °C i de närmaste gaturummen och innergårdar. Värdena på de solexponerade taken når > 40 °C.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg avser att ta fram en plan-MKB inför granskningskedet av detaljplanen för överdäckningen av Götaleden. MKB:n ska behandla påverkan och konsekvenser som förslaget medför utifrån god boendemiljö. Den här utredningen av lokalklimat inkluderar vind- och sol/skuggstudie och är en underlagsrapport till MKB:n. För mer detaljer om planförslaget, se plan-MKB:n.

2.2 Syfte

Syftet med lokalklimatutredningen är att belysa hur bebyggelsen som detaljplanen medger påverkar boendemiljön utifrån aspekterna vind, sol/skugga och temperatur. Avseende vind ska risken för höga vindhastigheter i markplan beräknas och utvärderas. Avseende sol/skugga ska andelen skugga för tre datum beräknas, samt temperaturen för ett typiskt högsommartillfälle.

2.3 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. Vindmiljön bedöms i vilken grad människor upplever en sämre komfort, baserat på några olika kriterier (se Tabell 1). Vid låga vindhastigheter upplevs "olägenheter" främst till följd av en avkylande effekt. Vid högre vindhastigheter och ökad byig vind blir vindtrycket den effekt som ger sämre komfort. Vindkraften ökar snabbt med vindhastigheten och därmed blir ofta byigheten, (d.v.s. när vinden byter riktning plötsligt och ofta) det som ger störst olägenhet vid blåsig väderlek. 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 ett öppet fält, är den upplevda vindhastigheten för det mesta något högre än den uppmätta. Enligt Glaumann och Westerberg (1988) kan man relatera den upplevda vindhastigheten till den uppmätta enligt:

$$u_{upplevd} = 0.85 * (1 + I) * u_{uppmätt}$$

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 den upplevda vindhastigheten 5 m/s överskridas redan när den uppmätta medelvindhastigheten överstiger 3.7 m/s. I Tabell 1 redovisas årsmedelvärden för upplevda och uppmätta vindhastigheter som ej bör överskridas i olika typer av miljöer.

Tabell 1. Årsmedelvärde av upplevd vind som ej bör överskridas. (Glaumann och Westerberg 1988) och omräknat till uppmätt vind enligt ekvationen ovan.

Vistelsemiljö	Årsmedelvärde för upplevd vindhastighet som ej bör överskridas (m/s)	Årsmedelvärde för uppmätt vindhastighet som ej bör överskridas (m/s)	Högst andel av tiden under 1 år (%) som 5 m/s (upplevd vind) ej bör överskridas enl Glaumann och Westerberg)
Gång- och cykelvägar – risk för personskador	5	3,7	50%
kortare uppehåll, (torg, hållplatser) – gräns för acceptabla förhållanden	3	2,2	20%
Längre uppehåll stillasittande (uteplatser, lekplatser) – gräns för önskvärda förhållanden	1,5	1,1	0.5%

För att en plats ska ha godtagbara vindförhållanden krävs det att den upplevda vindhastigheten för respektive aktivitet inte ska överskridas under mer än en viss procentuell andel av tiden under ett genomsnittligt år (Tabell 1). Generellt gäller att godtagbara vindförhållanden för stillasittande/stillastående aktiviteter innebär både lägre gränsvärde för vindhastigheter och mindre andel av tiden som detta gränsvärde överskrids, än vid rörliga aktiviteter så som promenad eller cykling. Även vistelsetiden spelar roll. På platser som är främst avsedda för kortvariga vistelser som t ex gång- och cykelvägar kan högre vindhastigheter under en större andel av tiden accepteras jämfört med torg eller lekplatser där man kan förvänta sig att människor vistas längre och även är stillasittande.

2.3.1 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 1-2 m höjd där människorna vistas. Detta leder till att höga byggnader kan leda 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 gaturkanjoner eller på torg.

2.4 Sol, skugga och termiska förhållanden

Solljus, skugga och strålning är viktiga parametrar för boendemiljön och människans termiska komfort, genom att de bestämmer det termiska klimatet och bostadens ljusförhållanden. Byggnader, framförallt när de är höga, skapar en särskild fördelning av sol och skugga över dagen och över året. Detta inverkar på ljusförhållanden i ett bostadsområde och bestämmer hur mycket och när bostäder och

andra lokaler exponeras för direkt och indirekt solljus. I områden där tät och högbebyggelse skapar trånga gaturum kan bostäder och gatorna mellan byggnaderna ligga i skuggan 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, bostäder och lokaler i lägre belägna våningar.

Människan upplever "termisk komfort" när det varken är för kallt eller för varmt. Då är hen i termisk jämvikt med omgivningen, vilket innebär att kroppen har möjlighet att avge överskottsvärme samtidigt som den inte kyls av för mycket. Människans termiska komfort bestäms av en rad faktorer såsom ämnesomsättning, klädernas isolering, lufttemperatur, strålningstemperatur, vindhastighet och relativ luftfuktighet. I vårt övervägande kyliga klimat är det förhållandevis liten risk för riktigt höga sommartemperaturer och värmeböljor, men med den globala uppvärmningen ökar risken för det även här i framtiden.

Bebyggelsen och övriga hårdgjorda ytor kan ha en betydelsefull inverkan på temperaturen och hur människan upplever utomhustemperaturen, särskild på sommaren när det är varmt. Under varma perioder kan tätbebyggda, urbana miljöer med många husfasader och hårdgjorda ytor lagra stora mängder termisk energi från solinstrålningen dagtid. Vid dessa väderförhållanden har städer därför ofta högre temperaturer både dag och nattetid, jämfört med en öppen yta utanför staden. De många lodrätta husfasaderna i staden gör att det finns fler ytor som kan avge värmestrålning och där solljuset kan reflekteras. I en sådan mer "sluten" miljö är därför lufttemperaturen en otillräcklig indikator för människans termiska upplevelse. I stället är den så kallade "mean radiant temperature" (T_{mrt}), den "genomsnittliga strålningstemperaturen" en bättre indikator, som tar hänsyn till alla flöden av kortvågig (synligt ljus) och långvågig (värme) strålning som människan exponeras för. Det är således inte lufttemperaturen som är den mest viktiga meteorologiska faktorn som styr människans energibalans och termiska komfort, utan den summerade kort- och långvågiga strålningen, T_{mrt} .

3 Metod

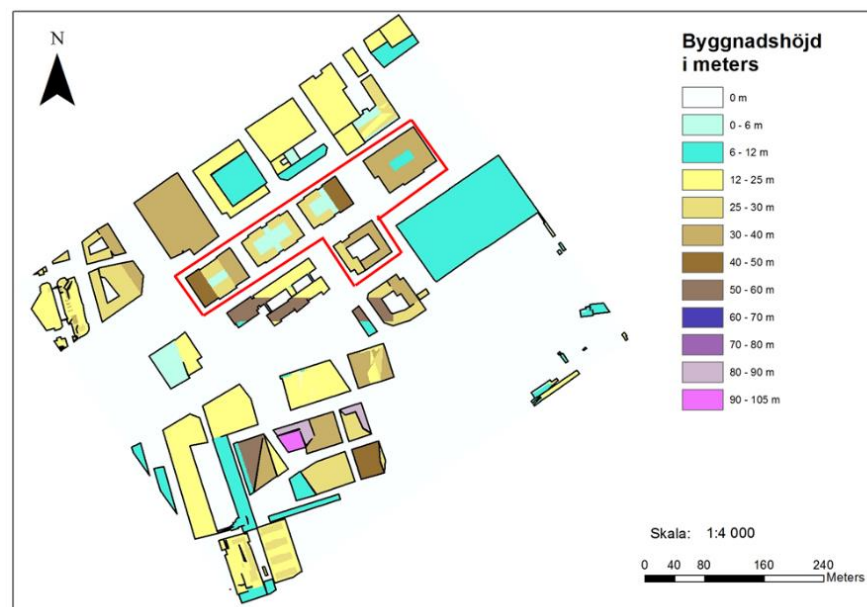
3.1 Framtida utformning av kvarteret

Detaljplanen omfattar bebyggelse av bostäder och kontor ovanpå överdäckningen av Götaleden. I bottenvåningarna på alla hus kommer det finnas plats för handel. Kvarteren kommer att ha innergårdar som kan skapa en skyddad miljö, såväl bullermässigt som lokalklimatmässigt.

Figur 1 visar den planerade bebyggelsen inom planområdet. Husen kommer att vara ungefär 10 våningar höga. Figur 2 visar byggnadshöjder på den planerade bebyggelsen samt omkringliggande planerade och befintlig bebyggelse.



Figur 1 Planområdet med kvarter A-E som planeras ovanpå överdäckningen. Genom området går en förlängning av Kämpegatan mellan kvarter C och D. Väster om kvarter A går Stadstjänaregatan som kommer att leda till nya Hisingsbron. Under kvarteren går Götaleden. Karta från SBK, Göteborg, ritad av Tengbom.



Figur 2 Planområdet (rödmarkerat) med omkringliggande befintlig och planerad bebyggelse samt höjden på bebyggelsen i olika färger.

3.2 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området

För denna studie har en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics) använts, den s.k. Miskam-modellen (Microscale Climate and Dispersion Model, se vidare Bilaga A). I modellen har ett tredimensionellt vindfält (strömningsmönster) beräknats för planområdet med en detaljerad upplösning (ca 4x4 m grid). Modellen simulerar både turbulens 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. Förutom vindsimuleringar används även Miskam för beräkning av spridningen av luftföroreningar i mikroskala baserat på det beräknade vindfältet och lokalisering av emissioner (se vidare underlagsrapport för Luftkvalitet). För vindsimuleringarna (och luftkvalitetssimuleringarna) har ett beräkningsområde som är mycket större än planområdet inkluderats i modellen. Orsaken är att omkringliggande hus runt planområdet till stor del påverkar och modifierar vinden som kommer in över planområdet. Om ett alltför litet område väljs finns risk för ett alltför opåverkat och därmed icke relevant vindfält. Bebyggelse, särskilt när den består av en blandning av höga och lägre byggnader, ökar markytans råhet vilket dels ger lägre vindhastigheter nära marken och dels ökar den vertikala vindhastigheten i skikt högre upp. Det är därför höga hus nära planområdet (så som exempelvis kommande bebyggelse vid Centralenområdet) kan ha stor påverkan på vindförhållandena i markplan genom och leda ner höga vindhastigheter från högre höjder där vindhastigheten är högre längs byggnaders fasader, en faktor som är viktigt att inkludera i modellen.

3.2.1 Meteorologiska förhållanden

För att kunna beräkna realistiska vindförhållanden över ett område behöver Miskam lokalt genererad meteorologisk indata av vindhastighet och vindriktning. Vinddata (hastighet och riktning) har tagits från SMHI:s mätstation placerad vid Skansen Lejonet, som ger data en gång per timme.

Som meteorologisk indata till vindfältberäkningar (och även Luftkvalitetsrapporten) 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. Osäkerheten med ett statistiskt medelår är att detta kanske aldrig existerar i verkligheten eftersom det är en statistisk produkt. Därför används i denna studie istället ett så kallat meteorologiskt typår. Ett typår är en sammansättning av månader från olika år, där man identifierar de månaderna som mest liknar långtidsmedelvärdet för ett visst område och för en specifik kalendermånad i. Ett typår kan därför bestå av exempelvis januari 1999, februari 2005 o.s.v. där just dessa månader var mest likt långtidsmedlet för exempelvis januari eller februari. För denna studie har det meteorologiska typåret för Göteborg sammansatts av månader tagna från åren mellan 1999 till 2011.

3.3 Solweigmodellen

I denna utredning har Solweigmodellen används för att ta fram de termiska förhållandena och fördelningen av sol och skugga i planområdet. Modellen beräknar den rumsliga fördelningen av kortvågig strålning (dvs den synliga delen av solljuset) och den långvågig värmestrålning i urbana miljöer. Vidare beräknar Solweig skuggeffekten från byggnader och vegetation (främst träd) och hur skuggmönstren varierar i tid (över dygn och året) och rum.

Studien av sol och skuggor har gjorts för tre dagar, vårdagsjämningen den 20 mars (dag och natt är lika långa), sommarsolståndet den 21 juni (längsta dagen) och vintersolståndet den 21 december (kortaste dagen). Dessa tre datum täcker in extremförhållandena under ett år, där vårdagsjämningen representerar vår- och höstförhållandena, sommarsolståndet representerar högsommarförhållandena med maximal solhöjd och därmed kortast skuggor, och infaller vid en tid då många tar semester och eventuellt är hemma mer än under andra perioder. Vintersolståndet representerar årets mörkaste tid när dagarna är kortast, solen står mycket lågt över horisonten vilket ger längst skuggor.

Utredningen av lokalklimatet med avseende på temperaturen i planområdet fokuserar i första hand på soliga och varma sommardagar, när man kan förvänta sig höga strålningstemperaturer. Utredningen undersöker således främst om det finns risk för värmestress i planområdet.

3.4 Sketchup-modellering

Sketchup är en mjukvara för ritningar i 3D och används inom en mängd olika tillämpningsområden såsom arkitektur, inredningsdesign, teknik, film och video. Programmet kan bl. a. användas för att beräkna och visualisera slagskuggor från byggnader och andra objekt. Beräkningarna är generella och är baserade på områdets geografiska position och läge i förhållande till väderstreck. Resultaten är 3D-visualiseringar av skuggan vid valda klockslag och datum över det modellerade området. Till skillnad från Solweig modellen erhåller man ingen statistik (d.v.s. % solexponering), däremot visar Sketchup skuggan även på fasaderna.

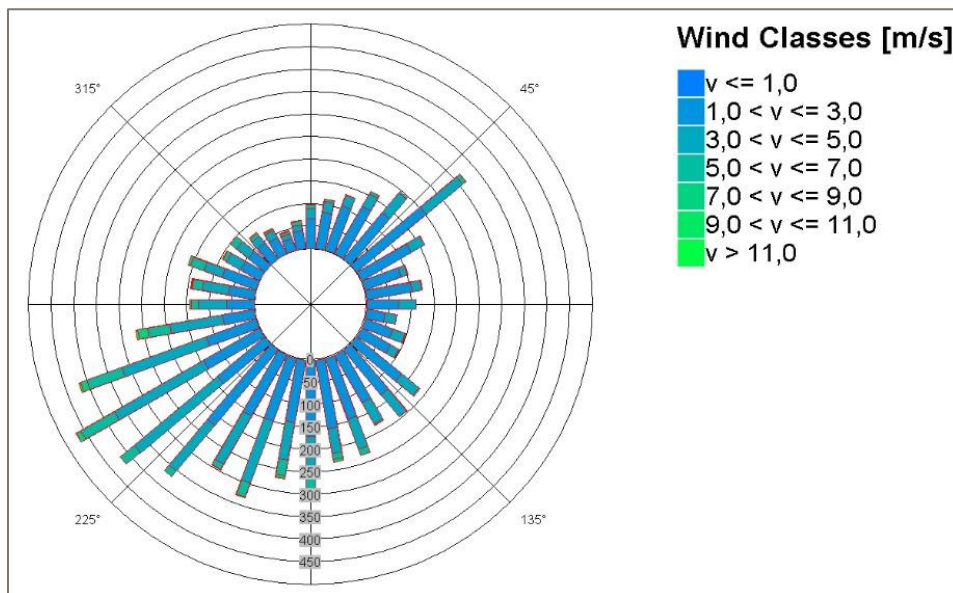
4 Resultat

4.1 Vind

4.1.1 Vindstatistik

Som bakgrundsstatistik för vindstudien presenteras vindstatistik för det representativa typåret. Det är dessa data som är ingångsdata för vindfältssimuleringarna med Miskam över studieområdet.

Figur 3 visar vindriktningen som en vindros, d.v.s. riktningen varifrån det blåser. Varje "stapel" visar frekvensen av hur ofta vinden kommer från en viss riktning och ringarna för olika frekvenser finns utritade i figurerna. De olika färgerna indikerar vindhastigheten i m/s. Vindriktningsfördelning för hela året visar att riktningarna i den sydvästliga sektorn dominerar kraftigt, och att också de högsta vindhastigheterna återfinns i den sektorn.



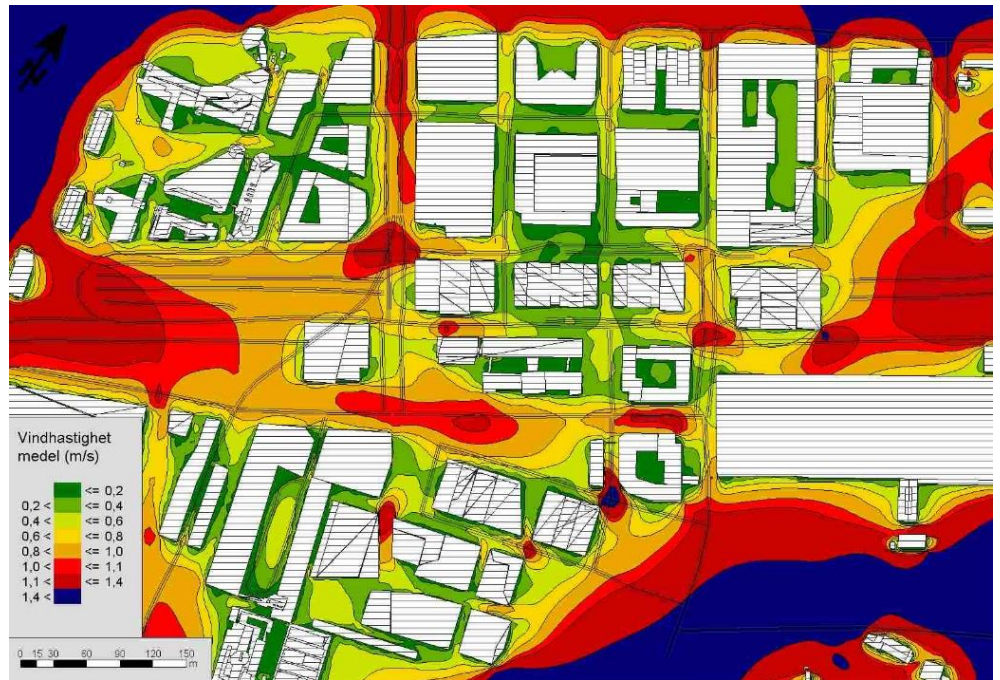
Figur 3 Vindros från SMHI:s mätstation vid Lejonet i Göteborg 10 m över mark. Färgerna indikerar vindhastighet i m/s, ringarna visar vindriktningarnas frekvens i antal timmar.

4.1.2 Vindsimulering

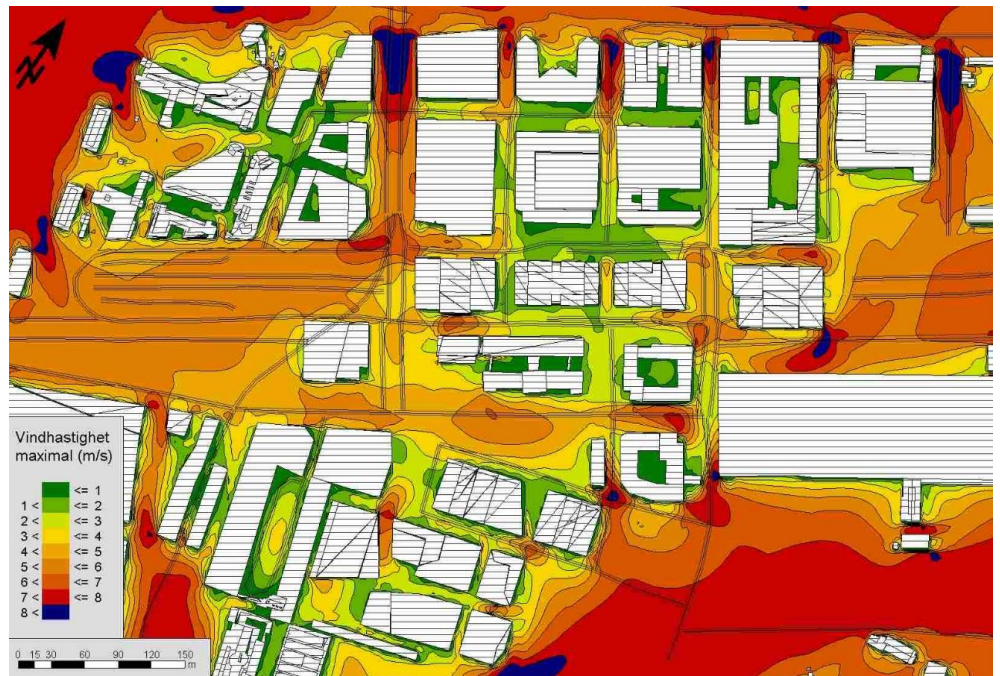
Beräkningarna baseras på vinddata för det meteorologiska typåret. Inför CFD-simuleringen har data klassificerats i sju olika vindhastighetsklasser gånger 36 vindriktningsskisser. Det innebär att vindsimuleringen har gjorts för sammanlagt 252 olika fall, vilket ger en god indikation hur bebyggelsen påverkar vid olika kombinationer av vindriktning och vindhastighet. Figur 4-Figur 8 nedan visar resultaten från simuleringarna för vinden i markplan

Figur 4 visar medelvindhastigheten för typåret vid planområdet. Medelvindhastigheten är generellt sett låg, vid husen är den <0,6 m/s, men på Kämpegatan mellan husen samt i ytterkanten av planområdet är den mellan 0,6-1,2 m/s. Höga medelvindhastigheter kan ses vid sydöstra hörnet av hus D och nordvästra hörnet av hus A. De högsta medelvindhastigheterna ses på bangårdsområdet samt mot Göta älv till i nordväst. Enligt komfortkriterierna (se Tabell 1) är platser med medelvindhastigheter med 1,1 m/s eller högre inte lämpliga för längre stillasittande vilket visas med röd vindhastighetsgräns i kartan.

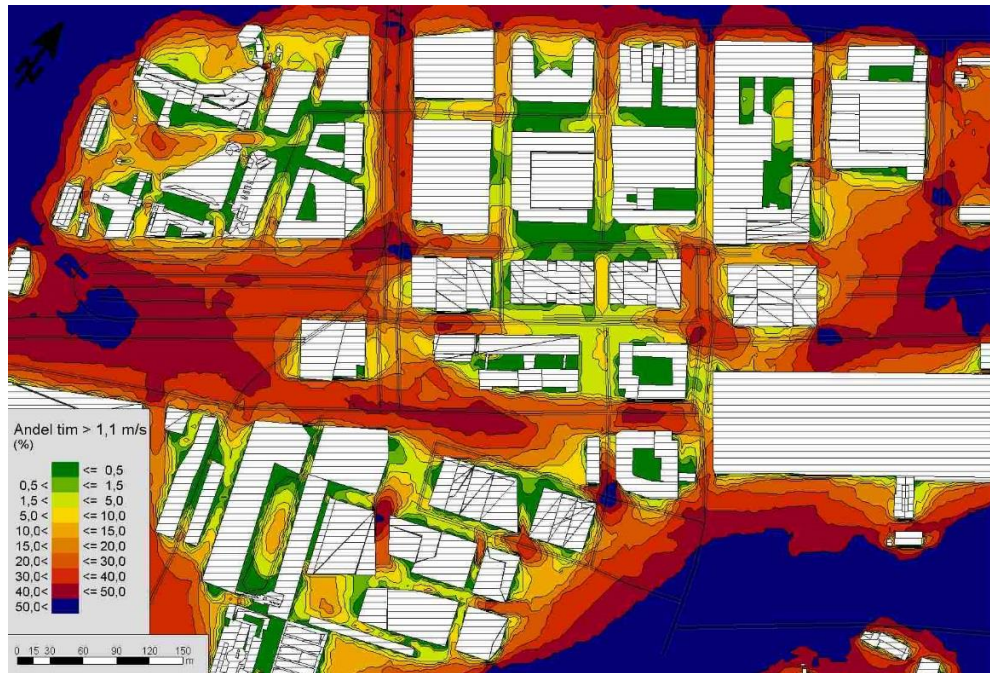
Figur 5 visar maximal vindhastighet, vilken inte överstiger 5 m/s vid hus B och C. Runt hus A och D är det högre maximala vindhastigheter upp mot 6-7 m/s. Söder om hus E samt vid dess nordöstra hörn kan det bli höga vindhastigheter runt 7 m/s. En förstärkning av vinden kan även ses vid vissa andra hörn eller trånga gaturum.



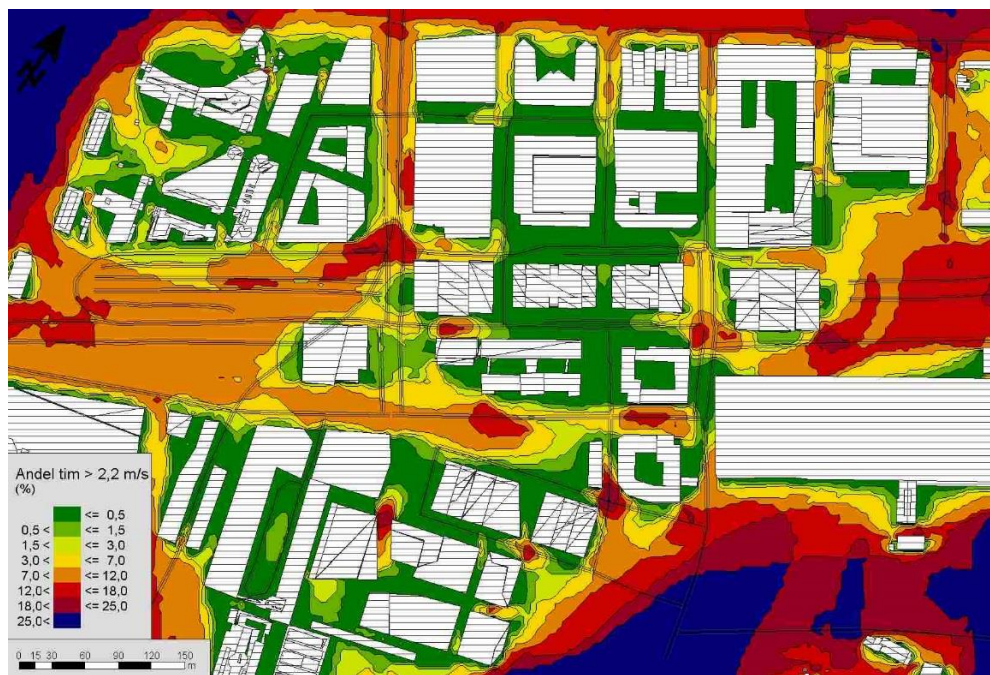
Figur 4 Medelvindhastighet i markplan vid planområdet (m/s). Platser med vindhastighet 1,1 m/s eller högre är inte lämpliga för längre stillasittande enligt komfortkriterierna och indikeras av röd haltgräns i kartan.



Figur 5 Maximal vindhastighet i markplan vid planområdet (m/s).



Figur 6 Andel av timmar per år (%) med vindhastighet över 1,1 m/s i markplan. 1 % av årets timmar är ca 88 timmar. Observera att skalan inte är linjär.



Figur 7 Andel av timmar per år med vindhastighet över 2,2 m/s (%) i markplan. 1 % av årets timmar är ca 88 timmar. Observera att skalan inte är linjär.



Figur 8 Andel av årets timmar med vindhastighet > 3,7 m/s (%) i markplan. 0,5 % av årets timmar är ca 44 timmar. Observera att skalan inte är linjär. Platser där vindhastigheten är mer än 3,7 m/s 0,5 % av tiden eller mer är inte lämpliga för längre stillasittande enligt komfortkriterierna (gul haltgräns).

Vidare har beräkningar gjorts av procentandelen timmar under ett år med vindar >1,1 m/s, vilket är gränsvärdet för stillasittande verksamhet (Figur 6). Denna andel ligger under 5 % (d.v.s. ca 440 timmar per år) i områden runt hus B och C, men med högre andel vindhastigheter >1,1 m/s på Kämpegatan samt runt hus A, D och E.

Gränsvärdet för kortvarig stillasittande aktivitet är 2,2 m/s, och andelen timmar där denna vindhastighet överskrids ses i Figur 7. Här är det främst vid (alltså även vid fasaden) och runt hus A och D samt söder om hus E som denna vindhastighet uppnås under 3-7 % av tiden, d.v.s. ca 400-600 timmar/år, medan det vid hus B och C sällan uppnås.

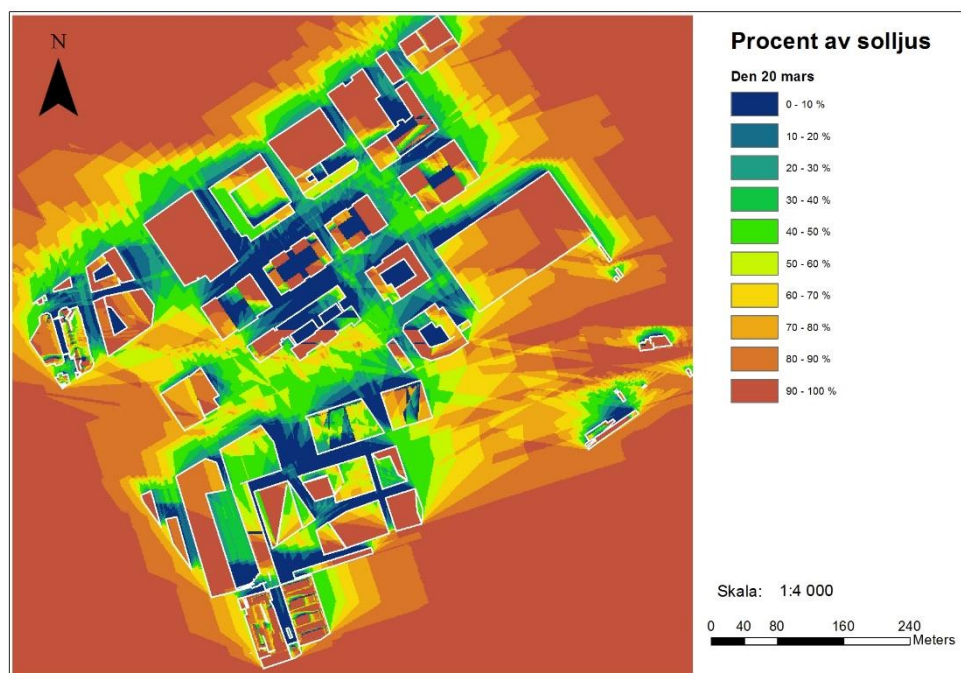
Figur 8 visar andelen av timmarna med vindhastighet >3,7 m/s. Inom större delen av planområdet är andelen mindre än 0,5 %, vilket motsvarar ca 44 timmar per år. Dock ses att vid nordöstra hörnet av hus E mot Kämpegatan uppnås vindhastigheter >3,7 m/s mer än 1,5 % av årets timmar (ca 130 timmar per år). Även söder om hus E samt vid hörnen till hus A och D ses denna frekvens av vindhastigheter över 3,7 m/s.

Vindhastigheterna på innergårdarna visas inte på kartorna eftersom innergårdarna är lite upphöjda över markplan (6 meter) men vid kontroll har dessa generellt låga vindhastigheter och överskrider inte något gränsvärde.

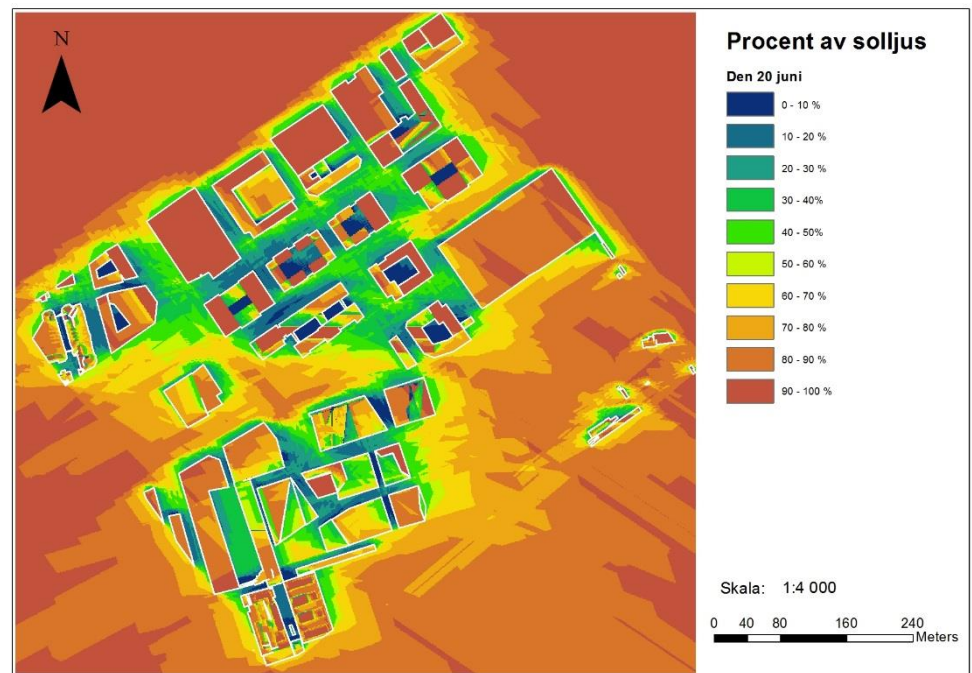
4.2 Sol och skugga

Sol och skuggmönstren har beräknats för vår- och höstdagjämningen (Figur 9), sommarsolståndet (Figur 10) och vintersolståndet (Figur 11) och baseras enbart på astronomiska förhållanden, d.v.s. skuggor på grund av moln är inte inräknade.

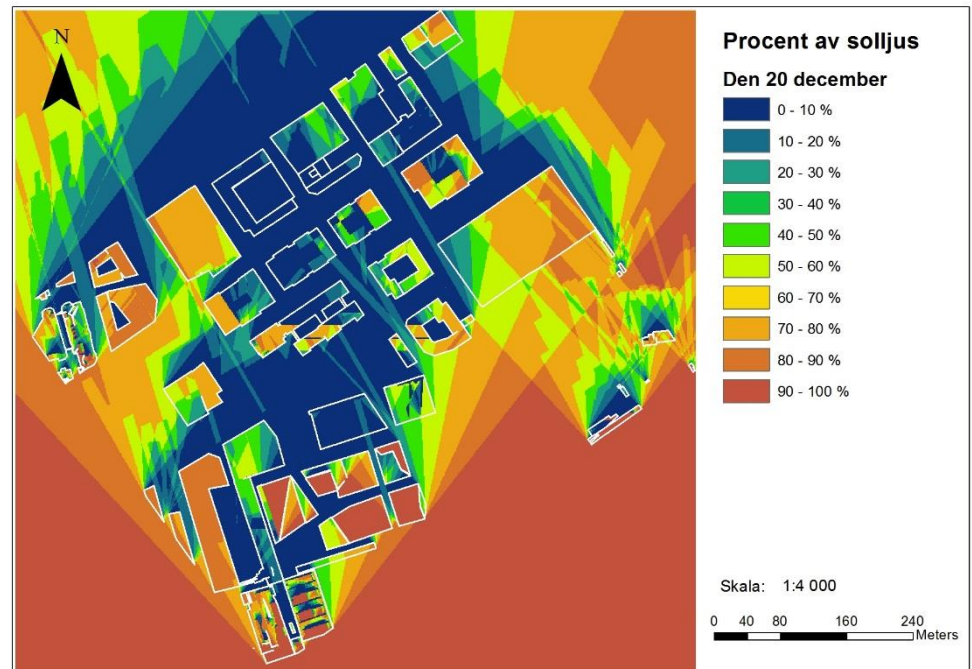
Kartorna visar solexponeringen i planområdet och omkringliggande områdena för de tre valda datumen som % av den maximalt möjliga solexponeringen. Områden i blå-gröna kulörer är solexponerade < 50% av tiden mellan soluppgång och solnedgång. Områdena i gula och röda kulörer får direkt solljus > 50% av tiden när solen är uppe. Vidare syns skuggor för varje klockslag mellan soluppgång och solnedgång för de tre valda dagarna.



Figur 9 Fördelning av solbelysta och skuggiga områden vid vårdagsjämning/höstdagsjämning. Färgerna representerar solexponeringen i % av solljus.



Figur 10 Fördelning av solbelysta och skuggiga områden vid sommarsolståndet. Färgerna representerar solexponeringen i % av solljus.

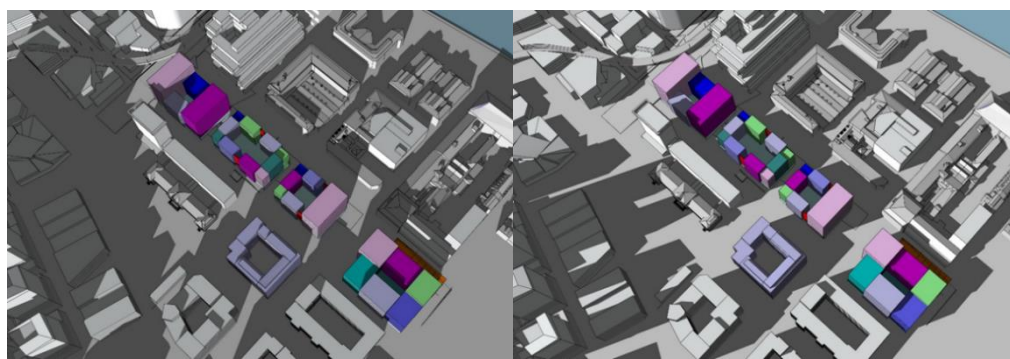


Figur 11 Fördelning av solbelysta och skuggiga områden vid vintersolståndet. Färgerna representerar solexponeringen i % av solljus.

På våren och hösten (Figur 9) är gaturummen närmast de nya byggnaderna markerade med A-E i Figur 2 solexponerade högst 50% av tiden, men för det mesta betydligt kortare tid eller inte alls. Det är endast Kämpegatan mellan byggnad C och D som når upp till 40-50 % solexponeringen. Med undantag för byggnad A ligger alla andra byggnadernas innegårdar i skuggan under hela dagen. Fram mot juni när solen står som högst över horisonten ändras förhållandena betydlig (Figur 10). De närmaste gaturummen exponeras för sol minst 10 % av tiden, dock högst 40-50 % av tiden. Solen når även ner på innegårdarna kortare stunder (max 20-30%) för byggnad B och C, dock inte alls i innergården till byggnad A och D. Under årets kortaste dag i december ligger gaturummen närmast de planerade byggnaderna i skuggan 90-100 % av tiden. Under vintern (Figur 11) kan man endast räkna med direkt solexponering i taknivå, där tillgången är god eller särskild god på delar av taket för byggnad A, C, D, E.

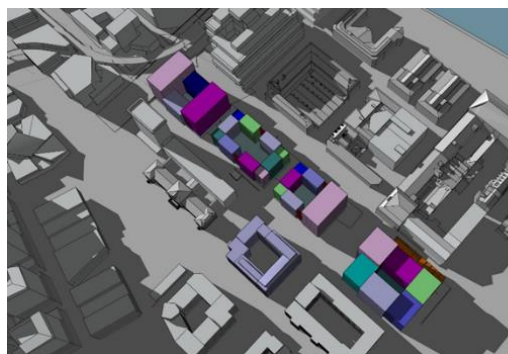
För att komplettera resultaten från Solweigmodellen som ger skuggor enbart för horisontella ytor i markplan, har 3D-kartor över solexponeringen gjorts i programmet Sketchup. I detta program kan även solexponeringen på husfasaderna visualiseras. I Figur 12 till Figur 14 visas skuggmönstret för de valda dagarna 21 mars, 21 juni och 20 december på morgonen kl 9, vid middagstid kl 12 och på eftermiddagen (kl 15, i december kl 14). För 20 juni visas även förhållandena på tidigt kväll, kl 18.

Vid höst och vårdagsjämningen (Figur 12) ger omkringliggande byggnader långa skuggor. Fasadernas solexponering förblir ganska kortvarig och splittrat i planområdet.



kl 9:00

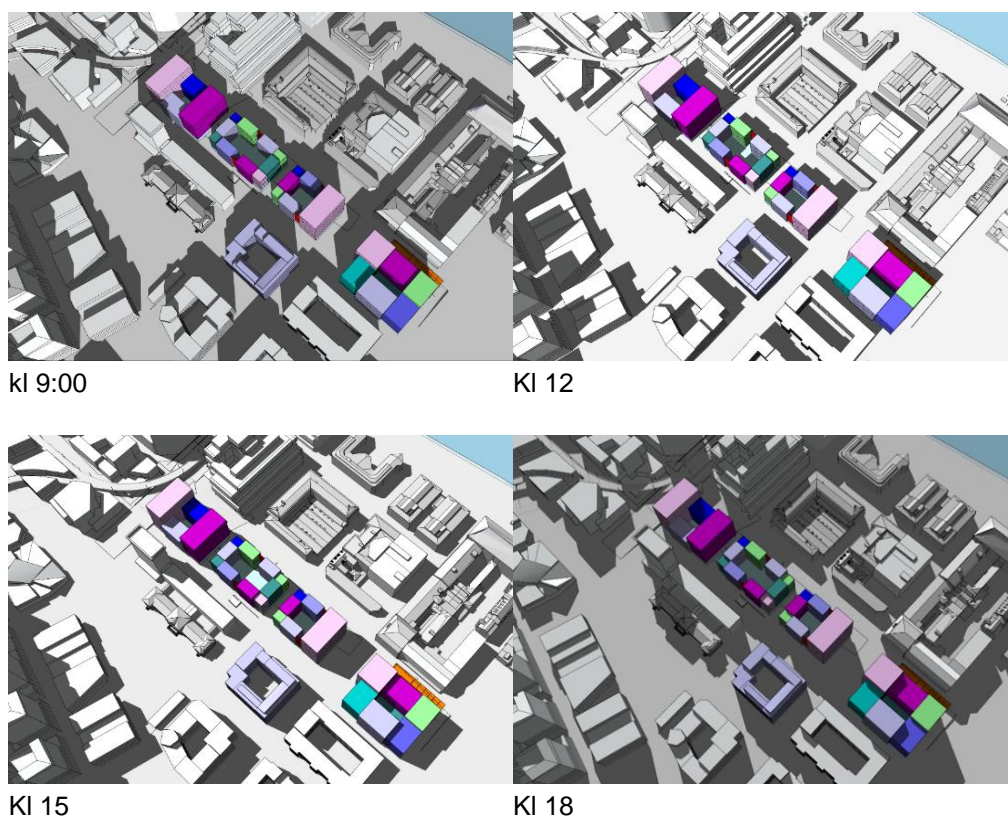
Kl 12



Kl 15

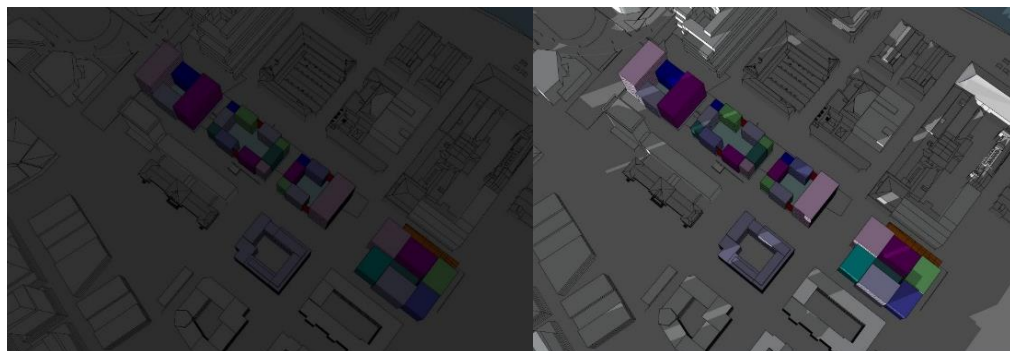
Figur 12 Sol och skuggor i planområdet den 20 mars på morgonen (kl 9), vid lunchtid (kl 12) och på eftermiddagen (kl 15).

Vid sommarsolståndet (Figur 13) står solen som högst över horisonten vilket ger kortare skuggor från omkringliggande bebyggelse. Fasader orienterade åt syd och öst är solbelysta under förmiddagen, sydliga faser är solexponerade också vid middagstid, men det höga solståndet gör att det direkta solljuset antagligen inte når in lägenheterna eller lokalerna vid denna tidpunkt. Längre fram på eftermiddagen och kvällen är det fasaderna som vetter åt väster som får direkt solljus. För juni visas även förhållandena tidigt på kvällen, kl 18. Vid denna tid på dygnet är det framförallt den västra fasaden på byggnad A som är solbelyst, och i viss mån även de västliga fasaderna som tillhör byggnaderna D och E. Byggnaderna C och D däremot ligger i skuggan av varandra och byggnad A.



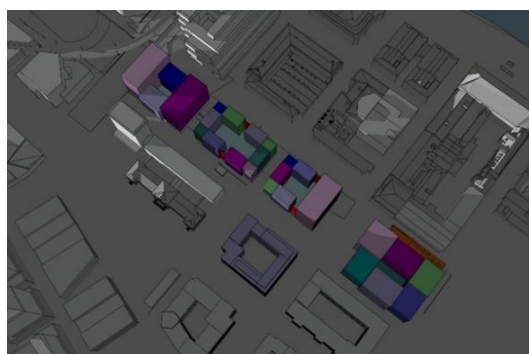
Figur 13 Sol och skuggor i planområde den 20 juni på morgonen (kl 9), vid lunchtid (kl 12), på eftermiddagen (kl 15) och tidig kväll (k 18).

Under årets kortaste dag ligger planområdets byggnader i skuggan hela dagen på grund av den omkringliggande bebyggelsen (Figur 14). Delar av den sydliga fasaden hos byggnaden A blir dock solexponerad en stund mitt på dagen, då den vetter mot öppna ytor vid Stadstjänaregatan.



kl 9:00

kl 12

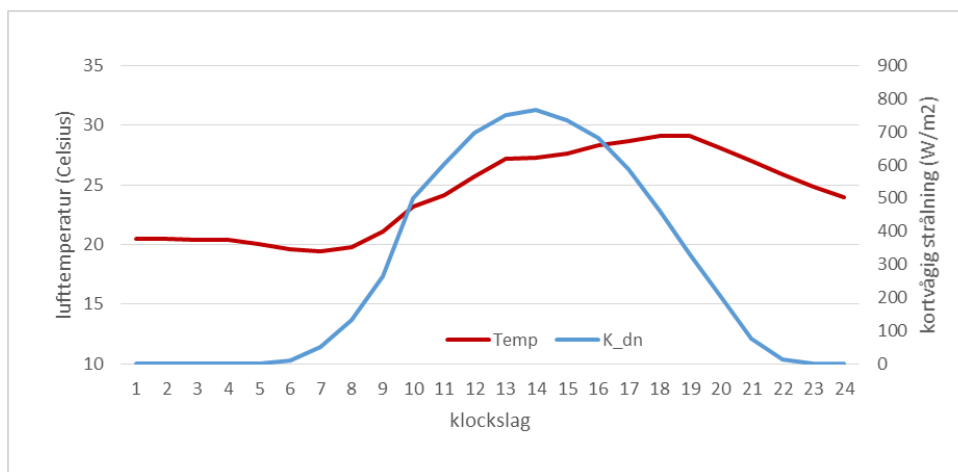


kl 14

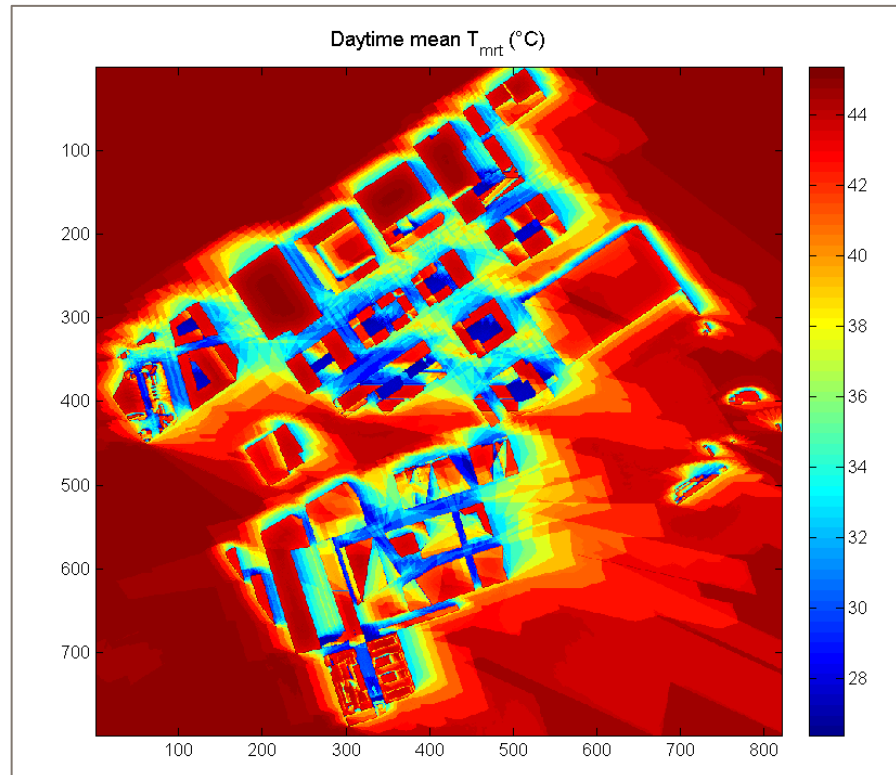
Figur 14 Sol och skuggor i planområdet den 20 december på morgonen (kl 9), vid lunchtid (kl 12), på eftermiddagen (kl 14).

4.3 Termiska förhållanden

Beräkningen av strålningstemperaturen har gjorts för en dag, den 27 juli 2007, som var en mycket och solig varm dag i Göteborg. Figur 15 visar lufttemperaturen och solinstrålningen över dygnet uppmätt vid mätstationen på Geovetarcentrum, Göteborgs universitet i Guldheden, Göteborg. Under de varmaste timmarna når temperaturen nästan 30 grader. Den kortvägiga solinstrålningen når upp till ca 750 W/m² och följer en väldigt jämn kurva över dagen, vilket indikerar en molnfri himmel.



Figur 15 Lufttemperaturen (röd linje) och kortvägig instrålning (blå linje) mätt vid Geovetarcentrums mätstation, Göteborg den 27 juli 2007.



Figur 16 Dygnsmedelvärdet för "mean radiant temperature" i planområdet och omkringliggande kvarter som medelvärdet för en dag, den 27 juli 2007. Färgerna representerar temperaturen i °C.

Figur 16 visar att dygnsmedelvärdet för T_{mrt} ligger mellan ca 28 och 34 °C i de närmaste gaturummen och innegårdar. I taknivå når strålningstemperaturen betydligt högre värden, > 40 °C. En sådan varm och solig dag som den valda håller sig innegårdar betydligt svalare än de gatuavsnitten som periodvis ligger i solen. Mönstret för T_{mrt} återspeglar skuggornas fördelning över dagen.

5 Diskussion och slutsatser

5.1 Lokalklimat och Den goda bebyggda miljön

Av Sveriges sexton nationella miljö kvalitetsmål har Göteborgs stad vald ut tolv som anses viktigast. Bland dessa utvalda miljömål återfinns målet *Den goda bebyggda miljön* som ska garantera en hälsosam livsmiljö. En stor utmaning i sammanhanget är att bevara de kvaliteter som gör staden attraktiv idag samtidigt som staden växer. Lokalklimatologiska förutsättningar såsom temperaturen sommartid, tillgång till sol och skugga och tillgång till direkt solljus och dagsljus i bostaden är aspekter som påverkar människans upplevelse, trivsel och i det långa loppet hälsan. För att bedöma de lokalklimatologiska förutsättningarna i planområdet har lokalklimatet undersökts med avseende på förhållandena för vind, sol och skugga och höga temperaturer sommartid. Dessa faktorer har en avgörande betydelse för hur triv-

sam människan upplever vistelsen utomhus, särskilt under den varma årstiden. Då är förutsättningar för utomhusvistelse på våra breddgrader betydligt bättre än under kalla, mörka och regniga månader. Medan vinden och utomhustemperaturen sommartid först och främst är av betydelse för utomhusvistelsen ger solexponering och skuggor en stor effekt inne i bostaden, året om. De allra flesta människor trivs bäst i bostäder där det finns blandad tillgång till såväl dagsljus och direkt solljus och blir särskilt värdefullt under de mörka månaderna, medan skuggiga och svalare rum värdesätts under årets varma månader.

Till skillnad från luftföroreningar och buller för vilka det finns gränsvärden som ej får överskridas, finns det inga sådana tydliga värden för att säkerställa tillgång till dagsljus och solexponeringen inne i bostaden. Om det skulle finnas sådana krav eller gränsvärden skulle detta begränsa hur högt och tätt man får bygga, vilket kan motverka möjligheten till urban förtätning och byggandet av nya, centrala bostadsområden. I skriften Solklart, utgiven av Boverket 1991 anges ett önskat värde på solighet i boendemiljön om minst 5 timmars sol mellan klockan 9.00 – 17.00, vid vår och höstdagjämning, för bostaden och på närmiljöns lektytor och sittplatser. Generellt uppfylls detta krav inte i planområdet, möjligtvis är det uppfyllt för bostäder som vetter åt väster i hus A. Kraven på solljus har dock varierat genom åren. I Boverkets Byggregler (BBR) från 2011 specificeras krav på solljus i avsnitt 6:323 Solljus. Där anges att i bostäder ska något rum eller någon avskiljbar del av ett rum där människor vistas mer än tillfälligt ha tillgång till direkt solljus. Studentbostäder om högst 35 kvm är undantagna från denna regel. Det är dock oklart i vilken omfattning och när på året kravet ska uppfyllas.

När det kommer till vinden finns det rekommenderade värden för både vindhastighet och varaktighet som tillämpas som komfortkriterier för olika typer av vistelse utomhus. Dessa komfortkriterier tar hänsyn till vindens mekaniska verkan och dess avkylande effekt på människan. I blåsiga områden kan därför vinden vara en faktor som särskilt ska uppmärksammas i detaljplaneringen av den yttre miljön.

5.2 Planområdets lokalklimat

Planområdet är lokaliserat i centrala Göteborg, och kommer, när omkringliggande planer är genomförda, att ingå i en mycket tätt bebyggd del av Göteborg. Den nya stadsdelen kommer att präglas av höga byggnader, samtidigt som större sammanhängande grönområden saknas. Dessa förutsättningar påverkar lokalklimatet i planområdet med avseende på vinden, solexponeringen och skuggor, samt risk för höga temperaturer sommartid.

Den täta bebyggelsen gör att området inte är utsatt för höga vindhastigheter i markplan med medelvindhastigheter vid husen <0.6 m/s och upp till 1.2 m/s i de mer öppna gaturummen och planområdets ytterkant. De generellt låga vindhastigheterna ger ett trivsamt vindklimat och goda möjligheter för planering för långvariga, stillasittande aktiviteter som t ex uteplatser, uteserveringar eller lekparker. Gränsen för att längre stillasittande ska kännas trivsamt är 1,1 m/s. I planområdet underskrider 440 timmar (95% av årets timmar) detta värde. Höga byggnader kan förstärka vinden i markplan, vilket get högre maximala vindhastigheter. I planområdet ligger den högsta vindhastigheterna 6-7 m/s i anslutning till husen A, D och E,

vilket man ev. behöver ta hänsyn till i den vidare planeringen för dessa ytor samt sannolikt även vid planering av balkonger, skärmtak, fasadvegetation och dylikt på själva huset. Det skulle kunna förekomma högre vindhastigheter på högre nivåer, i höjd med exempelvis framtida balkonger men detta visas inte i denna rapport.

I takt med årstiden varierar tillgången till direkt solljus kraftig över året och dygnet. På våren och hösten når solexponeringen i gaturummen högst 50% (d.v.s. 6 timmar då det är 12 timmar mellan solens uppgång och nergång), men är för det mesta betydligt lägre (< 20%, motsvarande < 2 timmar). Fasadernas solexponering förblir ganska kortvarig och splittrad i planområdet. På högsommaren exponeras de närmaste gaturummen beroende på läget för sol mellan 10% och 50% av tiden, vilket motsvarar 2 till 9 timmar, då det är 18 timmar mellan solens uppgång och nedgång. Innegårdar ligger generellt i skugga, endast enstaka delar av innegårdar (hus B och C) är solbelysta under upp till 6 timmar. Fasader orienterade åt syd och öst är solbelysta under förmiddagen, sydliga fasader får direkt solljus middagstid. På grund av det höga solståndet är det sannolikt att det direkta solljuset inte når in lägenheterna eller lokalerna vid denna tidpunkt. På eftermiddagen och kvällen är det fasaderna som vetter åt väster som får direkt solljus. I december är däremot tillgång till direkt solljus mycket begränsat när gaturummen närmast de planerade byggnaderna ligger i skuggan 90-100 % av tiden.

Den täta bebyggelsen och avsaknaden av större grönområden i närheten av planområdet gör att det finns risk för höga temperaturer sommartid under soliga och varma dagar. Stadens många hårdgjorda ytor och byggnader gör att urbana områden värms upp mer än rurala områden vid samma väderlek. Städer lagrar dessutom värmen betydligt mer effektivt än rurala områden vilket ytterligare bidrar till den urbana uppvärmningen. Under en varm sommardag när lufttemperaturen under den varmaste timmen ligger strax under 30°C ligger dygnsmedelvärdet för strålningstemperaturen T_{mrt} mellan ca 28 och 34 °C i de närmaste gaturummen och innegårdarna. Det finns ett tydligt samband mellan solexponeringen och T_{mrt} , dvs. ju större solexponering desto högre T_{mrt} . De övervägande skuggiga innegårdarna kan därför erbjuda goda möjligheter för utomhusvistelse under de varmaste dagarna på året.

5.3 Möjliga åtgärder

Den låga solexponeringen i planområdet under hösten till våren kan upplevas som besvärande, särskild i de lägenheterna och lokalerna som vetter åt norr. Problemet är svårt att åtgärda, men borde tas hänsyn till vid utformningen och placering av fönster, för att tillgodose god tillgång till dagsljus. Innegårdar ligger i stort sett i skuggan året om, vilket inte gynnar utomhusvistelsen på våren och hösten, men kan vara behaglig på sommaren. Någon form av grönska i innegårdar, som inte tar direkt dagsljus från lägenheter/lokaler som vetter mot innegårdar kan förbättra upplevelsen.

Den förhöjda temperaturen skulle kunna bli en viss olägenhet varför någon form av åtgärd skulle kunna bli aktuell. Här tänker man primärt någon form av vegetation, då växternas evapotranspiration har en avkylande effekt. Detta kan samtidigt även åtgärda vissa höga vindhastigheter främst längs med fasader (och med påverkan

på bl.a. balkonger). Vid eventuella planteringar måste dock helhetsaspekten beaktas så inte vegetationen försämrar förutsättningar för spridningen till luft. Detta har visat sig kunna ske till följd av att vegetationen kan bromsa upp vinden så vindhastigheten minskar och därmed ge försämrade spridningsförutsättningar.

6 Referenser

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

Bilaga A 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 vägsnitt till kvarter eller i del av städer eller för mindre städer. Det tredimensionella strömningsmönstret runt bl.a. byggnader beräknas genom tre-dimensionella rörelseekvationer. Modellen tar även hänsyn till horisontell transport (advektion), sedimentation och deposition samt effekten av vegetation och s.k. under flow d.v.s. effekten av vindmönster under t.ex. broar/viadukter. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt eller linje- eller ytkällor.

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

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

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