

OKTOBER 2022

REVIDERAD VINDKOMFORTUTREDNING FÖR VERKSAMHETER OCH BOSTÄDER VID SMÅLANDSGATAN



COWI

OKTOBER 2022

REVIDERAD VINDKOMFORTUTREDNING FÖR VERKSAMHETER OCH BOSTÄDER VID SMÅLANDSGATAN

PROJEKTR. DOKUMENTNR.
A133996 A133996-4-02-4-RAP-005

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
1	2022-10-04	Rapport	Christine Achberger Marian Ramos Garcia Marie Haeger-Eugensson Anna Bjurbäck Sara Jäger Martina Frid Erik Bäck	Frans Olofson Christine Achberger	Erik Bäck

INNEHÅLL

Sammanfattning	7
1 Inledning	9
1.1 Syfte	10
2 Vind och den mänskliga upplevelsen av vind	11
2.1 Vind i tätbebyggda områden	12
3 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området	13
3.1 Meteorologiska förhållanden	13
3.2 Indata till vindsimulering	14
3.3 Detaljerad vindmodellering i detaljplaneområdet	15
4 Resultat	16
4.1 Vindkomfort i markplan	16
4.2 Områden med risk för antingen höga vindhastigheter eller vindförstärkningar i markplan	19
4.3 Vindkomfort på takterrasser	20
5 Diskussion	29
5.1 Vindanalys	29
5.2 Åtgärdsförslag	31
6 Referenser	33

BILAGOR

Bilaga A Beskrivning MISKAM-modellen

Bilaga B Beskrivning TAPM-modellen

Sammanfattning

Inledning och förutsättningar: I området kring polishuset vid Skånegatan pågår arbete med en detaljplan som ska medge bebyggelse i tre olika områden. Den planerade bebyggelsen kommer att leda till en förtätning och lokalt relativt stor höjning av stadsstrukturen. Syftet med utredningen är att få bättre förståelse för hur den nya bebyggelsen inverkar på lokalklimatet i den omgivande miljön med avseende på vind.

Utredningen är utförd i flera steg där det första rapporterades i november 2020. Under den tid som gått sedan dess har byggnadsvolymer omarbetats, med bland annat kunskap från den tidigare utredningen. I oktober-november 2021 reviderades beräkningarna baserat på då aktuella byggnadsvolymer, där även vindkomfortutredning för ett stort antal takterrasser på olika våningsplan har tillkommit.

Vid utvärdering av vindkomforten används ofta den "upplevda vinden" i stället för den uppmätta vinden, vilket ger en bättre koppling till komforten. Vinden beräknas med två modeller, där den lokala meteorologin beräknas med TAPM, en meteorologisk prognosmodell, och vinden i markplan beräknas med CFD-modellen Miskam. Miskam simulerar både turbulens och strömningsförhållanden runt byggnader i mikroskala.

Vindkomfort i markplan: Resultaten visar att områden lämpliga för långvarigt stillasittande, utan åtgärd, i störst utsträckning återfinns på de planerade innergårdarna, medan lämpliga platser, med förbehållet att åtgärder kan komma att behövas, uppvisas centralt i planområdet, i viss utsträckning runt Wallenstams byggnad samt runt SGS byggnad. I stort sett hela planområdet har mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande, så när som på sydöst om byggnaderna i planområdets östra del. Resultaten visar även att det lokalt kan uppkomma relativt höga vindhastigheter i markplan (4 – 5,4 m/s) som uppträder främst under situationer med allmänt höga vindhastigheter och då bebyggelsestrukturen förstärker vinden. Det är i första hand de trängre gaturummen som verkar som en tratt där luften kanaliseras när den strömmar genom och får en högre hastighet.

Den generella bedömningen är att planområdet över lag har god vindkomfort, men att det på vissa platser kan behövas åtgärder beroende på vad ytan kommer att användas till. En sådan åtgärd skulle kunna vara att plantera mer vegetation, inom hela planområdet men framför allt i de mer öppna delarna centralt, för att minska vidhastighetsökningen i de smalare passagerna. Vissa av byggnaderna skulle med fördel kunna modifieras så att släta och höga fasader i stället utformas mer asymmetriskt för att bromsa vinden. Detsamma gäller de högsta

byggnaderna, där en ökad asymmetri uppåt minskar vindflödet neråt. Dock är det viktigt att komma ihåg, minskade vindhastigheter kan leda till ökade luftföroreningshalter inom planområdet.

Vindkomfort på takterrasserna: Då vindhastigheten generellt tilltar med ökande höjd över marken är takterrasserna mer exponerade för vinden än markplan och därmed blåsigare. Ingen av terrasserna uppfyller vindkomfortkriteriet för långvarigt stillasittande utan åtgärd. Effekten syns tydligt på de högst belägna terrasserna, där det förmodligen skulle krävas detaljerade åtgärder för att skapa tillräckligt skyddade vistelseytor. Generellt återfinns de mest skyddade områdena på takterrasserna i anslutning till byggnadens fasad.

1 Inledning

I området kring polishuset vid Skånegatan pågår arbete med en detaljplan som ska medge bebyggelse i tre olika områden, vilka visas i Figur 1. Syftet med detaljplanen är att pröva en utbyggnad av Rättscentrum samt att pröva kontor och bostäder vid Ernst Fontells Plats och vid Ullevi Tennis. Ytorna sträcker sig från Parkgatan i väster till Skånegatan i öster och gränsar till de båda arenorna Gamla Ullevi och Ullevi.



Figur 1 Tre planbesked, markerade med rött (ny bebyggelse i grått), kring polishuset har lämnats. Dessa har slagits samman till en detaljplan. Bild ur Göteborgs Stads Förprövningsrapport gällande planbesked för Bostäder och kontor vid Ernst Fontells Plats (del av Heden 705:13) inom stadsdelen Heden.

Den planerade bebyggelsen kommer att leda till en förtätning och lokal förhöjning av stadsstrukturen (Figur 2). I området ligger redan ett antal höga byggnader, samtidigt som det i vissa stråk är öppet och relativt sparsamt med vegetation. Förändringen av bebyggelsen i planområdet antas påverka de lokala vindförhållandena, vilket motiverar en utredning av dessa för att förebygga att tillkommande bebyggelse påverkar vindförhållandena negativt.

Byggherregruppen, där bl a Wallenstam, Vasakronan och SGS ingår, har anlitat COWI för att utföra utredningar inom områdena luftkvalitet, vibrationer och vindkomfort, där vindkomfortutredningen ska beskriva den planerade framtida bebyggelsen. I november 2020 redovisades en första vindkomfortutredning (COWI 2020). I november 2021 reviderades beräkningarna för framtidsscenerierna med då aktuella byggnadsvolymer.



Figur 2. En tredimensionell översiktskarta över planområdet, där den planerade bebyggelsen har färgade fasader och tak. De namn som används för byggnaderna i denna rapport är, från vänster till höger, Wallenstam, Vasakronan och SGS, även om byggherrarna är fler till antalet.

1.1 Syfte

Syftet med utredningen är att få bättre förståelse för hur den nya bebyggelsen inverkar på lokalklimatet i den omgivande miljön med avseende på vind. Förståelse av de lokalklimatologiska förhållandena kan underlätta att skapa attraktiva platser utomhus för olika ändamål och aktiviteter (till exempel vindskyddade terrasser/uteserveringar). I områden med hög och tät bebyggelse är det viktigt att ta hänsyn till de lokalklimatologiska förhållandena redan tidigt i planeringen för att undvika blåsiga områden.

2 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. Redan vid låga vindhastigheter upplevs "olägenheter" till följd av vindens s.k. byighet (d.v.s. när vinden ändrar hastighet och byter riktning plötsligt och ofta) men också av 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 mer än 5 m/s upplevs 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. 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 1 redovisas årsmedelvärden för upplevda och uppmätta vindhastigheter som ej bör överskridas i olika typer av miljöer.

Vindkomforten bedöms i vilken grad människor upplever en sämre komfort, baserat på några olika kriterier, vilka också visas i Tabell 1. För att en plats ska ha godtagbara vindförhållanden krävs det att den upplevda vindhastigheten för respektive aktivitet inte ska överskridas under mer än en viss procentuell andel av tiden under ett genomsnittligt år (Tabell 1).

Generellt gäller för att vindförhållandena skall anses godtagbara för stillasittande/stillastående aktiviteter så krävs både lägre gränsvärde för årsmedelvindhastigheten och mindre andel av tiden som detta gränsvärde får överskridas, än vad som gäller för rörliga aktiviteter, så som promenad eller cykling. Även tiden för den tänkta vistelsen spelar roll. Detta innebär att på platser som främst är avsedda för kortvariga vistelser och där man förväntas vara i rörelse, som till exempel 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.

Tabell 1. Bedömningsgrunder för vindkomfort enligt Glaumann och Westerberg 1988. Den blåmarkerade kolumnen 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	1,1	1,1	99,5 %

För att hjälpa till att skapa en bättre helhetssyn på vindkomforten i ett område kan det vara av intresse att undersöka förekomsten av höga vindhastigheter och potentiella områden med vindförstärkningar. Enligt Oke (et al 2017) upplevs vindhastigheter över 5,4 m/s som okomfortabla och dessa bör därför inte förekomma mer än maximalt 20 procent av tiden (Tabell 2). Höga vindhastigheter uppträder naturligtvis främst under situationer med allmänt höga vindhastigheter, men det kan även uppstå lokalt när det inte blåser så kraftigt genom att byggnader eller bebyggelsestrukturen förstärker vinden.

Tabell 2. Rekommenderade gränser för maximala vindhastigheter (Oke et al 2017).

Vindkriterium	Andel av tiden
Vindhastighet > 5,4 m/s	Maximalt 20 % av tiden

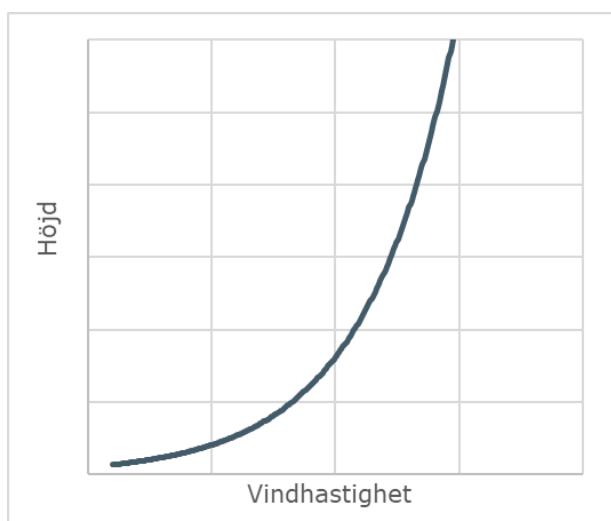
2.1 Vind i tätbebyggda områden

I (tät)bebyggda områden ger bebyggelsen skydd mot vinden. 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 högre än i markplan där människorna vistas. I kombination med bebyggelsens rumsliga struktur kan detta leda till att det uppstår speciellt blåsiga ställen runt huskropparna, i gaturum eller på torg.

3 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området

3.1 Meteorologiska förhållanden

Ju närmare marken man kommer desto mer påverkas vindhastigheten och vindriktningen av markytans beskaffenhet. Byggnader och vegetation utgör hinder som vinden måste ta sig runt eller över. I större skala har topografin samma effekt och ändrar både vindens hastighet och riktning när luften behöver ändra bana. Vindhastigheten ökar med höjden över marken, i takt med att markytans påverkan avtar. Denna ökning i vindhastigheten sker inte linjärt med höjden utan mer logaritmiskt (se Figur 3).



Figur 3. *Generell bild över hur vindhastigheten ökar med ökande höjd över marken. Profilen är ett typexempel och varierar beroende på geografiska läget.*

Som kan ses i Figur 3 är vindhastighetsökningen kraftigare initialt, i nära anslutning till markplan, och det är först vid högre höjd som en utplaning av vindökningen sker. Detta beror på den marknära uppbromsningen av vinden, den s.k. ytråheten, vilken skapas av bland annat bebyggelsestruktur och vegetation. Ovanför den nivå där effekten av råheten inte längre är kännbar, minskar inte vindhastigheten i samma utsträckning med ökande höjd. Höga byggnader, som sticker upp över den allmänna taknivån, hamnar därför ofta på nivåer med relativt mycket högre vindhastigheter än vad som ses i markplan. Höga hus hjälper därför till att leda ner dessa höga vindhastigheter till markplan, medan övrig bebyggelse ofta modifierar den marknära strömningen. Eftersom dessa faktorer verkar tillsammans, resulterar de i vindförstärkningar och stora vindriktningsförändringar, relativt den regionala vinden.

För att kunna beräkna realistiska vindförhållanden över ett område behöver en tredimensionell CFD-modell, i detta fall Miskam, meteorologiska indata som representerar de lokala förhållanden, med avseende på vindhastighet och vindriktning (se vidare avsnitt 3.3 och Bilaga A). Då det inte finns någon meteorologisk mätstation i närheten med tillräckligt hög tidsupplösning (vindmätning varje timme), och inte heller på en tillräckligt hög höjd, har den lokala meteorologin

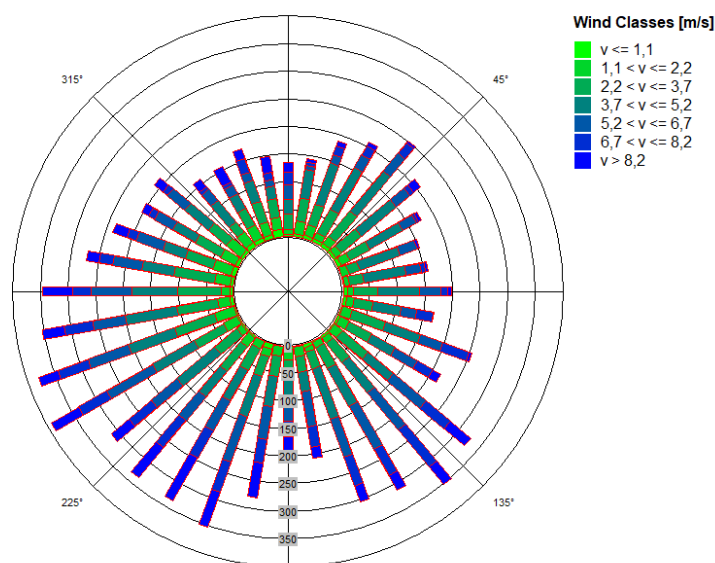
beräknats med TAPM (The Air Pollution Model, se vidare i Bilaga B). TAPM är en validerad meteorologisk prognosmodell (Chen m. fl. 2002) som tar hänsyn till bland annat topografi, markanvändning, havstemperatur, markfukt med mera varpå exempelvis sjö/landbris samt omlandsbris kan simuleras. Modellen beräknar 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, upp till cirka 70 m. För att kunna beräkna effekten av "neddraget" av höga vindhastigheten från hög höjd via de höga husen har ingångsdata till de lokala beräkningarna hämtats från TAPM-beräkningarna från 100-150 meter över mark. Denna vindhastighet modifieras därefter i CFD-modellen så att relevant marknära vind erhålles.

3.2 Indata till vindsimulering

Som meteorologisk indata till vindfältsberäkningar används ofta antingen ett specifikt år eller ett statistiskt medelår. Om man använder ett specifikt år finns risk att detta år inte återspeglar "normala" vindförhållanden eftersom klimatets mellanårsvariabilitet är stor i Sverige. Därför används i denna studie istället ett så kallat meteorologiskt typår som representerar de typiska vindförhållandena över en tidsperiod av flera år. För denna studie har det meteorologiska typåret för Göteborg använts, sammansatt av månader tagna från åren 1998 till 2016.

Figuren 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 ca 100 till 150 m höjd över marken för hela typåret (Figur 4).



Figur 4. Visualisering av den beräknade vinden över planområdet vid Smålandsgatan på 100-150 meters höjd, i form av en vindros.

Staplarnas vinkel i vindrosorna indikerar från vilket håll det har blåst och längden av desamma är ett mått på hur ofta aktuell vindriktningen har förekommit. Vindhastigheten indikeras med olika färger. För hela året är sydvästliga och västliga vindar dominerande, även sydöstliga vindar är ganska frekventa. På 100-150 m höjd är vindhastigheten avsevärt högre än vid 10 m över marken, vilket förklarar den ganska stora andelen av hastigheter över 5 m/s.

3.3 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 A för mer information). I modellen byggs initialt en 3D-modell av bebyggelsen, och därefter beräknas ett tredimensionellt vindfält (strömningsmönster) med en detaljerad horisontell upplösning (3,5 m x 3,5 m). 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 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 används finns risk att den beräknade vindhastigheten överskattas då vinden inte i tillräcklig omfattning modifieras (bromsas) innan vinden når det aktuella kvarteret. Bebyggelse, särskilt när den utgörs 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 Resultat

4.1 Vindkomfort i markplan

För bedömning av vindkomforten används de vindklasser som beskrivs i Tabell 1. Kriterierna beskriver var olika typer av aktiviteter lämpar sig så som långvarigt stillasittande (t.ex. park eller uteservering), kortvarigt stillasittande (t.ex. busshållplats) och slutligen område lämpligt för gång- och cykelbanor.

Beräkningarna har gjorts dels för medelvindhastigheten för hela året över planområdet, dels för frekvensen av olika vindhastigheter eftersom den faktiska vindhastigheten oftast inte är av primärt intresse, utan snarare den upplevda vinden, det vill säga vindkomforten. Områden lämpliga för långvarigt stillasittande visas i Figur 5, där färgsättningen baseras på Tabell 3.

Tabell 3. I Figur 5 har respektive område klassificerats för att visa på områdets lämplighet avseende aktiviteter som innefattar långvarigt stillasittande. Gränserna bygger på kriterier i Tabell 1.

Klassificering av området	Vindexponering	Platsens lämplighet för långvarigt stillasittande
Mörkgrön	Vindhastigheten är lägre än 1,1 m/s under 99,5 % av tiden	Mycket bra förutsättningar för långvarigt stillasittande
Ljusgrön	Vindhastigheten är lägre än 1,1 m/s under 80-99,5 % av tiden	Relativt bra förutsättningar, men vissa åtgärder kan behövas.
Gul	Vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 60-80 % av tiden	Åtgärder krävs för att området ska bli lämpligt för långvarigt stillasittande

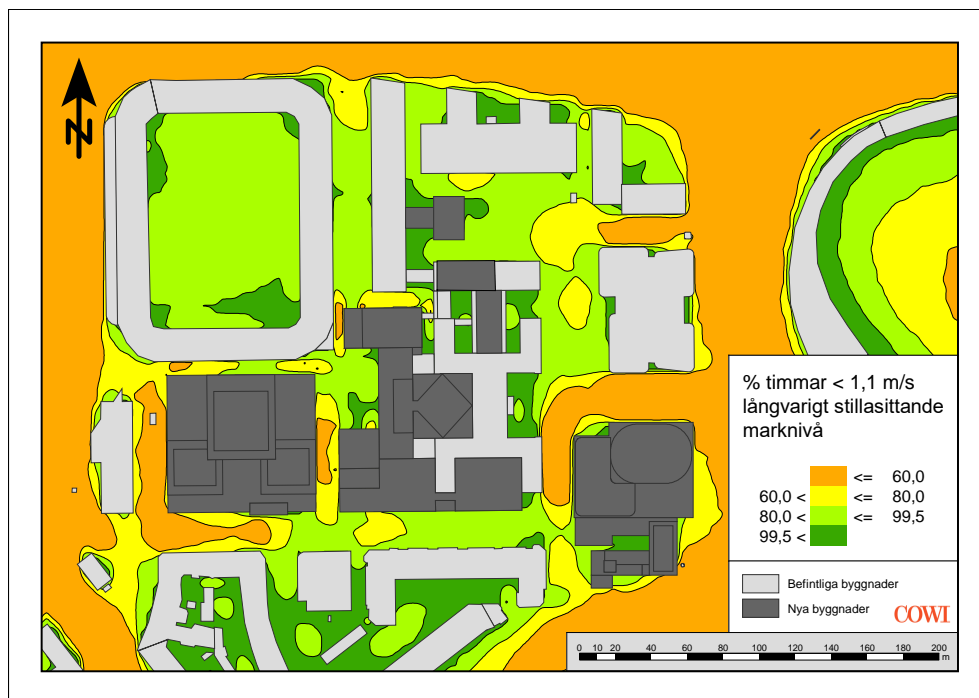
I Figur 5 presenteras olika områdens lämplighet för långvarigt stillasittande. Här framgår att det finns en del områden med mörkgrön färg, d.v.s. områdena där komfortkriteriet för långvarigt stillasittande är uppfyllt. Detta ses i störst utsträckning i nära anslutning till befintlig bebyggelse, men även i viss mån invid den planerade, gärna på platser som är omslutna av en byggnad på flera sidor. Vid den planerade bebyggelsen uppvisas områden med lämplighet för långvarigt stillasittande på hela SGS innergård och på vissa delar av innergården väster om Vasakronans byggnader, dock ej i gattet mellan Wallenstams och Vasakronans hus.

Inom ljusgröna områden, där vindhastigheten är lägre än 1,1 m/s under 80 - 99,5 procent av tiden, kan åtgärder behövas om det planeras till exempel ett kafé eller annan liknande verksamhet. Dessa platser återfinns längs Smålandsgatan söder om Vasakronans nya byggnad och i de inre delarna av kvarteret.

Inom gula områden är vindhastigheten lite för hög vid alltför många tillfällen för att långvarigt stillasittande skall kunna rekommenderas utan åtgärder. Om det däremot inte är stillasittande aktiviteter som planeras så uppvisar detta område sannolikt tillräckligt god vindkomfort för kortvarigt stillasittande eller passage

genom området. Dessa nivåer ses i ett begränsat område öster om SGS byggnad och i övrigt spritt över planområdet.

Orangea områden indikerar områden som är mera exponerade för vind och där vindförhållandena kan bli okomfortabla. Detta kan ses runt byggnaderna sydöst i planområdet, mellan Wallenstams och Vasakronans byggnader samt väster och söder om Wallenstams byggnad.



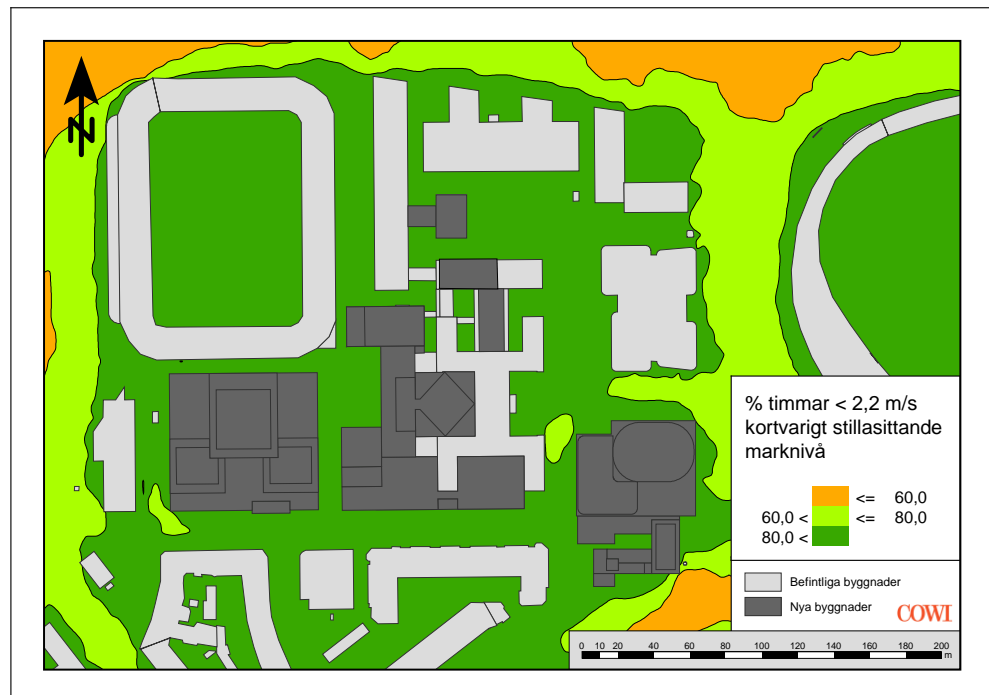
Figur 5. Bedömning avseende lämplighet för långvarigt stillasittande. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Mörkgrön: inga åtgärder. Ljusgrön: ev. behövs åtgärder. Gula områden: åtgärder behövs. Orange: ej lämpliga för långvarigt stillasittande.

Motsvarande analys har även gjorts för kortvarigt stillasittande där områden lämpliga för kortvarigt stillasittande visas i Figur 6, där färgsättningen baseras på Tabell 4.

Tabell 4. I Figur 6 har respektive område klassificerats för att visa på områdets lämplighet avseende aktiviteter som innefattar kortvarigt stillasittande. Gränserna bygger på kriterier i Tabell 1.

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

Utifrån denna bedömning visar resultaten att i stort sett hela planområdet har mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande, så när som på sydöst och nordöst om byggnaderna i planområdets östra del, där vissa åtgärder kan komma att behövas norr om fastigheten och krävas sydöst om densamma. Vid Wallenstams byggnads sydvästra hörn och vid SGS byggnads nordvästra hörn kan åtgärder behövas för att möjliggöra kortvarigt stillasittande.

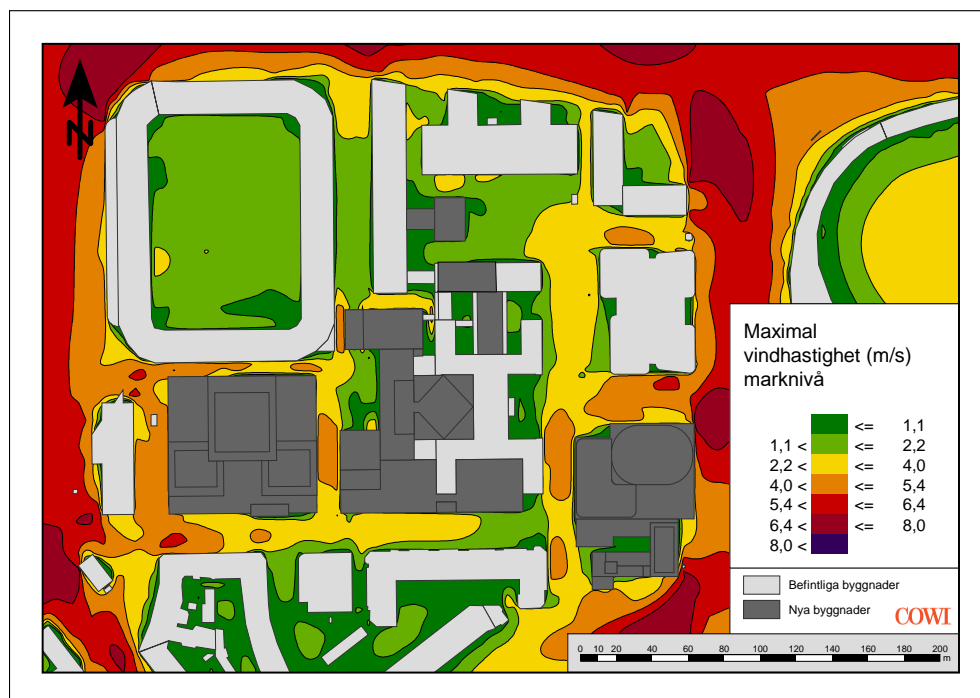


Figur 6. Bedömning avseende komfortkriterium för kortvarigt stillasittande. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Mörkgrönt: inga åtgärder behövs. Ljusgrönt: Ev. behövs åtgärder. Orange: Ej lämpligt för kortvarigt stillasittande men okej för gång- och cykelbana.

4.2 Områden med risk för antingen höga vindhastigheter eller vindförstärkningar i markplan

För en total förståelse av vindkomforten undersöks även den beräknade maximala vindhastigheten inom planområdet, se Figur 7. Det framgår att det lokalt kan uppkomma relativt höga vindhastigheter (4-5,4 m/s) längs de västligaste delarna av Smålandsgatan och mellan flera byggnader, t ex väster och norr om Wallenstams byggnad, mellan Wallenstams och Vasakronans byggnader liksom mellan Vasakronans och SGS byggnader samt direkt norr om SGS byggnad. Höga vindhastigheter, över 5,4 m/s, ses längs Parkgatan, Ullevigatan och Skånegatan, vilket beror av de öppna och relativt vida gaturummen.

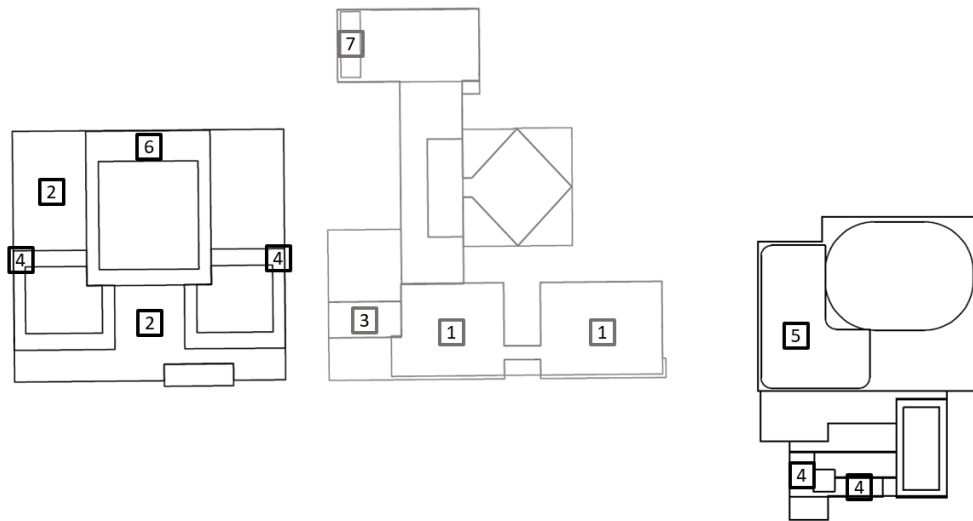
Höga vindhastigheter uppträder främst under situationer med allmänt höga vindhastigheter, men det kan även uppstå lokalt när det inte blåser så kraftigt, genom att byggnader eller bebyggelsestrukturen förstärker vinden. Detta kan ses direkt nordöst och sydöst om fastigheterna i planområdets östra delar. Det är i första hand ett resultat av de trängre gaturummen som verkar som en tratt där luften kanaliseras när den strömmar genom och får en högre hastighet.



Figur 7. Maximal vindhastighet vid planområdet.

4.3 Vindkomfort på takterrasser

I det aktuella byggnadsförslaget planeras takterrasser på ett stort antal platser och ett flertal olika höjder. Motsvarande vindanalys som redovisats för markplan ovan har även gjorts för de terrasser det varit möjligt. I Figur 8 visas en översikt över de planerade terrasser som omfattas av analysen med en förklaring till vilken nivå över marken i vindfältberäkningen respektive terrass ligger på. Två terrasser med samma siffra i denna figur ligger alltså på ungefär samma höjd över marken. Totalt har vindkomforten utvärderats på sju nivåer, utöver marknivå, vilka sammanfattas i Tabell 5.



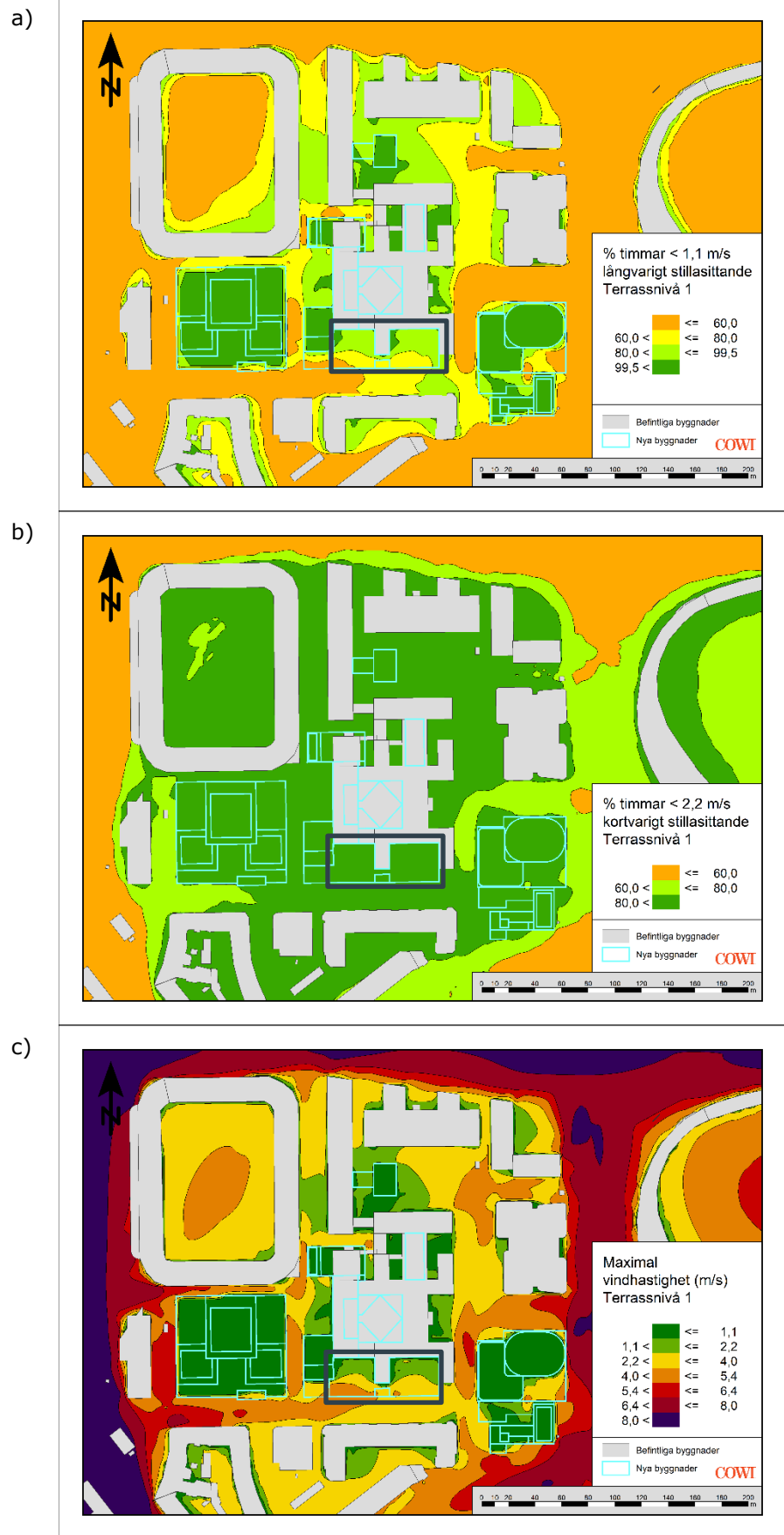
Figur 8. Översikt av planerade terrasser på de nya byggnaderna. Siffrorna anger vilken så kallad terrassnivå som resultaten redovisas för.

Tabell 5. Sammanställning av de olika terrassnivåernas höjd över marken.

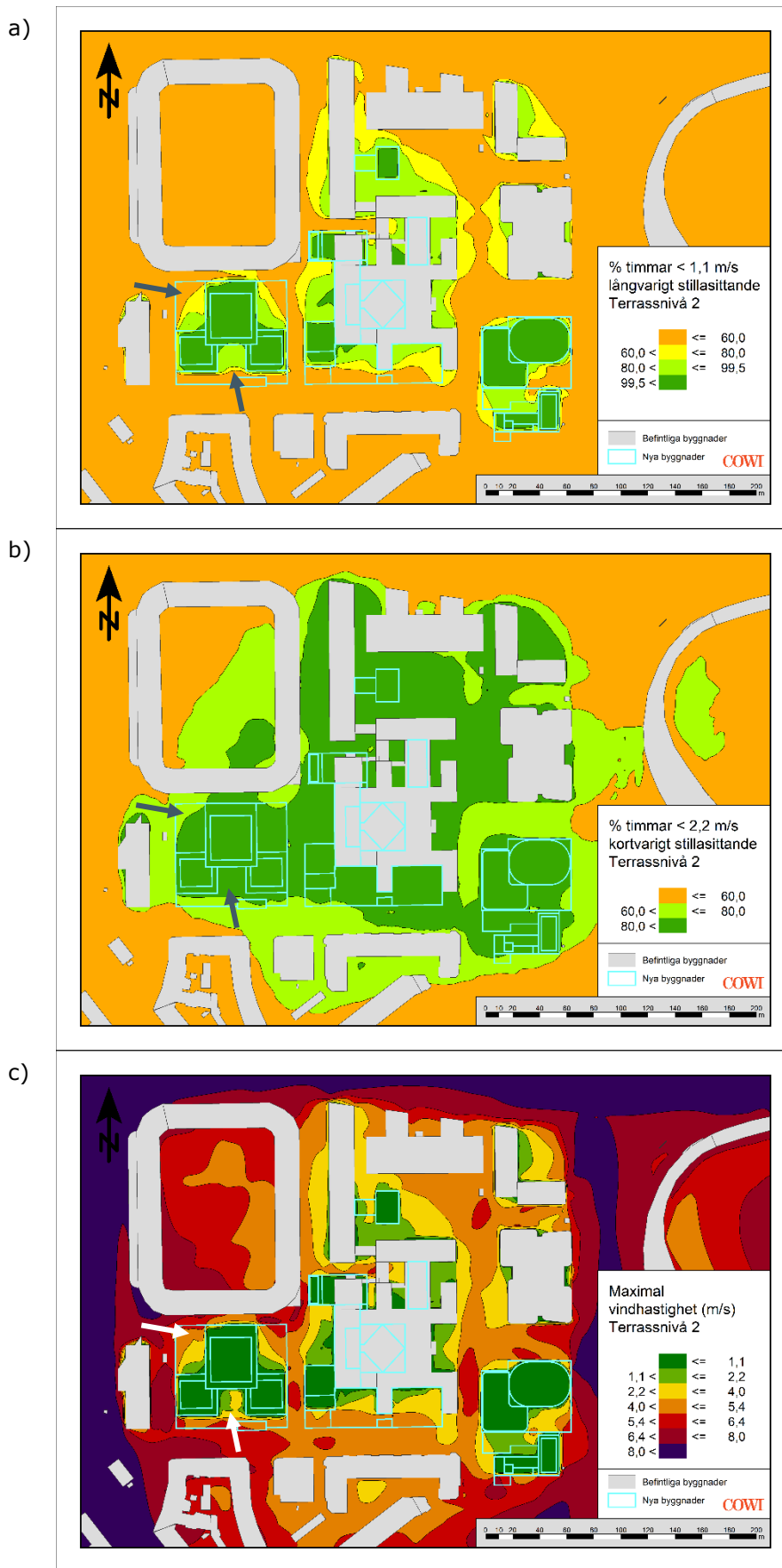
Terrassnivå	Höjd (m)	Terrassnivå	Höjd (m)
1	15-18	5	32,5-37,5
2	20,5-23,5	6	42,5-47,5
3	26,5-29,5	7	60-70
4	29,5-32,5		

I Figur 9 till Figur 15 redovisas en sammanställning av de två komfortkriterierna (a respektive b) samt den maximala vindhastigheten på takterrasserna (c). Här ses att det kan vara ganska stora variationer i komfort och maximal vindhastighet på en enskild terrass, trots dess begränsade yta. Utvärderingskriterierna är desamma som tidigare, se Tabell 3 och Tabell 4.

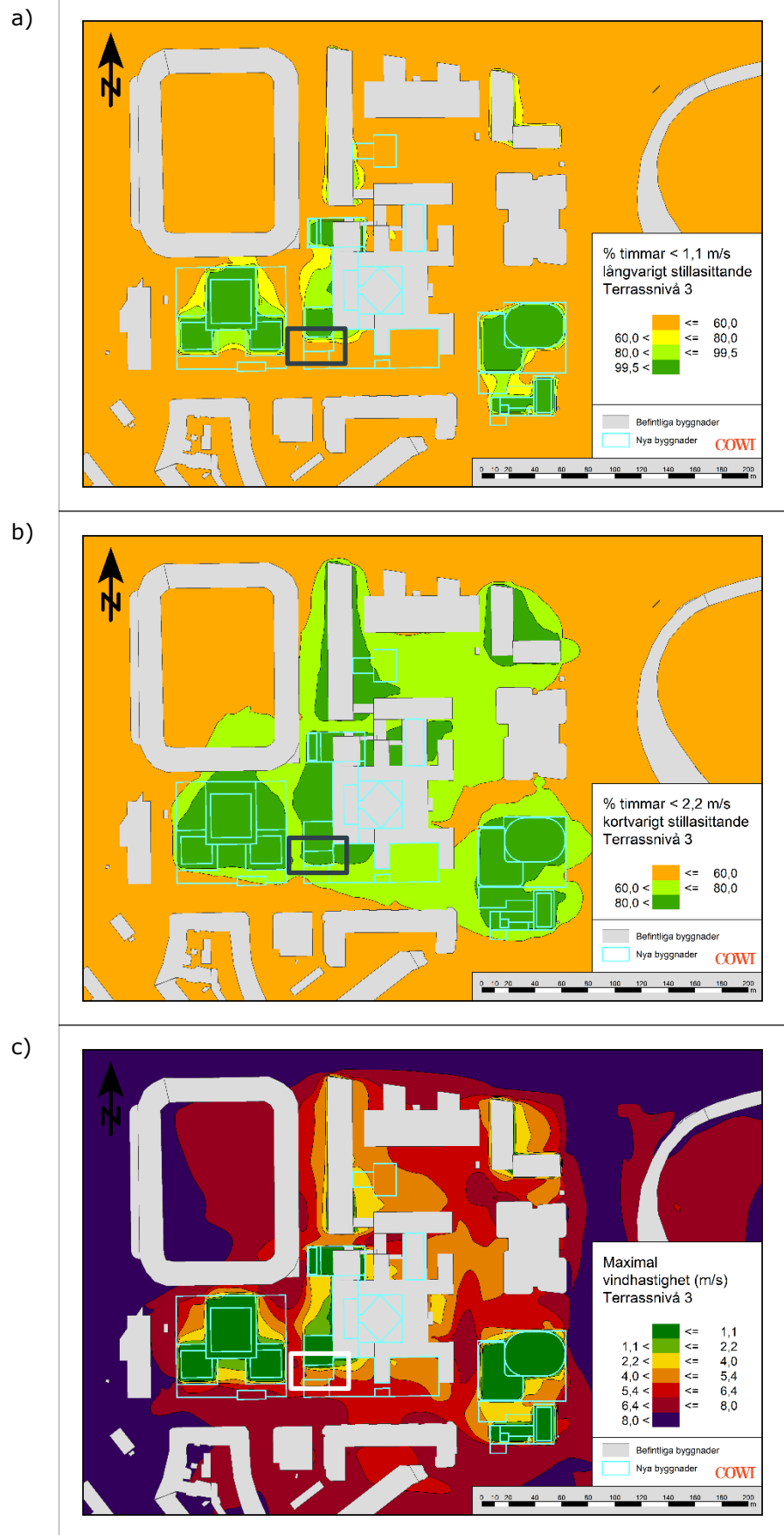
Kortfattade resultat för respektive terrassnivå redovisas i Tabell 6 nedan.



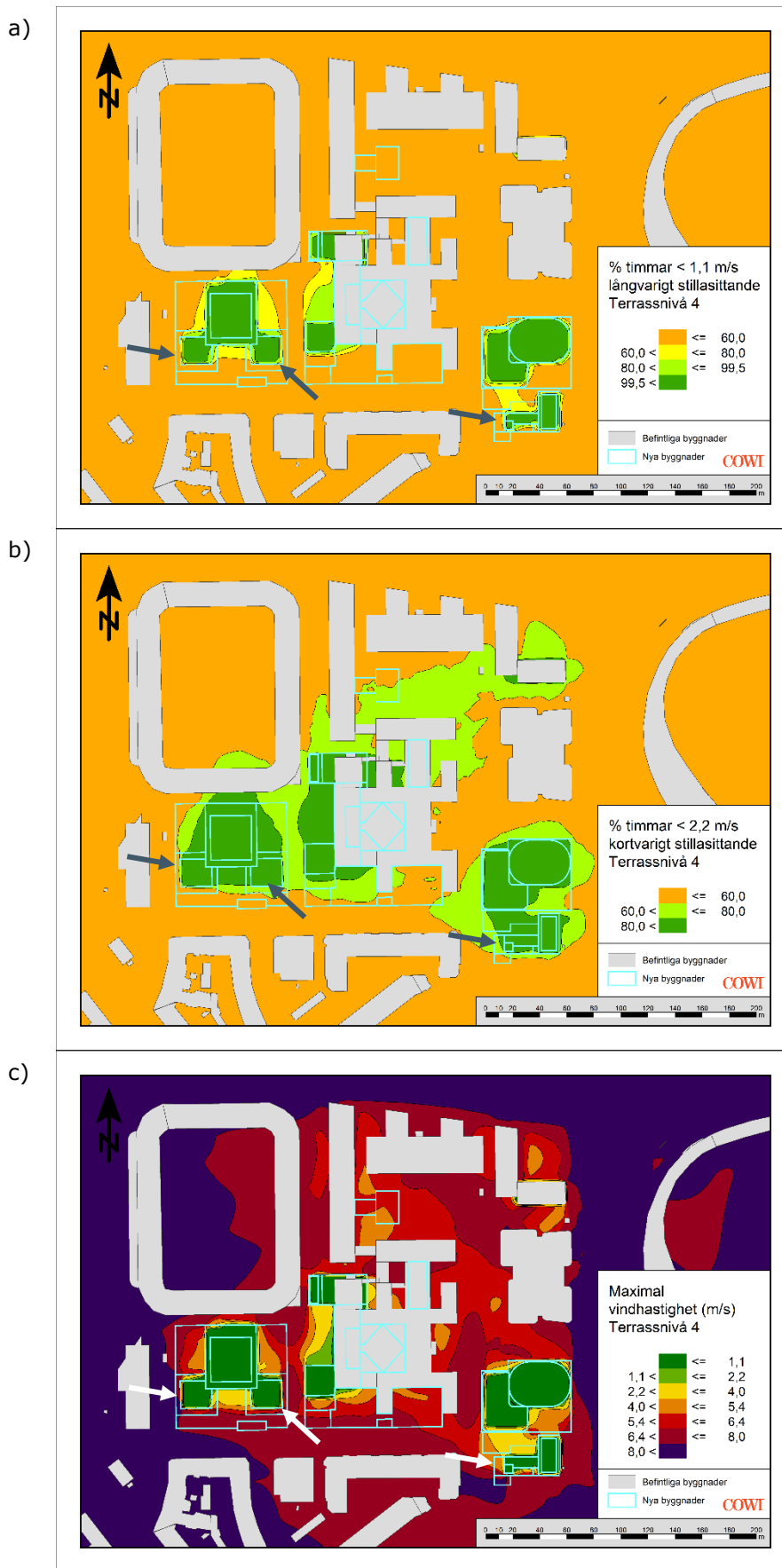
Figur 9. Vindkomfort på terrassnivå 1. Resultaten gäller för den markerade ytan.



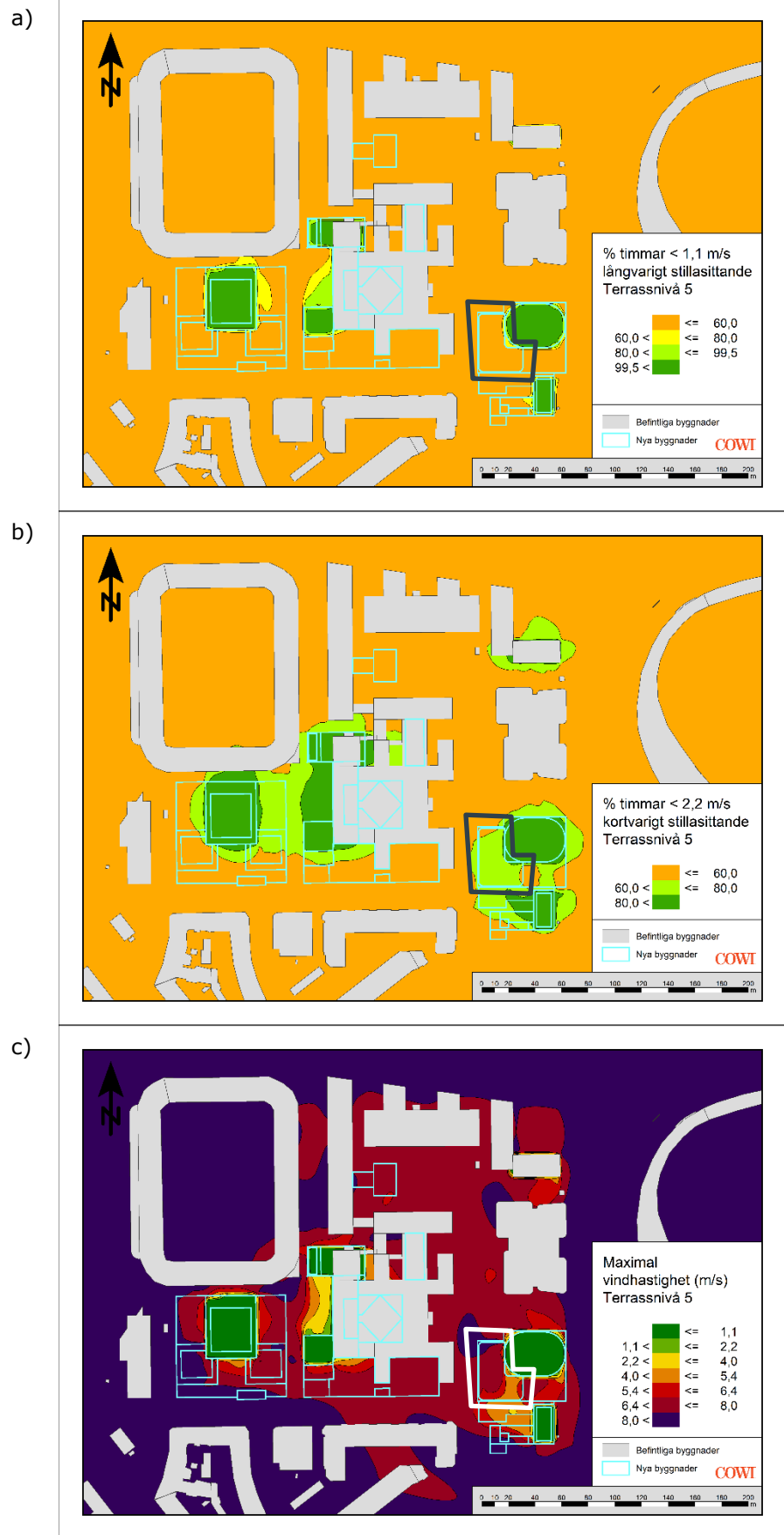
Figur 10. Vindkomfort på terrassnivå 2. Resultaten gäller för de markerade ytorna.



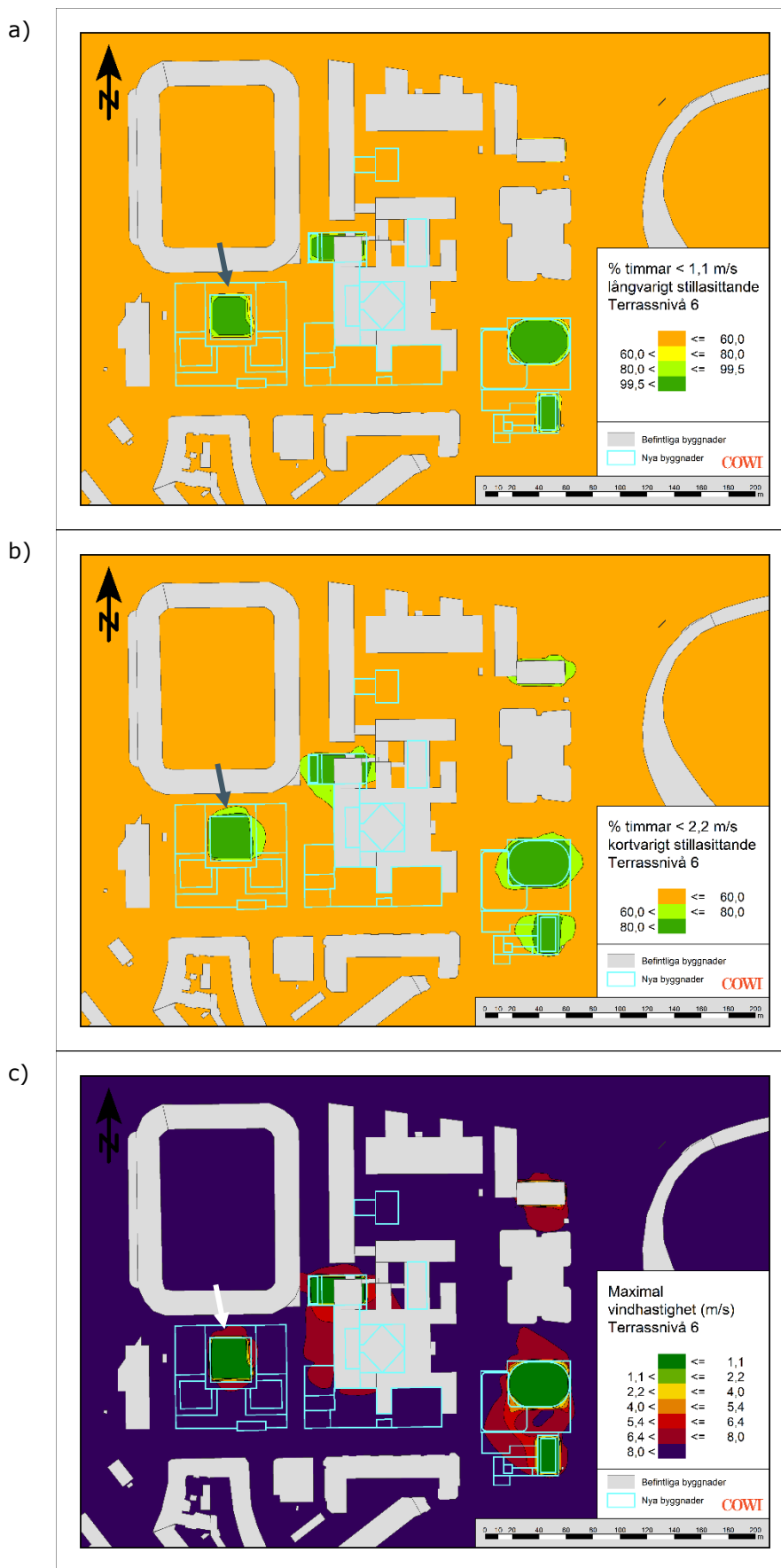
Figur 11. Vindkomfort på terrassnivå 3. Resultaten gäller för den markerade ytan.



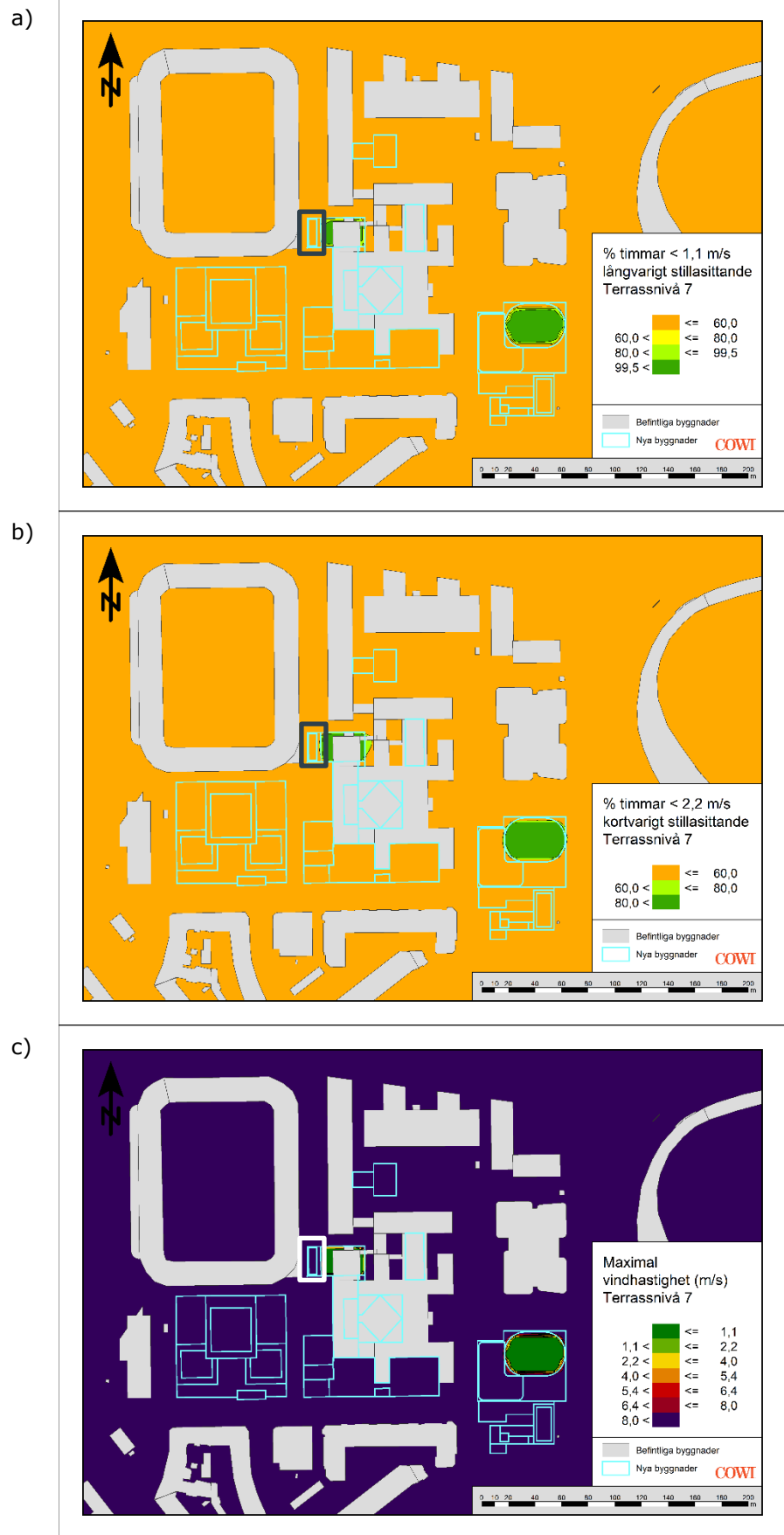
Figur 12. Vindkomfort på terrassnivå 4. Resultaten gäller för de markerade ytorna.



Figur 13. Vindkomfort på terrassnivå 5. Resultaten gäller för den markerade ytan.



Figur 14. Vindkomfort på terrassnivå 6. Resultaten gäller för de markerade ytorna.



Figur 15. Vindkomfort på terrassnivå 7. Resultaten gäller för den markerade ytan.

Tabell 6. Sammanställning av resultaten för de olika terrassnivåerna.

Ter-rass-nivå	Långvarigt stillasittande	Kortvarigt stillasittande	Maximal vindhastighet
1	Mindre eller större åtgärder krävs	Mycket bra förutsättningar	Vindskyddat invid fasaden. Som mest relativt hög i SV hörnet
2	I vindskyddade delar kan vissa åtgärder behövas. De NV och S delarna är ej lämpliga	Mycket bra förutsättningar på stora delar. I NV och S kan vissa åtgärder behövas	Ökar med avstånd från fasad på båda terrasserna. Terrassen som öppnas åt söder lite mer skyddad.
3	Åtgärder krävs	Mycket bra förutsättningar	Terrassen har ett exponerat läge och därmed blir den maximala vindhastigheten relativt hög
4	Åtgärder krävs	I skyddade lägen är förutsättningarna bra, eventuellt med vissa åtgärder. De SV delarna på Wallenstams byggnad är ej lämpliga	Relativt hög eller hög på SGS byggnad. Hög på Wallenstams byggnad
5	Åtgärder krävs	Vissa åtgärder kan behövas	Relativt hög i den allra östligaste delen, annars hög
6	Åtgärder krävs	Stora delar är olämpliga. Med vissa åtgärder kan de vindskyddade delarna vara lämpliga	Hög
7	Ej lämpligt	Åtgärder krävs	Hög

Det framgår från Tabell 6 att vindhastigheten ökar generellt med ökande höjd över marken. Det innebär att vindutsattheten blir större för terrasser som ligger på de högre våningsplanen och att mer omfattande åtgärder behövs för att förbättra vindkomforten. Som framgår av resultatbilderna ökar även vindhastigheten i många fall med ökat avstånd från byggnadens fasad. I den mån dessa delar är tänkta att användas för till exempel uteplatser kommer det för samtliga planerade terrasser att behövas någon åtgärd som minskar vindhastigheten för att kriteriet för långvarigt stillasittande ska klaras. På terrassnivå 1 och 2 kan det räcka med mindre åtgärder på delar av ytor, som är mest vindutsatta. Lämpliga åtgärder kan vara skärmar eller stabilare vegetation. Om användningen är tänkt för kortvarigt stillasittande är behovet av åtgärder mindre. Terrasserna på nivå 1-3 har mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande. På terrassnivå 4 och 5, och delar av 6, kan vissa åtgärder behövas, medan åtgärder krävs för att terrassnivå 7 ska lämpa sig för kortvarigt stillasittande.

5 Diskussion

Utredningsområdet består av både befintlig och ny bebyggelse. Den befintliga kommer att kompletteras med ett antal påbyggnader, samtidigt som helt ny bebyggelse kommer att uppföras. De nya byggnaderna ger en mer kompakt och förhöjd bebyggelsestruktur och denna förtätning påverkar således lokala vindförhållanden i markplan. Generellt utgör bebyggelse ett hinder för luft i rörelse och vinden byter därför ofta riktning när den ska ta sig runt en byggnad. Detta bidrar till byig vind och upplevelsen av att "det blåser samtidigt från alla håll", vilket ofta märks i gaturum med varierad byggnadshöjd eller runt byggnaders hörn.

För att undersöka områdets vindkomfort har kriterier enligt Glaumann och Westerberg använts på den beräknade vinden. 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 specifikt, rekommenderat 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 under längre tider, till exempel i parker eller på kaféer, ska det därför vara övervägande vindstilla, med en mycket hög andel timmar med mycket svaga vindar.

Resultatet av vindkomfortberäkningarna baseras här på timvis helårsstatistik, vilket ger en bra generell bild av vindkomforten i planområdet. I Sverige är dock utomhussäsongen relativt kort och begränsas till den varmare perioden av året, från april till oktober och det är under den perioden när människor är mest utomhus och vill kunna sitta på uteserveringar, i parker eller på lekplatser. Då det generellt är mer blåsigt på hösten och vintern och lugnare på sommaren, skulle eventuellt komfortberäkningar baserade på utomhussäsongens vindstatistik ge ett modifierat resultat, med fler områden som klarar kriterier för långvarigt stillasittande. När det gäller kriteriet för kortvarigt stillasittande och maximala vindhastigheter bör dock även vintersäsongen vara inkluderad i analysen, då det är under denna säsong högst vindhastigheter oftast inträffar. I denna bedömning omfattas även bedömning av lokalisering av till exempel hållplatser, cykelbanor och promenadstråk och val av vindtålig vegetation m.m.

5.1 Vindanalys

Kriteriet för långvarigt stillasittande i markplan – mörkgrönt:

Detta kriterium uppfylls endast på ett fåtal platser (mörkgröna områden i Figur 5) där det hårda kriteriet med vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 99,5 procent av tiden (endast ca 44 timmar per år med en vindhastighet över 1,1 m/s) uppfylls. Dessa mycket skyddade platser återfinns i första hand på helt eller delvis slutna innergårdar.

Kriteriet för långvarigt stillasittande i markplan – ljusgrönt:

Av den lägre gränsen på minst 80 procent vindstilla timmar (motsvarar ca 7 000 timmar per år) omfattas framför allt de centrala delarna av planområdet, det vill säga ytor kring Vasakronans byggnader. På vissa platser kan det dock behövas

åtgärder beroende på vad ytan kommer att användas till, exempelvis vid planering och inrättandet av platser med behov för mer vindstilla förhållanden, så som uteserveringar.

Kriteriet för långvarigt stillasittande i markplan – orange:

Inom planområdet finns det en del ytor som inte är lämpliga för långvarigt stillasittande. Förhållandena här uppkommer som en konsekvens av byggnadernas lokalisering inom planområdet, vilket skapar vissa vindförstärkande egenskaper. Dessa egenskaper omnämns mer nedan under *kriterier för maximala vindar*. Områden som inte är lämpliga för långvarigt stillasittande är framför allt smala passager mellan byggnaderna och planområdets västra och östra delar i anslutning till mer öppna ytor så som Parkgatan och Skånegatan.

Kriteriet för kortvarigt stillasittande i markplan:

Beräkningarna visar att i stort sett hela planområdet uppfyller gränsvärdet för kortvarigt stillasittande, utan att några specifika åtgärder behöver vidtas (mörkgröna områden i Figur 6). Norr om SGS byggnad kan det behövas åtgärder (ljusgröna områden i Figur 6) och direkt sydöst om samma byggnad är det olämpligt att planera för kortvarigt stillasittande (orangea områden i Figur 6).

Kriteriet för maximala vindar i markplan:

När förtätningen omfattar höga byggnader finns risk för att dessa leder ner kraftiga vindar till markplan, då de kommer i kontakt med mer blåsiga luftlagren högre upp över marken. Detta kan ses norr om SGS byggnad, där vinden från de högre luftlagren transporteras ned samtidigt som det är ett relativt smalt gatuum.

Det finns även risk för vindförstärkningar vid trånga passager, på grund av att luftvolymen trycks ihop vilket resulterar i en förstärkning av vindhastigheten. I utredningsområdet syns denna effekt främst norr, väster och öster om Wallenstams byggnad där en kombination av två vindförstärkande passager kan ses i hörnen nordväst och sydväst om Wallenstams fastighet. I passagerna mellan Wallenstams och Vasakronans byggnader och mellan Gamla Ullevi och Vasakronans byggnad syns ytterligare sådana vindförstärkningar.

Även om dessa höga hastigheter sannolikt inte kommer att ske under speciellt många situationer under ett år så kan detta ändå upplevas som okomfortabelt för människor som passerar här ofta, varpå åtgärder eventuellt skulle kunna behövas.

Kriterier på terrasser:

På de lägre av de planerade takterrasserna finns risk att vindhastigheten är för stor för att långvarigt stillasittande är möjligt utan någon form av åtgärd som skapar lä, medan det på de högre nivåerna krävs åtgärder för att möjliggöra långvarigt stillasittande. De lägre takterrasserna har mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande, medan behovet av åtgärder ökar med höjden över marken. Med hänsyn till den maximala vindhastigheten rekommenderas åtgärder som skapar mer lä beroende på vad terrassen ska användas till, särskilt på de högre nivåerna.

5.2 Åtgärdsförslag

Generellt beror vindförstärkningar i urban miljö på några olika grundprocesser. Det är antingen genom tratteffekter, där luft tvingas in i till exempel smalare gaturum, ibland via en trattformation, eller genom att vind med högre vindhastighet ifrån högre luftlager leds ner i markplan, eller genom hörneffekter runt hus eller tunnelmynningar. I det senare fallet är det inte nödvändigtvis så mycket högre vindhastighet utan ofta kraftigt turbulenta vindflöden som ger en känsla av att det blåser från alla håll samtidigt. För att kunna föreslå rätt typ av åtgärd måste en analys göras av varför det uppstår höga vindhastigheter inom ett område. Detta gäller både förstärkningar i markplan och på terrasser, så att till exempel en skärm placeras på rätt plats. Det kan även vara så att olika riktningar orsakar ett specifikt problem på någon plats varför en platsspecifik analys i sådana fall kan behövas. Denna utredning omfattar mer generella tips på åtgärder, baserade på erfarenheter av liknade fall men för att kunna säkerställa att rätt åtgärd väljs måste en mer detaljerad analys göras.

Vegetation:

De höga vindhastigheter som uppkommer mellan Wallenstam och Vasakronans byggnader, skulle sannolikt kunna minskas genom plantering av vegetation vid den mera öppna ytan. Denna vegetation skulle kunna bryta upp vinden innan den vindförstärkande effekten uppstår när en större luftvolym ska pressas in i det smalare gaturummet mellan byggnaderna. En generell ökning av vegetation inom hela planområdet skulle även verka positivt för vindkomforten i hela området. Detta bör dock göras genomtänkt, då effekten av minskad vindhastighet kan bli att luftkvaliteten blir sämre (se vidare nedan).

Avskärmning:

Då de ytor som utgör terrasser är ganska begränsade skulle en skärmande glasvägg längs ytterkanten kunna ge ett effektivt skydd och skapa mer komfortabla förutsättningar på flera av terrasserna. Denna typ av åtgärder är sannolikt mer effektiv på terrasser belägna på de lägre våningsplanen, där vindhastigheten är lägre än på terrasser högre upp. För terrasser på högre våningsplan är det sannolikt mest effektivt att placera t ex en uteplats i nära anslutning till en vägg i kombination med en "lokal" avskärmning runt platsen.

Byggnadsutformning:

Det är ofta fördelaktigt att undvika släta höga väggar på byggnader, då det inte finns något som kan påverka och minska vindhastigheten. Men för att en sådan åtgärd ska få någon effekt räcker det sannolikt inte med lite ojämn struktur utan mer utskjutande delar måste till. I den mån detta är görligt skulle det kunna vara bra att ha i åtanke vid utformningen av Wallenstams byggnad, för att minska vindhastigheten både väst och öst om byggnaden. Detta skulle även kunna appliceras på SGS byggnad längst sydöst i området.

För att förbättra vindkomforten runt byggnaderna i den sydöstligaste delen av planområdet kan utformningen av fastighetens högre delar förändras något. En mer trappstegsliknande utformning skulle enligt Oke (2017) hjälpa till att leda bort det nedåtgående vindflödet och på sätt hjälpa till att minska de höga vindhastigheterna i markplan, framför allt norr och öster om byggnaderna. Denna

minskning av vindhastighet kan dock ha en negativ inverkan på luftkvaliteten runt byggnaden och vid entréer och bör därför placeras in mot centrala delen av planområdet. Det är viktigt att eventuella åtgärder görs även med hänsyn till luftkvaliteten, så den inte påverkas negativt.

Osäkerheter och behov av vidare analys:

Vinden inom ett område kan öka av olika skäl, både uppifrån, i och med högre byggnader, och genom en tratteffekt vid avsmalnande gaturum. Detta gör det svårt att säkerställa effekten av eventuella åtgärder, utan att ytterligare beräkningar genomförs. Dessutom skulle en ytterligare utvärdering av vindhastigheter och vindriktningar kunna genomföras för att säkerställa vilka vindriktningar som mest frekvent påverkar utredningsområdet i markplan och de olika terrasserna. En ökad förståelse för vindens riktning under situationer med hög hastighet kan hjälpa till att skapa så effektiva åtgärder som möjligt. Detta kan även vara till fördel för att inte riskera att skapa vindmässigt komfortabla områden, där följden blir att luftkvaliteten blir försämrad, då även luftkvaliteten är kopplad till vindhastighet och vindriktning.

6 Referenser

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

COWI (2020). *Vindkomfortutredning för verksamheter och bostäder vid Smålandsgatan*. Rapportnummer A133996-4-02-2-RAP-003, daterad 2020-11-30

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

Haeger-Eugensson M, Andersson S och Kindell S. (2018). Modellering av luftkvalitet i markplan i tätbebyggda områden - jämförelse mellan en CFD- och OSM-modell samt två Gaussiska modeller. Göteborgs universitet, rapport C124, ISSN 1400-383X. Rapporten kan läsas här: https://studentportalen.gu.se/digitalAssets/1737/1737322_c124.pdf

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

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

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

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

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

Bilaga B 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.

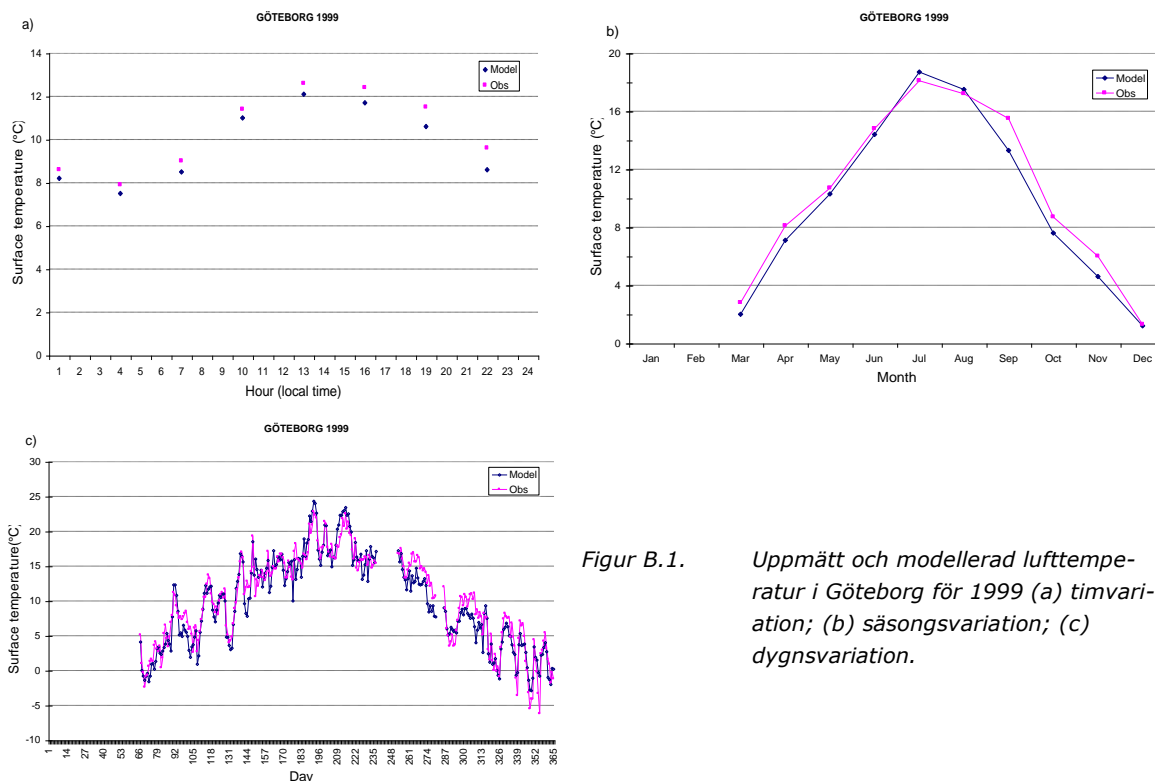
Långdistanstransporterade luftföroreningar kan definieras genom att koppla timupplösta halter till modellkörningarna. Biogeniska ytemissioner (VOC) kan också inkluderas. Detta har visat sig vara viktigt för både ozon- och partikelbildningen (Pun, et al. Environ. Sci. Technol., 36 (2002)).

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).

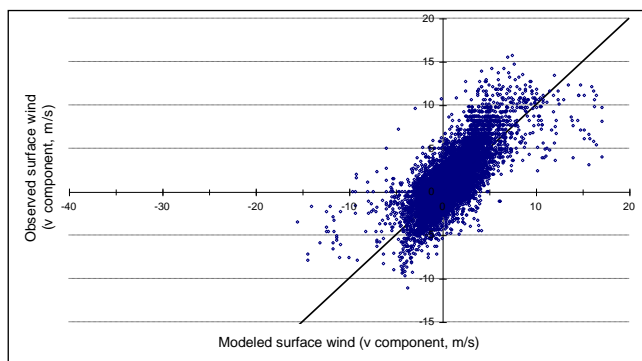
Modellen har validerats i både Australien och USA, och IVL har också genomfört valideringar för svenska förhållanden dels i södra Sverige (Chen m.fl. 2002). Resultaten visar på mycket god överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta värden. Mer detaljer om modellen kan erhållas via www.dar.csiro.au/TAPM.

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.

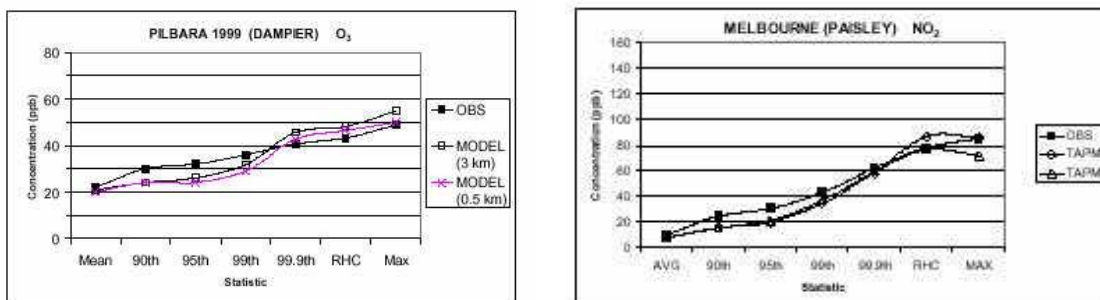
I figur B.2 presenteras en jämförelse mellan uppmätt och beräknad vindhastighet vid Säve. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade ozon- och NO₂-halter har genomförts i Australien (se figur B.3)



Figur B.1. Uppmätt och modellerad lufttemperatur i Göteborg för 1999 (a) timvariation; (b) säsongvariation; (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 3 x 3km.

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.