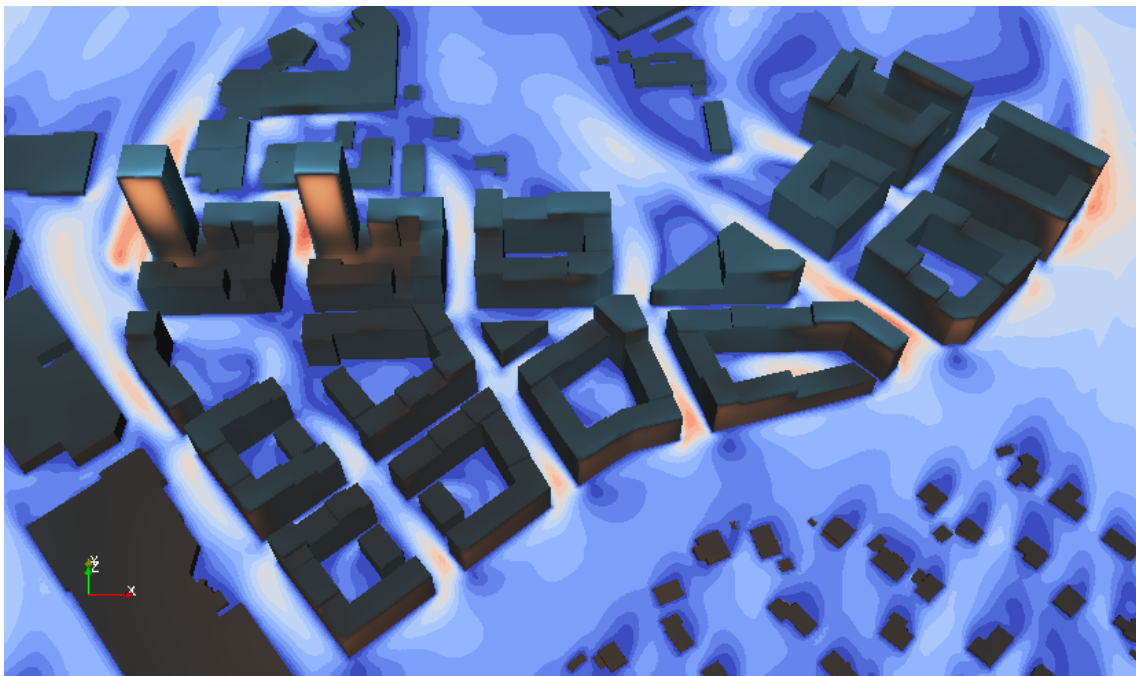


Vindkomfortutredning för Veddesta 1 i Järfälla

Anders Engström Nylén



Utfört på uppdrag av Järfälla Kommun

Innehållsförteckning

Förord	4
Sammanfattning	5
Inledning	6
Beräkningsförutsättningar	6
Beräkningsmodell och analysmetodik	6
Beräkningsområde och byggnadsmaterial	7
Osäkerheter i beräkningarna.....	7
Vind och vindkomfortkriterier	8
Vindskydd	9
Resultat	10
Vindstatistik	10
Vindförstärkning	10
Utvärdering av medianvind och vindkomfortkriterier	11
Slutsatser	11
Referenser	13
Figurer.....	14
Bilaga	

Förord

Denna utredning är genomförd av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. Uppdragsgivare för utredningen är Järfälla kommun.

Bild framsida: Konceptuell färglagd bild över planområdet.

Uppdragsnummer:	2017149
Daterad:	2018-03-15
Handläggare:	Anders Engström Nylén
Intern granskning:	Sebastian Bergström



Miljöförvaltningen i Stockholm
Box 8136
104 20 Stockholm
www.slb.nu

Sammanfattning

Järfälla kommun arbetar med att ta fram en detaljplan för en ny hög och tät sammanhängande stadsmiljö med ett stort antal nya bostäder, kontor, förskolor och kommersiell service. SLB-analys har på uppdrag av ovanstående beställare utfört beräkningar av vind i området baserat på utformning och läge på ny och ändrad bebyggelse. Syftet med beräkningarna är att utreda var, och hur mycket, vinden förstärks i området kring planerad bebyggelse. Resultatet har analyserats och jämförts med svenska och internationella kriterier för vindkomfort för att säkerställa att ett gott vindklimat nås i området och för att peka ut eventuella platser där vindpåverkande åtgärder kan behöva vidtas.

Utredningen har genomförts med en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics) med vilken åtta olika tredimensionella strömningsfält har beräknats och analyserats. Beräkningsresultaten har kombinerats med mätningar av vindhastighet från Högdalen i Stockholm för att räkna ut medianvind i området och andel av tiden då eventuella överskridanden av vindkomfortkriterier inträffar.

En övergripande genomgång av de viktigaste slutsatserna i denna rapport ges nedan:

- I Stockholmsområdet är västliga till sydvästliga vindar vanligast och hårda vindar (>10 m/s) är oftast västliga men påträffas bara under ca 1 % av timmarna under ett år, det vill säga totalt mellan 3 - 4 dygn per år.
- Beräkningarna indikerar att ett gott vindklimat nås inom planområdet då vindarna överlag försvagas jämfört med bakgrundsvinden. Förstärkningen av vinden sker dock i de relativt trånga gaturummen beroende på vindriktning.
- Parker, torg och gemensamma ytor för boende inom planområdet lämpar sig väl för långvarig vistelse. Generellt sett försvagas vinden på de dessa platser jämfört med bakgrundsvinden.
- I stort sett hela området klarar komfortkravet för ytor ämnade för längre uppehåll och stillasittande baserat på årsmedianvinden.
- Vindkomforten i området påverkas positivt av att befintlig vegetation besparas i största möjliga mån, och av trädplanteringar i de nya gaturummen.

Som helhet bedöms inga åtgärder behövas för att förbättra vindkomforten inom planområdet.

Inledning

I södra Veddesta avser Järfälla kommun att ta fram en detaljplan för en ny hög och tät sammanhängande stadsmiljö med ett stort antal nya bostäder, kontor, förskolor och kommersiell service. Veddesta 1 utgör den första etappen och planområdet är beläget i södra Veddesta och avgränsas i öster av Mälarbanan, i söder av befintlig villabebyggelse, i väster av befintliga kontorsbyggnader och i norr av Veddestavägen [1]. SLB-analys har på uppdrag av ovanstående beställare utfört beräkningar av vind i området baserat på utformning och läge på ny och ändrad bebyggelse. Syftet med beräkningarna är att utreda var, och hur mycket, vinden förstärks i området kring ny planerad bebyggelse. Resultatet har analyserats och jämförts med svenska och internationella kriterier för vindkomfort för att säkerställa att ett gott vindklimat nås i området och för att peka ut eventuella platser där vindpåverkande åtgärder kan behöva vidtas.



Figur 1: Översiktlig bild över planområdet med markering för torgområde (A, och två förskolor (B och C). Inneårdar markerade som 1 och 2 är förhöjda jämfört med marknivå.

I Figur 1 visas en översiktlig bild över planområdet. Inom området återfinns ett antal inneårdar där gott vindklimat är önskvärt. Ett större torg planeras även vid markering A i Figur 1, samt två förskolor vid punkt B och C. Vidare återfinns ett större parkområde söder om, men i direkt anslutning, till planområdet. Inneårdar som är markerade med 1 och 2 är förhöjda jämfört med marknivå.

Beräkningsförutsättningar

Beräkningsmodell och analysmetodik

För att kunna uppskatta byggnadernas effekt på vindkomforten inom området har beräkningar utförts med hjälp av modellverktyget OpenFOAM (Open source Field Operation And

Manipulation, www.openfoam.com). OpenFOAM är en så kallad CFD-modell (Computational Fluid Dynamics) och är ett avancerat modellverktyg som bland annat används för att beräkna strömning i miljöer med komplicerad geometri som t.ex. stadsbebyggelse, vägbroar eller tunneldmyningar. Modellen har tidigare utvärderats med hjälp av vindtunnelexperiment och funnits väl lämpad för att beräkna flödet av luft omkring tät bebyggelse [2].

Strömningsberäkningar har genomförts för åtta olika vindriktningar i steg om 45 grader. Detta resulterade i åtta olika tredimensionella strömningsfält. För varje vindriktning beräknas vindens förstärkning ut för varje plats inom beräkningsområdet relativt bakgrundsvinden. För att ta fram andelen av tiden då vinden överstiger ett gränsvärde kombineras simulerade vindfält med uppmätta vindhastigheter från SLB-analys mätstation i Högdalen i Stockholm. Mätningarna sker på en höjd av 51 meter ovan mark och representerar därmed ett flöde ovanför urban terräng. Även medianvinden över området beräknas genom att statistiskt skala det simulerade vindfälten med uppmätta vindhastigheter och vindriktningar.

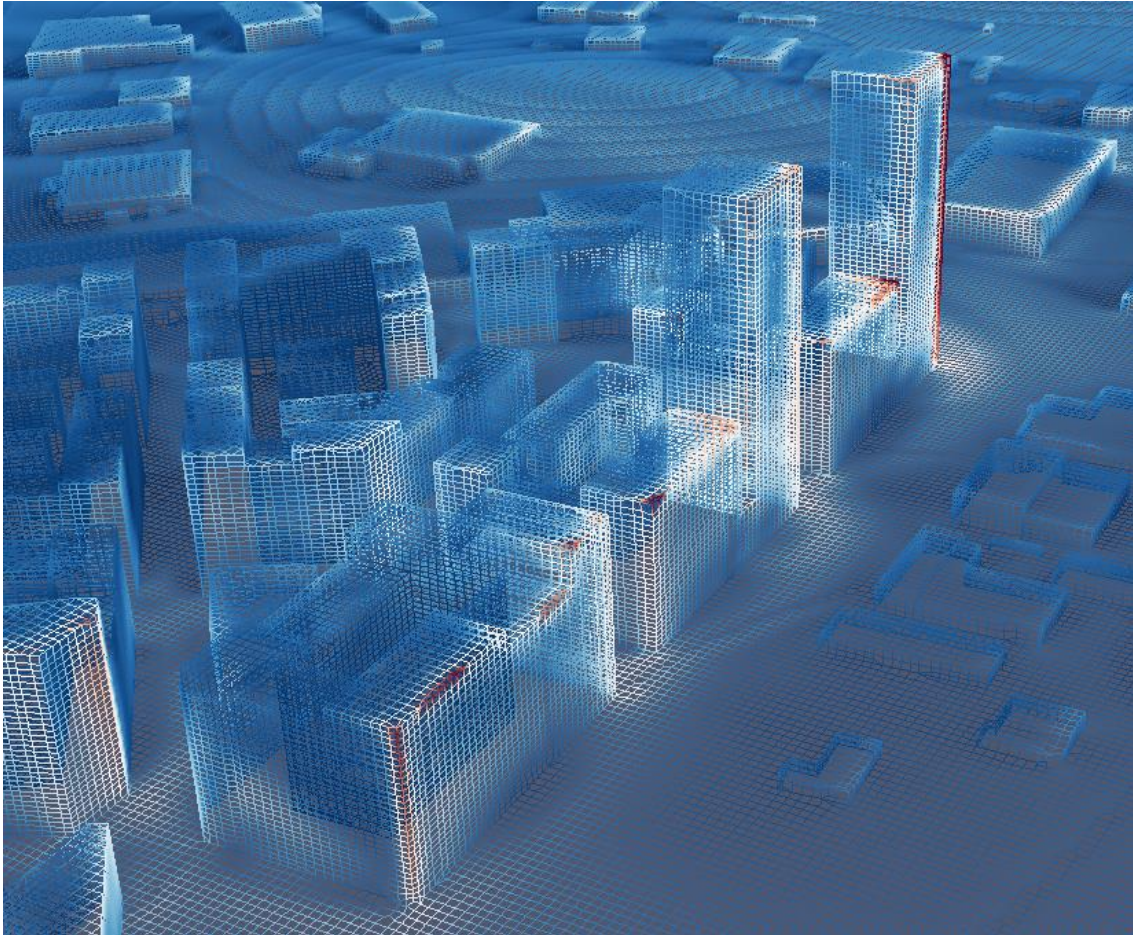
En logaritmisk vindprofil används för att beskriva den med höjden ökande vindhastigheten i modellen. Vindprofilen anpassas efter mätningar på tre olika höjder (5, 20 och 51 meter) vid Högdalen i Stockholm.

Beräkningsområde och byggnadsmaterial

Beräkningsdomän är det område för vilket beräkningarna utförts. Domänen i denna utredning har en horisontell utbredning på 1280 x 1280 meter och är centrerad över det utredda planområdet. Upplösning på modellen, d.v.s. beräkningsrutornas storlek, varierar beroende på läge i domänen. Den högsta upplösningen återfinns inom områden där flödet påverkas som mest av byggnaderna. Domänens vertikala utsträckning sträcker sig mellan marknivå upp till 640 meter. I konstruerande av beräkningsdomän, val av upplösning och utsträckning, har arbetet följt så kallade ”Best Practice Guidelines” för högupplösta flödesberäkningar i urban miljö [3]. För att få ett realistiskt flöde i det utredda planområdet har även omgivande bebyggelse inkluderats i beräkningsområdet. Byggnadshöjder och planområdets utformning har tillhandahållits av Järfälla kommun. Byggnadsgeometri för omkringliggande bebyggelse och markhöjder har inhämtats från baskartan över Järfälla kommun. En del av beräkningsdomänen visas i Figur 2.

Osäkerheter i beräkningarna

Modellberäkningar av alla sorts flöden innehåller osäkerheter. Systematiska fel uppkommer när modeller inte på ett korrekt sätt förmår ta hänsyn till alla faktorer som kan påverka luftens strömning. Beräkningarna tar inte hänsyn till mindre utskjutande geometrier hos bebyggelsen, som t.ex. balkonger, portik, eller liknande, vars geometriska omfattning är på samma skala som modellens upplösning. Sådana mindre objekt representeras istället med en skrovlighetsparameter som tillskrivs ytor i modellen. Kvaliteten på indata, och val av numerisk metod, är två andra parameter som påverkar hur väl resultatet speglar verkligheten. CFD-beräkningar anses dock tillförlitliga och används inom en rad olika vetenskapliga områden.



Figur 2: Del av beräkningsdomänen sett från öster som visar del av den nya bebyggelsen. Konceptuellt färglagd utifrån beräknade vindlaster.

Vind och vindkomfortkriterier

Vind kan vara mer eller mindre besvärlig beroende på en rad olika meteorologiska faktorer. Vid kallt väder upplevs ofta temperaturen som mycket lägre vid höga vindhastigheter. Vid varmt väder kan vindens kylande effekt snarare upplevas som positiv. Den personliga bedömningen om vad som är en tolerabel vindhastighet beror även på typ av aktivitet. Dessutom kan olika personer uppleva vinden som mer eller mindre besvärlig beroende på klädsel, ålder, hälsa osv.

I en stadsmiljö är höga vindhastigheter ofta förknippade med att vinden kontinuerligt ändrar riktning. Detta sker eftersom bebyggelsen skapar gradienter i luftflödet vilket genererar turbulens. Vid tät bebyggelse blir det därmed viktigt att utvärdera hur de planerade byggnaderna kan påverka vindhastigheten på gator och torg där människor förväntas vistas.

För att objektivt kunna utvärdera vindkomfort i bebyggda områden finns det ett antal internationellt vedertagna komfortkriterier. Kriterierna baseras på procentandelen av tiden under ett år då en gränsvärdesvind överskrids. För ett acceptabelt vindklimat ska gränsvärdesvinden på 5 m/s inte överskridas under mer än 2.5 % av årets alla timmar för ett område där människor ska vistas under längre tid (t.ex. parker) [4,5]. Dessutom finns det säkerhetskriterier där en vindhastighet på 15 m/s inte ska överskridas under mer än 0.05 % av timmarna under ett år [4,5]. En sammanställning av betyg och kriterier finns i Tabell 1 och Tabell 2. Vindkomforten i ett område ges här olika betyg, där betyg A-B är att eftersträva för ett område där det planeras

för längre vistelse, medan betyg C-D är tillräckligt för områden där människor passerar tillfälligt. Dessa värden används internationellt, och det finns även direkt motsvarande svenska rekommendationer [6,7]. Kriterierna möjliggör en tydlig betygsättning av vindkomforten, och används i denna studie för att kategorisera vindmiljön i beräkningsområdets olika delområden.

Tabell 1: Kriterier för utvärdering av vindkomfort [4,5].

Vind > 5 m/s (% per år)	Betyg	Aktivitet		
		Passera	Flanera	Sitta
< 2.5	A	Bra	Bra	Bra
2.5 – 5.0	B	Bra	Bra	Sådär
5.0 – 10	C	Bra	Sådär	Dåligt
10 – 20	D	Sådär	Dåligt	Dåligt
> 20	E	Dåligt	Dåligt	Dåligt

Tabell 2: Kriterier för vindfara [4,5].

Vind > 15 m/s (% per år)	Betyg	Aktivitet		
		Passera	Flanera	Sitta
0.05 – 0.3	Innebär risk	Acceptabelt	Oacceptabelt	Oacceptabelt
> 0.3	Farligt	Oacceptabelt	Oacceptabelt	Oacceptabelt

Vindskydd

I de fall då vindklimatet bedöms som mycket dåligt kan det bli aktuellt att minska vindhastigheten med hjälp av vindskydd. Hur ett sådant ska utformas och placeras måste dock utvärderas från fall till fall. Om det är viktigt att skydda en specifik plats kan det bli aktuellt med en skärm eller annat hinder som stoppar upp vinden och i princip tvingar den över platsen som ska skyddas. Precis som byggnader skapar dock ett hinder gradienter i luftflödet vilket genererar turbulens. Det är därför inte ovanligt att högre vindhastigheter återfinns på läsidan av vindskyddet vilket istället skapar sämre vindkomfort på närliggande platser.

Ett bättre vindklimat kan även uppnås med hjälp av vegetation i parker och längs gaturum. Träd och buskar släpper bara delvis fram vinden och skapar därmed ett naturligt skydd mot höga vindhastigheter. Även här måste dock placering och typ av vegetation utvärderas från fall till fall, bland annat med tanke på att t.ex. lövträd blir mindre effektiva som vindskydd under vintern.

Det finns även andra sätt att skapa acceptabla vindförhållanden över ett område som helhet. Om den omkringliggande bebyggelsen och vegetationen är utformad så att markens skrovlighetsparameter är hög så bidrar det generellt till lufthastigheten i marknivå blir lägre. Tät vegetation eller bebyggelse har t.ex. ca 10 gånger så hög skrovlighetsparameter som öppen terräng vilket har stor betydelse för vinden i marknivå.

Resultat

Vindstatistik

Figur 3 visar uppmätta vindhastigheter och vindriktningar 51 meter ovan mark vid i Högdalen i Stockholm, vilket representerar ett vindflöde ovanför urban terräng. Vidmätningarna görs med en ultraljudsgivare som sänder ut pulser av ultraljud genom luften i tre olika riktningar. Skillnaderna i tid för pulserna då de färdas mellan sändare och mottagare ger ett exakt mått på vindhastigheten. Från 20 mätningar per sekund i vardera riktningen bildas ett medelvärde så att horisontell och vertikal vindhastighet samt horisontell vindriktning kan erhållas. Från dessa beräknas timmedelvärden av horisontell vind ut vilket ligger till grund för vindrosorna.

Uppmätta vindhastigheter för 12 olika vindriktningar redovisas som procent av tiden då ett specifikt hastighetsintervall påträffas. Detta görs dels för hela mätperioden (1989-2017), och dels kvartalsvis (för samma mätperiod) för månaderna december-februari (DJF), mars-maj (MAM), juni-augusti (JJA) samt september-november (SON). Dessutom redovisas även vindrosen för timmar då vindhastigheten överstiger 10 m/s.

I Stockholms är den förhärskande vindriktningen sydvästlig till västlig och sett över hela mätperioden är förekomsten av dessa vindriktningar ca 36 % av årets alla timmar. Vid kraftig vind (>10 m/s) är det framförallt västliga vindar (25%), följt av sydsydvästliga vindar (21 %) som dominerar. Ihållande kraftig vind är dock ovanligt över Stockholmsområdet och inträffar endast under ca 1 % av tiden.

Sammantaget över ett år förkommer vindhastigheter lägre än 6 m/s, på 51 meters höjd, under ca 80 % av timmarna.

Vindförstärkning

Figur 4 - Figur 11 visar hur vinden förstärks två meter ovan mark inom det bebyggda området för de åtta olika beräknande vindriktningarna. Förstärkningen redovisas som en faktor, F , relativt bakgrundsvinden på samma nivå i modellen. $F < 1$ innebär att vinden försvagas, och $F > 1$ innebär att vinden förstärks. På grund av nämnda osäkerheter i sektion 3.3 rekommenderas det att resultatet studeras på en övergripande nivå enligt följande beskrivning, och för att förstå flödet kring och inom bebyggelsen. I Figur 12 visas den sammanviktade förstärkningsfaktorn för alla vindriktningar baserat på den uppmätta vindriktningsfrekvensen.

Resultatet indikerar att ett gott vindklimat nås inom området då vindarna generellt sett försvagas jämfört med bakgrundsvinden, framförallt på innegårdar omslutna av bebyggelse (se Figur 12). Den sammanvägda förstärkningsfaktorn indikerar att det är framförallt i området kring den höga bebyggelsen i planområdets nordvästra del, vid Veddestavägen, som ogynnsam förstärkning av vinden är förekommande året runt (se markerat område i Figur 12). För en del vindriktningar sker också en förstärkning av vinden i de smalare gaturummen inom planområdet. Det är framförallt mellan nordvästliga och nordöstliga vindar som ogynnsam förstärkning av vinden sker i gaturummen kring den högre bebyggelsen i planområdets nordliga del (se Figur 4, Figur 5 och Figur 11). Då starka vindar är relativt ovanliga över Stockholmsområdet behöver dock denna förstärkning inte nödvändigtvis upplevas som besvärande. Vid det markerade utsatta området Figur 12, och inom de utsatta gaturummen, kan dock enklare vindskyddade åtgärder, såsom plantering av träd, användas förebyggande för att minska vindförstärkningen.

För de markerade områdena A, B och C i Figur 1, det vill säga torget och den ena förskolan, återfinns ingen direkt ogynnsam vindförstärkning på grund av bebyggelsen, men heller ingen

direkt skyddande effekt. Torget vid punkt A kan upplevas något blåsigt i det sydvästra hörnet vid ogynnsamma förhållanden. För förskolan vid punkt B finns det en viss risk att området runt omkring kan upplevas blåsigt vid ogynnsamma förhållanden. För förskolan vid punkt C är försvagningen av vinden på innegården inte lika stor som på andra innegårdar. I parkområdet söder om planområdet råder överlag gynnsamma förhållanden.

På de två innegårdarna som är markerade med 1 och 2 i Figur 1, och som är förhöjda en våning jämfört med marknivå, sker ingen ogynnsam förstärkning av vinden.

Den vindstatistik som redovisas i sektionen ovan visar att sydvästliga till västliga vindar främst förekommer i samband med höga vindhastigheter. Det blir därmed intressant att studera förstärkningen av vinden för dessa två riktningar. Vid vindar från sydväst (se Figur 9) försvagas generellt vinden inom planområdet, förutom i planområdets ovan nämnda nordvästra del där hög bebyggelse planeras längs Veddestavägen. Vid västliga vindar (se Figur 10) utökas denna förstärkning av vinden till att innefatta ett något större område längs Veddestavägen, samt även några lokala gator i den västra delen av planområdet.

Utvärdering av medianvind och vindkomfortkriterier

Medianvinden inom området (se Figur 13) är generellt ca 1.5 m/s eller lägre vilket gör att i stort sett hela området klarar komfortkravet för ytor ämnade längre uppehåll och stillasittande baserat på årsmedianvinden [7]. Detta gäller med undantag för planområdets nordvästra del där hög bebyggelse planeras längs Veddestavägen. Inom en begränsad yta beräknas medianvinden ligga mellan 1.5 – 2 m/s vilket innebär att detta område inte lämpar sig för ytor planerade för längre uppehåll och stillasittande, t.ex. uteplatser eller lekplatser. Ingen del av planområdet uppvisar en årsmedianvind som överskrider 5 m/s, det vill säga då det finns risk för personskador på grund av dåligt vindklimat.

Figur 14 visar betyg för vindkomfort inom planområdet baserat på kriterierna i Tabell 1. På en övergripande nivå nås bra vindkomfort i hela beräkningsområdet och större delen av planområdet får betyg A, det vill säga att vindhastigheten inte överstiger gränsvinden på 5 m/s under mer än 2,5 % av tiden under ett år (totalt sett ca 9 dygn). Typiska värden ligger under 1 %, vilket ligger i det undre intervallet av betyg A. Motsvarande yta som identifieras ovan för medianvinden klassificeras med betyg B, det vill säga område som lämpar sig för att fotgängare passerar och uppehåller sig kortare stunder, men inte direkt lämpar sig för längre uppehåll och sittplatser. Ingen del av planområdet uppfyller kriteriet för vindfara, det vill säga att en vind på 15 m/s påträffas mer än 0.3 % av timmarna (totalt ca 1 dygn) under ett år.

Slutsatser

En övergripande genomgång av de viktigaste slutsatserna i denna rapport ges nedan:

- I Stockholmsområdet är västliga till sydvästliga vindar vanligast och hårda vindar (>10 m/s) är oftast västliga men påträffas bara under ca 1 % av timmarna under ett år, det vill säga totalt mellan 3 - 4 dygn per år.
- Beräkningarna indikerar att ett gott vindklimat nås inom planområdet då vindarna överlag försvagas jämfört med bakgrundsvinden. Förstärkningen av vinden sker dock i de relativt trånga gaturummen beroende på vindriktning.
- Parker, torg och gemensamma ytor för boende inom planområdet lämpar sig väl för långvarig vistelse. Generellt sett försvagas vinden på de dessa platser jämfört med bakgrundsvinden.

- I stort sett hela området klarar komfortkravet för ytor ämnade för längre uppehåll och stillasittande baserat på årsmedianvinden.
- Vindkomforten i området påverkas positivt av att befintlig vegetation besparas i största möjligt mån, och av trädplanteringar i de nya gaturummen.

Som helhet bedöms inga åtgärder behövas för att förbättra vindkomforten inom planområdet.

Referenser

1. Förslag till detaljplan för Veddesta etapp 1. Järfälla kommun.
2. Franke, J., Sturm, M. och Kalmbach, C. (2012): Validation of OpenFOAM 1.6.x with the German VDI guideline for obstacle resolving micro-scale models. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 104-106, 350-359
3. The COST 732 Best Practice Guideline for CFD simulation of flows in the urban environment: a summary. Franke et al., *Int. J. Environment and Pollution*, Vol 44, 2011.
4. Willemsen, E. och Wisse, J. A. (2007): Design for wind comfort in The Netherlands: Procedures, criteria and open research issues
5. Blocken, B., Janssen, W. D. och Hooff, T van (2012): CFD simulation for pedestrian wind comfort and wind safety in urban areas: General decision framework and case study for the Eindhoven University campus. *Environmental Modelling & Software*, 30, 15-34
6. Davenport, A.G. (1972): An approach to human comfort criteria for environmental wind conditions. CIB/WMO Colloquium Teaching the Teachers, Swedish National Building Research Institute, Stockholm
7. Glaumann, M. och Westerber, U. (1988): Klimatplanering VIND. Statens Institut för Byggnadsforskning. Svensk Byggt

Figurer

Figur 1: Översiktlig bild över planområdet med markering för torgområde (A, och två förskolor (B och C).

Figur 2: Del av beräkningsdomänen sett från öster som visar del av den nya bebyggelsen. Konceptuellt färglagd utifrån beräknade vindlaster.

Figur 3: Vindrosor för uppmätta vindhastigheter i Högdalen i Stockholm under perioden 1989-2017, 51 meter ovan mark. a) Alla årets månader. b) Alla årets månader men endast för kraftiga vindar (> 10 m/s). c) dec-mars, d) mars-maj, e) juni-aug, och f) sep-nov.

Figur 4: Vindens förstärkning (F) vid **nordlig vind (0°)** på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.

Figur 5: Vindens förstärkning (F) vid vind från **nordost (45°)** på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.

Figur 6: Vindens förstärkning (F) vid **östlig vind (90°)** på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.

Figur 7: Vindens förstärkning (F) vid vind från **sydost (135°)** på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.

Figur 8: Vindens förstärkning (F) vid **sydlig vind (180°)** på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.

Figur 9: Vindens förstärkning (F) vid vind från **sydväst (225°)** på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.

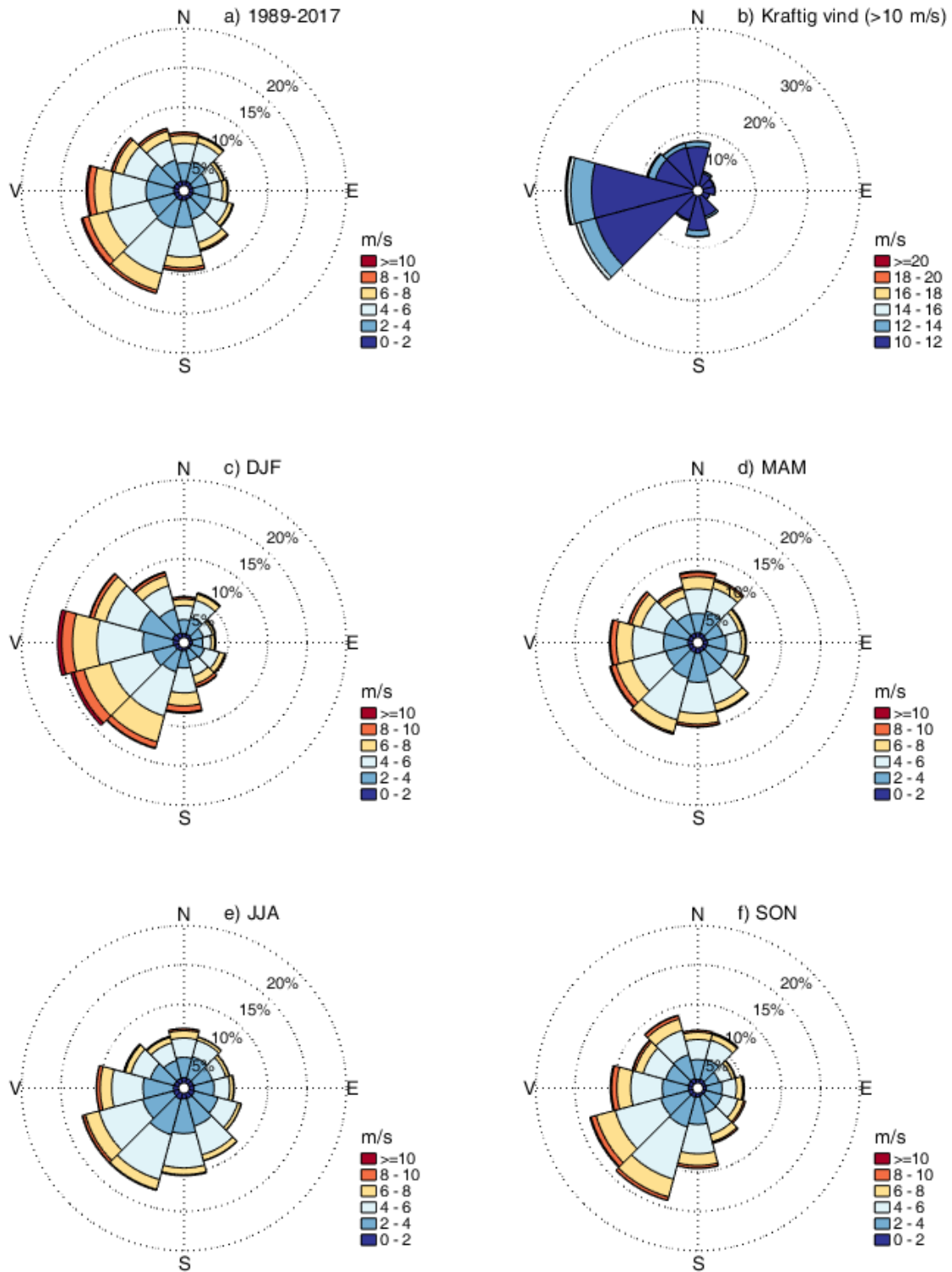
Figur 10: Vindens förstärkning (F) vid **västlig vind (270°)** på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.

Figur 11: Vindens förstärkning (F) vid vind från **nordväst (315°)** på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.

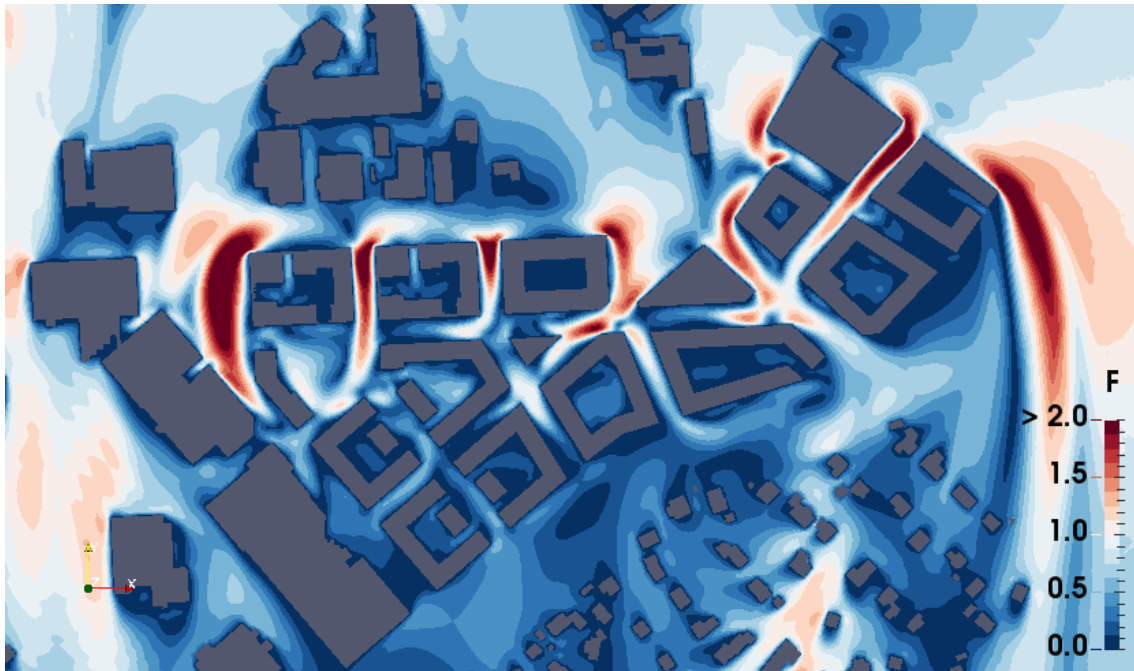
Figur 12: Sammanviktad förstärkningsfaktor för alla vindriktningar baserat på den uppmätta vindriktningsfrekvensen. Streckad ruta markerar område inom vilket ogynnsam förstärkning av vinden riskerar att förekomma året runt. Röda färger innebär att vinden förstärks, och blåa innebär att vinden försvagas.

Figur 13: Medianvind i området på fotgängarnivå två meter ovan mark. Medianvinden är uträknad från alla simulerade vindriktningar i kombination med mätningar.

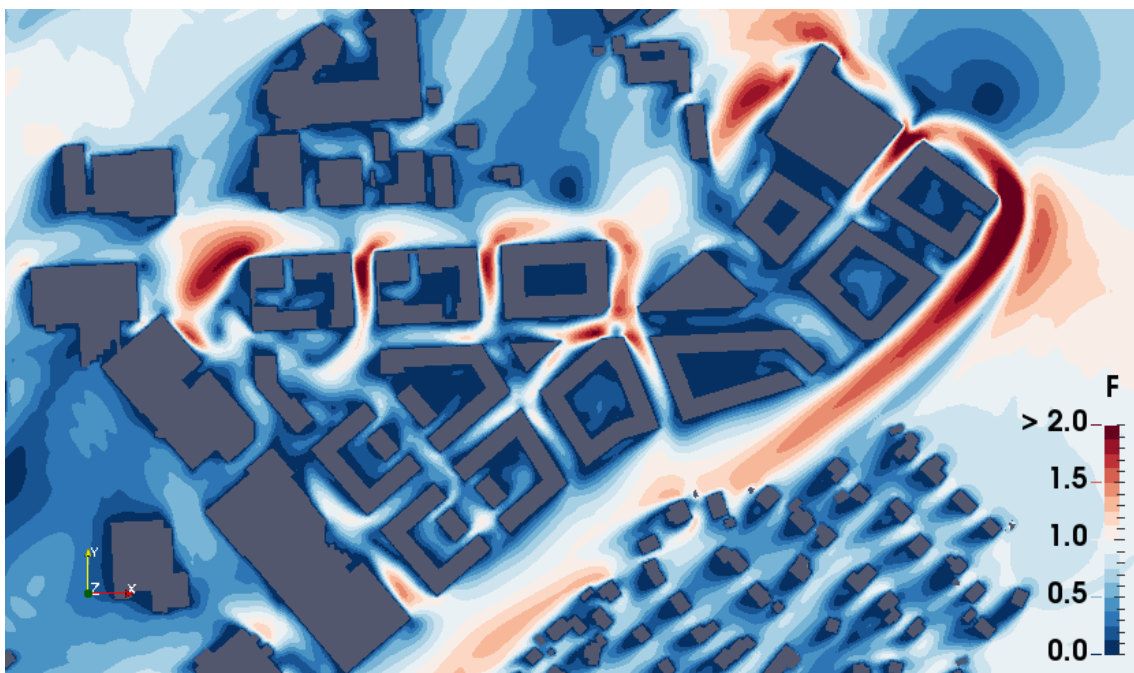
Figur 14: Andel timmar per år med vindhastigheter över 5 m/s. Överlagt färgskalan finns betyg för vindkomfort baserat på kriterierna i Tabell 1.



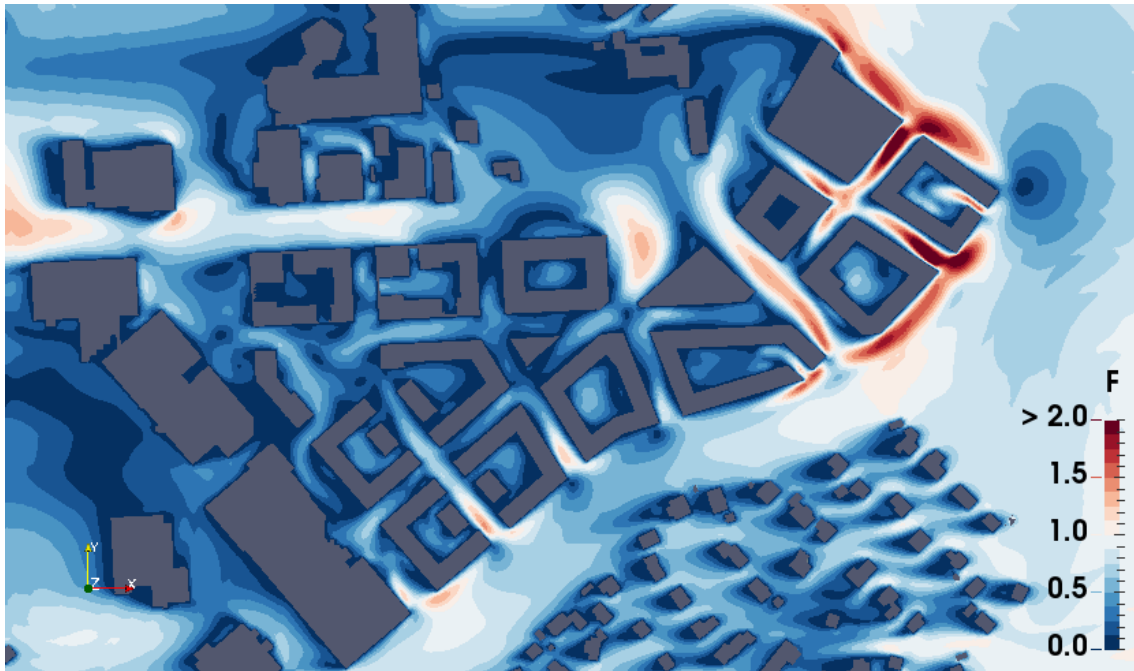
Figur 3: Vindrosor för uppmätta vindhastigheter i Högdalen i Stockholm under perioden 1989-2017, 51 meter ovan mark. a) Alla årets månader. b) Alla årets månader men endast för kraftiga vindar (> 10 m/s). c) dec-mars, d) mars-maj, e) juni-aug, och f) sep-nov.



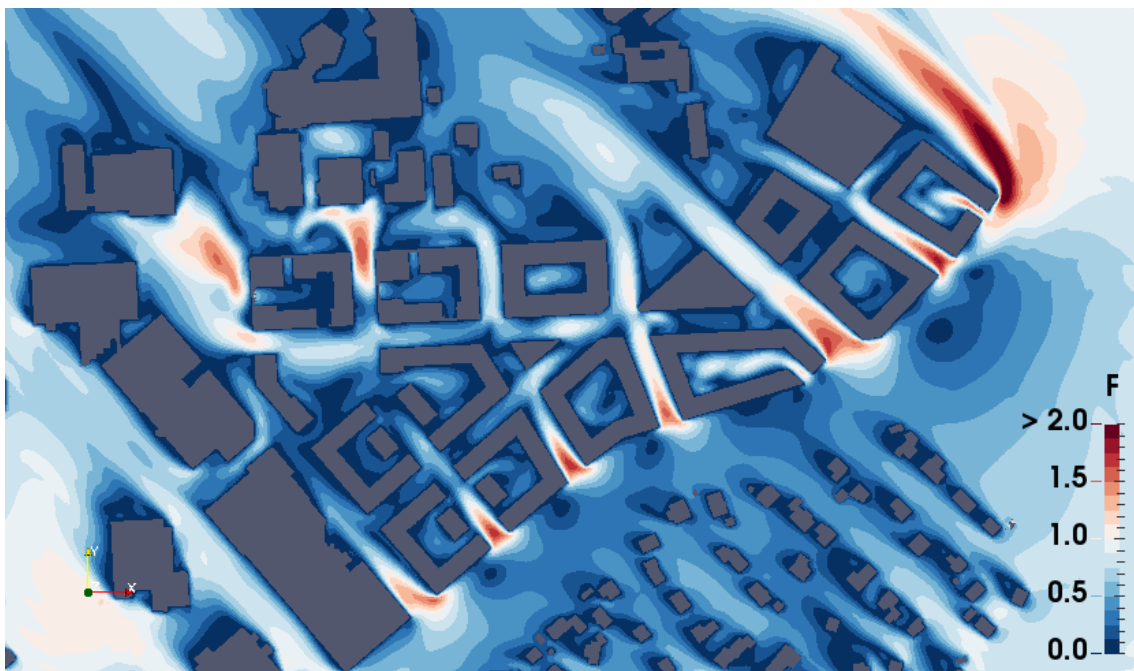
Figur 4: Vindens förstärkning (F) vid **nordlig vind** (0°) på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.



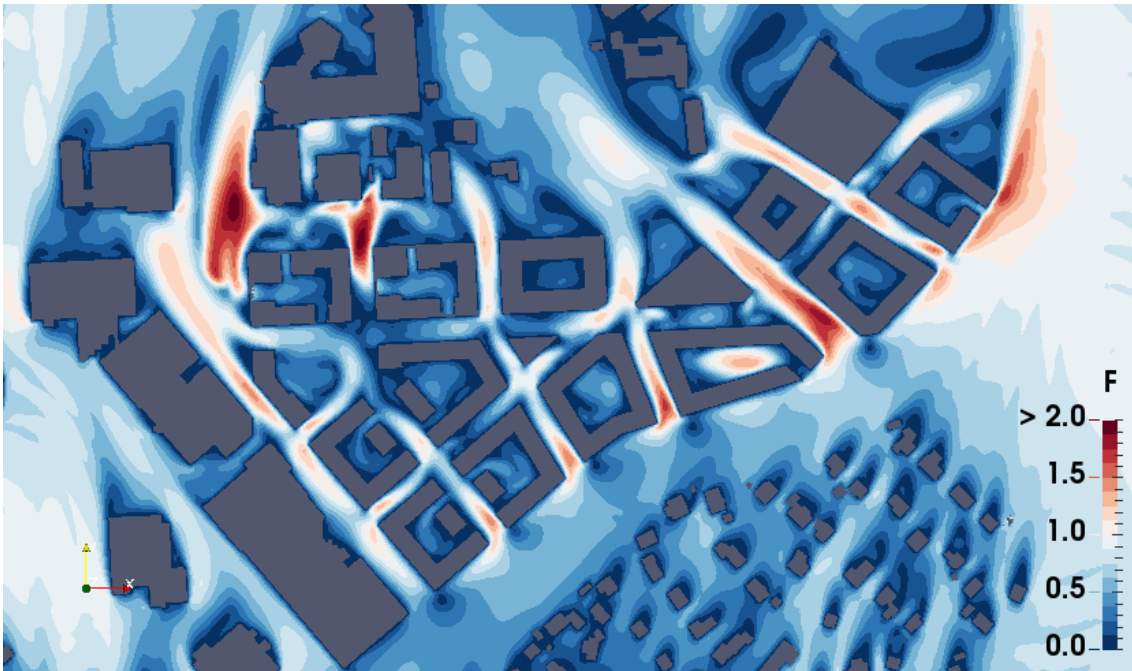
Figur 5: Vindens förstärkning (F) vid vind från **nordost** (45°) på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.



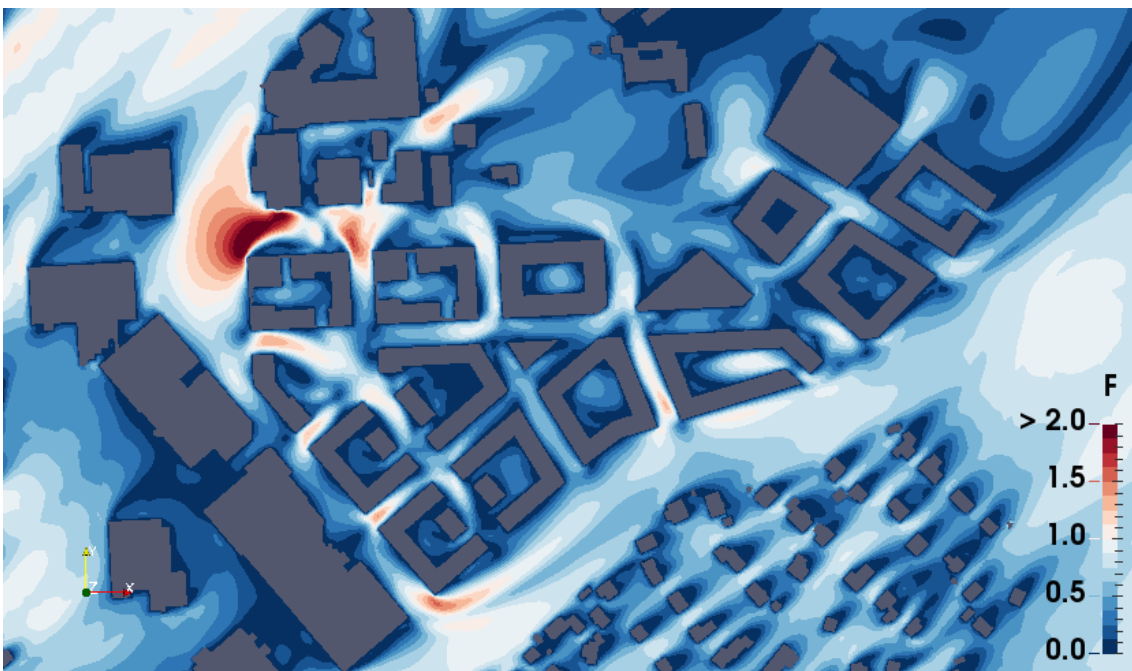
Figur 6: Vindens förstärkning (F) vid östlig vind (90°) på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.



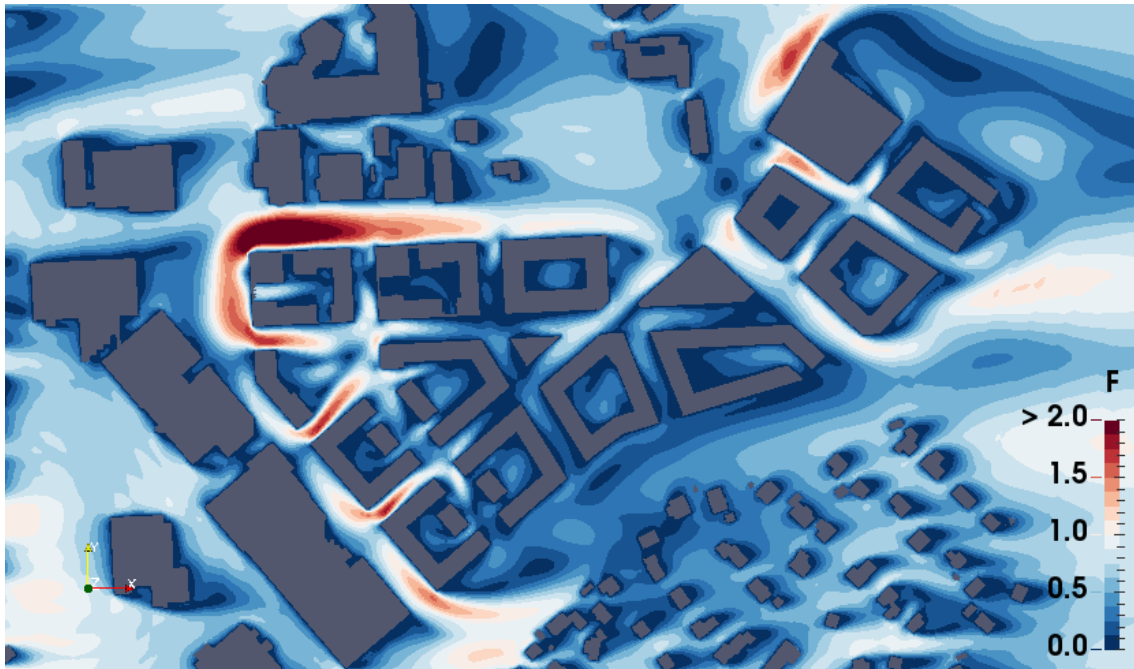
Figur 7: Vindens förstärkning (F) vid vind från sydost (135°) på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.



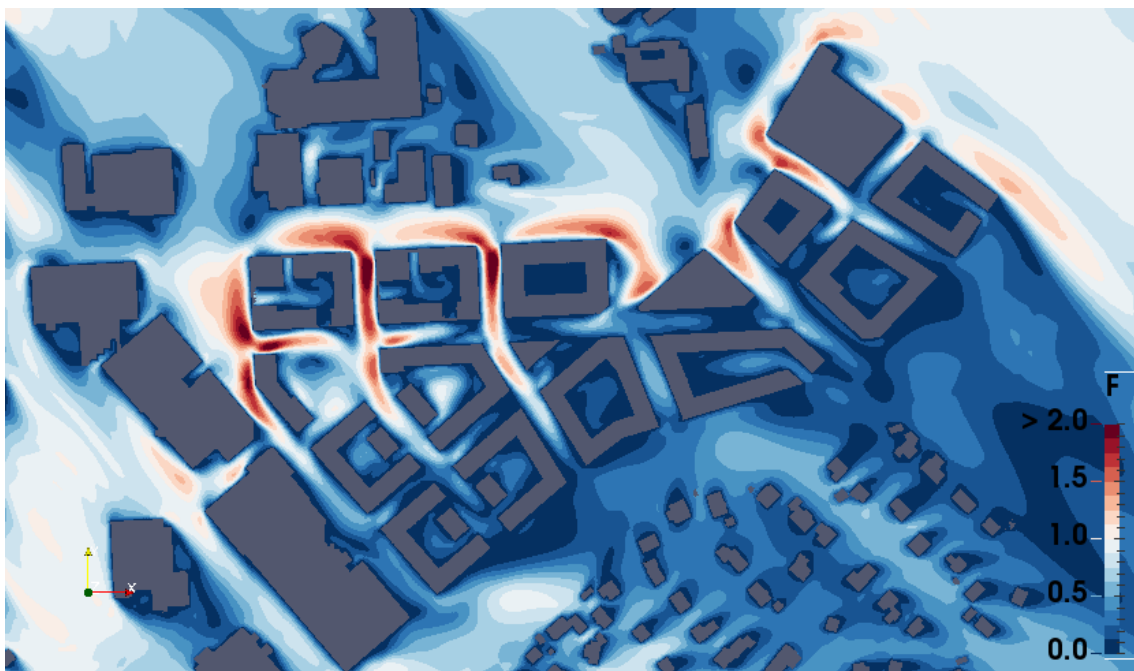
Figur 8: Vindens förstärkning (F) vid **sydlig vind** (180°) på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.



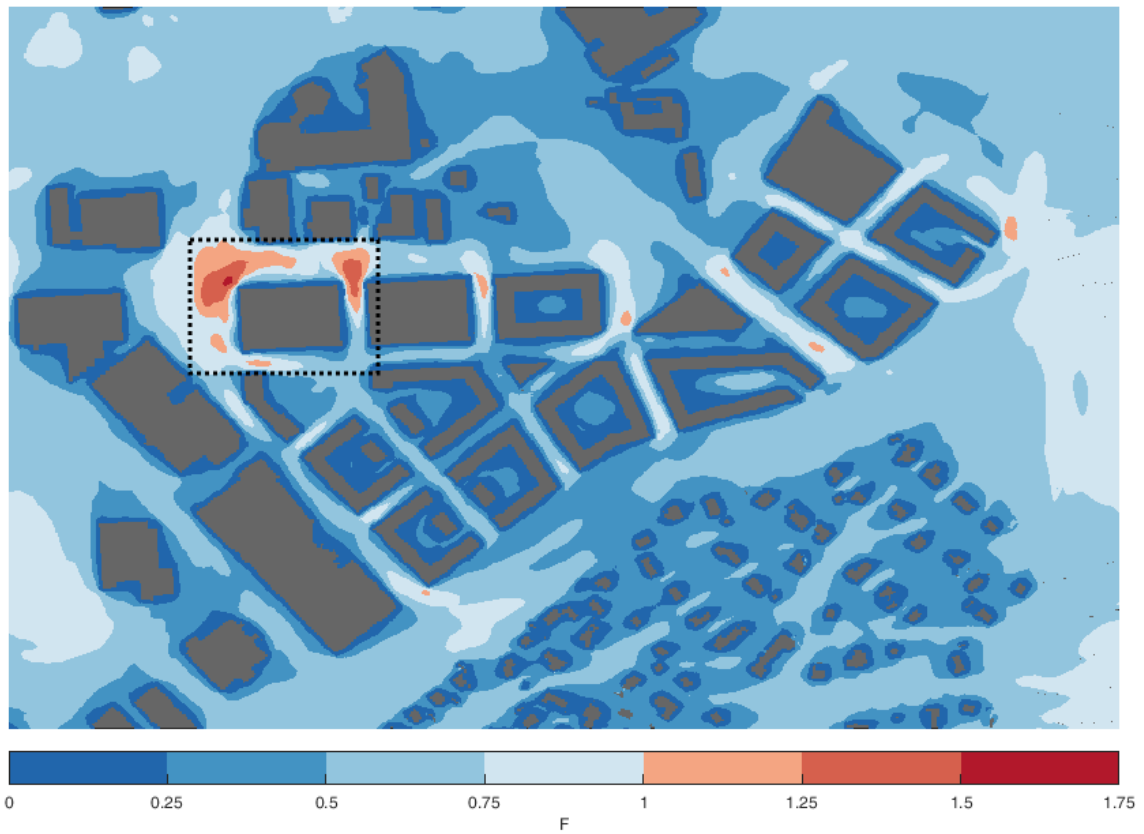
Figur 9: Vindens förstärkning (F) vid vind från **sydväst** (225°) på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.



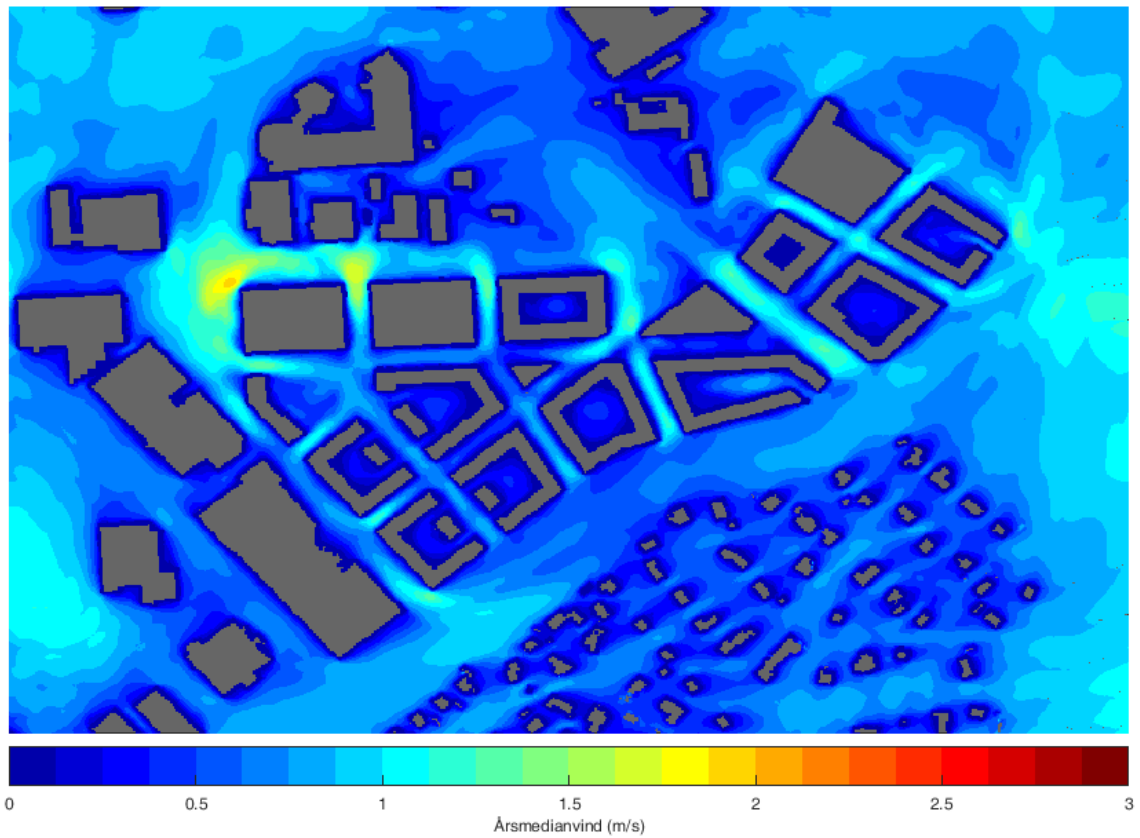
Figur 10: Vindens förstärkning (F) vid västlig vind (270°) på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.



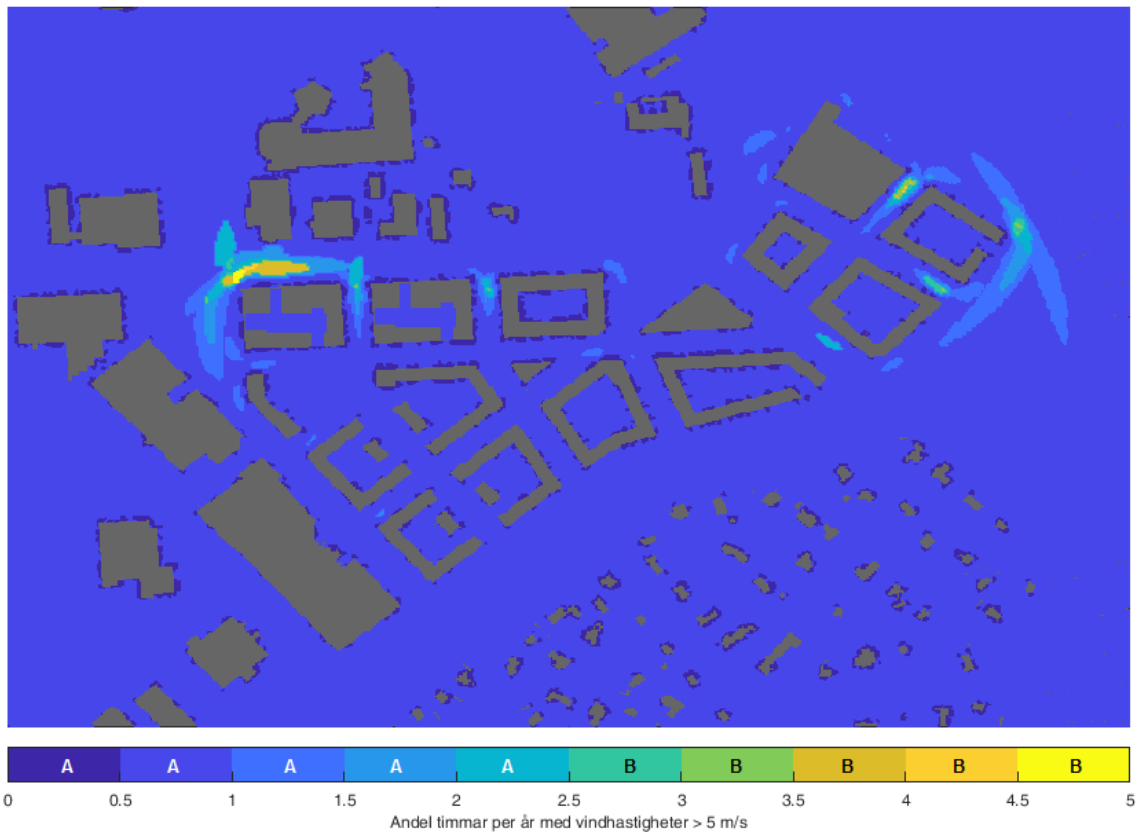
Figur 11: Vindens förstärkning (F) vid vind från nordväst (315°) på fotgängarnivå två meter ovan mark. Faktorn anger förstärkning relativt bakgrundsvinden på samma nivå.



Figur 12: Sammanviktad förstärkningsfaktor för alla vindriktningar baserat på den uppmätta vindriktningsfrekvensen. Streckad ruta markerar område inom vilket ogynnsam förstärkning av vinden riskerar att förekomma året runt. Röda färger innebär att vinden förstärks, och blåa innebär att vinden försvagas.



Figur 13: Medianvind i området på fotgängarnivå två meter ovan mark. Medianvinden är uträknad från alla simulerade vindriktningar i kombination med mätningar.



Figur 14: Andel timmar per år med vindhastigheter över 5 m/s. Överlagt färgskalan finns betyg för vindkomfort baserat på kriterierna i Tabell 1.