



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Energiförluster genom vind

Bedömning av tre förslag till stadsplan
för Bulltoftaområdet i Malmö

Jan O Mattsson
Jonas Åkerman

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-2448
Plac	ser

K/
Rind

R176:1980

ENERGIFÖRLUSTER GENOM VIND

Bedömning av tre förslag till
stadsplan för Bulltoftaområdet
i Malmö.

Jan O Mattsson
Jonas Åkerman

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790356-0 från Statens råd för byggnadsforskning
till Stadsbyggnadskontoret, Malmö kommun.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskare sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R176:1980

ISBN 91-540-3426-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 059360

INNEHÅLL

	FÖRORD	6
	SAMMANFATTNING	7
1	INLEDNING	9
2	KLIMATASPEKTER PÅ VÄRMEBALANSEN I BEBYGGELSE	10
2.1	Några av värmebalansens viktigare komponenter	12
2.1.1	Instrålning genom fönstren	12
2.1.2	Den antropogena värmeförlusten inom byggnaden	12
2.1.3	Värmeförlusterna till följd av bortledning genom väggar, tak och golv och avsiktlig och oavsiktlig ventilation	13
2.1.4	Teoretisk modell för luftläckning	16
2.2	Värmebalansen	19
2.3	Bedömning av klimatinflytandet på värmeeconomien hos ett småhus i Skåne	20
3	VINDKLIMAT OCH KOMFORT	21
4	PLANOMRÅDETS LOKALISERING, MARK- FÖRHÅLLANDEN OCH OMGIVNINGAR	26
5	KLIMATET I REGIONEN	28
6	VINDSTATISTIK FÖR PLANOMRÅDET OCH VÄRDERING AV VINDRIKTNINGAR UR KOMFORT- OCH ENERGIFÖRBRUKNINGS- SYNPUNKT	32
6.1	Vindhastighetsfrekvens	33
6.2	Vindriktningsfrekvens	35
6.3	Samvariation vindriktning - vind- hastighet och nederbörd - vind	35
6.4	Samvariation vindhastighet - luft- temperatur och vindriktning - lufttemperatur	41
6.5	Värdering av vindriktningar	42
7	LOKALT INFLYTANDE PÅ VINDKLIMATET	52
8	PLANFÖRSLAGEN	53
8.1	Förslag av Fritz Jaenecke arkitekt- grupp AB	53
8.2	Förslag av AB Vattenbyggnadsbyrån, regionalkontoret för södra Sverige	55
8.3	Förslag av White arkitekter i Malmö AB	55

9	ENKEL BEDÖMNING AV PLANFÖRSLAGEN MED HÄNSYN TILL OGYNNSAMMA OCH GYNNSAMMA VINDRIKTNINGAR M.M. - RESULTAT AV EN MORFOMETRISK ANALYS	58
9.1	Metodik	58
9.2	Beräkningar	60
9.2.1	Bebyggelsetäthet	60
9.2.2	Bebyggelsens yt - volym - för- hållande	60
9.2.3	Bebyggelsens orientering och höjd (vindexponering)	64
9.3	Bedömning	66
10	BEDÖMNING AV PLANFÖRSLAGEN MED HÄNSYN TILL VINDBETINGAD ENERGI- FÖRBRUKNING - RESULTAT AV BERÄK- NINGAR MED EN TEORETISK MODELL . .	70
10.1	Husens ventilationssystem	71
10.2	Husens täthetsförhållanden	71
10.3	Vind- och temperaturförhållandena	71
10.4	Formfaktorerna	72
10.5	Resultat	74
10.6	Diskussion	76
11	BEDÖMNING AV PLANFÖRSLAGEN MED HÄNSYN TILL FÖREKOMST AV EXTREMA VINDMILJÖER - RESULTAT AV VIND- FÄLTUPPSKATTNINGAR OCH ENKLA STRÖMNINGSFÖRSÖK	77
11.1	Allmänt om lokala vindanomalier i bebyggda områden	77
11.1.1	Barriäreffekt	82
11.1.2	Tratteffekt	83
11.1.3	Utjämningsseffekt	84
11.1.4	Korridoreffekt	84
11.1.5	Vinkeleffekt	84
11.1.6	Effekt av hög byggnad med lägre byggnad i lovart	85
11.2	Bedömning av planförslagen med hänsyn till ur energiförbruk- nings- och komfortsynpunkt före- kommande lokala vindanomalier . .	87
11.2.1	Bedömd förekomst av lokala vind- anomalier	87
11.2.2	Enkla modellförsök	88
11.2.3	Vindfältuppskattningar	90
11.3	Vindfält och tidigare bedömningar	98

11.4	Hänsynstagande till föreslagen vegetation	100
12	AVSLUTNING	102
	LITTERATUR	104

FÖRORD

Stadsbyggnadskontoret i Malmö kommun och Sydvästra Skånes Kommunalförbund har av Statens råd för byggnadsforskning beviljats anslag för att genomföra ett projekt betitlat "Energifrågor i stadsbyggandet med exempel från malmöregionen". Ledare för detta projekt är stadsbyggnadsdirektör Arne Källsbo, Malmö kommun och kanslichef Philip Moding, Sydvästra Skånes Kommunalförbund. Under titeln för projektet har mindre delprojekt framtagits. Ett sådant är "Vindklimatbedömning i planerad stadsbebyggelse" och avser tre tävlingsförslag till ett planerat stadsområde på västra delen av Bulltoftafältet i Malmö kommun. Detta delprojekt redovisas i denna rapport. Författarna är verksamma vid Naturgeografiska institutionen, Lunds universitet.

SAMMANFATTNING

Kraftigt höjda energikostnader motiverar sparåtgärder av olika slag. Inom byggnadssektorn har under senare tid intresset stegrats för de möjligheter till energibesparing som ges av ett ökat hänsynstagande till vindklimatet vid utformning och lokalisering av bebyggelse. Stadsbyggnadskontoret i Malmö kommun har av BFR beviljats anslag för projektet "Energifrågor i stadsbyggnad med exempel från malmöregionen". Under titeln för detta projekt har framtagits ett antal mindre projekt, av vilka "Vindklimatbedömning i planerad stadsbebyggelse" är ett. Rapporten redovisar detta delprojekt, som mera preciserat avser bedömning av tre förslag till stadsplan för Bulltofta-området i Malmö.

En svårighet med bedömningar av detta slag är att vi saknar grundkunskap om energiförbrukningen genom vind i den komplexa miljö som stadsbebyggelse som regel utgör. Detta beror främst på att det nödvändiga vinddataunderlaget för bestämning av luftläckningen i sådan bebyggelse knappast kan tas fram utan mycket omständliga och dyrbara vindtunnelprov. I områden med stadsbebyggelse samverkar vinden också med andra urbanklimatiska element, t. ex. lufttemperaturen och solstrålningen, vilket ytterligare försvårar en uppskattning av dess effekt på energiförbrukningen. Av dessa skäl måste bedömningen av planförslagen inom delprojektet göras ganska enkel och grov. Det stod från början klart, att bedömningen i bästa fall endast skulle kunna resultera i en ranking av förslagen med hänsyn till deras anpassning till vindklimatet ur energiförbrukningssynpunkt.

Rapporten ger inledningsvis några allmänna aspekter på värmebalansen i bebyggelse och beskriver härvid också kortfattat en av P. O. Nylund konstruerad teoretisk modell för bestämning av önskad ventilation i byggnader. I ett av inledningskapitlen berörs också vindklimatet ur komfortsynpunkt.

Efter korta beskrivningar av planområdets lokalisering, markförhållanden och omgivningar och av klimatet i regionen följer en mera omfattande analys av tillgänglig vindstatistik (Malmö flygplats Bulltofta) för planområdet och en värdering av vindriktningarna ur komfort- och energiförbrukningssynpunkt. De vindriktningsegenheter som härvid ansetts vara av betydelse är vindhastighet, lufttemperatur och vindriktningsfrekvens. Analyserna visade att den under året ur komfortsynpunkt mest besvärande vindriktningen i Bulltofta är E följt av W och NE. Gynnsammaste vindriktningen är S. Också ur energiförbrukningssynpunkt är E ogynnsammast men följs nu av SE och W. De minst energikrävande vindriktningarna är NW, N och S.

Planförslagen beskrivs kortfattat i ett särskilt kapitel. Efter detta följer den del av rapporten som redo-

visar själva bedömningarna av förslagen med hänsyn till anpassning till energikrävande vindar. Det första av här ingående kapitel avser en urbanmorfometrisk analys av förslagen. Med hänsyn till vindförhållandena i området får det anses vara en fördel ur energiförbrukningssynpunkt, om den planerade bebyggelsen har så liten sammantagen yta som möjligt exponerad för vindar från E, SE och W och så stor sammantagen yta som möjligt exponerad åt S. Den sydexponerade ytan bör dessutom i så stor utsträckning som möjligt vara tillgänglig för sol under eldningssäsongen. Dessa önskemål bör dock vägas mot önskvärdheten av att kvoten av bebyggelsens sammantagna yta och dess sammantagna volym görs liten, då energiavgivandet till omgivningen härigenom minskas. Ur vindbetingad energiförbrukningssynpunkt är det vidare en fördel, om bebyggelsen görs tät och förhållandevis låg. De tre planförslagen har analyserats och jämförts med hänsyn till dessa önskvärda egenskaper hos bebyggelsen. Avsnittet utmynnar i en grov värdering av förslagen avseende deras anpassning till energikrävande vindar baserad på denna urbanmorfologiska analys.

I kapitlet därefter appliceras Nylunds teoretiska modell för bestämning av önskad ventilation på de tre planförslagen. Modellen går ut på att analysera ett läckande system (byggnadshöljets otäta ytor) som exponeras för ett kraftsystem (vindkrafter, termik och fläktkrafter) och att uppställa en flödesbalans, där luftflöden in = luftflöden ut. Också om resultatet av beräkningarna är osäkert beroende på de förenklande antaganden och begränsningar som måste göras inför dessa, är det av intresse att konstatera, att resultatet ej emotsäger den morfometriska värderingen.

Vid en noggrannare analys av luftläckning enligt ovan måste man beakta bl. a. husgrupperingens inverkan på strömnings- och vindtrycksfördelningen. Härtill krävs mycket detaljerade studier av bebyggelsens inverkan på luftens strömning för respektive planförslag, studier vilka knappast kan göras utan omfattande vindtunnelförsök. Det har inte varit avsikten att genomföra en sådan analys. Trots detta har planförslagen också bedömts med hänsyn till förekomsten av extrema vindmiljöer, som kan ha betydelse ur energihushållningssynpunkt. Detta har gjorts dels med hjälp av beskrivningar i litteraturen av villkoren för uppkomsten av sådana lokala vindanomalier i bebyggda områden, dels med enkla strömningsförsök. Resultatet av dessa bedömningar redovisas i slutkapitlet, som också analyserar effekterna av föreslagen vegetation. Den tidigare rankingen av planförslagen består också efter dessa bedömningar.

I rapportens avslutning ges bl. a. några allmänna synpunkter på hur en energisnål stadsplan bör vara utformad i den aktuella regionen.

1 INLEDNING

Kraftigt ökade energikostnader motiverar sparåtgärder av olika slag. Inom byggnadssektorn har man hittills koncentrerat sådana åtgärder till huskonstruktionen (isolering etc.) och till husens orientering och utformning med hänsyn till instrålningsförhållandena. Mindre vikt har lagts vid huskropparnas läge i förhållande till energikrävande vindar.

Vinden i bebyggda områden har hittills studerats främst vad avser dess betydelse för komfort, belastning av konstruktioner och spridning av föroreningar. Vår kunskap om dess effekt på energiförbrukningen i exempelvis ett stadsplanerat område är därför ej så omfattande. Att vinden har betydelse i sammanhanget är dock oomtvistat. Detta motiverar ökade insatser av forskning rörande dels hur vinden inverkar på energiförbrukningen i den enskilda byggnaden och framför allt i stadsbebyggelsen som helhet, dels hur stadsplanen bör anpassas för att minska den vindbetingade energiförbrukningen utan att försämrats ur annan synpunkt. Dessa uppgifter kräver betydande forskningsinsatser och är till stor del avhängiga varandra.

Det uppdrag som redovisas i denna rapport avser bedömning av tre tävlingsförslag till stadsplan med hänsyn till bebyggelsens passiva vindverkan. I enlighet med uppdraget skall bedömningen härvid i första hand beakta vindarna ur energiförbrukningssynpunkt, också om komforthänsyn bör tas. En svårighet med bedömningar av detta slag är alltså bristen på fundamental kunskap om energiförbrukning genom vind i den komplexa miljö som stadsbebyggelse utgör. Huskroppar och andra hinder orsakar vindförstärkningar, läeffekter och andra strömningsanomalier, som i sig kan vara svåra att fastställa och vilkas effekt på energiförbrukningen är ytterst svårbedömd. I stadsområdet samverkar vinden också med andra urbanklimatiska element, t. ex. lufttemperaturen, vilket ytterligare försvårar en uppskattning av dess effekt på energiförbrukningen. Av dessa skäl stod det från början klart, att bedömningen av planförslagen måste bli synnerligen förenklad och grov och i bästa fall endast resultera i en gradering av förslagen med hänsyn till deras anpassning till vindklimatet ur energiförbrukningssynpunkt. Trots dessa inskränkningar ansågs uppgiften ha ett visst intresse, därigenom att den innebär ett beaktande av vinden som energiförbrukare i stadslandskapet och av de problem som förekommer vid en bedömning härav.

Att bedöma stadsplaneförslag ur vindklimatsynpunkt och också med hänsyn till andra "energikrävande" klimatparametrar såsom solstrålningsavskärmning och frekvens och styrka i utbildningen av kallluftsjöar borde bli en normal rutin i planeringsarbetet. Sålunda borde, innan ett stadsplaneförslag fastställs, alternativa lösningar studeras vad avser vindförhållandena och andra lokalklimatiska element.

Energibalansen hos en byggnad med sin inneslutna luftvolym kan i enlighet med Oke (1978) skrivas

$$Q_S + Q_A = Q_H + Q_E + Q_M + \Delta Q_F \quad \text{W/m}^2 \quad (2.1)$$

där Q_S är totala strålningsbalansen (alla våglängder) för byggnadens utsida, Q_A totala antropogena värmeförseln inom byggnaden, Q_H och Q_E utbytet av sensibelt respektive latent värme med ytterluften, Q_M värmeledningen mellan byggnaden och underliggande mark och ΔQ_F nettoförändringen av värmeinnehållet i byggnadsmaterialet och den inneslutna luften.

De kortvägiga strålningsinkomsterna (direkt solstrålning, diffus strålning och reflekterad strålning) varierar kraftigt mellan husets olika ytor beroende på dessas skiftande orientering. Byggnadens geometri, breddgraden och tiden på dygnet och året är här av betydelse. Strålningsinkomsterna påverkas också av byggnadsmaterialets albedo och av fönsternas placering och ytstorlek. Särskilt de senare spelar en stor roll i sammanhanget. Genom fönsterna kan nämligen betydande strålningsmängder tillföras husets inre delar. Strålningsstillskottet genom fönstren är självfallet starkt beroende av husets orientering och fönsternas storlek och fördelning liksom av beskuggningen från omgivande topografi, vegetation och bebyggelse. Väsentligt för den reflekterade strålningen är förekomsten av ett ostört snötäcke.

På grund av att en byggnad som regel är varmare än omgivningen, är dess strålningsbalans under natten vanligen negativ, dvs avgiven värmestrålning från byggnaden överstiger tillförd värmestrålning från omgivningen. Strålningsförlusterna under natten äger väsentligen rum från hustaket.

Den antropogena värmeförseln inom byggnaden är dels tillförseln genom dess värmesystem (oljepanna, elektrisk uppvärmning, fjärrvärme etc.), dels energitransporten i samband med olika aktiviteter etc. (matlagning, belysning, hushållsapparater, de boendes ämnesomsättning). Den totala mängd energi som åtgår, för att komfortabla boendeförhållanden skall upprätthållas i byggnaden under en eldningssäsong, är starkt avhängig temperaturförhållandena i luften utanför huset.

Den konvektiva transporten av sensibelt värme från husets utsida beror i hög grad på vindhastigheten och skillnaden mellan husets och den omgivande luftens temperatur. Vinden påverkar både tjockleken av det lami-nära gränsskiktet intill huset och turbulensintensiteten kring byggnaden (Oke, 1978, Mattsson, 1979). Vid svag vind är gränsskiktet i fråga ett tiotal mm tjockt och turbulensen ringa, vilket vid en given temperaturskillnad hus -- omgivande luft ger relativt ringa vär-

meförluster. Kraftig vind tunnar däremot ut det laminära gränsskiktet till en mäktighet understigande 1 mm, vilket kraftigt minskar dess isolerande förmåga (Oke, 1978). Dessutom ökar turbulensen med vindhastigheten, särskilt i det ojämna bebyggelselandskapet, vilket bidrar till ökade värmeförluster från huset vid blåsigt väder. Detta förutsätter dock att husets totala yta i genomsnitt är varmare än den omgivande luften, vilket som regel är fallet. Enskilda ytor kan dock temporärt bli kallare än den ytnära luften på utsidan. Under klara nätter kan sålunda vissa hustak anta en lägre temperatur än luften över taken.

Sensibelt värme avges från huset genom ledning i väggar, fönster, golv och tak och genom avsiktlig och oavsiktlig ventilation genom fläktsystem, skorstenar, fönster, dörrar etc. Oavsiktlig ventilation genom otätheter i byggnader är speciellt besvärande i vårt kyliga klimat. Den accentueras vid byig vind, då högfrekventa och kraftiga, ventilationsdrivande tryckskillnader kan uppstå.

Värmeförluster i samband med avdunstning (avgivande av latent värme från byggnaden) är som regel avsevärt mindre än förlusterna av sensibelt värme, men kan tillfälligtvis ha betydelse såsom i samband med regn.

Värmetransporten till eller från underlaget, slutligen, är avhängig husets värmeegenskaper och kontakt med underlaget samt temperaturskillnaden mellan huset och marken. Den senare faktorn är bl. a. starkt beroende av årstiden.

Forskning rörande inverkan av olika klimatement på byggnaders värmebalans inklusive bl. a. värmeförlusterna från byggnaderna till följd av vindexponering har hittills koncentrerats till enstaka hus, som regel småhus. På grund av problemets komplexa natur har man ännu inte vunnit lika påtagliga resultat av sådana studier i fråga om grupperad högre bebyggelse såsom i stadsplanerade områden. Detta gäller i synnerhet inflytandet av vindklimatet. Följande litteraturöversikt, som vad avser avsnitten 2.1-2.3 (utom 2.1.4) till stora delar baseras på en utredning av Björn Holmer, Bergab Berggeologiska Undersökningar AB i Göteborg (utredningen gjord under ledning av docent Sven Lindqvist, Bergab), koncentreras därför till klimataspekter på värmebalansen i enstaka, friliggande hus.

Undersökningar av värmebalansen i småhus har i vårt land utförts vid Institutionen för byggnadsteknik, KTH (professor Höglund), Institutionen för byggnadskonstruktion, CTH (professor Kärrholm) och Institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH (professor Adamson). Vid den förstnämnda institutionen har gjorts omfattande empiriska studier av flera småhustyper. CTH-institutionen har utfört empiriska studier av i första hand ventilationen i Modulenthuss men har även teoretiserat över ventilationens orsaker. LTH-institutionen, slutligen, har varit särskilt inriktad på teoretiska beräkningar men har också gjort praktiska prov. Docent

Nylund vid Tyréns Företagsgrupp AB har utformat en teoretisk modell för beräkning av en byggnads luftväxling med omgivningen.

2.1 Några av värmebalansens viktigare komponenter

2.1.1 Instrålning genom fönstren

Tabeller över instrålningen från solen genom 2-glasfönster finns i Klimatdata för Sverige (Taesler, 1972), som också redovisar instrålningen mot en horisontell yta. Värdena avser klara dagar. För fönster med sydlig orientering inträffar instrålningsmaximum under vår och höst på grund av de då jämfört med under sommaren lägre solstånden. Under vintern är värdena lägre på grund av den korta dagslängden. För fönster med annan orientering inträffar instrålningsmaximum under sommaren.

Elmroth & Höglund (1973) har gjort omfattande mätningar (strålningsmätare) av instrålningen mot fönsterförsedda väggar. Bäckberg & al. (1977) vid Institutionen för byggnadskonstruktion, CTH, utnyttjade en enklare metod, vid vilken mätningar gjordes med en horisontellt placerad strålningsmätare. Man jämförde värdena från de senare mätningarna med de teoretiska värden som i Klimatdata för Sverige anges för klara dagar. Följande samband erhöles:

$$Q_{in} = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot Q_3 \cdot A \quad (2.2)$$

där Q_{in} är solinstrålningen genom tvåglasfönster, Q_1 den strålning som träffar en horisontell yta (mätes), Q_2 den strålning som träffar en horisontell yta en klar dag, Q_3 den strålning som transmitteras genom tvåglasfönster en klar dag och A fönsterarean.

Fönsterarean måste reduceras för skuggeffekter. Det är också nödvändigt att ta hänsyn till molnighetens normala dygns- och årsvariationer.

CTH-institutionen har för ett Modulenthus av typen Fagerhult beräknat att bästa husorientering under uppvärmningssäsongen i Göteborg gav 3770 kWh och sämsta endast 1740 kWh.

2.1.2 Den antropogena värmeförseln inom byggnaden

Munther (1974) har i en studie uppskattat att värmewattenenergin i ett småhus utgjorde 5000 kWh per år och driften av hushållsapparater motsvarade 3500 kWh per år. Härav åtgick per år för uppvärmning 1500 kWh respektive 2500 kWh. Till detta kom 1500 kWh från de personer som vistades i huset. Den antropogena värmeförseln inom byggnaden utgjorde alltså i detta fall 5500 kWh per år.

2.1.3 Värmeförlusterna till följd av bortledning genom väggar, tak och golv och avsiktlig och oavsiktlig ventilation

Värme som genom byggnadsskalet leds ut mot husets utsida avges härifrån genom strålning, konvektion och ledning. Värmet tas upp av marken och luften. Värmeförlusterna till luften påverkas bl. a. av temperaturskillnaderna mellan husväggarnas in- och utsidor. För småhus, som normalt har relativt liten värmekapacitet, kan dessa förluster variera kraftigt med vädret.

Värmetransporten genom byggnadsmaterialet kan mätas med värmeflödesmätare. Förekomst av köldbryggor vid regler och liknande kan medföra särskilda problem vid uppskattningen av den totala värmetransporten. Det är också möjligt att vid beräkningarna av transporten utnyttja värmegenomgångstalen för de enskilda byggnadsdelarna och sedan väga samman ett totalvärde för värmetransporten.

Elmroth & Höglund (1973) har mätt värmeflödet i ett välbyggt regelhus med god isolering och därvid funnit följande linjära samband mellan värmeförlusterna per dygn till följd av bortledning, W_T dygn¹ och månadsmedeltemperaturen, \bar{t} :

$$W_T \text{ dygn} = 56,12 - 2,26 \cdot \bar{t} \quad (2.3)$$

Institutionen för byggnadskonstruktion, CTH, har beräknat värmeförlusterna genom bortledning för några olika typer av Modulenthus (tabell 2.1).

Tabell 2.1. Värmeförluster genom bortledning för tre typer av Modulenthus (I - III). Beräkningar utförda vid Institutionen för byggnadskonstruktion, CTH.

Hustyp	Innesluten volym, m ³	Bortledning, W/°C	W/°C m ³
I	430	142,3	0,33
II	535	215,5	0,40
III	321	143,0	0,45

En motsvarande beräkning av värmebortledningen i det av Elmroth & Höglund studerade regelhuset ger värdena angivna i tabell 2.2.

Tabell 2.2. Värmeförluster genom bortledning för ett regelhus.

Innesluten volym, m ³	Bortledning, W/°C	W/°C m ³
240	106	0,44

Skillnaderna mellan de olika hustyperna orsakas av husens storlek, fönsternas storlek och placering och den omslutande byggnadsytan i förhållande till den inneslutna volymen. Den senare faktorn är beroende av husets form.

För Skåne räknas eldningssäsongen mellan 27 september och 8 maj och motsvarar 90 000 gradtimmar ($^{\circ}\text{Ch}$).¹⁾ (I Malmö är antalet gradtimmar normalt lägre, ca 72 000.) Medeltemperaturen under eldningssäsongen är i detta exempel + 3,3 $^{\circ}\text{C}$ och dimensionerande innetemperatur + 20 $^{\circ}\text{C}$. Ett topografiskt läge som ger 1 $^{\circ}\text{C}$ lägre medeltemperatur medför i Skåne 6 % högre energiförlust genom ökad bortledning, förutsatt att eldningssäsongen ej antas förlängd.

För ett hus i Skåne med 400 m^3 volym och med en värmeförlust genom bortledning av 0,45 $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ m^3 blir energiförlusterna per eldningssäsong $400 \cdot 0,45 \cdot 90\,000 \cdot 10^{-3} = 16\,200$ kWh. För ett topografiskt läge som innebär 1 $^{\circ}\text{C}$ lägre temperatur ökar energiförlusterna genom bortledning till ca 17 200 kWh per eldningssäsong.

Värmeavgivandet från ett hus genom ventilation påverkas av vindens hastighet och riktning i förhållande till huset, skillnaderna mellan temperaturen hos luften inne i huset och hos utomhusluften samt graden och fördelningen av otätheter (Handa & al., 1979, Kärrholm & al., 1976).

Vinden ger övertryck på husets lovartsida och undertryck på läsidan. Storleken av trycken är en produkt av det dynamiska trycket i den fritt blåsande vinden och formfaktorer som bestäms av hindrets form och storlek och av ytornas orientering i förhållande till vindriktningen. Luftläckningen genom byggnadshöljet beror av tryckskillnader mellan höljets ut- och insida. Dessa tryckskillnader ökar i storlek och frekvens med vindhastigheten, vilket också ökar ventilationen och alltså värmeavgivandet genom denna. Ventilationens vindberoende framträder mer eller mindre tydligt beroende på var vinden mäts. Görs mätningarna nära bebyggelsen i störd miljö, kan sambandet synas mycket svagt. Mäts vindhastigheten däremot på en närbelägen öppen yta, är vindsambandet tydligare (Gustén & Johansson, 1978), och görs mätningarna strax över hustaket, är sambandet påtagligt (Elmroth & Höglund, 1973, och Coblentz & Aschenbach, 1963).

1) Graddagar och gradtimmar används ofta som grund för uppskattningar av värmeförluster under eldningssäsongen. Från en lämplig representativ innetemperatur subtraheras uteluftens dygnsmedeltemperatur. Genom summering av dessa temperaturskillnader för den aktuella perioden eller säsongen erhålles antalet graddagar för denna. Ofta grundas beräkningarna på temperaturmedeltal för längre perioder (och standardavvikelser till dessa medeltal). Antalet gradtimmar beräknas på liknande sätt.

Luftens densitet minskar med ökande lufttemperatur, vilket medför att lufttryckets avtagande med höjden vanligen är mindre inom en byggnad än utanför denna. Detta skapar ett övertryck i byggnadens övre del och ett utflöde av luft genom otätheterna i denna del av huset. I byggnadens nedre del uppkommer härvid ett undertryck, som på motsvarande sätt kan orsaka en inströmning av luft här. Läget av den zon där trycket ute och inne är lika, den neutrala zonen, beror av otätheternas fördelning i höjddled. I höga byggnader kan dessa processer (termik, "skorstenseffekt") svara för stora delar av ventilationsförlusterna (Tamura & Wilson, 1966) men har mindre betydelse i småhus.

Ventilationens storlek kan alltså påverkas av både vindhastigheten och lufttemperaturen. Empiriska samband för dessa beroenden har bestämts av Coblentz & Aschenbach (1963). Man fann att

$$\eta = 0,15 + 0,009 \Delta t + 0,029 u \quad (2.4)$$

vari η är antalet luftomsättningar per timma, Δt skillnaden mellan temperaturen i luften inne och ute och u vindhastigheten. Elmroth & Höglund (1973) erhöill följande samband:

$$\eta = 0,15 + 0,012 \Delta t + 0,077 u \quad (2.5)$$

I båda fallen avses välbyggda, täta hus. En temperaturändring av 1 °C motsvarar en vindändring av 0,31 m/s i ekvation (2.4) och 0,15 m/s i ekvation (2.5). Det bör observeras att ovanstående samband ej beaktar byggnadskonstruktionens täthetsförhållanden, vilka har stor betydelse för ventilationen i byggnaden (jfr nedan).

Diagram som visar sambandet mellan vindhastighet och ventilation vid olika temperaturintervall redovisas av Gustén & Johansson (1978).

Den av ventilationen orsakade värmeförlusten beror dels av ventilationens storlek, dels av den inströmmade luftens temperatur. Följande samband redovisas:

$$W_V = 0,34 \cdot \eta \cdot V \cdot \Delta t \cdot T \quad (2.6)$$

vari W_V är värmeförlusten genom ventilation i Wh, 0,34 produkten av luftens värmekapacitivitet vid konstant tryck (0,281 Wh/kg °C) och dess densitet (1,21 kg/m³), η antalet luftomsättningar per timma, V husets volym i m³, Δt temperaturskillnaden och T tiden i timmar. Temperaturskillnaden, Δt , påverkar således både ventilationens storlek och de ventilationsbetingade värmeförlusterna. Se även Handa & al. (1979).

Ventilationen kan mätas genom provtryckning med övertryck i huset. Den på detta sätt bestämda ventilationen motsvarar dock inte den normala, eftersom luften pressas ut genom alla otätheter samtidigt och dessutom

tryckdifferensen är större än de naturligt förekommande differenserna. Ur norm- och provningssynpunkt har emellertid metoden fördelar, eftersom den är föga känslig för t. ex. klimatpåverkan.

Den verkliga ventilationens storlek och dess samband med klimatparametrar kan bestämmas genom spårgasmätningar, t. ex. med lustgas, N_2O . Med tätade ventilationskanaler erhålles i täta hus 0,1 - 0,3 omsättningar per timma. Vid normal inställning på ventilationsöppningarna ökar antalet omsättningar till 0,3 - 0,7 per timma och vid ventilation med spisfläkt till ca 1 per timma (t. ex. Lindqvist, 1976 a-c, Gustén & Johansson, 1978).

Svensk Byggnorm rekommenderar 0,5 luftomsättningar per timma. I några av de täta husen har dock omsättningen visat sig vara mycket mindre, utan att de boende drabbas av olägenheter. I vissa täta hus utnyttjar man mekaniska frånluftssystem för att upprätthålla tillräddig ventilation.

Om man antar att den genomsnittliga ventilationen för ett hus med innevolymen 400 m^3 , som är beläget i Skåne, är 0,5 omsättningar per timma, blir ventilationsförlusten för huset under eldningssäsongen i enlighet med ekvation (2.6) lika med $0,34 \cdot 0,5 \cdot 400 \cdot 90\,000 \cdot 10^{-3}$, dvs 6120 kWh.

Ett kallare läge medför dels att kallare luft suges in i huset, dels att den totala ventilationen ökar genom skorstenseffekten. Enligt Elmroth & Höglunds uttryck, ekvation (2.5), ökar exempelvis antalet luftomsättningar per timma i det aktuella skånehuset från 0,50 till 0,52 vid en temperatursänkning av $1 \text{ }^\circ\text{C}$, då vindhastigheten är 2 m/s. Detta innebär enligt ekvation (2.6) en ventilationsförlust under eldningssäsongen av 6729 kWh motsvarande ca 10 % högre ventilationsförlust.

Om huset i Skåne utsätts för en vindhastighet av 4 m/s, dvs dubbla vindhastigheten mot den i exemplet ovan givna, blir antalet luftomsättningar per timma enligt ekvationen (2.5) 0,66, vilket motsvarar 8078 kWh under eldningssäsongen, alltså en ökning av ventilationsförlusten med ca 32 %.

I detta exempel har antalet gradtimmar schablonmässigt beräknats för eldningssäsongen.

2.1.4 Teoretisk modell för luftläckning

Under lång tid har intresset för byggnaders skydd mot väder och vind fixerats till ytterhöljets K-värde. Man har visserligen känt till, att också luftläckningen genom höljets otätheter och ventilationen är en betydelsefull faktor, men först under de allra senaste åren har man lärt sig att beräkna ventilationsförlus-

terna. I detta avsnitt skall kortfattat redogöras för en teoretisk modell för beräkning av en byggnads luftväxling med omgivningen utarbetad av docent P.O. Nylund vid Tyréns Företagsgrupp AB i Stockholm. (Se även Nylund, 1979, 1980 och Lindh & Nylund, 1980.)

Ventilationsförlusterna hos en byggnad, dvs summan av ventilation och oavsiktlig luftläckning, är vanligen en betydelsefull post i byggnadens energibalans. Luftläckningen ut eller in genom byggnadshöljet beror av tryckskillnaderna mellan höljets ut- och insida. Flödet äger rum genom alla de otätheter och ventilationskanaler som finns i byggnadshöljet. Sambandet mellan läckflöde och tryckskillnad är dock icke linjärt, vilket medför att man inte kan summera läckflöden av olika drivkrafter. I stället måste först totaltrycket av samtliga drivkrafter summeras. Först därefter kan flödet beräknas.

Flödets drivkrafter är av tre slag:

- (1) Aerodynamiska (A), dvs krafter orsakade av vinden.
- (2) Termiska (T), dvs krafter orsakade av tryckskillnader som följd av temperaturdifferenserna mellan ute och inne.
- (3) Mekaniska (M), dvs krafter orsakade av fläktar.

Följande förenklade exempel kan ge en illustration till tryckförhållandena i anslutning till ett byggnadshölje.

Vi betraktar en byggnad förenklad till ett tomt hölje försett med en ventilationskanal (frånluftfläkt). Den av höljet inneslutna luften är varmare än uteluften. Byggnaden utsätts för vind, men vindbelastningen förutsätts vara stationär, dvs vindhastighet och vindriktning är konstanta.

En delyta av byggnadens lovartvägg utsätts för ett yttre övertryck av vind. Detta övertryck i förhållande till rådande lufttryck (barometertryck) kan betecknas $p(A)$. Det är ett aerodynamiskt vindtryck som kan som tidigare nämnts uttryckas som produkten av det dynamiska trycket i den friblåsande vindströmmen och en dimensionslös formfaktor. Schablonvärden för den senare ges i Svensk Byggnorm 1975, men dessa duger inte för ändamålet. I stället väljs värden ur litteratur och forskningsrapporter som behandlar vindtryck.

Eftersom temperaturen inuti byggnaden är högre än i uteluften, uppkommer termik (jfr 2.1.3) som ger ett med höjden ökande inre övertryck, $p(T)$, vid bl.a. den aktuella delytan. Denna termiskt betingade tryckskillnad mellan ut- och insidan är alltså avhängig temperaturskillnaden ute/inne, höjden och avvikelserna från barometertrycket vid byggnadens bas.

Delytan utsätts vidare för ett obekant inre jämvikts-tryck, $p_{ro}(A,T,M)$, betingat av samtliga drivkrafter på höljet, alltså också de mekaniska drivkrafterna av fläktar.

Genom summering av tryck genom vind och termik erhålles tryckfallet $p(A,T)$. Men delytan påverkas också av det inre jämviktstrycket. Den totala tryckskillnaden för den aktuella delytan är därför

$$\Delta p_1(A,T,M) = p_1(A,T) - p_{ro}(A,T,M) \quad (2.7)$$

Positivt värde anger tryckfall utifrån och in och negativt värde tryckfall inifrån och ut. p_{ro} är inre jämviktstryck.

För en delyta av byggnadens lävägg kan den totala tryckskillnaden analogt skrivas

$$\Delta p_2(A,T,M) = -p_2(A,T) - p_{ro}(A,T,M) \quad (2.8)$$

För ventilationskanalen slutligen gäller att

$$\Delta p_3(A,T,M) = -p(M) - p_{ro}(A,T,M) \quad (2.9)$$

(Minustecknet anger att fläkten är en frånluftsfläkt.)

Byggnadshöljet består av ett antal delytor A_i med positiv tryckskillnad (inflöde) och ett annat antal delytor A_j med negativ tryckskillnad (utflöde). Läckningen genom höljets delytor bestäms av tryckfallen över dessa inklusive ventilationskanalen. Inläckningen genom höljet kan skrivas

$$Q_{in} = \sum A_i \cdot f_i(\Delta p_i) \quad (2.10)$$

och utläckningen genom detta

$$Q_{ut} = \sum A_j \cdot g_j(\Delta p_j) \quad (2.11)$$

vari f_i och g_j är funktionsbeteckningar för läckning utifrån och in respektive inifrån och ut. Uttrycken Δp_i och Δp_j motsvarar $\Delta p(A,T,M)$ för enskilda delytor enligt ekvationerna (2.7) och (2.8).

Flödet genom ventilationskanaler är vid luftinblåsning

$$Q_{tv} = F_I(\Delta p_I) \quad (2.12)$$

och vid luftutblåsning (exemplet)

$$Q_{fv} = G_J(\Delta p_J) \quad (2.13)$$

vari F_I och G_J är funktionsbeteckningar för tillflöde respektive frånflöde. Uttrycken Δp_I och Δp_J motsvarar $\Delta p(A,T,M)$ enligt ekvationen (2.9).

Det obekanta inre jämviktstrycket, som ingår i ekvationen ovan, bestäms av att massan in- och utpasserad luft per tidsenhet är densamma. Bestämningen görs med en flödesbalansekvation (jämviktsekvation) som kan skrivas

$$(Q_{in} + Q_{tv}) \cdot \frac{T}{T_y} = Q_{ut} + Q_{fv} \quad (2.14)$$

vari T_f och T_y är inre respektive yttre lufttemperaturen (K_f). Faktorn T_f/T_y betingas av att i normalfallet kallare luft utifrån utvidgas genom uppvärmning innan den passerar ut.

Bestämning av jämviktstrycket sker lämpligen genom passningsförfarande eller, i enklare fall, grafiskt. Sådan bestämning innefattar också bestämning av inströmmande och utströmmande mängder. När mängderna enligt jämviktsekvationen är lika stora, har vi nått slutresultatet, dvs ventilation och luftläckning = vänstra ledet i ekvation (2.14) = högra ledet i ekvation (2.14).

2.2 Värmebalansen

Institutionen för byggnadskonstruktion vid CTH har utfört ett antal beräkningar av värmebalansen på ett blandat empiriskt och teoretiskt underlag. Bl. a. redovisas energiförbrukningen per år för två typer av Modulenthus (tabell 2.3).

Tabell 2.3. Energiförbrukningen i kWh per år som följd av skilda processer och totalt för två typer av Modulenthus (II och III; jfr tabell 2.1). Beräkningar utförda vid Institutionen för byggnadskonstruktion, CTH.

Hustyp	Bortledn.	Ventil.	Instråln.	Antrop.	Totalt	Vol., m ³	Tot. förbr. kWh/m ³
II	19 400	6 800	- 5 100	3 300	24 400	535	45,6
III	12 900	2 500	- 3 200	3 300	15 500	321	48,3

Bjerrrome (1978) har i göteborgsområdet undersökt energiåtgången i bebodda hus. Tre byggnadsområden studerades: Grupphus i Källered (dalgång 7 km från kusten), grupphus i Sisjön (bergplatå 4 km från kusten) och styckebyggda hus nära kusten (0 - 2 km från denna). I källeredområdet varierade förbrukningen mellan 14 000 och 24 000 kWh per år, i sisjöområdet mellan 17 000 och 26 000 kWh per år och i det kustnära området mellan 17 000 och 30 000 kWh per år. En intervjuundersökning visade, att familjernas sammansättning och levnadsvanor skilde sig åtskilligt inom områdena, vilket förklarar den stora spridningen av energiåtgången inom dessa. Det fanns emellertid också systematiska skillnader mellan områdena, som enligt rapportskrivaren ej kunde förklaras på detta sätt. Möjligen kan dessa skillnader betingas av olika vindklimat. Det kustnära området har den största energiförbrukningen och det område, som ligger längst bort från kusten, den lägsta förbrukningen.

Av tabeller i den refererade rapporten framgår också, att de för solstrålning gynnsammast exponerade husen i det kustnära området har relativt låg energiförbrukning -- knappt 22 000 kWh per år --, medan de i detta hänseende ogynnsammast orienterade husen har relativt hög förbrukning -- ca 27 000 kWh per år.

2.3 Bedömning av klimatinflytandet på värmekonomin hos ett småhus i Skåne

Ett småhus i Skåne förbrukar ca 20 000 kWh per år. En ur solstrålningssynpunkt ogynnsam orientering av huset kan öka förbrukningen med 10 %. Ett läge i en kalluftsjö med en genomsnittlig temperatursänkning av 1 °C ökar förbrukningen med 6 - 8 %. Ett vindutsatt läge, slutligen, kan ge en ökning med ca 10 %.

3 VINDKLIMAT OCH KOMFORT

Vår upplevelse av vinden sammanhänger främst med dennas mekaniska och termiska effekter på vår kropp men kan också påverkas av luftens föroreningshalt. Det är svårt att fastställa de vindförhållanden som kan anses acceptabla ur komfortsynpunkt, eftersom en sådan bedömning delvis måste bli subjektiv. Den är dessutom beroende av en rad faktorer såsom personernas kön, ålder, inställning, kondition och aktivitet samt omgivningens strålnings-, temperatur- och fuktighetsförhållanden. Med komfort i detta sammanhang avses frånvaron av obehag till följd av vinden.

Vindens mekaniska effekter på människan orsakas av det vindtryck som utövas på kroppen eller delar av denna. Hög vindstyrka ger starkt tryck och upplevs därför som obehaglig. Också vid lägre vindstyrkor kan effekterna vara oangenäma, om vinden är byig, dvs växlar starkt i riktning och/eller hastighet. Penwarden (1973) har gjort ett försök att i en vindstyrketabell (Beaufortskalan) sammanfatta (den byiga) vindens verkan på människor som vistas ute i det fria (tabell 3.1).

Som framgår av tabellen börjar den byiga vindens obehagliga effekter att märkas redan vid 4 à 5 Beaufort. Vid 6 - 7 Beaufort upplevs den byiga vinden ofta som allmänt oangenäm, och vid högre styrketal kan det vara direkt farligt att vistas ute i det fria, inte minst för barn och äldre personer, vilka lätt faller omkull i vindbyarna.

I tabell 3.2 görs ett försök att beskriva den ansträngning som krävs för att förflytta sig mot vinden vid olika vindhastigheter.

Vindens termiska effekter på människan orsakas av den transport av värme från eller till kroppen eller delar av denna som sker på grund av den strömmande luften. Som bekant fungerar vår kropp bäst, då temperaturen i dess inre är omkring +37 °C. Denna temperatur upprätthålls genom kroppens värmebalans, som kan skrivas

$$Q_M \pm Q_S \pm Q_K \pm Q_L - Q_E = 0 \quad W/m^2 \quad (3.1)$$

Q_M är den del av det av kroppen metaboliskt bildade värmets som inte omsätts i arbete, Q_S den nettoenergi som tillförs kroppen eller avges från denna genom strålning, Q_K det värme som tillförs eller avges genom konvektion (vanligen transport från huden till luften, dvs en värmeförlust), Q_L det värme som tillförs eller avges genom ledning (kroppskontakt med varma eller kalla ytor) och Q_E värmetransporten genom avdunstning (värmeförlust vid svettning och/eller annan vätning).

I praktiken upplevs termisk komfort, då hudens temperatur är inom intervallet +31 - +35 °C. Sjunker temperaturen till värden under +31 °C, söker kroppen åter-

Tabell 3.1. Sammanfattning av vindeffekter på människor baserad på Beaufortskalan. Efter Penwarden (1973).

	Vindstyrka (Beaufort)		Vindhast. (m/s)	Effekter
Lugnt, svag vind	0	1	0 - 1,5	Lugnt; ingen märkbar vind
Svag vind		2	1,6- 3,3	Vinden känns mot ansiktet
Måttlig vind		3	3,4- 5,4	Vinden sträcker vimplar Håret oroas Kläderna fladdrar
Måttlig vind		4	5,5- 7,9	Damm, torr jord och lösa papperslappar lyfts Håret bringas i oordning
Frisk vind		5	8,0-10,7	Vindtrycket känns mot kroppen Drivande snö lyfts Gränsen för angenäm vind på land
Frisk vind		6	10,8-13,8	Paraplyer kan endast med svårighet nyttjas Håret sträcks rakt ut Svårt att gå stadigt Vindljudet i öronen är obehagligt Vindburen snö lyfts upp över huvudets nivå ("snöstorm")
Hård vind		7	13,9-17,1	Känns obekvämt att gå
Hård vind		8	17,2-20,7	Allmänt svårt att förflytta sig Stora svårigheter att hålla balansen i vindbyarna
Halv storm		9	20,8-24,4	Människor blåses omkull av vindbyarna

Tabell 3.2. Marklutning och vindhastighet som kräver samma muskelkraft. Efter Penwarden & Wise (1975).

Marklutning	1/20	1/10	1/7	1/5	1/4	1/3
Vindhast., m/s	9	13	15,5	18,5	21	24

ställa en komforttemperatur genom köldskakningar (ökad värmeproduktion). Stiger hudtemperaturen till värden över +35 °C, inträder svettning (avdunstningsavkylning).

I vårt klimat är vindens termiska effekter på människan avkylning snarare än uppvärmning, och av de två flöden i värmeekvationen ovan som direkt påverkas av vinden, konvektion och avdunstning, är det i första hand konvektionen som i våra trakter verkar temperatursänkande på kroppen (åtminstone i de sammanhang som är aktuella i denna rapport).

Siple & Passel (1945) definierar kroppens vindavkylning ("windchill") som "ett uttryck för den värmemängd atmosfären är i stånd till att absorbera under en timma från en exponerad yta av en kvadratmeter". De anger följande ekvation för beräkning av denna vindavkylning, K:

$$K = (\sqrt{100 \bar{v}} + 10,45 - v) (33 - t_a) \quad \text{kcal/m}^2 \quad (3.2)$$

I ekvationen är v vindhastigheten i m/s och t_a lufttemperaturen i °C. Ekvationen gäller för exponering i fullkomligt skuggat läge och då ingen avdunstning förekommer. Den exponerade ytans temperatur antas vara +33 °C (jfr hudtemperaturen vid termisk komfort).

Kritik har riktats mot detta och andra liknande sätt att bestämma vindavkylningen. Man har härvid särskilt framhållit, att ingen hänsyn tagits till klädedräkten. En noggrann beräkning av värmeförlusten hos en påklädd människa måste därför beakta också klädernas värmeisolerande effekt. Vidare är upplevelsen av diskomfort ofta mera orsakad av köldförnimmelser i utsatta kroppsdelar än av större ändringar av hela kroppens värmebalans. Slutligen är det nödvändigt att ta hänsyn till att kroppens värmeförluster genom svettning och utandning ökar vid ökad kroppsbeklädnings.

Genom att anpassa beklädningsen efter förhandenvarande omständigheter kan man som bekant i viss utsträckning påverka kroppens värmebalans till en nivå som innebär termisk komfort. Detta kan också åstadkommas genom fysisk aktivitet.

Penwarden (1973) har exemplifierat den effekt olika slag av beklädnad kan ha på komforten vid olika kombinationer av vindhastighet och temperatur (fig. 3.1). Exempelen avser långsam promenad (ca 0,7 m/s) och direkt solbelysning respektive skugga. De mörka fälten i figuren markerar förhållanden, då en promenerande person varken svettas eller har köldskakningar. Den ljusa kurvan i de mörka fälten markerar de mest komfortabla betingelserna. Av figuren framgår exempelvis, att en sommarklädd person, som förflyttar sig från en solbelyst och helt vindskyddad miljö, i vilken han känner komfort, till en beskuggad, vindutsatt miljö (vindhastighet 5 m/s), kräver en höjning av omgivningstemperaturen med drygt 12 °C eller måste byta till vinterkläder för att också fortsättningsvis känna komfort. Dia-

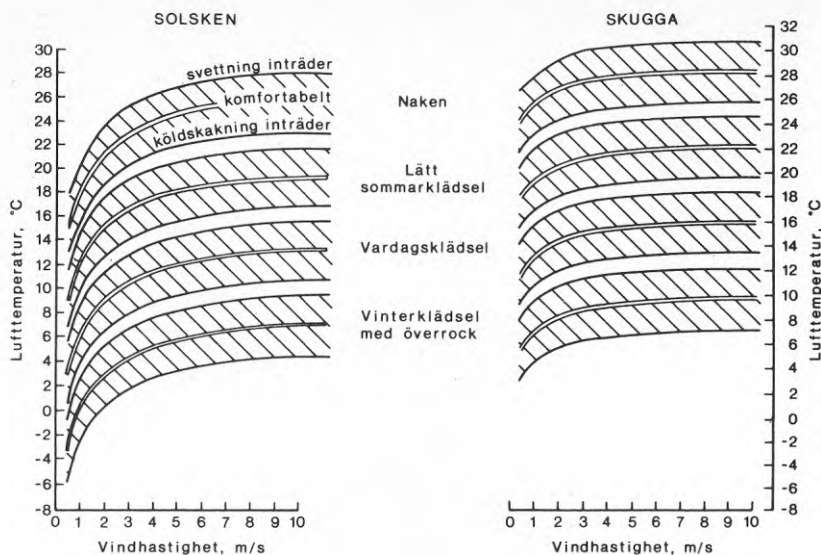


Fig. 3.1. Exempel på komfortförhållanden vid långsam promenad. Efter Penwarden (1973).

grammen visar också, att vindhastighetens betydelse är särskilt stor vid låga vindhastigheter. Vidare är solstrålningens relativa uppvärmningseffekt störst vid låga vindhastigheter, då ju värmeförlusterna genom konvektion ej är så stora.

På grund av att vi ännu inte känner helt till vissa faktorer, som är av betydelse vid beräkningarna, främst isolationsförmågan hos olika slag av klädedräkt, får diagrammen i fig. 3.1 mera tjäna som en illustration till de slag av förhållanden som kan förväntas förekomma än som normdiagram användbara i t. ex. planeringssammanhang (jfr Penwarden & Wise, 1975). Tillsammans med relevanta meteorologiska data kan de dock användas för vissa grövre bedömningar av gångtrafikanters komfortsituation.

En grupp människor som är speciellt utsatt vid vindavkyllning är äldre personer. Deras metaboliska värmebildning är nämligen som regel nedsatt. Personer som vid kraftig vind exponering ej råkar ha någon speciellt hög fysisk aktivitet är också särskilt utsatta. Det är därför särskilt viktigt att söka vindskyddade miljöer, i vilka människors fysiska aktivitet normalt är låg. Davenport (1972) har sammanställt komfortkriterier angivna i vindstyrkeenheter (Beaufort) avseende sådan "lågaktivitet" i några olika miljöer (tabell 3.3).

Tabellen bör i praktiska sammanhang utnyttjas med försiktighet, då ju de angivna vindstyrketalen är i Beaufort och avser 10 m höjd över fri yta, över vilken tur-

Tabell 3.3. Experimentella komfortkriterier för vind gällande för temperaturer överstigande +10 °C¹). Efter Davenport (1972).

Aktivitet	Aktuell miljö	Relativ komfort (Beaufort)			
		Påtaglig	Acceptabel	Obehaglig	Farlig
1. Hastig promenad	Trottoar, gångväg	5	6	7	8
2. Långsam promenad	Park, entré	4	5	6	8
3. Stå eller sitta under kort tid	Park, torg, hållplats	3	4	5	8
4. Stå eller sitta under längre tid	Uteservering, lekplats, park	2	3	4	8
Representativt kriterium för att kunna accepteras			<1 gång /vecka	<1 gång /månad	<1 gång /år

1) Vid lägre temperaturer antas den relativa komforten reduceras med en Beaufort för varje tjugograderssänkning av temperaturen.

bulensen vanligen är förhållandevis ringa. Aynsley & al. (1977) föreslår en i sammanhanget lämplig "omvandling" av Beaufort till vindhastighet gällande 2 m höjd och stadsmiljö (tabell 3.4). I tabellen har också angivits en uppskattad byvindhastighet för 2 m höjd. Beräkningar av detta slag är dock naturligtvis mycket osäkra och därför svåra att tillämpa i enskilda miljöer.

Tabell 3.4. Förhållandet mellan vindstyrka (Beaufort) och vindhastighet (m/s). Efter Aynsley & al. (1977).

Beaufort	1	2	3	4	5	6	7	8
Medelvindhastigheten 10 m över öppen mark i aktuella hastighetsintervall	0,9	2,4	4,4	6,7	9,3	12,4	15,5	18,9
Byvindhastighet för 2 m höjd	1	3	5	8	11	15	19	23
Medelvindhastigheten på 2 m höjd i stadsmiljö i aktuella hastighetsintervall	0,5	1,5	2,5	4	5,5	7,5	9,5	11,5

4 PLANOMRÅDETS LOKALISERING, MARKFÖRHÅLLANDEN OCH OMGIVNINGAR

Planområdet, som utgör ca 100 hektar, upptar västra delen av Bulltoftafältet i nordöstra delen av Malmö (fig. 4.1). Åren 1924 - 1972 ingick området som en del av Bulltofta flygfält och är idag det mest centralt belägna råmarksområdet av större omfattning i Malmö. Marken inom området är relativt plan med en svag lutning ner mot industriområdet, som ligger i östra delarna. Höjdförhållandena varierar från ca 10 m ö. h. vid koloniområdet i nordväst till 4 m ö. h. vid industriområdet. Också i söder är marken förhållandevis lågtliggande, och grundvattenytan är här nära markytan.

Träd och buskar förekommer endast sparsamt inom planområdet. I norr och väster utgör den rikliga vegetationen kring Vattenverksvägen samt i Beijers park och Östra Sommarstaden en lummig begränsning.

1973 presenterades en dispositionsplan för bostäder och verksamheter som legat till grund för detaljplanering och utbyggnad av verksamhetsområdena. Idag återstår ca 60 hektar, huvudsakligen för bostäder, skolor och grönområden. Mölledalsskolan, inrymd i f. d. Transairs hangar i omedelbar anslutning till området, är en gymnasieskola företrädesvis för yrkesutbildning. Ett område öster om skolan är reserverat för ett arbetsmarknadsutbildningscentrum.

Västra Skåne liksom övriga delar av sydligaste Sverige har ett klimat som under praktiskt taget hela året domineras av en allmän luftströmning från västliga riktningar. Denna strömning medför att maritima och, särskilt under vintern, varma luftmassor ofta får tillträde till regionen. De kontinentala, under vintern kallare luftmassorna i öster har däremot svårare att utbreda sig västerut och påverkar därför endast periodvis Sydsverige. Vintrarna i Skåne och övriga Nordvästeuropa är därför avsevärt varmare än genomsnittet för breddgraden. I Malmöregionen (Bulltofta) upptar vindar från sydväst, väst och nordväst tillsammans 44,4 % av observationerna, medan ostsektorns vindar observeras i 34,1 % av fallen. Resterande andel utgörs av observationer av vindar från syd, 11,1 %, nord, 7,4 %, och lugnt, 3,0 %. Med avståndet från kusten ökar antalet observationer av lugnt och torde vara särskilt stort i de skogrika inre delarna av provinsen. Björka, en station belägen vid Vombsjön, ca 36 km från Öresund, har sålunda 18,6 % lugnobservationer i genomsnitt för året. Vindfördelningen i övrigt bibehålles dock också för stationer i inlandet med västvinddominans och sekundärt maximum för östvindar.

I den allmänna västströmningen förekommer störningar i form av vandrande lågtryck, som särskilt under vinterhalvåret berör bl. a. Sydsverige. Med sina fronter, moln- och nederbördsområden och vindfält ger de regionen ett omväxlande och ofta blåsigt väder. Lågtryckens centra passerar oftare norr än söder om regionen på grund av dennas sydliga läge. Detta medför att sydligaste Sverige ofta hamnar i lågtryckens varmsektorer, där fuktig, disig varmluft från söder och sydväst dominerar.

På grund av sitt maritima läge är västligaste Skåne tillsammans med övriga västkusten den i genomsnitt för året varmaste delen av landet. Särskilt vintrarna är milda. I tabell 5.1 redovisas månads- och årsmedeltemperaturen för några västskånska stationer och som jämförelse motsvarande värden för Björka, ca 36 km från Öresund.

Av tabellen framgår bl. a., att temperaturklimatet ändras påtagligt med avståndet till havet. Kustområdet är särskilt under hösten och vintern betydligt varmare än längre in belägna delar av Skåne.

I tabell 5.2 lämnas utan särskilda kommentarer ytterligare temperaturstatistik för stationen Malmö flygplats (Bulltofta). Tabellen redovisar sålunda medeltemperatur för några olika tidpunkter på dygnet. Den innehåller också nederbördsstatistik för den aktuella stationen.

Nederbördsmängderna i Skåne utmärks av stora regionala

Tabell 5.1. Normaltemperatur, °C, för månaderna och året, 1931 - 1960.

	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec	Året
Fals- terbo	0,3	-0,3	1,4	5,3	10,2	14,5	17,2	17,0	14,3	9,9	5,9	2,8	8,2
Malmö flygplats (Bulltofta)	-0,5	-0,7	1,4	6,0	11,0	15,0	17,2	16,7	13,5	8,9	4,9	2,0	8,0
Alnarp	-0,8	-1,0	1,2	5,9	11,1	15,0	17,1	16,6	13,3	8,5	4,6	1,8	7,8
Lund	-0,7	-0,8	1,3	6,2	11,3	15,2	17,4	16,8	13,5	8,7	4,8	1,9	8,0
Ven	-0,1	-0,5	1,3	5,6	10,8	14,8	17,3	17,0	14,0	9,4	5,2	2,3	8,1
Kullen	-0,3	-0,9	1,0	5,5	10,8	14,8	17,1	16,8	13,8	9,2	5,0	2,2	7,9
Björka	-1,4	-1,4	0,9	5,7	10,9	14,8	17,1	16,4	12,8	8,1	4,1	1,2	7,4
Diffe- rens Malmö- Björka	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,7	0,8	0,8	0,8	0,6

Tabell 5.2. Medeltemperatur, °C kl. 07, 13 och 19 samt normalnederbörd, m m. Malmö flygplats (Bulltofta) 1931 - 1960.

	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
Medel- temp. kl. 07	-0,8	-1,4	-0,1	4,6	10,0	14,4	16,4	15,6	12,1	7,5	4,6	2,0
Medel- temp. kl. 13	0,7	0,9	3,7	9,1	14,6	18,1	19,9	19,5	16,2	11,0	6,2	3,0
Medel- temp. kl. 19	0,0	-0,1	1,9	7,1	12,4	16,5	18,5	17,8	14,0	9,1	5,2	2,4
Normal- neder- börd	48	36	30	32	38	45	65	62	52	54	44	44

variationer, som främst beror på topografin. De högtliggande terrängpartierna i det inre av landskapet får vanligen större nederbördsmängder än kustslätterna. I nordligaste delarna av provinsen med bl. a. Hallandsås samt på Söderåsen överskrider sålunda årsmedelnederbörden 800 mm, medan kustremsan från Barsebäck till Trelleborg normalt får årliga mängder kring 550 mm eller något mindre. Normalnederbörden vid stationen Malmö flygplats (Bulltofta) är 550 mm.

Som framgår av tabellen inträffar de största mängderna under hög- och sensommaren och betingas av konvektion

(skurnederbörd). Den kraftiga cyklonaktiviteten under höst och vinter ger visserligen upphov till ett sekundärt maximum, som är särskilt uttalat för oktober, men mängderna är avsevärt mindre än de mängder som normalt uppnås under den nämnda sommarperioden. Årets minsta månatliga nederbördsmängder inträffar under perioden februari - maj med minimum för mars.

Trots att de största nederbördsmängderna sålunda inträffar under juli och augusti, är den relativa solskenstiden, dvs kvoten bildad av medelantalet registrerade solskenstimmar per månad och år och antalet timmar per månad och år som solen varit över den terrestera horisonten (maximal registrering under klara dagar) förhållandevis stor under sommaren (tabell 5.3). Detta bekräftar att sommarnederbörden i den aktuella regionen väsentligen är av typen kortvarig skurnederbörd. Jfr även medelantalet klara och mulna dagar per månad för Malmö flygplats (Bulltofta) redovisat i tabellen 5.3. Denna upptar också data över totalstrålningen vid en Bulltofta relativt närbelägen station, Svalöv.

Tabell 5.3. Totalstrålning (sol och himmel) på en horisontell yta, mWh/cm^2 , i medeltal för månaderna och året för Svalöv (1961 - 1975), relativ solskenstid, o/oo, i medeltal för månaderna och året för Svalöv (1961 - 1975) och Alnarp (1961 - 1970) samt medelantal klara och mulna dagar per månad för Malmö flygplats (Bulltofta), 1931 - 1960.

	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec	Året
Tot.strln.	1315	2942	7113	11228	15540	17855	15658	13300	8534	4666	1875	1113	101139
Solsk.tid													
Svalöv	140	255	345	438	488	604	478	519	435	325	208	157	409
Alnarp	176	264	340	405	480	573	474	496	429	330	203	155	401
Klara dag.	3,1	3,0	6,2	5,5	7,6	6,5	5,2	5,2	5,6	3,8	1,8	2,0	
Mulna dag.	19,2	16,4	13,4	11,6	8,1	8,4	8,8	9,6	9,1	14,4	18,8	21,1	

6 VINDSTATISTIK FÖR PLANOMRÅDET OCH VÄRDERING AV
VINDRIKTNINGAR UR KOMFORT- OCH ENERGIFÖRBRUK-
NINGSSYNPUNKT

Förbrukningen av energi för uppvärmning av bebyggelse påverkas av vindförhållandena (jfr avsnitt 2). Under vinterhalvåret eller eljest vid kyligt väder kan energiförbrukningen sålunda antas öka med vindhastigheten. Ur statistiska uppgifter om de allmänna vindförhållandena i regionen kan speciellt "energikrävande vindriktningar" urskiljas, vilka bör uppmärksammas i stadsplanerings- och bebyggelsearbetet och vid bebyggelseklimatiska simuleringsförsök i modellskala. Men sådan statistik kan också användas till att urskilja vindriktningar som ur allmän komfortsynpunkt får anses som "otrivsamma" (jfr avsnitt 3). I detta avsnitt skall först redovisas den statistik som eventuellt kan vara av intresse för en bedömning av vindriktningarna ur energi- och komfortsynpunkt. Denna statistik innefattar naturligt nog i första hand vinddata för den aktuella regionen, såsom frekvensfördelningen under året av vindstyrka och vindriktning. Men också samvariationen under året av t. ex. vindriktning och lufttemperatur är av stort intresse i sammanhanget liksom statistiska uppgifter om regn och snöfall vid olika vindriktningar. Uppgifter om samvariationen mellan olika klimatelement (redovisad med angivande av frekvenser) är intressanta också av den anledningen att de informerar om sannolikheten för att en viss klimatelementkombination skall inträffa. Efter den klimatstatistiska presentationen följer en värdering av vindriktningarna ur energiförbruknings- och komfortsynpunkt för den aktuella regionen.

För planområdet representativ vindstatistik kan erhållas ur data från den nu nerlagda meteorologiska stationen Malmö flygplats (Bulltofta). Stationen var i drift åren 1926 - 1932 och 1936 - 1972. Fram till år 1959 var den belägen inom planområdet och under de följande åren strax utanför detta i SE. Dess koordinater och altitud utgjorde i det senare läget $55^{\circ} 36' N$, $13^{\circ} 04' E$ och 6 m ö.h. Stationen var belägen i ett flackt, öppet landskap med omfattande stadsbebyggelse i W och SW. Mindre bebyggelsekoncentrationer på någon km avstånd finns också i andra riktningar. Minsta avståndet till kusten utgjorde ca 3 km (NW). De statistiska uppgifterna från Malmö flygplats (Bulltofta), redovisade i det nedanstående, har huvudsakligen hämtats ur Klimatdata för Sverige av Taesler (1972). Uppgifter om samvariationen av vindriktning och lufttemperatur har dock sammanställts direkt ur primärdata från stationen.

6.1 Vindhastighetsfrekvens

Tabell 6.1 visar den kumulativa frekvensen av olika vindstyrkor under året och dess månader. Talvärdena anger medelfrekvensen och baseras på tre dagliga observationer under normalperioden 1931 - 1960 (korrektion gjord för luckor i observationsmaterialet). Redovisade siffror är procenttal, vilka anger hur stor del av samtliga observationer som gjordes vid respektive vindstyrka eller vid högre vindstyrkor. Exempelvis anger siffran 11 i kolumnen för året, att 11% av samtliga observationer under året gjordes vid vindstyrkan 5 Beaufort eller högre. Uppgifterna i tabellen redovisas grafiskt i fig. 6.1. De tre övre frekvenskurvorna i diagrammet har sina lägsta värden för månaderna augusti och september. Detta innebär, att dessa månader har en stor andel svaga vindar och att färre observationer av vindar över angivna styrkevärden gjorts. Av de nedre kurvorna i diagrammet framgår, att perioden januari - mars har särskilt stor andel höga vindstyrkor, medan

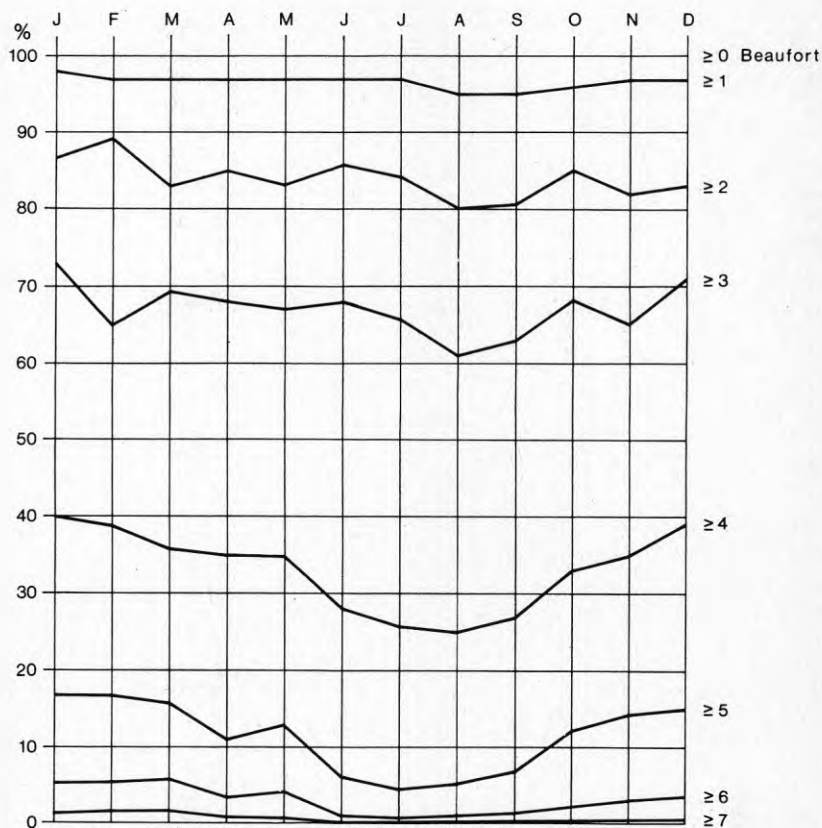


Fig. 6.1. Procentuell frekvens av olika vindstyrkor (Beaufort) för Malmö flygplats (Bulltofta) 1931 - 1960.

Tabell 6.1. Procentuell frekvens av olika vindstyrkor (Beaufort) för Malmö flygplats (Bulltofta) 1931 - 1960. Efter Taesler (1972).

Vindstyrka (Beaufort)	Året	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
0	3	2	3	3	3	3	3	3	5	4	3	3	3
> 1	97	98	97	97	97	97	97	97	95	95	96	97	97
> 2	84	87	89	83	85	83	86	84	80	81	85	82	83
> 3	67	73	65	69	68	67	68	66	61	63	68	65	71
> 4	33	40	39	36	35	35	28	26	25	27	33	35	39
> 5	11	17	17	16	11	13	6,2	4,4	5,3	6,9	12	14	15
> 6	3,1	5,3	5,5	6,0	3,5	3,9	1,0	0,7	0,9	1,2	2,2	3,2	3,7
> 7	0,6	1,2	1,5	1,5	0,9	0,8	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6	0,5
> 8	0,15	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3		0,0				0,2	0,1
> 9	0,03	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0						0,0	0,0
>10													
>11													
>12													
Vindstyrka, Beaufort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vindhastighet, m/s	0- 0,2	0,3- 1,5	1,6- 3,3	3,4- 5,4	5,5- 7,9	8,0- 10,7	10,8- 13,8	13,9- 17,1	17,2- 20,7	20,8- 24,4	24,5- 28,4	28,5- 32,6	>32,7

sådana observerats i något mindre utsträckning under perioden juni - september. Årsvariationen överstiger dock aldrig 15 %. Största frekvensintervallet finns mellan kurvorna > 3 och > 4 Beaufort, vilket betyder att de flesta observationerna utgjorde vindstyrkan 3 Beaufort, dvs vindhastigheten 3,4 - 5,4 m/s.

Vindhastigheten i de lägre luftskikten (kring standardhöjden 10 m) uppvisar också en påtaglig dygnsvariation med högre värden under dagen och lägre under natten. Variationen är störst under sommarhalvåret och är nästan utplånad under vintermånaderna.

6.2 Vindriktningsfrekvens

Tabell 6.2 visar den procentuella medelfrekvensen av olika vindriktningar under året och dess månader för normalperioden 1931 - 1960 (tre dagliga observationer). Uppgifterna i tabellen redovisas grafiskt i fig. 6.2. Av tabell och figur framgår, att vindar från riktningar inom västsektorn dominerar under en stor del av året. Rena västvindar har särskilt hög frekvens under sommaren och den tidiga hösten. Under perioden oktober - januari förskjuts frekvensmaximum till sydväst. Också ostvindar har tidvis hög frekvens. Detta gäller i synnerhet vårmånaderna men i viss mån också hösten. Nordliga och nordostliga vindar däremot visar låg frekvens under hela året, vilket också gäller frekvensen av lugnt.

6.3 Samvariation vindriktning - vindhastighet och nederbörd - vind

I Klimatdata för Sverige av Taesler (1972) redovisas tabellariskt för året och några av dess månader (jan., mars, maj etc.) bl. a. relativa medelfrekvenser av samtida värden på vindriktning och vindhastighet samt av regn och snöfall för skilda vindhastighetsklasser.

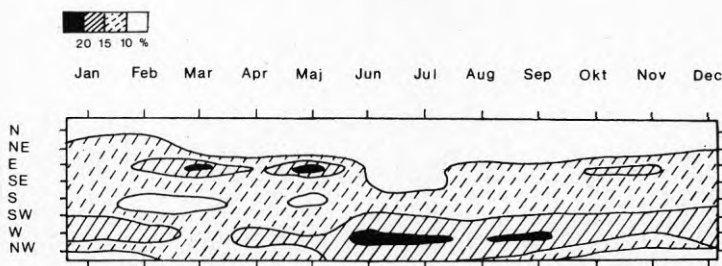


Fig. 6.2. Procentuell frekvens av olika vindriktningar för Malmö flygplats (Bulltofta) 1931 - 1960.

Tabell 6.2. Procentuell frekvens av olika vindriktningar för Malmö flygplats (Bulltofta) 1931 - 1960. Efter Taesler (1972).

Vindriktning	Året	Jan	Febr	Mars	Apr	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
N	7,4	7,8	9,8	8,5	7,4	7,4	6,9	8,0	6,2	6,1	6,9	7,2	7,2
NE	7,7	11,8	11,4	8,8	6,4	7,1	4,0	4,5	5,4	6,7	8,6	8,2	9,9
E	14,4	13,4	15,4	20,3	14,4	22,0	10,7	8,9	12,5	10,7	16,0	16,3	12,4
SE	12,0	12,9	11,1	14,0	13,2	10,5	10,0	9,3	10,7	11,3	12,0	15,3	13,5
S	11,1	11,9	8,9	8,5	11,8	9,5	12,0	11,1	10,7	10,8	11,6	14,1	12,1
SW	16,0	17,3	14,2	11,5	14,4	11,8	17,5	17,7	16,8	17,0	18,7	15,9	19,3
W	17,2	15,9	16,6	14,2	15,5	15,2	21,2	20,7	19,3	21,9	15,4	14,2	16,9
NW	11,2	6,8	9,3	11,8	14,6	14,7	15,7	17,2	14,2	11,1	7,0	6,0	5,8
Lugnt	3,0	2,3	3,2	2,6	2,4	2,0	2,1	2,8	4,3	4,6	3,7	2,9	3,0

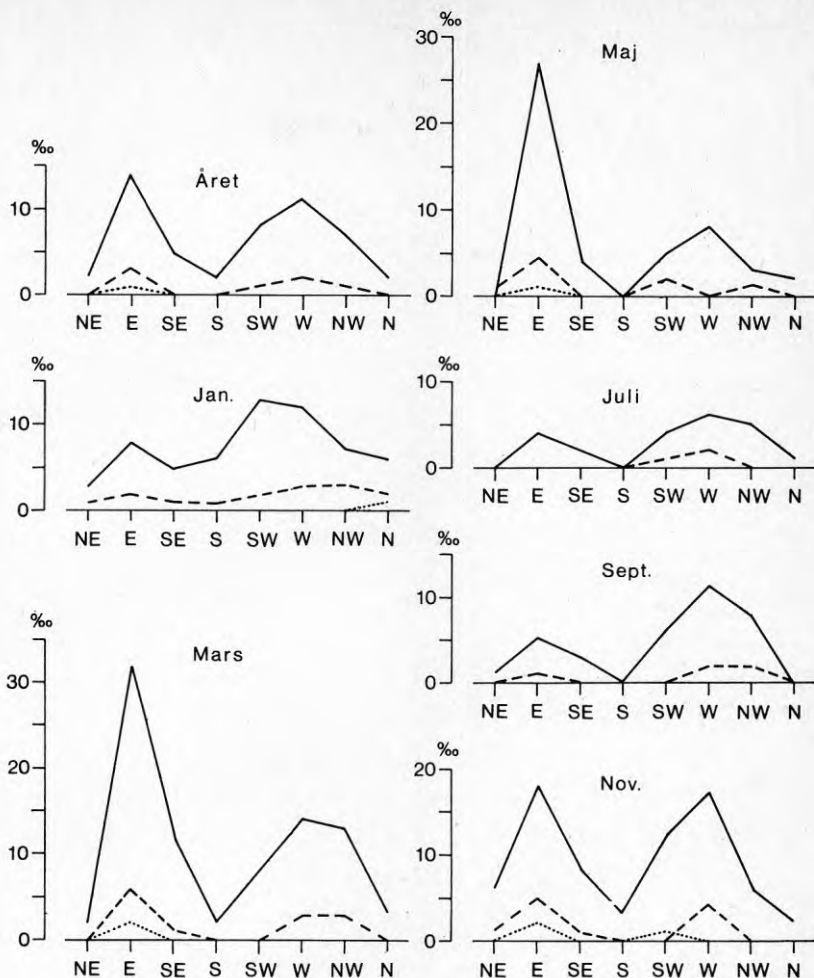


Fig. 6.3. Relativa frekvenser ($^{\circ}/_{\infty}$) av samtida värden på vindriktning och vindhastighet för vindhastighetsklasserna 10 - 12 m/s (heldragna kurvor), 13 - 15 m/s (streckade kurvor) och 16 - 18 m/s (prickade kurvor) för Malmö flygplats (Bulltofta) 1949 - 1969.

Dessa tabeller har legat till grund för diagrammen i fig. 6.3, som visar medelfrekvenser av de samtida vindriktnings- och vindhastighetsvärdena för tre klasser med hög vindhastighet. Vindhastigheten avser tiominutersmedelvärden vid fyra dagliga observationer (kl. 01, 07, 13 och 19).

Som framgår av diagrammen har vindar från riktningar inom västsektorn en relativt hög frekvens inom klasser med hög vindhastighet. Övriga vindriktningsskarakteristika beskrivna ovan i anslutning till tabell 6.2 och fig. 6.2 gäller också dessa klasser. En skillnad är

dock, att ostvindarna i klasserna med de höga vindhastigheterna har den största relativa frekvensen för året. Särskilt under vårmånaderna är kraftiga ostvindar frekventa. För klasser med små till måttliga vindhastigheter gäller då omvänt att västvindarna har förhållandevis hög relativ frekvens.

En grov uppskattning av medelvindhastigheten för de enskilda vindriktningarna kan erhållas ur refererade data i Taesler (1972). Denna hastighet utgör summan av produkterna av medelvindhastighet och frekvens för de olika vindhastighetsklasserna dividerad med totala frekvensen för respektive vindriktning (jfr Melander et al., 1975). Vid beräkning av årets och månadernas medelvindhastighet oavsett riktning har frekvensen av lugntillfällen (medelvindhastighet utgörande 0,2 m/s) också beaktats. (Tabell 6.3.)

Tabell 6.3. Medelvindhastighet (m/s) för olika vindriktningar ävensom oavsett vindriktning för året och några av dess månader. Malmö flygplats (Bulltofta) 1949 - 1969.

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Året
N	5,0	4,5	4,4	4,0	3,7	4,3	4,3
NE	5,1	4,3	4,4	3,5	3,8	5,1	4,4
E	5,2	6,4	6,3	4,7	4,4	6,1	5,6
SE	5,3	5,7	5,6	4,3	5,0	5,5	5,0
S	5,2	4,5	4,1	4,0	4,1	4,6	4,3
SW	5,9	5,5	4,7	4,9	4,8	5,4	5,2
W	5,9	5,8	5,2	5,4	5,3	6,3	5,7
NW	5,5	5,8	4,9	5,2	5,5	5,7	5,2
Medeltal oavsett rikt- ningen	5,3	5,4	4,9	4,6	4,5	5,1	4,86

Tabellen visar, att under januari har västliga och sydvästliga vindar den största medelhastigheten. Under våren blir ostvindarna starka, och tabellens högsta värde redovisas för ostvindarna i mars. Under sommaren sjunker medelhastigheten generellt för att åter öka under hösten, då både väst- och ostvindar har höga medelhastigheter. Också i genomsnitt för året har väst- och ostvindarna de högsta hastigheterna. Vidare framgår av tabellen, att av de redovisade månaderna är mars den i genomsnitt blåsiggaste, tätt följd av januari och november.

I Taesler (1972) redovisas för Malmö flygplats (Bulltofta) också relativa frekvensen av regn- och snöob-

servationer för de olika vindklasserna. Relativt höga frekvenstal med regn präglar kombinationen sydvästvind - hastighetsintervall 4 - 6 och 7 - 9 m/s. Detta gäller samtliga redovisade månader utom maj (jfr allmänna klimatbeskrivningen). Relativt höga frekvenstal med regn ges vidare av ostvindar under november för nämnda hastighetsintervall. I januari ger dessutom ostriktningen ett relativt stort antal snöobservationer för intervallet 4 - 6 m/s, och under sommaren och den tidiga hösten ger kombinationen syd och hastighetsintervallet 4 - 6 m/s relativt många regntillfällen. Detta hastighetsintervall kombinerat med västvind producerar också i januari en relativt hög regnfrekvens.

Ur nederbördsmaterialet i klimatdataboken framgår också, att av de redovisade månaderna har januari och november de största antalen nederbördstillfällen (189 respektive 178 % av det totala antalet observationer), trots att dessa månader ej har de största nederbördsmängderna. Juli, som är årets nederbördsrikaste månad, har däremot ringa antal observationer med nederbörd (97 %). Detta avspeglar nederbördens typ. Under vinterhalvåret är den övervägande cyklonal och advektiv och därmed långvarig men ej särskilt intensiv. Under sommarhalvåret är nederbörden huvudsakligen konvektiv, dvs kortvarig och faller ofta som mera intensiva skurar. (Jfr föregående avsnitt.) Övriga redovisade månader har värdena 129 % (mars), 91 % (maj) och 86 % (september). Årsvärdet är 130 %.

De relativa frekvenserna av regn- och snöobservationer som för Bulltofta redovisas i Klimatdataboken anger hur stor andel i % av samtliga observationer som gjordes i samband med nederbörd av angivet slag och inom angivna vindklasser. Det kan emellertid också vara intressant att undersöka hur stor andel (%) av observationerna inom en viss vindklass eller av totala antalet observationer för en viss vindriktning som gjordes i samband med nederbörd. Denna andel, vindklassens eller vindriktningens nederbördsbenägenhet, är oberoende av vindfrekvensen för klassen eller riktningen och kan sägas vara ett mått på sannolikheten för att nederbörd av angivet slag skall uppträda i samband med en viss vindriktning - vindhastighetskombination eller totalt för en viss vindriktning. Jfr även Melander et al. (1975). I tabell 6.4 redovisas vindriktningarnas nederbördsbenägenhet (regn och snö) och snöbenägenhet för året och några av dess månader.

Av tabellen framgår, att sydliga vindar hade en genomgående stor nederbördsbenägenhet. Sydvästvindarna var särskilt nederbördsbenägna under senhösten, vintern och den tidiga våren, och ostvindarna gav särskilt stora värden i januari och november. Snöbenägenheten var speciellt uttalad i januari för ostliga och nordostliga vindar.

Tabell 6.4. Nederbördsbenägenhet (första värdet) och snöbenägenhet (andra värdet) i % för Malmö flygplats (Bulltofta) 1949 - 1969.

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Året							
N	6,9	13,9	11,1	12,3	0	6,5	0	6,0	0	12,5	1,6	8,8	2,9	
NE	17,5	16,5	13,3	12,0	20,0	0	17,6	0	13,9	0	22,5	1,1	20,0	10,0
E	25,0	19,9	10,9	8,3	9,3	0	9,1	0	6,9	0	26,5	1,2	14,7	5,3
SE	18,1	9,5	13,4	3,6	9,2	0	12,5	0	8,3	0	17,8	0,8	15,5	2,9
S	28,0	6,0	17,8	2,7	10,7	0	18,8	0	18,4	0	15,7	0,8	19,2	1,0
SW	27,2	2,4	19,4	2,3	7,6	0	14,3	0	12,0	0	18,6	0	16,8	1,2
W	15,4	3,1	15,9	2,5	7,6	0	8,5	0	7,1	0	14,0	0,7	10,6	1,1
NW	10,1	3,4	4,4	2,6	8,5	0	3,9	0	3,4	0	12,7	1,8	5,1	0
Lugnt	10,0	5,0	2,5	2,5	3,7	0	3,2	0	2,8	0	7,3	0	3,5	0

6.4 Samvariation vindhastighet - lufttemperatur och vindriktning - lufttemperatur

Samvariationen vindhastighet och lufttemperatur finns tabellerad i Klimatdata för Sverige av Taesler (1972) och grundas för Bulltoftastationen på ett datamaterial, som inhämtats under en tjugoförårsperiod i samband med fyra dagliga observationer (kl. 01, 07, 13 och 19).

Enligt detta material uppvisar kombinationen av temperatur och vindhastighet stor spridning. Denna är naturligt nog störst i datamaterialet för året. Dock förekommer två frekvensmaxima, vid $0 - +3,9$ °C och vid $+14,0 - +15,9$ °C, båda i kombination med vindhastigheter inom intervallet $4 - 6$ m/s. Det första maximet avspeglar den långa milda och ganska blåsiga vintersäsongen i Sydsverige. Det andra maximet betingas av vanliga temperaturnivåer under sensvåren, sommaren och den tidiga hösten. Ett genomgående drag är att de lägsta temperaturerna uppträder vid svaga vindar eller lugnt väder (vinterhögtryck med allmänt låga temperaturer eller eljest vid högtrycksbetonat väder med stora strålningsförluster under nätterna). Under vintern kombineras de högsta temperaturerna med måttliga - friska vindar (varmluftadvektion i lågtryckens varmsektorer), medan de kraftigaste vindarna ger större temperaturspridning (nu tillkommer effekt av kallluftadvektion bakom kallfronter).

Den samtida lufttemperaturen och vindhastigheten är av stor betydelse för hur utevistelse vintertid upplevs. Jfr avsnittet om vindklimat och komfort.

Medeltemperaturen för olika vindriktningar redovisas ej i Klimatdata för Sverige. Denna temperatur är emellertid också en viktig faktor i sammanhanget och har därför beräknats för några av årets månader ur ett observationsmaterial hämtat direkt från de meteorologiska dagböckerna för Malmö flygväderstation (Bulltofta). Beräkningarna avser samtida observationer av vindriktning och lufttemperatur utförda varje dag kl. 13 under perioden 1960 - 1972. Värden från dygnets övriga observationer har ej medtagits, vilket eliminerar den störande effekten på samvariationen av temperaturens dygnsvariationer. Noterade temperaturvärden för vindriktningar mellan de åtta huvudvindriktningarna, alltså för NNE, ENE, ESE etc., har fördelats lika mellan de intilliggande huvudvindriktningarna. Datamaterialet är för litet för att tillåta en uppdelning också i vindhastighetsklasser. Ej heller är det stort nog att tillåta framräkning av ett signifikant medelvärde för temperaturen vid lugnt väder. Medeltemperaturen för de åtta huvudvindriktningarna redovisas i tabell 6.5.

Som framgår av tabellen är sektorn nord till ost i genomsnitt kall under vintern och den tidiga våren. Advektion av kallluft är då ej ovanlig från riktningar inom denna sektor. Den varmaste riktningen under januari är sydväst. Införsel av mild tropikluft under vintern sker ofta från denna riktning. Under våren övertar syd och senare sydost rollen som varmaste riktning.

Tabell 6.5. Lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$) för olika vindriktningar kl. 13 för några av årets månader. Malmö flygplats (Bulltofta) 1960 - 1972.

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov
N	-4,5	0,6	11,3	18,6	14,0	2,3
NE	-3,5	-0,4	13,1	18,8	13,4	2,7
E	-1,4	2,2	15,0	20,5	17,7	4,4
SE	0,0	3,0	15,2	22,2	17,2	6,3
S	1,6	5,0	14,7	19,9	17,5	7,0
SW	2,4	4,8	14,0	19,0	16,5	7,2
W	1,8	4,9	13,5	17,6	15,6	7,4
NW	0,8	3,6	13,7	19,3	15,3	6,7

Temperaturkontrasterna är då ofta stora mellan nordliga och sydliga - sydostliga delar av Europa. Sydostriktningen är också under sommaren varmest, medan kallaste vindriktning då är väster. Vindar från detta håll förekommer nämligen ofta vid störd väderlek (lågtrycksaktivitet) under sommaren. Under den tidiga hösten är fortfarande sektorn ost till syd varmest. Senare på hösten är de varmaste riktningarna väster - sydväst. Nordost är kallaste riktningen i september och nord kallast i november. Skillnaderna mellan varmaste och kallaste riktning är störst under senhösten - vintern - tidiga våren. Av redovisade månader uppvisar januari det största differensvärdet, 6,9 $^{\circ}\text{C}$. Maj har lägsta värdet på skillnaden, 3,9 $^{\circ}\text{C}$.

6.5 Värdering av vindriktningar

I detta avsnitt redovisas några försök att grovt bedöma vindklimatet inom regionen ur komfort- och energiförbrukningssynpunkt. Avsikten har varit att söka urskilja de mest ogynnsamma vindriktningarna.

Vid bedömningen av vindriktningarna ur såväl komfort- som energiförbrukningssynpunkt har följande vindriktningsegenskaper ansetts vara av betydelse (jfr avsnitten 2 och 3): Vindhastighet, lufttemperatur och vindriktningsfrekvens. Man kan naturligtvis diskutera, huruvida också andra egenskaper hos vinden, t. ex. vindriktningarnas nederbördsbenägenhet, bör beaktas vid värderingar ur särskilt komfortsynpunkt. Sannolikt är dock dessa faktorer av mindre betydelse i sammanhanget och bör därför ges mindre vikt, om de överhuvudtaget skall medtas vid värderingarna.

En första enkel vindriktningvärdering kan åstadkommas genom tabellering av de olika vindriktningarnas hastighetsavvikelse från årets medelvindhastighet beräknad ur samtliga riktningvärden (tabell 6.6). Då i detta

Tabell 6.6. Skillnader (m/s) mellan årsmedelvindhastigheten¹⁾ för de olika vindriktningarna och månadsmedelvindhastighet för respektive vindriktning för Malmö flygplats (Bulltofta), 10 m över markytan.

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Medeltal
N	0	+0,5	+0,6	+1,0	+1,3	+0,7	+0,68
NE	-0,1	+0,7	+0,6	+1,5	+1,2	-0,1	+0,63
E	-0,2	-1,4	-1,3	+0,3	+0,6	-1,1	-0,52
SE	-0,3	-0,7	-0,6	+0,7	0	-0,5	-0,23
S	-0,2	+0,5	+0,9	+1,0	+0,9	+0,4	+0,58
SW	-0,9	-0,5	+0,3	+0,1	+0,2	-0,4	-0,20
W	-0,9	-0,8	-0,2	-0,4	-0,3	-1,3	-0,65
NW	-0,5	-0,8	+0,1	-0,2	-0,5	-0,7	-0,43
Medeltal	-0,39	-0,31	+0,05	+0,50	+0,43	-0,38	

1) Medelvärdet har beräknats ur samtliga vindhastighetsvärden för de valda månaderna, alltså ur totalt 48 värden (tabell 6.3) och utgör 5,0.

sammanhang blåst vanligen upplevs som en negativ faktor för komforten eller energiförbrukningen, har det varit motiverat att uttrycka hastighetsöverskotten som negativa tal och hastighetsunderskotten som positiva tal. Som framgår av tabellen uppvisar riktningarna W, E och NW särskilt stora negativa hastighetsavvikelser, dvs är blåsigare än genomsnittet. Också SE och SW har negativa värden.

En komfort- eller energiförbrukningsvärdering av vindriktningar som endast utnyttjar vindhastigheten är emellertid alltför grov. Vid en något säkrare bedömning beaktas också vindriktningsfrekvensen (tabell 6.7). Det är härvid rimligt att bilda produkter av vindhastighetsskillnaderna redovisade i tabell 6.6 och kvoter bildade av vindriktningarnas genomsnittliga månadsfrekvenser och deras genomsnittliga årsfrekvens. Är månadsfrekvensen större än årsfrekvensen, innebär produktbildningen, att ett talvärde ur föregående tabell ökar, vilket som regel uttrycker ökad diskomfort eller ökad energiförbrukning (vinterhalvåret), om värdet är negativt och ökad komfort eller minskad energiförbrukning (vinterhalvåret), om det är positivt. I förra fallet kommer ofta förekommande situation med relativt hög vindhastighet till särskilt uttryck i värderingen och i senare fallet ofta förekommande situation med relativt låg vindhastighet. Är månadsfrekvensen mindre än årsfrekvensen, innebär produktbildningen en dämpning av de negativa eller positiva talvärdena. Den ogynnsamma eller gynnsamma situationen förekommer ju då inte så ofta. Är slutligen månadsfrekvensen lika med årsfrekvensen, är ju kvoten av dessa frekvenser lika med 1, vilket betyder, att talvärdens storlek ej påverkas. Som framgår av tabell 6.7, är fortfarande E och W särskilt ogynnsamma riktningar. NW, SE och SW har också negativa medeltal.

Svårigheterna ökar, då man vid värderingarna av vindriktningarna också skall beakta lufttemperaturen. Vilken vikt skall läggas vid denna faktor?

Det kan vara rimligt att vid en komfortvärdering som utgångsmaterial utnyttja de olika riktningarnas genomsnittliga, månatliga temperaturavvikelser från temperaturmedelvärdet bildat ur samtliga lufttemperaturvärden för respektive månad. Motivet för att månads- och ej årsmedelvärdena utnyttjas är, att människan psykologiskt och klädesmässigt och möjligen också fysiologiskt kan förmodas anpassa sig till den allmänna temperaturnivå som utmärker årstiden (månaden). (Jfr avsnittet om vindklimat och komfort.) Avvikelser från denna nivå kommer härvid att upplevas som mer eller mindre ogynnsamma eller mer eller mindre gynnsamma. En viss vindriktning kan därför också under sommaren kännas obehagligt kylig och under vintern behagligt mild. Avvikelser från lufttemperaturens månadsmedelvärde enligt ovan kan anses vara ett mått på denna vindupplevelse. Svårigheterna hur lufttemperaturen skall vägas in i bedömningen kvarstår dock.

Tabell 6.7. Produkter av vindhastighetskillnaderna redovisade i föregående tabell och kvoter bildade av vindriktningarnas genomsnittliga månadsfrekvenser och deras genomsnittliga årsfrekvensl) för respektive vindriktning för Malmö flygplats (Bulltofta), 10 m över marken.

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Medeltal
N	0	+0,35	+0,36	+0,66	+0,65	+0,42	+0,41
NE	-0,10	+0,51	+0,35	+0,56	+0,66	-0,07	+0,32
E	-0,22	-2,35	-2,37	+0,22	+0,53	-1,49	-0,95
SE	-0,32	-0,81	-0,52	+0,54	0	-0,63	-0,29
S	-0,20	+0,35	+0,71	+0,92	+0,80	+0,47	+0,51
SW	-1,29	-0,48	+0,29	+0,15	+0,28	-0,52	-0,26
W	-1,18	-0,94	-0,25	-0,68	-0,54	-1,52	-0,85
NW	-0,28	-0,78	+0,12	-0,28	-0,46	-0,35	-0,34
Medeltal	-0,45	-0,52	-0,16	+0,26	+0,24	-0,46	

l) Årsmedelfrekvensen har beräknats ur samtliga frekvensvärden för vindriktningarna (tabell 6.2) och utgör 12,1.

En viss möjlighet att prova temperaturinflytandet erbjuds, om beräkningarna utförs med olika grad av tyngd lagd vid temperaturavvikelse. Följande metodik har härvid utnyttjats. Till vindhastighetsskillnaderna i tabell 6.6 har adderats temperaturavvikelse enligt ovan (negativa avvikelser betyder lägre temperatur än månadsmedeltalet och positiva avvikelser högre temperatur än detta). Temperaturavvikelse har i en första beräkningsomgång reducerats till en fjärdedel, i en andra beräkningsomgång reducerats till hälften och i en tredje beräkningsomgång bibehållits oförändrade. Efter addering enligt ovan multipliceras de så erhållna summorna med vindriktningarnas frekvenskvoter. Produkternas storlek indikerar den relativa komfort eller diskomfort som präglar respektive riktning i de fall som undersökts avseende lufttemperaturens antagna inflytande. Resultatet av beräkningarna redovisas i form av isopletdiagram (fig. 6.4).

Som framgår av diagrammen kvarstår riktningarna E och W som de mest ogynnsamma också då vid bedömningen viss vikt läggs vid lufttemperaturen. Även riktningar inom nordsektorn erhåller negativa värden. Vid större vikt lagd vid lufttemperaturen får NE och N de största negativa talvärdena, men både E, W och NW kvarstår som riktningar med negativa värden.

De data som redovisats i diagrammen visar sålunda, hur bedömningsresultatet påverkas av ökat hänsynstagande till lufttemperaturen och hur den relativa komforten varierar under året. Riktningarna inom sektorn N - SE synes sålunda vara de mest besvärande under vinterhalvåret. Också västsektorns riktningar kan då uppfattas som diskomfortabla, om vid värderingen ingen hänsyn tas till lufttemperaturen. Då emellertid västvindarna under vintern är relativt milda, kommer de att värderas som allt mindre besvärande vid ökat hänsynstagande till temperaturfaktorn. Under sommaren "koncentreras" diskomforten till västsektorn, oavsett om temperaturen beaktas eller ej vid värderingarna.

Senhösten och vintern är inte oväntat en ur vindkomfortsynpunkt ogynnsam årstid. Men också vårmånaderna är relativt ogynnsamma, vilket främst sammanhänger med de kraftiga, kalla och högfrekventa vindarna från riktningar inom ostsektorn under denna årstid.

En faktor som i vindvärderingssammanhang kan synas betydelsefull ur komfortsynpunkt är vindriktningarnas nederbördsbenägenhet. Bortsett från de svårigheter som uppstår, då man söker väga in denna faktor vid en värdering, kan man dock diskutera huruvida den bör beaktas i värderingar av detta slag. Om emellertid så sker, försämras ostriktningen ytterligare på grund av dess stora nederbördsbenägenhet under särskilt senhösten och vintern. Också nordost- och sydvästriktingarna försämras på grund av stor nederbördsbenägenhet.

En grov värdering av den komfort eller diskomfort gångtrafikanter möjligen skulle uppleva vid de vindtempe-

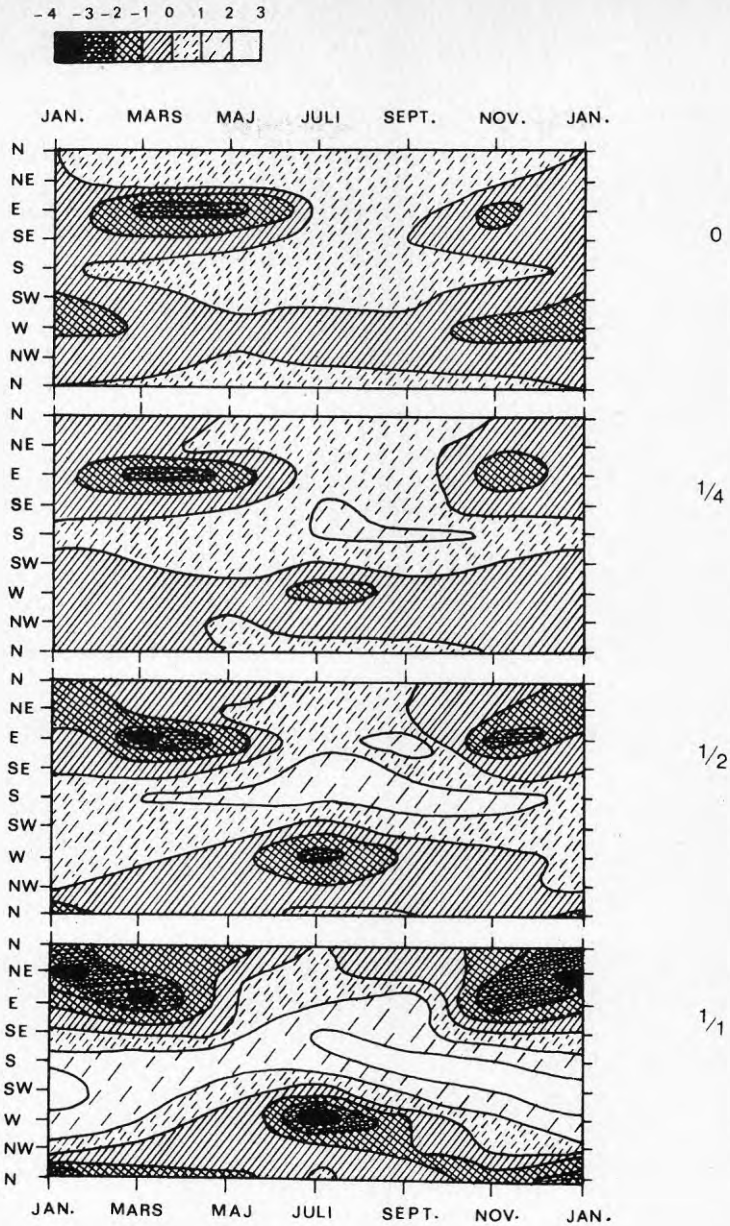


Fig. 6.4. Isopletdiagram över vinäriktningarnas relativa komfort under året vid Bulltofta, 10 m över markytan. 0 - 1/1 anger ett ökande hänsynstagande till temperaturfaktorn (se vidare texten).

ratur-betingelser som redovisats i det föregående har också gjorts med användande av Penwardens diagram (fig. 3.1 i kapitlet om vindklimat och komfort). Vid analysen har vissa schablonmässiga antaganden gjorts beträffande klädedräkten och förhållandet "solsken" - "skugga". Sälunda förutsätts för januari och november vinterklädsel med överrock samt skugga, för mars vinterklädsel med överrock samt solsken och skugga av lika varaktighet, för maj vardagsklädsel samt solsken, för juli lätt sommarklädsel samt solsken, för september vardagsklädsel samt solsken och skugga av lika varaktighet. Resultatet redovisas i tabell 6.8. Tabellvärdena är produkter av vindriktningarnas frekvenskvoter och avstånd i °C från nedre komfortgräns (negativa tal) respektive övre komfortgräns (positiva tal). Noll innebär läge innanför komfortgränserna. De redovisade värdena är knappast utnyttjas till annat än att urskilja de ur komfortsynpunkt allra mest besvärande vindriktningarna, vilka visar sig vara E och NE, i de fall då ökande vindhastighet anses besvärande. Tillämpad på det här aktuella datamaterialet torde denna metod dock överbetona vindens termiska egenskaper.

Också vid en värdering av vindriktningarna avseende energiförbrukningen kan det vara svårt att på ett rimligt sätt väga vindhastighetens betydelse mot lufttemperaturens. Bedömningen bör i vart fall beakta den faktiska temperaturnivån (dess avvikelser från ett fixt värde) och inte, som vid komfortvärderingen, avvikelserna från månadsmedelvärdena. I tabell 6.9 redovisas gradtimmar för Bulltofta-området baserade på i detta fallet dygnsmedeltemperaturens för olika vindriktningar avvikelser från en till +20 °C fixerad innetemperatur.

Som framgår av tabellen är under eldningssäsongen gradtimantalet särskilt stort för riktningarna E, SE, W och SW.

Tabell 6.8. Bedömning ur komfortsynpunkt av vindriktningar vid Malmö flygplats (Bulltofta), 10 m över markytan. (Se vidare texten.)

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Medeltal av neg. värden
N	-7	-2	0	0	0	-3	-2,0
NE	-10	-4	0	0	0	-3	-2,8
E	-9	-5	+1	0	+1	-3	-2,8
SE	-7	-3	+1	+2	+1	0	-1,7
S	-5	-1	+1	0	+1	0	-1,0
SW	-6	-1	0	0	+1	0	-1,2
W	-7	-1	0	0	+1	0	-1,3
NW	-3	-1	0	0	0	0	-0,7
Medeltal av neg. värden	-6,8	-2,3	0	0	0	-1,1	

Tabell 6.9. Grådtimmar för Bulltofta-området baserade på skillnaderna mellan dygnsmedeltemperaturer för olika vindriktningar och en innetemperatur av +20 °C och på aktuella vindriktningssfrekvenser.

	Jan	Mars	Nov	Summa
N	1428	1328	943	3699
NE	2072	1440	1051	4563
E	2143	2930	1889	6962
SE	1929	1937	1564	5430
S	1638	1050	1371	4059
SW	2278	1437	1523	5238
W	2165	1764	1339	5268
NW	976	1580	596	3152
Summa	14629	13466	10276	

Tabell 6.10. Ventilationsförluster, kWh, för ett småhus på Bulltoftafältet vid redovisade vindförhållanden (10 m över markytan). Resultat av ett räkneexempel som vill illustrera vindriktningarnas relativa betydelse ur energiförbrukningssynpunkt.

	Jan	Mars	Nov	Summa
N	161	135	90	386
NE	233	146	108	487
E	236	349	209	794
SE	210	214	158	582
S	172	99	124	395
SW	253	151	150	554
W	243	191	144	578
NW	107	175	61	343
Summa	1615	1460	1044	

En analys grundad på ekvationerna (2.5) och χ_3 (2.6) och avseende ett välbyggt hus med volymen 400 m³ fritt beläget på Bulltofta-området och utsatt för de vindar som redovisats i detta kapital (vindens riktning, hastighet och temperatur -- dygnsmedeltemperaturavvikelse enligt ovan -- och vindriktningarnas frekvens beaktade) ger den i tabell 6.10 redovisade energiförbrukningen på grund av ventilation för månaderna januari, mars och november.

Den redovisade förbrukningen är, vad avser absolutvärdena, dock alltför hög, då den ju grundas på vinduppgifter från 10 m höjd över markytan i ett extremt fritt läge. Detta spelar dock mindre roll i detta sammanhang. Tabellvärdena avser endast att illustrera vindriktningarnas relativa betydelse ur energiförbrukningssynpunkt. Som framgår av tabellen är riktningen E mycket energikrävande. Riktningarna NE, SE, SW och W bildar en mellangrupp, vad avser energiförbrukning, medan N, S och NW är gynnsamma i detta avseende.

Vid ett annat försök till värdering av vindriktningarna ur energiförbrukningssynpunkt grundades temperaturfaktorn på avvikelser från årets medeltemperatur. Liksom vid komfortvärderingen provades temperaturinflytandet, genom att olika tyngd lades vid temperaturavvikelserna (jfr temperaturens betydelse vid transporten av värme). En med komfortvärderingen analog metodik utnyttjades härvid. Till vindhastighetsskillnaderna i tabell 6.6 har adderats temperaturavvikelserna enligt ovan (negativa avvikelser betyder lägre temperatur än årsmedeltalet och positiva avvikelser högre temperatur än detta). Temperaturavvikelserna har i en första beräkningsomgång reducerats till en fjärdedel, i en andra beräkningsomgång reducerats till hälften och i en tredje beräkningsomgång bibehållits oförändrade. Efter addering enligt ovan multipliceras de så erhållna summorna med vindriktningarnas frekvenskvoter. Produkternas storlek indikerar grovt de variationer som existerar beträffande vindriktningarnas "energikrav" i de tre fall som undersökts avseende lufttemperaturens antagna inflytande. Resultatet av beräkningarna redovisas i form av isopletdiagram (fig. 6.5).

Som framgår av diagrammen synes också vid denna bedömning riktningen E framstå som den mest ogynnsamma. Detta gäller för samtliga tre temperaturalternativ. Också riktningarna SE och W bedöms vara ogynnsamma, vilket i minskande omfattning även gäller NE och SW. Västriktningen minskar dock i relativ betydelse vid ett ökat hänsynstagande till temperaturen. Motsatsen gäller riktningen NE. Den minst energikrävande vindriktningen är S följd av NW och N.

De vindriktningsbedömningar som redovisats ovan är grova. Exempelvis har materialet inte varit tillräckligt omfattande för att tillåta framtagnandet av en samordnad statistik beträffande samtidig storlek och varaktighet av i första hand vindhastighet, vindriktning och lufttemperatur. Avsikten med bedömningarna har heller inte varit att i absoluta tal precisera vindriktningarnas värde ur komfort- och energiförbrukningssynpunkt, vilket för övrigt knappast låter sig göras (jfr tidigare avsnitt). Bedömningarna har i stället syftat till att finna de riktningar som ur nämnda synpunkter får anses vara mest ogynnsamma. Dessa riktningar måste speciellt uppmärksammas i byggelseplaneringen och vid kontrollen av planförslagen. Man bör för dessa vindriktningar eftersträva att

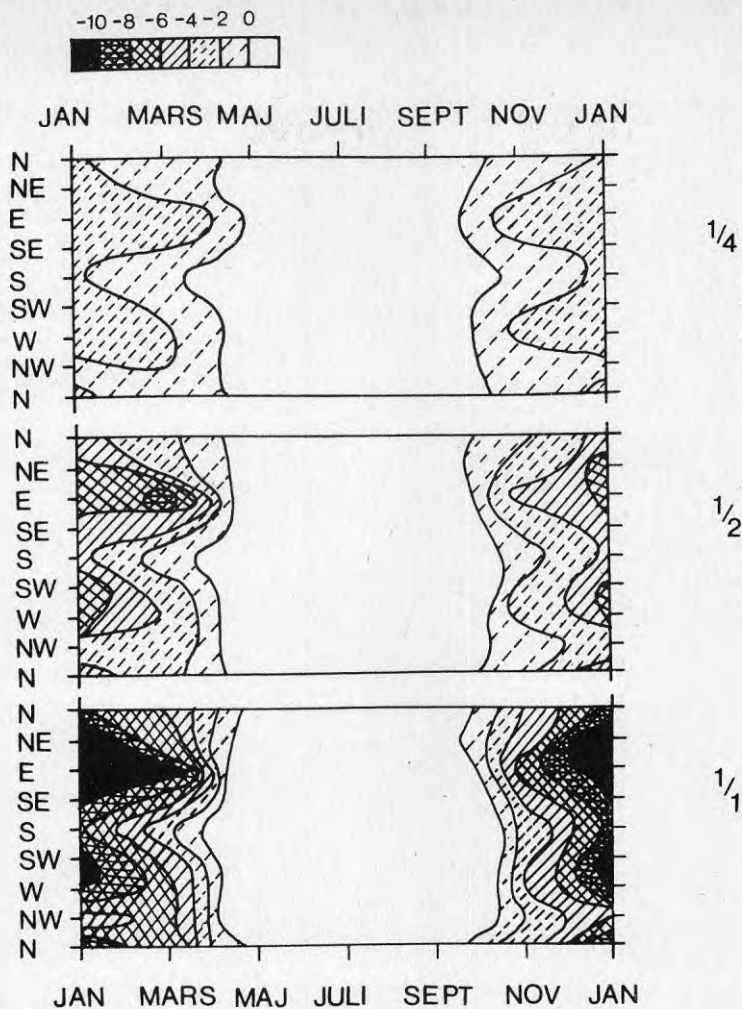


Fig. 6.5. Isopletdiagram över vindriktningarnas relativa "energikrav" under året vid Bulltofta, 10 m över markytan. 1/4 - 1/1 anger ett ökande hänsynstagande till temperaturfaktorn (se vidare texten).

skapa en så god vindmiljö som möjligt i anslutning till den färdiga bebyggelsen.

Av analyserna torde framgå att den under året ur komfortsynpunkt mest besvärande vindriktningen i Bulltofta är E följt av W och NE. Gynnsammaste vindriktningen är S. Också ur energiförbrukningssynpunkt är E ogynnsammast men följs nu av SE och W. De minst energikrävande vindriktningarna är NW, N och S.

7 LOKALT INFLYTANDE PÅ VINDKLIMATET

Sedan flygfältet och därmed den meteorologiska stationen vid Bulltofta nedlagts, har smärre förändringar i det aktuella stadsområdet förekommit. Drygt en halv km söder om planområdets centrala delar har uppförts en större, ehuru relativt låg byggnad (IKEA). Öster och sydöst om området finns låga industribyggnader intill Ringvägen, och i anslutning till detta i söder ligger idag Mölledalsskolan, en 3-våningsbyggnad. Också om dessa nytillkomna byggnader kan påverka vindförhållandena inom begränsade delar av planområdet, torde de knappast i väsentlig grad ändra resultatet av värderingarna i föregående avsnitt. I övrigt må erinras om, att den meteorologiska stationen var belägen inom planområdet under en stor del av den period, för vilken vindstatistiken redovisas. Denna statistik får därför anses representativ för planområdet i stort.

I programmet för av Malmö kommun utlyst tävling om förslag till stadsplan för västra delen av Bulltoftaområdet angavs bl. a., att uppgiften avsåg att lämna förslag till ett välfungerande och attraktivt område med en bebyggelseutformning som innehåller en varierad sammansättning av bostadstyper, lägenhetsstorlekar och upplåtelseformer samt medge ett nära samspel med service- och verksamhetsfunktioner. Dispositionsplanen för Bulltofta förutsättes inrymma ca 150 000 m² våningsyta för bostäder. Ca 10 000 m² därav utgörs av den nybyggnadsdel utmed Smedstorpsgatan som ligger utanför förslagsområdet. Kommunen eftersträvar en allsidig lägenhetssammansättning med tyngdpunkt i större lägenheter fördelade mellan 2 r o k 15 %, 3 r o k 35 % och 4 r o k 50 %. 3000 - 4000 människor kommer att bo i Bulltofta. Bebyggelseformer bör eftersträvas som förenar enfamiljshusets fördelar med markkontakt och föränderlighet med flerfamiljshusets möjligheter till högre markutnyttjande och kollektiv service. Från dispositionsplaneområdets olika delar skall man nå centrum och allmänna funktioner samtidigt som gatunätets uppbyggnad och trafikmiljöns detaljutformning motverkar genomfart.

Efter inlämningstidens utgång hade tre tävlingsförslag inlämnats. Dessa i det följande redovisade skissförslag visar tre olika sätt att utforma området och har givit bakgrund till en mera allsidig diskussion om det framtida Bulltofta. Efter påbörjandet av arbetet med denna rapport har dock planeringen av området följt andra vägar, varför inget av de redovisade förslagen kommer att realiseras. I det följande beskrivs vissa av förslagets huvuddrag, särskilt bebyggelsens utformning och lokalisering i stort, som är av betydelse i detta sammanhang.

8.1 Förslag av Fritz Jaenecke arkitektgrupp AB

Förslaget (fig. 8.1) har haft som utgångspunkt att skapa en stadsmässig, sammanhållen bebyggelsestruktur. Mindre, gröna stråk utgör buffertar mot omgivande bebyggelse och tjänar som gröna förbindelser i nord-sydlig riktning. Dessa stråk innehåller också lek- och idrottsplatser. Grönytorna inom bostadsbebyggelsen har begränsats med hänsyn till de närbelägna rekreationsytorna i Beijers park i norr och Bulltofta friluftsområde i söder. Genom området i nord-sydlig riktning löper en central gata av typ "boulevard". Denna inramas av högre bebyggelse, 4-5 våningar. Gatan passerar ett par mindre torg. Området i övrigt byggs upp i kvarter med anknytning till traditionellt stadsbyggande. Bebyggelsen är blandad med stort inslag av olika radhusformer. Den glesas ut från den centrala gatan mot de omgärdande parkstråken. Kvarteren öppnas här mot dessa grönområden.

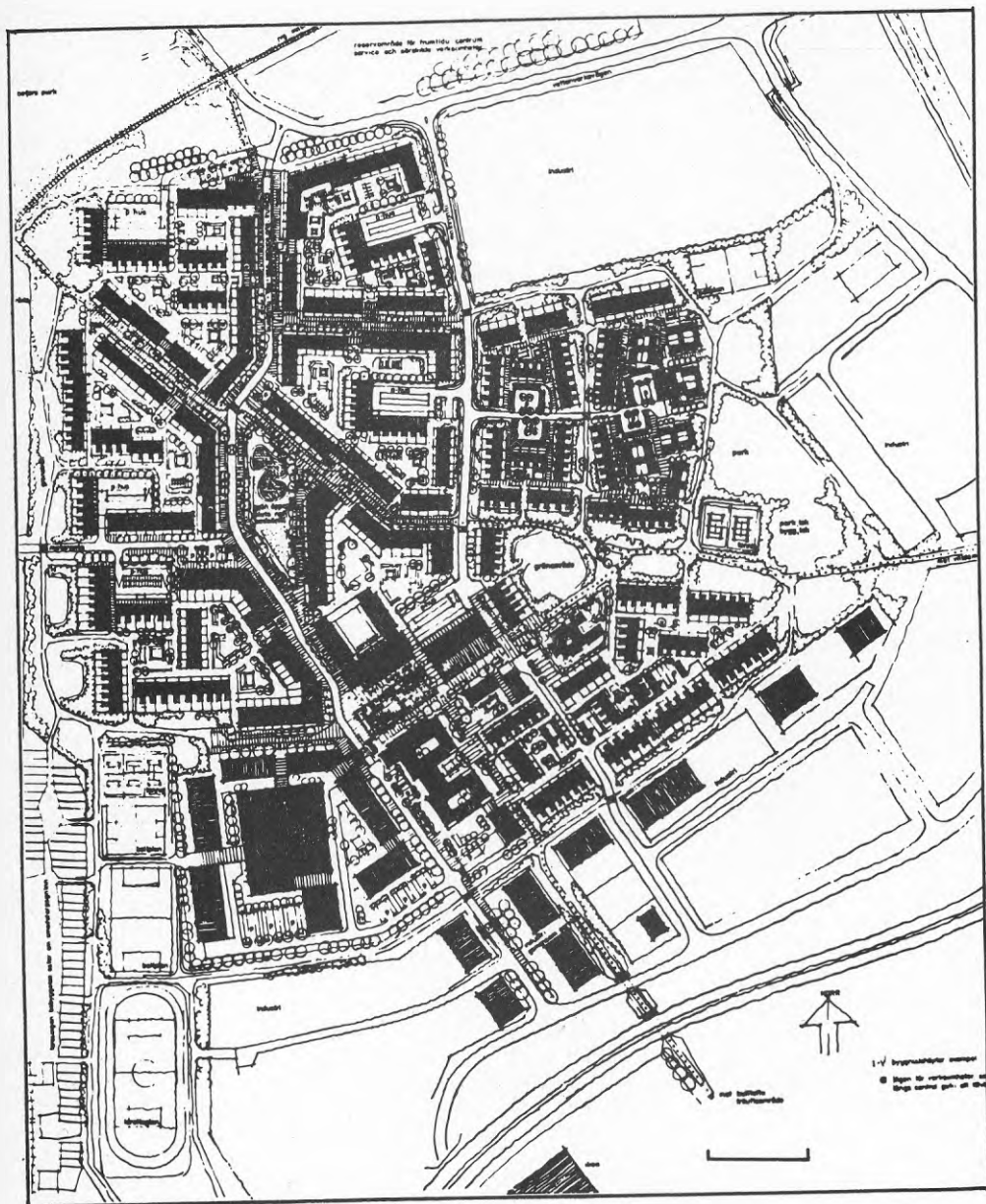


Fig. 8.1. Förslag av Fritz Jaenecke arkitektgrupp AB.
Områden med träd och buskar inramas av våglinjer.
Skalstreckket anger 100 m.

8.2 Förslag av AB Vattenbyggnadsbyrån, regionalkontoret för södra Sverige

Förslaget (fig. 8.2) har särskilt beaktat att området gränsar till arbetsområden av skiftande karaktär och att det är skilt genom stora trafikleder från närliggande större friytor såsom Beijers park och det framtida friområdet i söder. Detta gör det särskilt viktigt att området ges ett stort egenvärde och bildar en enhet med en klarhet i uppbyggnaden. Planområdet har därför utformats så att man i hög grad vänder sig inåt mot de egna stora friområdena och att man har möjligheter att röra sig runt inom området i intressanta gångmiljöer. Trafiken till bostäder och service leds på en särskild matarväg runt hela området. Bebyggelsen varierar från 6 våningars punkthus längs parkområdena i centrum till 2 våningars enbostadshus mot bilvägen. Bebyggelsen indelas i ett antal kvarter med mellanliggande parkering, som sker i bildäck i 2 plan för bostäder längst in mot parken och i parkeringsgårdar för övrigt.

8.3 Förslag av White arkitekter i Malmö AB

Också detta förslag (fig. 8.3) rymmer egna större friytor inom planområdet. En gemensam park bör således anläggas i ett tidigt skede. För att underlätta orientering och samhörighet byggs området också för övrigt upp kring olika rum och funktioner. Dessa är kvartersgruppen kring den centrala gågatan och kvartersgården, garagegårdsgruppen med dess parkering, angöring, närlokal och lekplats samt gågatorna som kan ges intimitet genom att den låga bebyggelsen medger små mått mellan husen. Bostadsområdena är skalmässigt uppbyggda på det gamla stadskvarteret som enhet. Kvarteren har givits individuell karaktär genom variation av byggnadsform och innehåll. Bebyggelsen varierar från 1 vånings radhus och vinkelhus väsentligen i områdets yttre delar över 2 våningars radhus och loftgångshus till 3-4 våningars lamellhus och 4 våningars punkthus i de inre delarna av området.

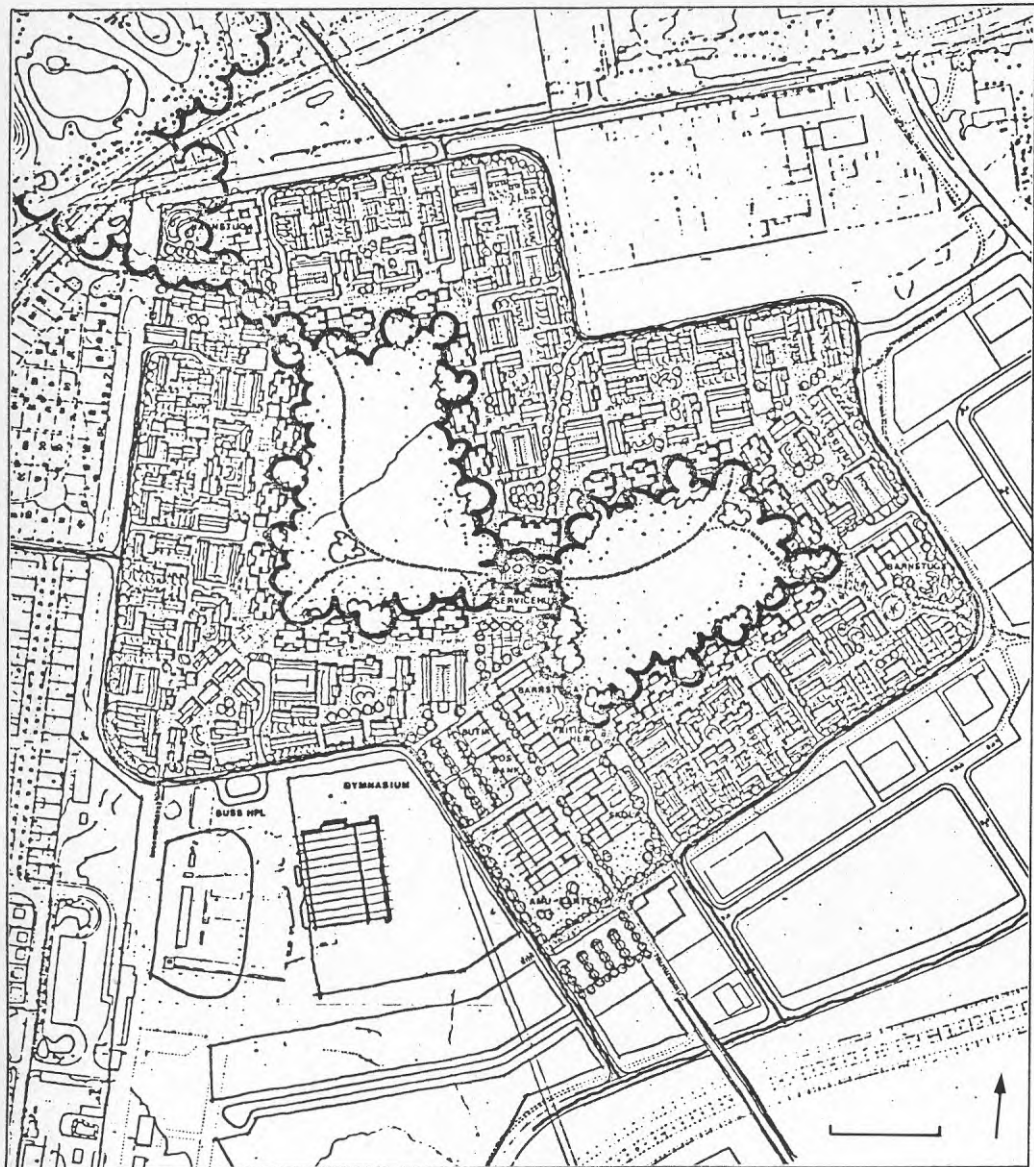


Fig. 8.2. Förslag av AB Vattenbyggnadsbyrån, regionalkontoret för södra Sverige. Områden med träd och buskar inramas av våglinjer. Skalstrecket anger 100 m.

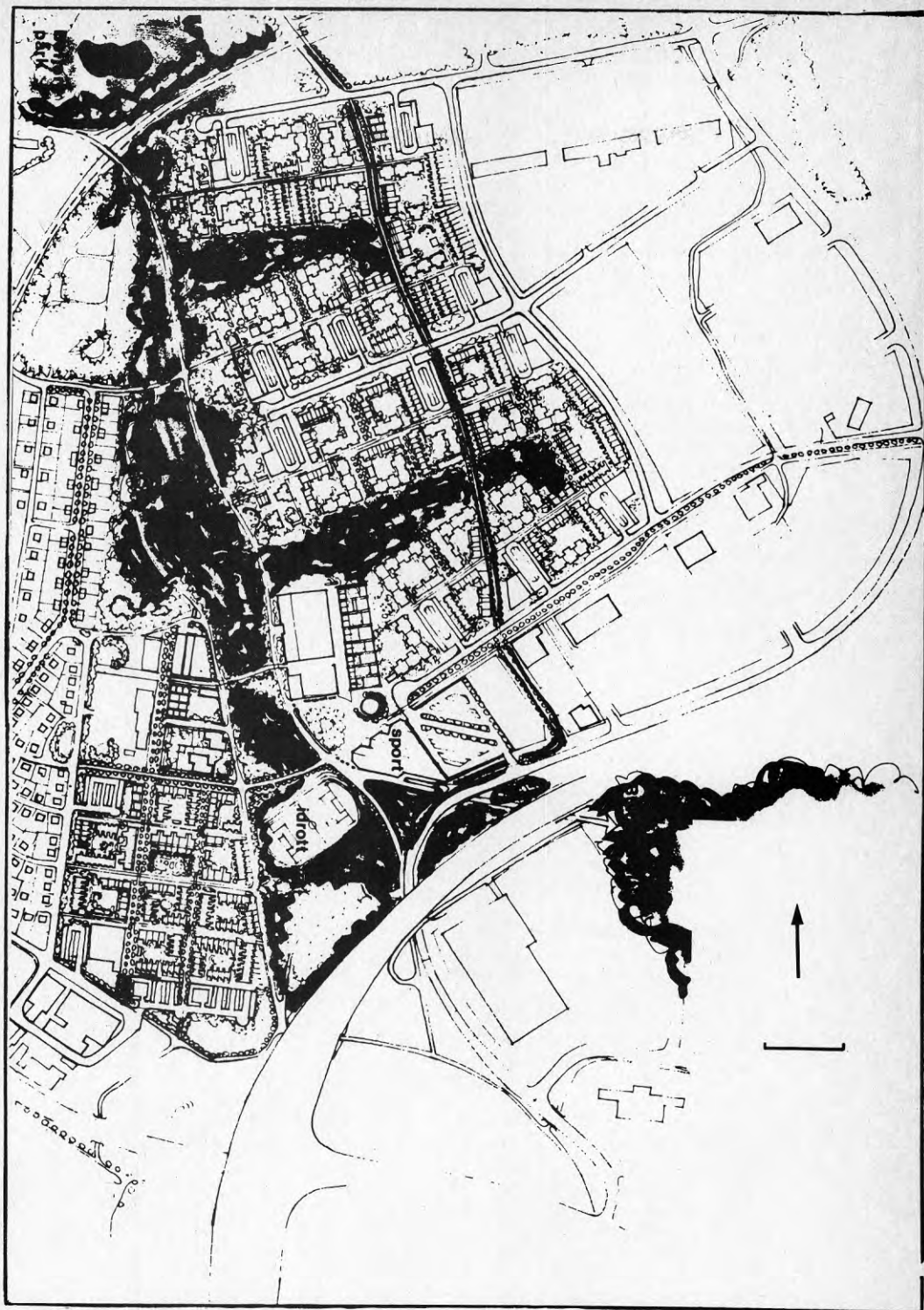


Fig. 8.3. Förslag av White arkitekter i Malmö AB. Områden med träd och buskar är svartmarkerade. Skalstrecket anger 100 m.

9 ENKEL BEDÖMNING AV PLANFÖRSLAGEN MED HÄNSYN TILL
 OGYNNSAMMA OCH GYNNSAMMA VINDRIKTNINGAR M. M. --
 RESULTAT AV EN MORFOMETRISK ANALYS

Som framgick av vindriktningvärderingarna i avsnitt 6.5 är inom aktuellt planområde E och i viss mån även SE och W särskilt energikrävande riktningar, medan N och S är gynnsamma riktningar i detta avseende. Under eldningssäsongen är S dessutom en gynnsam riktning ur solinstrålningssynpunkt. Det får därför anses vara en fördel ur energiförbrukningssynpunkt, om den planerade bebyggelsen har så liten sammantagen yta som möjligt exponerad för vindar från E, SE och W och så stor sammantagen yta som möjligt exponerad åt S. Den sydexponerade ytan bör dessutom i så stor utsträckning som möjligt vara tillgänglig för sol under eldningssäsongen. Dessa önskemål bör dock vägas mot önskvärdenheten av att kvoten av bebyggelsens sammantagna yta och dess sammantagna volym görs liten, då energiavgivandet till omgivningen härigenom minskas. Ur vindbetingad energiförbrukningssynpunkt är det vidare en fördel, om bebyggelsen görs tät och förhållandevis låg.

I detta avsnitt skall de tre planförslagen jämföras med hänsyn till ovanstående önskvärda egenskaper hos bebyggelsen. Avsnittet utmynnar i en grov värdering av förslagen avseende deras anpassning till energikrävande vindar baserad på denna urbanmorfologiska analys.

9.1 Metodik

För de tre planförslagen beräknas med utgångspunkt från huskropparnas läge i planet och de mått som angivits i detaljbeskrivningarna till de olika hustyperna följande:

A

1. Planområdenas totalytor.
2. Planområdenas totala bebyggda ytor.
3. Planområdenas totala bebyggda ytor i förhållande till deras totalytor (bebyggelsetätheten).
4. Planområdenas totala byggnadsvolym.
5. Planområdenas totala byggnadsyta (kontaktytan byggnad -- uteluft).
6. Planområdenas yt-volym-förhållande.

B

1. Planområdenas totala byggnadsyta (i projektion) orienterad åt E (W), SE respektive S.
2. Planområdenas totala byggnadsyta (i projektion) orienterad åt E (W) respektive åt SE i förhållande till motsvarande yta orienterad åt S.
3. Planområdenas totala byggnadsyta (i projektion) orienterad åt E (W) respektive åt SE i förhållande till motsvarande yta orienterad åt S och angiven med hänsyn till ökad etagehöjd.

C

1. Planområdenas totala byggnadsvolym för olika etager.

Till detta kommer ett antal beräkningar baserade på ovanstående uppgifter.

Vid beräkning av ytor och volymer har utnyttjats så noggranna måttuppgifter som möjligt för de olika huskropparna. I vissa fall finns dock inte detaljritningar utan endast angivelser av antalet våningar samt skisser av husens form i markplanet. I dessa fall har mätten beräknats med hjälp av kartskalen respektive en antagen våningshöjd av 3,5 m. Med hänsyn till den i övrigt förhållandevis grova metodik som använts vid bedömningarna, torde de detaljer som vid detta förfarande kan ha gått förlorade dock inte i nämnvärd utsträckning ha påverkat resultaten.

Vid beräkning av åt olika riktningar exponerad husyta har utnyttjats huskropparnas ytprojektioner enligt fig. 9.1. Huruvida detta förfarande är det i sammanhanget lämpligaste, kan diskuteras. I detta stadium av bedömningen har det dock ansetts tillfredsställande. Andra metoder som i detalj tar hänsyn till mot vinden snedställda ytor, blir på detta stadium alltför tidskrävande utan att göra analysen mera noggrann.

I samband med ovan nämnda beräkningar har gjorts enkla värderingar av resultaten i form av ranking av de tre planförslagen med hänsyn till deras vindklimatanpassning. Bedömningen av förslagen är dock i detta första skede av analysen mycket grov.

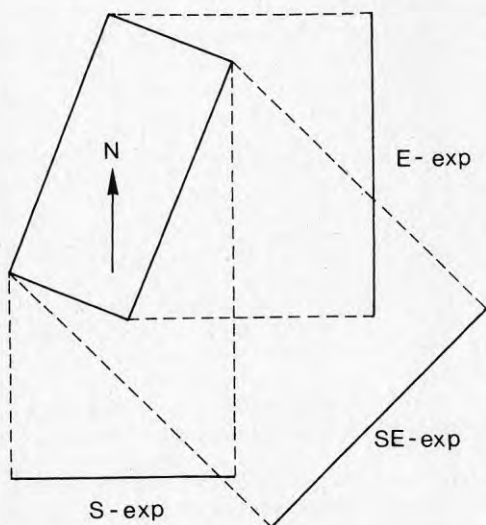


Fig. 9.1. Bestämning av riktningsexponerade husytor.

9.2 Beräkningar

9.2.1 Bebyggelsetäthet

Generellt, ehuru med vissa reservationer, kan sägas, att tät bebyggelse har lägre vindhastighetsnivå än gles bebyggelse och är alltså gynnsammare ur energiförbrukningssynpunkt. Härtill kommer, att den täta bebyggelsen av komplexa orsaker utbildar ett varmare lokalklimat än den glesa bebyggelsen (värmeöeffekt). Det har därför bedömts vara av intresse i detta sammanhang att jämföra de tre planförslagen med avseende på bebyggelsetätheten. Denna har i beräkningarna uttryckts som procentuell andel av total planyta för respektive förslag som upptas av bebyggelse (tabell 9.1).

Inom ramen för västra delen av Bulltofta-fältet har förslagsställarna haft förhållandevis stor frihet att utforma planområdets form och storlek (fig. 9.2 - 9.4). De olika förslagen varierar därför kraftigt till allmän form, storlek, bebyggelsetäthet m. m., vilket försvårar deras bedömning. Vid beräkningarna av planområdenas totalytor har därför respektive yta begränsats till yttergränsen för bebyggelsen och innefattar alltså inte "perifera" parker, P-platser, vägar etc.

Tabell 9.1. Planområdenas totalytor, totala bebyggda ytor samt bebyggelsetäthet jämte rankningstal (plats-siffra).

Förslag	Totalyta, m ²	Total bebyggd yta, m ²	Bebyggelsetäthet, %
Jaenecke	469 000	112 293	23,94 (1)
VBB	325 000	58 046	17,86 (3)
White	416 000	88 092	21,18 (2)

Som framgår av tabellen har Jaeneckes förslag störst bebyggelsetäthet enligt definitionen ovan, medan de båda övriga förslagen redovisar en något glesare bebyggelsestruktur. VBB-förslaget uppvisar den lägsta bebyggelsetätheten.

9.2.2 Bebyggelsens yt-volym-förhållande

Relationen mellan yta och volym hos en kropp, vars temperatur avviker från omgivningstemperaturen, spelar stor roll för dess energibalans. En kropp, som är varmare än sin omgivning och som har en total yttre yta som är relativt stor, avkyls sålunda hastigare än en kropp med samma utgångstemperatur men med en procentuellt mindre yttre yta.

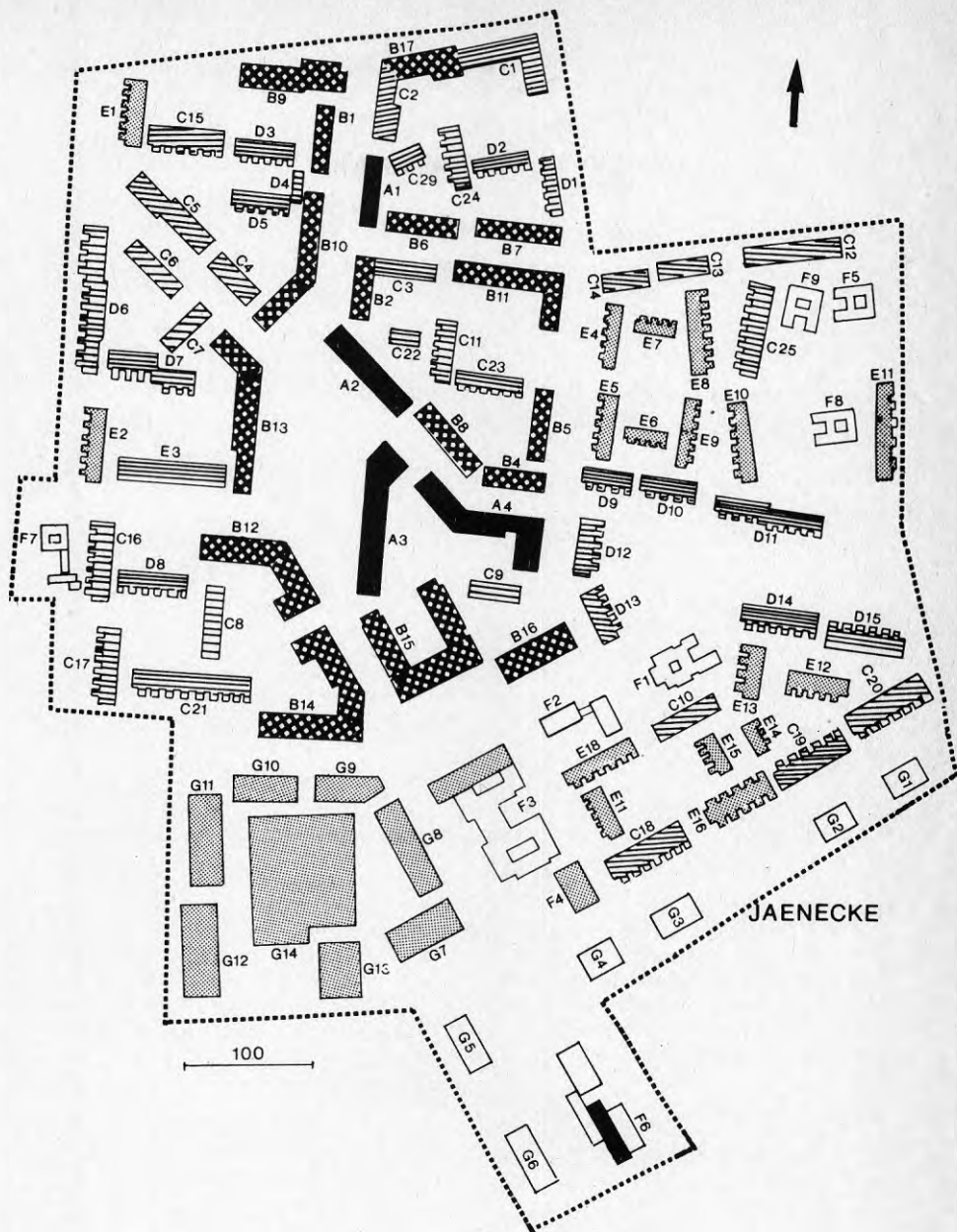


Fig. 9.2. Planförslag enligt Jaenecke. En viss förenkling och generalisering utmärker skissen. För att identifiera de enskilda huskropparna har dessa i denna och följande skisser åsatts bokstav - sifferbeteckningar. Hushöjderna markeras av rastningen enligt följande: Svart > 14 m, rutmarkering 10,5 - 14 m, streckmarkering 7 - 10,5 m, prickmarkering 3,5 - 7 m och vitt 0 - 3,5 m. Skallstreckat anger 100 m.



Fig. 9.3. Planförslag enligt VBB. Se i övrigt texten till fig. 9.2.

Planområdenas totala kontaktyta bebyggelse -- uteluft har beräknats och uttryckts i procent av respektive områdes totala byggnadsvolym (tabell 9.2). Garage har dock ej innefattats i beräkningarna, eftersom dessa byggnader förutsätts vara "kalla" och därför ej energiförbrukande.

Tabell 9.2. Planområdenas totala byggnadsvolym, totala byggnadsytor (kontaktyta byggnad -- uteluft) samt bebyggelsens yt-volym-förhållande jämte rankingstal (platssiffra).

Förslag	Total byggnads- volym, m ³	Total byggnads- yta, m ²	Yt-volym- förhållande, %
Jaenecke	1 105 108	292 215	26,44 (1)
VBB	662 724	236 853	35,74 (3)
White	831 024	266 644	32,09 (2)

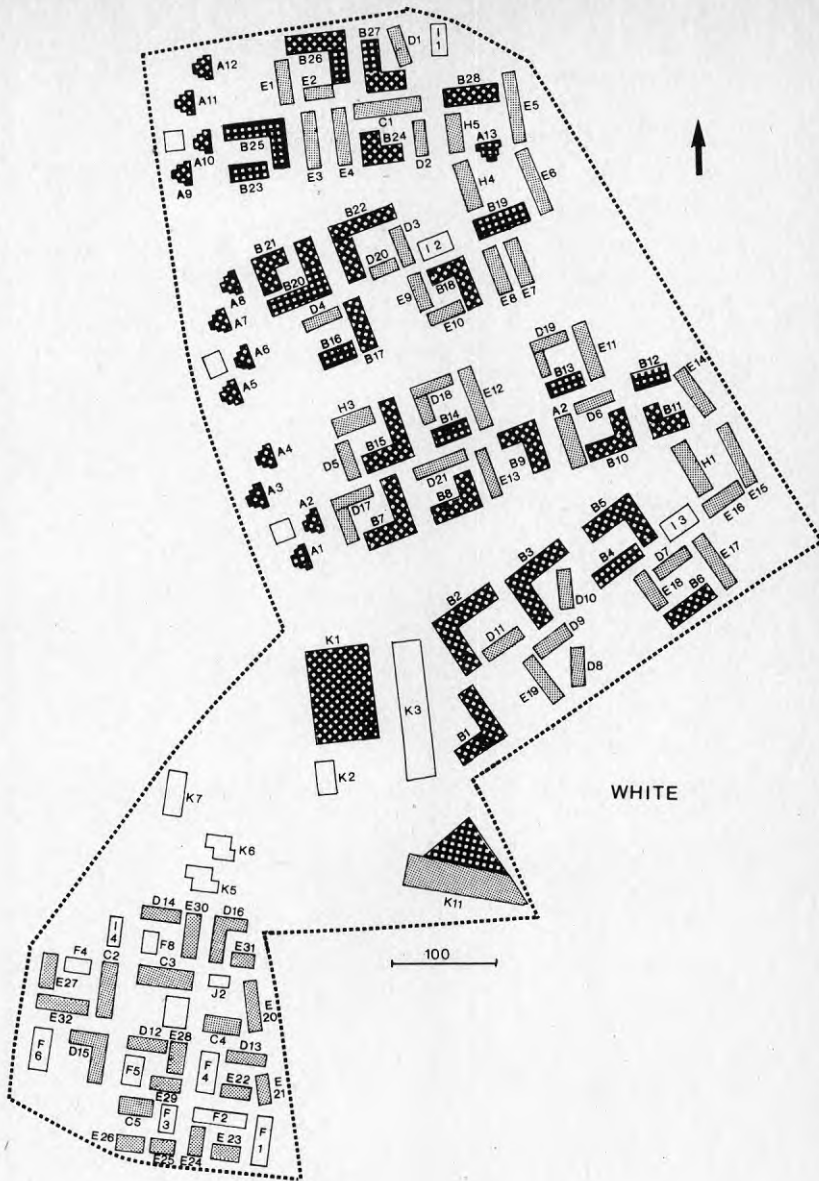


Fig. 9.4. Planförslag enligt White. Se i övrigt texten till fig. 9.2.

Som framgår av tabellen har Jaeneckes förslag det i sammanhanget gynnsammaste yt-volym-förhållandet, medan VBB-förslaget uppvisar den sämsta relationen härvidlag av de tre planförslagen.

9.2.3 Bebyggelsens orientering och höjd (vindexponering)

I den här aktuella regionen bör i princip byggnadernas längsfasader orienteras mot norr-söder för att kunna motta så stora energimängder som möjligt genom instrålning och samtidigt ej utsättas för energikrävande vindar. Samtidigt bör de öst-väst- och sydöstorienterade husytorna vara små, på grund av att vindarna från dessa riktningar är särskilt energikrävande. Huskropparna får dock ej göras så smala, att yt-volym-relationen blir stor, vilket ju försämrar värnehållningen. Det optimala förhållandet mellan dessa båda motverkande faktorer kan förmodas variera såväl inom ett planområde som mellan skilda områden och kan inte utan vidare bestämmas (jfr Olsson, 1974).

För de tre planförslagen har beräknats den åt aktuella riktningar exponerade totalytan (projicerad yta, jfr ovan) samt kvoterna bildade av E-(W)-exponerade och S-exponerade ytor samt av SE-exponerade och S-exponerade ytor (tabell 9.3).

Tabell 9.3. Bebyggelsens orientering samt rankningstal (platssiffra) avseende orienteringen ur energihushållningssynpunkt.

Förslag	E-(W)-ytor, m ² (a)	SE-ytor, m ² (b)	S-ytor, m ² (c)	Kvot a/c	Kvot b/c
Jaenecke	49 658	50 887	46 519	1,07 (2)	1,09 (3)
VBB	50 661	51 465	53 368	0,95 (1)	0,96 (1)
White	47 225	44 091	42 639	1,11 (3)	1,03 (2)

Som framgår av tabellen har VBB-förslaget den gynnsammaste orienteringen. Jaeneckes förslag har en relativt stor andel åt E och SE exponerade ytor, och i White's förslag är ytandelen E-exponerade ytor särskilt stor. Typiskt nog har VBB-förslaget det största yt-volym-förhållandet av de tre tävlingsförslagen (jfr tabell 9.2 och resonemanget ovan). Relateras andelen E- och SE-exponerade ytor i stället till den totala byggnadsvolymen eller totala byggnadsytan, kommer VBB-förslaget att framstå som ogynnsammast ur orienteringssynpunkt. Ingen av de föreslagna stadsplanerna har emellertid en mera påtaglig orientering åt E/SE eller S.

På grund av en allmänt kraftig vindökning med höjden i

de understa delarna av atmosfären (se bl. a. Mattsson, 1979) är det en fördel ur energiförbrukningssynpunkt, om bebyggelsen görs förhållandevis låg. Vindökningen med höjden kan grovt anges med potenssatsen

$$u_z = u_1 \cdot z^\alpha \quad (9.1)$$

vari u_z och u_1 är vindhastigheten på höjderna z respektive 1 m och α ett tal vars storlek beror av skrovligheten hos underlaget.

I avsnitt 6 gjordes en analys av energiförbrukningen hos ett välbyggt småhus med volymen 400 m³ fritt beläget på Bulltofta-området och utsatt för de vindar och vindtemperaturer som redovisats i det berörda avsnittet. Analysen grundades på vindhastighetsuppgifter för 10 m höjd över markytan. Med utnyttjande av ekvationen (9.1) och ett bedömt α -värde utgörande 0,16 har vindhastigheten på 20 m höjd över Bulltofta-fältet beräknats. Analysen av energiförbrukningen hos det aktuella huset har nu upprepats för dessa något högre vindhastigheter (tabell 9.4). Analysen gäller de extrema riktningarna E, SE och S och vill endast illustrera "höjdynflytandets" allmänna inverkan på energiförbrukningen, men tar ingen hänsyn till husets täthetsförhållanden m. m.

Tabell 9.4. Ventilationsförluster, kWh, för ett småhus på Bulltofta-fältet vid redovisade vindförhållanden 10 m över markytan och vid beräknade vindhastigheter 20 m över denna. Resultat av ett räkneexempel som vill illustrera "höjdens" inverkan på energiförbrukningen vid några olika vindriktningar.

	Jan		Mars		Nov		Summa	
	10 m	20 m	10 m	20 m	10 m	20 m	10 m	20 m
E	236	249	349	373	209	223	794	845
SE	210	222	214	228	158	168	582	618
S	172	182	99	105	124	131	395	418

Som framgår av tabellen ökar energiförbrukningen med höjden vid i övrigt identiska förhållanden. Orsaken är alltså den höjdbetingade vindhastighetsökningen. En höjddökning från 10 till 20 m betyder för riktningen E en ventilationsförlustökning av 51 kWh för de tre månaderna, för SE 36 kWh och för S 23 kWh. Då energiförbrukningen alltså i absoluta tal ökar något kraftigare vid E- och SE-lägen än vid S-lägen, får husorienteringen en allt större betydelse med höjden. Detta accentueras av att strålningsinkomsterna vid sydytorna statistiskt sett ökar med höjden i blandad bebyggelse på grund av minskad beskuggning, vilket reducerar de med höjden ökade ventilationsförlusterna hos dessa ytor.

De tre planförslagen har därför också analyserats med avseende på hur den åt de aktuella riktningarna exponerade totalytprojektioner och kvoter bildade av E-(W-)exponerade och S-exponerade samt av SE-exponerade och S-exponerade ytprojektionerna fördelar sig med höjden. Denna analys informerar också allmänt om hushöjderna hos de tre förslagen. (Tabellerna 9.5, 9.6 och 9.7.)

Tabell 9.5. Bebyggelsens orientering med ökad etagehöjd.

Våningshöjd	Förslag	E-(W-)ytor, m ² (a)	SE-ytor, m ² (b)	S ₂ -ytor, m ² (c)	Kvot a/c	Kvot b/c
> 3,5 m	Jaenecke	32 740	33 513	30 855	1,06	1,09
	VBB	30 084	32 431	35 036	0,86	0,93
	White	27 023	26 803	25 641	1,05	1,05
> 7 m	Jaenecke	16 675	16 774	16 284	1,02	1,03
	VBB	16 687	14 577	17 336	0,96	0,84
	White	12 670	12 859	12 726	1,00	1,01
> 10,5 m	Jaenecke	6 777	5 929	6 240	1,09	0,95
	VBB	9 128	7 101	9 738	0,94	0,73
	White	6 335	6 429	6 363	1,00	1,01
> 14 m	Jaenecke	2 281	1 360	1 809	1,26	0,75
	VBB	4 326	3 039	4 711	0,92	0,65
	White	0	0	0	--	--
> 17,5 m (= 6. vån.)	Jaenecke	0	0	0	--	--
	VBB	2 163	1 519	2 355	0,92	0,65
	White	0	0	0	--	--

Som framgår av tabellerna präglas White's och Jaeneckes förslag av relativt låg bebyggelse, vilket är gynnsamt ur vindsynpunkt. VBB-planen har störst andel hög bebyggelse av de tre förslagen. De höga huskropparna i det senare förslaget är dock förhållandevis gynnsamt orienterade.

9.3 Bedömning

I detta avsnitt har urskiljts och rankats några egenskaper hos stadsplanen som ansetts vara av betydelse för energiförbrukningen genom vinden. Dessa är:

1. Bebyggelseättheten.
2. Yt-volym-förhållandet.
3. Bebyggelsens orientering (två ogynnsamma riktningar jämförda med gynnsam).
4. Bebyggelsehöjden.
5. Bebyggelsens orientering med hänsyn till höjden (två ogynnsamma riktningar jämförda med gynnsam).

Tabell 9.6. Bebyggelsens volym för olika etager.

Våningshöjd, m	Förslag	Byggnadsvolym, m ³	% av tot. byggn.-volym
0 - 3,5	Jaenecke	391 623	35,44
	VBB	208 854	31,51
	White	297 986	35,86
3,5 - 7	Jaenecke	359 884	32,57
	VBB	185 979	28,06
	White	258 958	31,16
7 - 10,5	Jaenecke	224 140	20,28
	VBB	128 878	19,45
	White	137 040	16,49
10,5 - 14	Jaenecke	107 621	9,74
	VBB	79 863	12,05
	White	137 040	16,49
14 - 17,5	Jaenecke	21 840	1,98
	VBB	29 575	4,46
	White	--	0
17,5 - 21	Jaenecke	--	0
	VBB	29 575	4,46
	White	--	0

Tabell 9.7. Rankningstal (platssiffra) för bebyggelsens höjdfördelning i allmänhet och för dess orientering med ökad etagehöjd. De senare talen avser 4. våningen och högre.

Förslag	Höjd	Kvot a/c	Kvot b/c
Jaenecke	1	3	2
VBB	3	1	1
White	2	2	3

Tabell 9.8. Summerade rankningstal för de tre planförslagen.

Förslag	Summerade rankningstal
Jaenecke	13
VBB	13
White	16

I tabell 9.8 har platssiffrorna för dessa egenskaper summerats för de tre planförslagen utan hänsyn till rankningstalens vikt.

Som framgår av tabellen kommer förslagen varandra mycket nära med Jaenecke- och VBB-planerna som de något gynnsammare och White-planen som den något mindre gynnsamma. Denna jämförelse är dock missvisande. Dels beaktar den inte de urskilda stadsplaneegenskapernas inbördes olika betydelse i sammanhanget, dels beaktas endast planernas inbördes placering vid beräkningarna, ej talvärdenas storlek.

Vid försiktig viktning av de urskilda planegenskaperna kvarstår de fyra första egenskaperna som betydelsefulla, medan den femte egenskapen, bebyggelsens orientering med hänsyn till höjden, uppfattas som mindre betydelsefull i aktuella sammanhang och därför ej medtagits vid denna rankning. I fråga om den tredje egenskapen, bebyggelsens orientering, har nu endast rankingstalet för kvoten a/c i tabellen 9.3 medtagits, då östriktningen ju befunnits vara den i särklass mest energikrävande riktningen (jfr tabell 6.10). (Tabell 9.9.)

Tabell 9.9. Summerade rankingstal för de tre planförslagen efter försiktig viktning.

Förslag	Summerade rankingstal
Jaenecke	5
VBB	10
White	9

Platssiffrorna för planförslagen har nu kommit att ändras så att Jaeneckeplanen kan uppfattas som klart gynnsammare än de båda övriga planerna vad avser energiförbrukning genom vinden. VBB-förslaget är minst gynnsamt. Också om man vid rankningen beaktar egenskapernas talvärden för planerna, kvarstår Jaenecke-förslaget som det mest gynnsamma av förslagen och VBB-planen som något mindre gynnsam än White's förslag.

Trots att värderingen i tabell 9.9 är något mera nyanserad än den tidigare värderingen, är den fortfarande mycket osäker. Detta är bl. a. en följd av att vi ej känner den relativa betydelsen av de beaktade planegenskaperna.

Vid bedömningen har hittills ingen hänsyn tagits till det beräknade invånarantalet för de tre planerna, vilket givetvis också bör göras. Antalet invånare har i planbeskrivningarna uttryckts mycket allmänt (kap. 8). Genom angivna eller med hjälp av ritningarna beräknade värden för lägenhetsytor m. m. har invånarantalet dock kunnat beräknas schablonmässigt (tabell 9.10).

Tabell 9.10. Ungefärliga antal invånare för de tre planförslagen.

Förslag	Antal invånare
Jaenecke	3350
VBB	4150
White	3200

Som framgår av tabellen avser VBB-planen ett något större invånarantal än de båda övriga förslagen. Detta betyder, att VBB-förslagets relativa placering något förbättrats. En förmodad hög förbrukning av energi slås ju här ut på ett större antal människor. Troligen byter därför VBB- och White-förslagen åter plats.

I den slutliga placeringen av förslagen med hänsyn till energiförbrukningen genom vind kvarstår Jaeneckes förslag som relativt gynnsamt, medan Whiteförslaget nu är det minst gynnsamma.

10 BEDÖMNING AV PLANFÖRSLAGEN MED HÄNSYN TILL VIND-
BETINGAD ENERGIFÖRBRUKNING -- RESULTAT AV BERÄK-
NINGAR MED EN TEORETISK MODELL

Den i föregående kapitel redovisade bedömningen av planerna är grov och har egentligen endast haft till syfte att morfometriskt beskriva förslagen med hänsyn till ogynnsamma och gynnsamma vindriktningar. En bedömning av planförslagen med hänsyn till av vind orsakad energiförbrukning kräver egentligen en omfattande analys av de enskilda byggnadernas luftväxling med omgivningen. En sådan analys måste beakta vind- och temperaturförhållandena i bebyggelsen, t. ex. turbulensförhållandena, hastighetsprofilen och värmeöffekter, vidare otätheternas omfattning, fördelning, form och vatteninnehåll, ventilationssystemets typ, utformning och kvalitet, ventilationsflödet, byggnadsvolymens uppdelning och brukarnas vanor beträffande temperaturnivå, vädring och öppethållande mellan rummen. Analysen måste också beskriva de av vind och utetemperatur betingade tryckskillnader som uppkommer på de olika utformade och orienterade huskropparna och vilka förorsakar luftströmningen genom dessas otätheter och därvid särskilt uppmärksamma den inverkan som närliggande bebyggelse kan ha. (Se Handa & al., 1979.)

En bedömning av nämnt slag kräver omfattande modellförsök i vindtunnel samt grundliga studier i full skala. Den ligger högt över ambitionsnivån för detta delprojekt, som ju i stället avser enkla uppskattningar och jämförelser av inlämnade tävlingsförslag med hänsyn till vinden.

En viss hänsyn vid analysen har dock tagits till några av faktorerna ovan i det att stadsplaneförslagen också analyserats med en av docent Per Olof Nylund utarbetad teoretisk modell för bestämning av oönskad ventilation i byggnader. Modellen går ut på att analysera ett läckande system som exponeras för ett kraftsystem och att uppställa en flödesbalans, där luftflöden in = luftflöden ut. Det läckande systemet är byggnadshöljets (otäta) ytor och genombrytande ventilationskanaler. Kraftsystemet är vindkrafter, termik och fläktkrafter. Modellen behandlas ingående i Nylund (1979) och har kortfattat beskrivits i kapitel 2 i denna rapport. Resultatet av beräkningarna med den teoretiska modellen redovisas i det följande.

För varje byggnad i planförslagen har med modellen beräknats luftläckningen, dvs den oönskade ventilationen per timma (m^3/h). Dessa beräkningar har utförts av P.O. Nylund och H. Cornell vid Tyréns Företagsgrupp AB i Stockholm. Vid ventilationsberäkningarna har vissa förenklade antaganden och begränsningar gjorts.

10.1 Husens ventilationssystem

Samtliga hus förutsätts ha balanserad från- och till-luftsventilation.

10.2 Husens täthetsförhållanden

Såväl ytterväggar som tak antas i en första beräkningsomgång läcka 6 m^3 luft per m^2 och timma vid en tryckskillnad av 50 Pa över ytan. ($q_{50} = 6,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ vid 50 Pa)

Antalet luftomsättningar per timma vid en antagen tryckskillnad av 50 Pa benämnes otäthetstalet, η_{50} . Detta kan skrivas

$$\eta_{50} = \frac{q_{50} (A_{\text{vägg}} + A_{\text{tak}})}{V} \quad (10.1)$$

där $A_{\text{vägg}}$ och A_{tak} är husets vägg- respektive takyta och V dess volym.

I en andra beräkningsomgång antas husen ha en täthet som exakt överensstämmer med byggnormens rekommendationer (se nedan). Otätheterna antas vara jämnt fördelade på byggnadernas omslutningsytor.

10.3 Vind- och temperaturförhållandena

Beräkningarna har gjorts för mars månad och ostlig vind. Vid denna vindriktning och månad har Bulltofta en medeltemperatur av $+0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ och en medelvindhastighet 10 m över markytan av $6,4 \text{ m/s}$. Ostvindfrekvensen under mars är $20,3 \%$. Inomhustemperaturen har antagits vara $+20 \text{ }^\circ\text{C}$. Dessa uppgifter har utnyttjats för beräkning av gradtimmar. Tidigare utnyttjande av modellen har visat, att för beräkning av gradtimmar ger en klassning av vindhastighet och temperatur för vindriktningen endast en marginell förbättring av beräkningsnoggrannheten.

Innan vindhastigheten kan appliceras som "belastning" på byggnaderna för beräkning av luftläckningen, är det nödvändigt att omräkna vindhastigheten från 10 m höjd och fritt läge till bebyggelsenivå och läge i bebyggelse. Härvid har utnyttjats ekvationen

$$\bar{u}_z = V_G \left(\frac{z}{z_G} \right)^\alpha \quad (10.2)$$

där \bar{u}_z är medelvindhastigheten på höjden z , V_G gradientvindens hastighet på höjden z_G , som är gränsskiktets övre yta och över vilken vindhastigheten antas vara konstant med höjden, och α ett tal vars storlek beror av skrovligheten i underlaget. Davenport (1968) anger några genomsnittsvärden för z_G och α (tabell 10.1).

Tabell 10.1. Genomsnittsvärden för z_G och α för några olika typer av terräng. Efter Davenport (1968).

	z_G (m)	α
Plant, öppet landskap	270	0,16
Förortsområden	390	0,28
Bebyggda stadscentra	420	0,40

Det är självfallet vanskligt att i en studie som denna utan nödvändiga mätdata söka tillämpa Davenports värden på gränsskiktsmäktighet och exponenter för de olika planförslagen. Med hänsyn till att VBB-förslaget utmärks av avsevärt glesare bebyggelse än de båda övriga förslagen, har det dock ansetts vara motiverat att för detta förslag något minska värdena för gränsskiktsmäktighet och exponent (tabell 10.2; jfr dock nedan).

Tabell 10.2. Uppskattade värden för z_G och α för fritt fält respektive bebyggelse på Bulltofta-området.

	z_G (m)	α
Fritt läge	270	0,16
Jaenecke	410	0,34
VBB	390	0,28
White	410	0,34

Med utnyttjande av tabellens uppgifter erhålles för ostvindar under mars en medelvindhastighet på 10 m höjd i Jaenecke- och White-förslagens bebyggelse av 3,1 m/s och i VBB-bebyggelsen av 3,9 m/s.

Med utnyttjande av en med ekvation (10.2) analog potenssats har sedan vindhastigheten i bebyggelsen bestämts för varje hushöjd. Den vindhastighet som bestämmer vindtrycket i beräkningarna av den oönskade ventilationen har approximerats till att utgöra 2/3 av hastigheten i hushöjdsnivån (taknivån).

10.4 Formfaktorerna

Vindtrycket på en yta brukar anges som produkten av en dimensionslös konstant eller formfaktor och det dynamiska trycket av den friblåsande vinden.

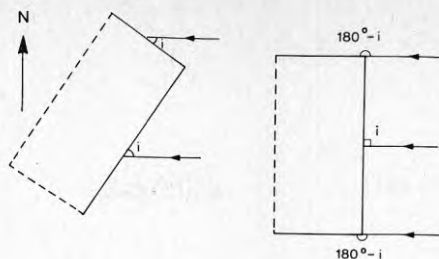


Fig. 10.1. E-orienterade ytor (heldragna) och den vinkel, i , som dessa ytor bildar med E-riktningen. $0^\circ < i < 90^\circ$.

Formfaktorvärdenas storlek och fördelning över byggnadens yta påverkas bl. a. av dennas form och storlek. I denna undersökning har det varit nödvändigt att kraftigt schematisera c_p -värdenas storlek och fördelning.

Som underlag för uppskattningarna av formfaktorerna och för de fortsatta beräkningarna har för varje byggnad i planförslagen framtagits den totala väggytan och samtliga vägg ytor som har en orientering mot riktningar inom E-sektorn (från N till S) jämte den vinkel, i , som dessa ytor bildar med E-riktningen (fig. 10.1).

För vägg ytor som är exponerade rakt åt E ($i = 90^\circ$) har formfaktorn givits ett värde av $+0,50$ (fig. 10.2). Vägg ytor exponerade åt NE eller SE ($i = 45^\circ$) har fått värdet $+0,15$ och helt N- eller S-exponerade ytor ($i = 0^\circ$) värdet $-0,60$. Mellan dessa värden antages ett sambandet vinkel -- formfaktor är linjärt (fig. 10.3). Övriga vägg ytor har schablonmässigt åsatts formfaktorvärdet $-0,50$ och taken, som samtliga antagits vara platta, värdet 0.

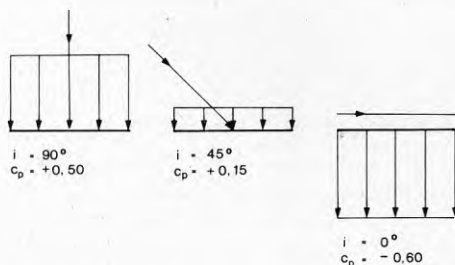


Fig. 10.2. Formfaktorvärden vid tre exponeringsriktningar.

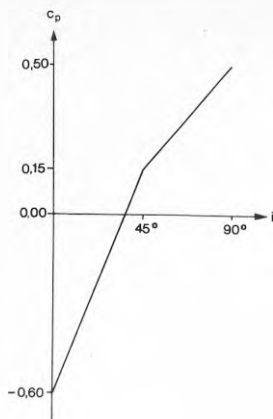


Fig. 10.3. Antaget samband vinkel -- formfaktor.

För E-orienterade ytor, som är helt avskärmade från ostvindar genom att de ligger i lä bakom mycket närbelägna byggnader, har formfaktorerna antagits vara noll.

Utöver de uppgifter som ovan nämnts har för varje hus angetts byggnadens höjd, volym och takyta.

10.5 Resultat

Beräkningarna i den teoretiska modellen har gjorts i dator. I utskriften från den senare ges för varje hus (A1 etc. i fig. 9.2 - 9.4) följande värden:

- (1) Hushöjd
- (2) Hustyp
- (3) Husvolym
- (4) Otäthetstal
- (5) Formfaktorvärden för de enskilda väggytorna och taket
- (6) De enskilda väggarnas och takets ytor
- (7) In- respektive utflöden genom de enskilda väggytorna och taket
- (8) Inre jämviktstrycket, dvs trycket, då det totala flödet in är lika med det totala flödet ut vid de givna förutsättningarna
- (9) Utetemperatur
- (10) α -värde
- (11) Medelvindhastighet, dvs den vindhastighet som bestämmer vindtrycket i beräkningarna (jfr ovan)
- (12) Flöde per timma, dvs summa luftläckning (oönskad ventilation, m^3/h).

Den senare uppgiften, flödet per timma, har sedan summerats för samtliga hus i respektive planförslag. Summan, som är ett mått på den oönskade energiförbrukningen för respektive stadsplaneförslag vid redovisade betingelser, anges i tabell 10.3. I tabellen har flödet

Tabell 10.3. Det summerade flödet per timma, flödet per timma och läckande yta och oönskad luftomsättning per timma.

Förslag	Luftläckning q (m^3/h)	Luftläckning per läckande yta ($m^3/h \cdot m^2$)	Oönskad luft- omsättning η (1/h)
Jaenecke	137 000	0,47	0,12
VBB	129 000	0,55	0,20
White	125 000	0,47	0,15

också uttryckts i luftläckning per läckande yta, som är den totala byggnadsytan, och i oönskad luftomsättning. Den senare uppgiften är särskilt intressant, då den möjliggör en direkt jämförelse mellan planförslagen (jfr ekvation (2.6) i kapitel 2). Som framgår av värdena har Jaenecke-planen minst antal luftomsättningar och är alltså det mest gynnsamma av de tre förslagen vad avser oönskad energiförbrukning betingad av de värmekrävande ostvindarna under vårvintern. Det i detta hänseende minst gynnsamma förslaget är VBBs. Slutligen kan nämnas att en utförd kontrollkörning av VBB-förslaget med samma gränsskikts- och skrovlighetsförutsättningar som för de båda andra förslagen ej ändrade den inbördes placeringen av förslagen vad avser oönskad ventilation och energiförbrukning.

Vid ovan redovisade beräkningar har alla läckande ytor (ytterväggar och tak) antagits vara lika otäta per ytenhet med den specifika otätheten $6,0 m^3/m^2 \cdot h$ vid en tryckskillnad av 50 Pa. Med detta antagande blir omsättningstalen olika stora för olika hus och överstiger normalt normens rekommendationer. (Friliggande småhus och kedjehus 3,0 oms/h, övriga bostadshus med högst 2 våningar 2,0 oms/h och bostadshus med 3 eller flera våningar 1,0 oms/h). Om husen i stället tänkes byggda med otäthetstal som motsvarar normens rekommendationer, kommer de läckande ytorna att ha olika stor specifik otäthet hos olika hus, varvid kravet på täthet blir störst i VBB-förslaget och minst i Jaenecke-förslaget. Beräkningar med dessa förutsättningar ger ungefär lika stor luftläckning för alla tre förslagen (tabell 10.4 och 10.5). Vid dessa beräkningar har gränsskikts- och skrovlighetsförutsättningarna varit lika för samtliga tre förslag, $z_G = 410 m$, $\alpha = 0,34$.

Tabell 10.4. Det summerade flödet per timma, flödet per timma och läckande yta och önskad luftomsättning per timma vid uppfyllda normkrav på omsättningstalen.

Förslag	Luftläckning q (m^3/h)	Luftläckning per läckande yta ($m^3/h \cdot m^2$)	Önskad luft- omsättning n ($1/h$)
Jaenecke	107 000	0,37	0,10
VBB	69 000	0,29	0,10
White	90 000	0,34	0,11

Tabell 10.5. Erforderlig specifik otäthet för att täthetskraven enligt normen (se texten) skall vara uppfyllda.

Förslag	Specifik otäthet $m^3/m^2 \cdot h$ vid 50 Pa
Jaenecke	4,71
VBB	3,20
White	4,32

10.6 Diskussion

Den teoretiska modell, som utnyttjats vid analysen ovan, är egentligen anpassad för bestämning av luftläckning hos fritt belägna byggnader utsatta för välkända kraftsystem (stationär vindbelastning). Vindhastighetsfördelning och strömningsmönster i ett stadsområde är mycket komplicerade. Lokala vindriktnings- och vindhastighetsanomalier är vanliga i bebyggelsen, och dennas strävhet är som regel föga känd. Till detta kommer diverse begränsningar, förenklande antaganden och förutsättningar vid beräkningarna. Det torde därför vara svårt att utan ingående vindtunnelstudier på ett mera korrekt sätt beakta vinden vid en analys enligt ovan av ett stadsplanerat område.

Också om resultatet av beräkningarna redovisat i detta kapitel således är osäkert, liksom för övrigt, i än högre grad, resultatet av den urbanmorfometriska analysen redovisat i kapitel 9, är det av ett visst intresse att konstatera, att båda analyserna, utförda oberoende av varandra, placerat Jaeneckes förslag som det mest gynnsamma, är mera tveksamt ur "morfometrisk" synpunkt, medan den teoretiska modellen här klart urskiljer VBB-förslaget.

11 BEDÖMNING AV PLANFÖRSLAGEN MED HÄNSYN TILL FÖREKOMST AV EXTREMA VINDMILJÖER -- RESULTAT AV VINDFÄLTUPPSKATTNINGAR OCH ENKLA STRÖMNINGSFÖRSÖK

Beräkningarna i föregående avsnitt grundas på uppgifter om vindtryckfördelningen kring friliggande byggnader av olika form. Inverkan av närliggande bebyggelse inom planområdet har alltså ej beaktats. Att närliggande bebyggelse är av betydelse, har dock visats av Soliman & Fricke (1974), vilka i vindtunnel studerat enkla husmodeller uppställda i grupp. Man undersökte vindtryckfördelningen på lovart- och läsidan av ett av modellhusen vid varierad husgruppering. Härvid fann man bl. a., att tryckskillnaden mellan lovart- och läsidan avtog kraftigt med minskat avstånd mellan modellhuset och modellgruppen, då det förra var beläget i lä av gruppen och nära denna. Undertrycket vid modellgruppens läsida torde ha reducerat övertrycket vid modellhusets lovartsida och alltså orsakat en reduktion av tryckskillnaden kring detta. Andra försök visade, att tryckskillnaden vid modellhuset avtog med ökande gruppstorlek och modelltäthet i det fall, då modellhuset var beläget inom modellgruppen. Härtill kan nämnas, att en grupperad bebyggelse torde öka de turbulensbetingade tryckfluktuationerna, vilket kan påverka ventilationsförlusterna och komforten på ett ännu föga studerat sätt.

Det är inte vår avsikt att söka uppskatta och i vidare beräkningar beakta den inverkan som bebyggelsen i de olika planförslagen kan tänkas utöva enligt ovan. Detta låter sig knappast göras utan omständliga och mycket kostnadskrävande vindtunnelstudier och är ej heller befogat mot bakgrund av den osäkerhet som redan i andra avseenden präglar analysen. Det kan emellertid vara motiverat, att mera allmänt och med enkla strömningsförsök beskriva några av de mera utpräglade lokala vindanomalier som bebyggelsen i respektive planförslag kan tänkas åstadkomma vid energikrävande vindar och som kan inverka på energikonsumtionen i bebyggelsen. En sådan bedömning kan måhända ha ett visst intresse för den slutgiltiga rankningen av planförslagen med hänsyn till den vindbetingade energiförbrukningen. Också ur komfortsynpunkt kan den vara av intresse.

11.1 Allmänt om lokala vindanomalier i bebyggda områden

Vid givna vindförhållanden bestäms luftens strömning i ett bebyggt område i huvudsak av huskropparnas storlek, form och inbördes placering. Härtill kommer inverkan på strömningen av vegetation, lokal topografi m. m. Många forskare har systematiskt studerat vindströmningen kring byggnader, främst genom försök med modeller i vindtunnel. Luthander & Gullstrand (1945) undersökte

sålunda den läbildande förmågan hos olika slag av bebyggelse och vid olika inbördes placering av denna. Evans (1957) undersökte läområdets utsträckning bakom ett stort antal isolerade huskroppar av olika form vid anblåsning vinkelrätt mot byggnadernas långsida, och Wirén (1972) studerade vindströmningsmönstret i markplanet kring olika kombinationer av enkla byggnadskroppar med varierad längd och höjd vid olika anblåsningvinklar (vindriktningar). Wirén var särskilt intresserad av strömningsmekanismen, t. ex. interferensen mellan olika virvelsystem på byggnadernas lovart- och läsidor vid varierat längd/bredd/höjdförhållande hos byggnaden. Andra forskare, som arbetat med liknande uppgifter, är Jensen & Frank (1963) och Penwarden & Wise (1975).

Luftens strömning kring en blockformad byggnad vid anblåsning vinkelrätt mot byggnadens långsida framgår av fig. 11.1. På husets lovartsida bildas en virvel fixerad till regionen mellan markytan och strömningens delningspunkt vid fasaden, stagnationspunkten. Denna virvel böjer av vid lovartsidans kanter och fortsätter ett stycke i huvudströmningens riktning. Strömningen avlöses framför virveln i närheten av en främre stagnationspunkt, primärlösning, samt utefter en linje under virveln, sekundärlösning. Avståndet mellan sekundärlösningens linje och husets lovartsida, som är ett mått på lovartvirvelns storlek, ökar vid i övrigt konstanta förhållanden med byggnadens höjd. (Se Wirén, 1972.)

På husets läsida bildas ett läområde (dödluftområde, vak) som begränsas av husfasaden, lovartvirvelns båda sidokänklar och en bakre delningspunkt hos strömningen, den bakre stagnationspunkten. Inom läområdets mellersta del sker en återströmning, som intill läfasaden böjer av och sedan ingår i två kraftiga, vertikalt ställda virvlar intill läfasadens ändrar. Åter-

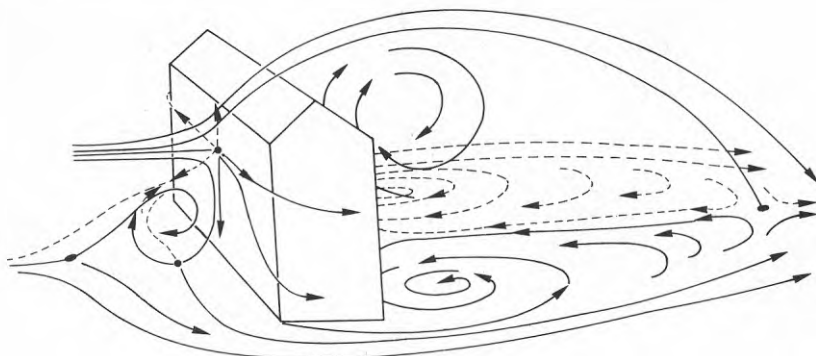


Fig. 11.1. Strömningsmönster kring blockformad byggnad med sadeltak vid anblåsning vinkelrätt mot byggnadens långsida.

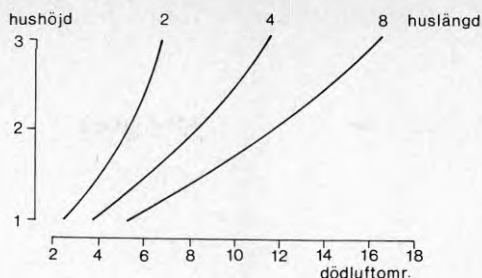


Fig. 11.2. Läområdets utsträckning i vindriktningen bakom blockformade byggnader av varierande höjd och längd och försedda med icke utspringande plantak. Figuren grundas på resultat av enkla vindtunnelförsök redovisade av Evans (1957). Siffrorna i figuren är antal sidlängder hos den kub som Evans använde som modell vid sina försök.

strömningen i läområdets övre del böjs upp vid fasaden och ingår sedan i en övre lävirvel med horisontell axel. Läområdets utsträckning vid markytan, dvs avståndet läfasad -- bakre stagnationspunkt, ökar avtagande vid i övrigt konstanta förhållanden med byggnadens längd och höjd (se Wirén, 1972, samt fig. 11.2).

Takkonstruktionen har stor betydelse för strömningsmönstret kring byggnaden (jfr Evans, 1957). I det här aktuella exemplet, sadeltak av viss lutning, avlöses strömningen vid takåsen, bakom vilken uppkommer en vak med återströmning.

I fig. 11.3 illustreras tryckfördelningen kring en huskropp av aktuell typ. På lovartsidan uppkommer ett övertryck, dvs luftkrafterna är riktade mot husfasaden. Trycket avtar mot kanterna på grund av luftströmningens avlänkning och därmed svarande hastighetsökning. Vid kanterna och i vaken på husets läsida uppkommer ett undertryck. Husets och takets form modifierar denna tryckbild. Sålunda är exempelvis vindtrycket positivt (övertryck) på takets lovartsida, då denna har en lutning som är större än ca 30° . För lägre taklutningar är trycket negativt (undertryck) också på lovartsidan (bilden). I princip kan dock sägas, att byggnadens lovartfasad präglas av övertryck och dess sidoväggar och läfasad av undertryck. Vindmönstret kring byggnaden påverkas av lufttryckets fördelning på byggnadens lovartsida och av skillnaden mellan det höga trycket på lovartsidan och det låga trycket på läsidan och sidoyterna.

Om luftströmningen träffar huset vinkelrätt mot dess kortsida, utbildas i princip en likartad strömningsbild som i exemplet ovan (se Wirén, 1972). Läområdet blir dock betydligt kortare i strömningsriktningen, sanno-

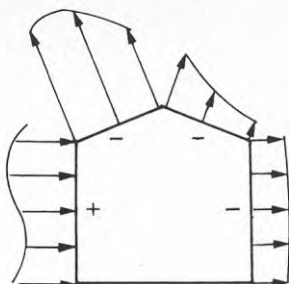


Fig. 11.3. Tryckfördelningen kring hus med svagt lutande sadeltak vid anblåsning ("naturlig" vindprofil) vinkelrätt mot byggnadens långsida. (Efter Krönke, 1973; se även Wolfseher & Gertis, 1978). Pilarna i tryckfördelningsillustrationer av detta slag representerar vanligen en dimensionslös tryckkoefficient (formfaktor), c_p , som definieras

$$c_p = \frac{p - p_\infty}{q_\infty}$$

där p är lokala trycket i en punkt på ytan, p_∞ det statiska trycket i friströmmen och q_∞ det dynamiska trycket i friströmmen. c_p erhåller sitt högsta värde, 1, i stagnationspunkten, där all rörelseenergi omsätts i tryckenergi.

likt på grund av att strömningen efter avlösningen vid takets lovartkant åter ligger an över takets nedströmsdel.

Vid sned anblåsning mot den aktuella huskroppen (vinkeln vindriktning -- fasad $15^\circ - 60^\circ$) bildas vanligen en stor virvel bakom läväggens uppströmsdel (fig. 11.4) och en mindre bakom lägaveln. Det ovan beskrivna slutna läområdet saknas dock i dessa fall.

Wirén (1972) har bl. a. också undersökt strömningmönstret vid två byggnader med inbördes olika placering vid varierad anblåsningriktning. I ett par undersökningsserier placerades de långsträckta huskropparna i fil efter varandra (kortsida mot kortsida). Anblåsningens riktningen mot husraden varierades och två fall vad avser luckans mellan husen storlek studerades. Strömningssystemet bakom vardera byggnaden erinrade om det ovan beskrivna kring den isolerade byggnaden. Ett svagare virvelsystem bakom den nedströms belägna byggnaden kunde dock konstateras. I passagen mellan husen uppkommer en luftström, som särskilt vid mot husradens långsida vinkelrät anblåsning har hög hastighet. Vid sådan anblåsning övergår också ett för båda huskropparna en gemensamt läområde i för dessa separata läområden,

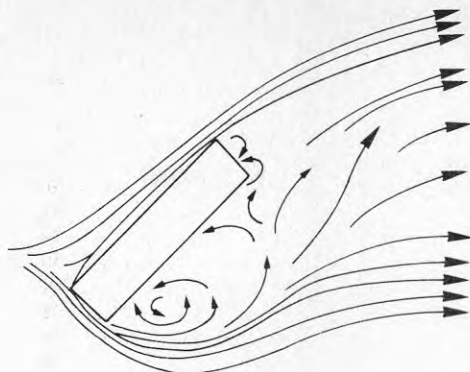


Fig. 11.4. Strömningssmönstret i markplanet vid sned anblåsning mot en byggnad.

då en viss kritisk bredd hos passagen mellan husen nås eller överskrids. Vidare uppkommer framför vardera byggnaden en stagnationspunkt. Avståndet mellan de båda stagnationspunkterna ökar med passagens bredd.

I ett par andra undersökningsserier placerades de långsträckta husmodellerna vid sidan av varandra (långsida mot långsida). Också här studerades strömningssmönstret vid varierad anblåsningsriktning mot husgruppen. Wirén fann bl. a., att vid en anblåsningsriktning som var vinkelrät mot husens långsidor bestäms strömningssbildningen av avståndet mellan byggnaderna. Då detta är ringa, utbildas mellan husen en stående virvel med horisontell axel. Ökas avståndet mellan huskropparna till och över ett visst kritiskt värde, uppkommer dessutom de tidigare beskrivna vertikalt ställda virvlarna bakom lovarthuset. Vid än större husavstånd övergår strömningssmönstret bakom lovarthuset i det mönster som utmärker regionen bakom en isolerad byggnad. Vidare kunde konstateras, att virvelsystemet bakom läbyggnaden är betydligt svagare utbildat än lovarthusetens läsystem på grund av dennas strömningsreducerande effekt.

Ovan beskrivna undersökningar har avsett enstaka byggnader eller mindre husgrupper. I ett stadsområde däremot är förhållandena betydligt mera komplicerade. Varje huskropp i staden och varje stadsyta med annat underlag (park, gata, torg etc.), som befinner sig utanför intilliggande huskroppars dödluftområden, utbildar s.k. gränsskikt. Dessa skikt utgår från underlagens i fråga lovartkanter och byggs upp gradvis i läriktningen till ökande mäktighet. Gränsskikten representerar luftlager inom vilka strömningen anpassats till underlagets egenskaper. Inom det heterogena stadsområdet hinner emellertid strömningen aldrig fullständigt anpassas till varje småyta; med andra ord blir dessa

ytors gränsskikt aldrig fullt utbildade. I stället antar de plymlika strukturer eller skiktas över varandra i flera lager eller sammansmälter på ett komplext sätt. Det är därför oftast mera meningsfullt att uppfatta hela staden som en yta av viss karaktär, över vilken ett urbant gränsskikt successivt byggs upp i läriktningen. En för det urbana landskapet karakteristisk vindprofil utmärker detta skikt (jfr kap. 10).

Strömnings- och tryckeffekter kring byggnader har ovan beskrivits mera allmänt. I det närmast följande skall granskas några aerodynamiska fenomen i bebyggelse som brukar redovisas i litteraturen såsom varande särskilt besvärande ur bl. a. komfortsynpunkt. Beskrivningen grundas på bl. a. Gandemer (1976) och Dubinski (1980).

Den kvantitativa bedömningen av vindflödet kring byggnadsmodeller i vindtunnel görs ofta med hjälp av den s. k. överhastighetsfaktorn ψ . Denna kan skrivas

$$\psi = \frac{\bar{u} + \sigma}{\bar{u}_r + \sigma_r} \quad (11.1)$$

där \bar{u}_r är medelhastigheten hos den luftström med vilken modellen anblåses (referensvindhastigheten), u den medelströmningshastighet som uppmäts i olika karakteristiska punkter runt om byggnadsmodellen och σ_r respektive σ vindfluktuationernas standardavvikelser för samma tidsperiod som gäller medelhastigheten och avseende referensvinden och vinden i en karakteristisk punkt vid modellen. $(\bar{u} + \sigma)$ och $(\bar{u}_r + \sigma_r)$ är s. k. effektiva vindhastigheter, vilka beaktar också förekomsten av vindbyar (vindfluktuationer). Överhastighetsfaktorn relaterar alltså den i en punkt rådande effektiva vindhastigheten till referensvindens effektiva hastighet, som är opåverkad av den aktuella bebyggelsen.

11.1.1 Barriäreffekt

Vid sned anblåsning (ca 45°) mot en långsträckt byggnad kan på dennas läsida inom ett avstånd av ca $2 \times$ byggnadshöjden uppkomma en överhastighetszon (fig. 11.5). Denna är särskilt utpräglad, om byggnadens längd

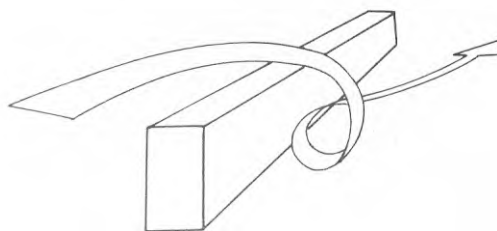


Fig. 11.5. Barriäreffekt. Efter Gandemer (1976).

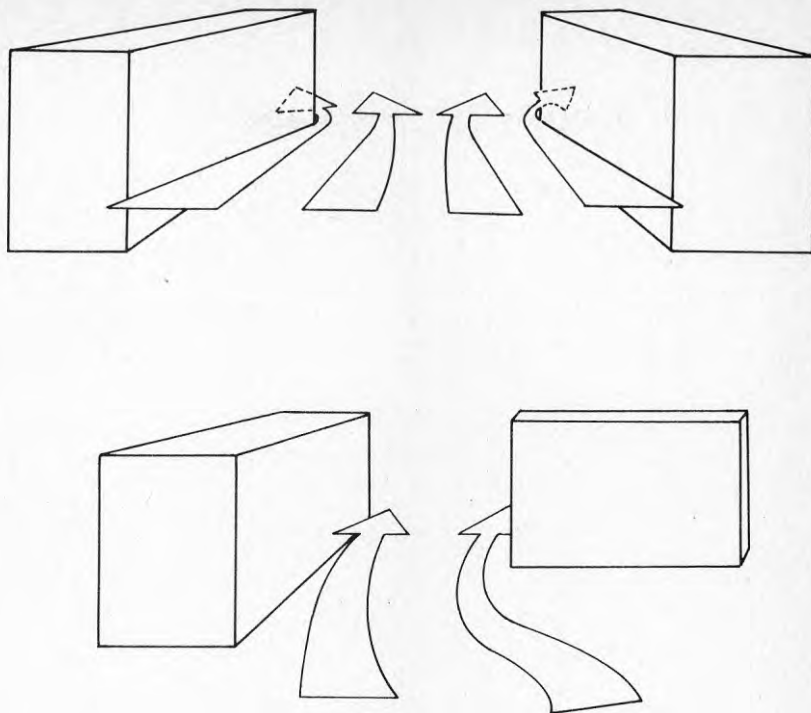


Fig. 11.6. Tratteffekt.

är större än 8 x dess höjd. Om den senare överstiger ca 25 m, kan effekten också uppträda vid lägre längd/höjdförhållande. Inom zonen kan överhastighetsfaktorn anta värden upp till 1,4. Förekommer emellertid ett avbrott i barriären överstigande dubbla byggnadshöjden, upphör effekten.

11.1.2 Tratteffekt

Besvärande överhastigheter kan alstras av bebyggelse, som orienterats på ett sådant sätt att luftens strömning trängs samman i en "tratt". Detta realiseras exempelvis, då två eller flera huskroppar bildar en spetsig eller rät vinkel, som är öppen mot vinden (fig. 11.6). De största överhastigheterna förekommer i de trängre delarna av tratten. Vindhastighetsanomalin i fråga är särskilt uttalad, då de "vindfångande" husen har en sammantagen längd överstigande 100 m och en genomsnittlig höjd av mer än 15 m och samtidigt luckan mellan huskropparna i trattens innersta del är 2 - 3 x hushöjden. Överhastighetsfaktorn kan då anta värden mellan 1,3 och 2,0. Det senare värdet kan förekomma i

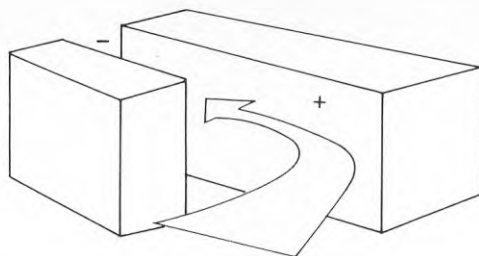


Fig. 11.7. Utjämningsseffekt. Efter Gandemer (1976).

anslutning till förträngning (konvergens) vid kurvlinjiga byggnadskroppar. Tratteffekten gynnas av att luften ej hejdas av bebyggelse och andra hinder inom områden uppströms och nedströms tratten och av dennas storlek.

11.1.3 Utjämningsseffekt

I utrymmet mellan två byggnader som till sin placering är förskjutna inbördes så som visas av fig. 11.7, kan vid anblåsning vinkelrätt mot fasaderna uppkomma en kraftig tryckgradient. Härigenom bildas en överhastighetszon mellan huskropparna, som är särskilt uttalad ($\psi = 1,3 - 1,5$), då avståndet mellan byggnaderna är lika med eller mindre än byggnadshöjden, längden av den utskjutande byggnadsdelen är lika med eller större än byggnadshöjden och den senare är mellan 15 och 35 m.

11.1.4 Korridoreffekt

I långsträckta vindparallella utrymmen mellan byggnader kan bildas en kraftig tryckgradient som ger upphov till överhastigheter, s. k. korridoreffekt. Företeelsen är särskilt markant, då korridorens bredd understiger dubbla byggnadshöjden, den senare är lika med eller större än 6 m, eventuellt förekommande luckor mellan byggnaderna är lika med eller mindre än korridorens bredd, och byggnaderna saknar vindbromsande utsprång (fig. 11.8).

11.1.5 Vinkeleffekt

Denna effekt är särskilt påtaglig vid lovarthörnen och de vindparallella sidorna hos höga friliggande byggnader vilka anblåses såsom i exemplet i fig. 11.9. Överhastighetsfaktorn ökar nämligen med byggnadshöjden.

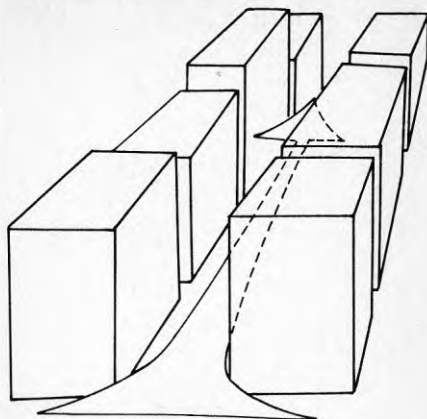


Fig. 11.8. Korridoreffekt.

Dubinski (1980) anger följande ψ -värden: 1,2 vid höjden 15 m, 1,5 vid 35 m och 2,2 vid 100 m (tornlik byggnad).

11.1.6 Effekt av hög byggnad med lägre byggnad i lo-vart

Vindens verkan i bebyggelse är särskilt kraftig intill höga byggnader som når upp över omgivande bebyggelse. Luftryckfördelningen på lovartsidan av en sådan byggnad påverkas av den vertikala vindprofilen. Tryckfördelningen medför ofta, att lovartfasaden drar ner den kraftiga höjdströmningen och åstadkommer dels en kraftig virvel med stora vindhastigheter i marknära skikt på lovartsidan (lovartvirvel, turbulensrulle), dels s. k. hörnvirvlar, vilka ofta förlängs bakåt utefter

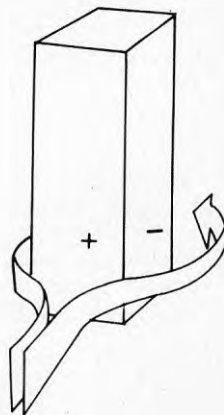


Fig. 11.9. Vinkeleffekt.
Efter Gandemer (1976).

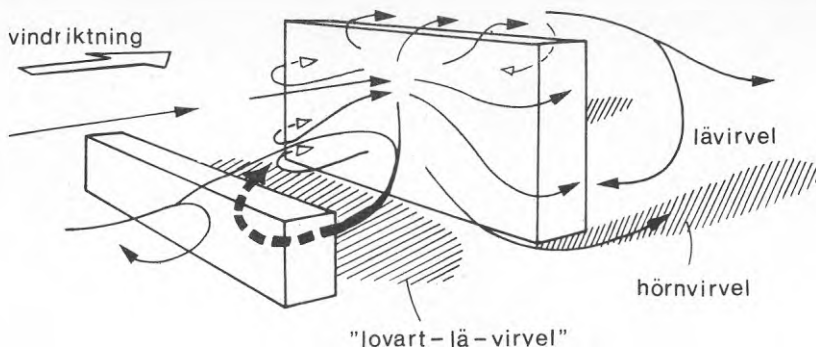


Fig. 11.10. Strömningen kring en hög byggnad på vars lovartsida finns en lägre byggnad. Omarbetad efter Oke (1978).

hussidorna (fig. 11.10; se även fig. 11.1 och 11.9). Vid vinkelrät anblåsning mot en av fasaderna hos en 60 m hög, friliggande byggnad kan överhastighetsfaktorn anta värdet 1,5.

Särskilt besvärande kan nedpressningen av höjdvinden bli, om en mindre byggnad är belägen i lovart om det höga huset (fig. 11.10). Virveln framför detta ingår då i och förstärks av en lävirvel bakom det lägre huset. Vindförstärkningen i anslutning till denna byggnadskombination blir maximal, om avståndet mellan byggnaderna är ungefär lika med den höga byggnadens höjd. Om den främre byggnaden har en höjd av 10 - 15 m, uppgår överhastighetsfaktorn mellan husen till 1,5 vid en höjd hos den bakre byggnaden av 30 - 35 m och till 1,8 vid höjden 90 - 100 m hos den bakre byggnaden. Också utefter sidoytorna av den höga byggnaden kan förekomma stora överhastigheter. Dubinski (1980) nämner, att vid byggnadshöjderna 45 och 100 m kan överhastighetsfaktorn anta maximumvärdena 1,4 respektive 2,2.

Lokala vindanomalier av de slag som ovan beskrivits uppkommer som följd av vindalstrade kraftiga tryckskillnader intill byggnaderna. I de fall då tryckskillnaderna betingas av den inbördes placeringen av flera huskroppar torde de kunna öka energiförbrukningen genom ofrivillig ventilation hos vissa av byggnaderna till värden överstigande dem som gäller motsvarande, men fristående hustyper. Härtill kommer att de lokala vindanomialierna i bebyggelse också kan orsaka betydande komfortproblem.

Lokala vindanomalier i grupperad bebyggelse innefattar emellertid också de betydande läområden som bebyggelsen skapar och vilka kan reducera de vindbetingade tryckskillnaderna intill byggnaderna och därmed minska energiförbrukningen genom ofrivillig ventilation.

Mot ovanstående bakgrund kan det vara av intresse att närmare granska de tre avgivna planförslagen med hänsyn till förekomsten av bebyggelsebetingade vindanomalier.

11.2 Bedömning av planförslagen med hänsyn till ur energiförbruknings- och komfortsynpunkt förekommande lokala vindanomalier

11.2.1 Bedömd förekomst av lokala vindanomalier

Förutsättningarna för uppkomst av lokala vindanomalier i den föreslagna bebyggelsen har bedömts utifrån modeller och planskisser av förslagen för tre i sammanhanget speciellt betydelsefulla vindriktningar, E, SE och W.

Barriäreffekten synes kunna förekomma vid ost- och västvind i anslutning till ett par långsträckta, NW-SE-löpande husrader i Jaenecke-planen (byggnaderna A2, B8 och C4, C5 i fig. 9.2). Vid vind från sydost kan de N-S-löpande husraderna B13 och D6 i samma förslag till stadsplan också tänkas ge en sådan effekt. I VBB-planen (fig. 9.3) torde förutsättningarna för uppkomst av barriäreffekt däremot saknas. I White-planen kan effekten möjligen uppträda i anslutning till byggnaderna B2, B3 i samband med västlig vind (fig. 9.4).

I inget av planförslagen är förutsättningarna för uppkomst av tratteffekt särskilt stora. I luckan mellan husraderna A2, B8 och byggnaden B2 i Jaeneckeplanen (fig. 9.2) kan möjligen vid ostvind uppkomma en "vindförträngning" med överhastigheter. VBB-förslaget bedöms helt sakna förutsättningar för uppkomst av tratteffekter. I White-planen kan vid ostvind effekten möjligen uppstå i luckan mellan byggnaderna B19 och H4 respektive B28 och H5 (fig. 9.4).

Inget av planförslagen synes ha förutsättningar att ge utjämnings effekter. Korridoreffekten däremot kan vid ost- och västvind tänkas uppstå i den av Jaenecke föreslagna planen i gatan som begränsas av huskropparna B6, B7, B11, C3 (fig. 9.2).

Kraftigt utbildade turbulensrullar och hörnvirvlar (vinkeleffekt) torde kunna uppstå i anslutning till de höga, friliggande huskropparna i VBB- och Whiteförslagen, men troligen saknas i Jaeneckebebyggelsen. Vid ostvind kan företeelserna sålunda tänkas förekomma i anslutning till byggnaderna A9-26 i VBB-förslaget, vid sydostlig vind i anslutning till byggnaderna A1-11 och A15-22 och vid västvind i anslutning till byggnaderna A1-26 i

samma förslag (fig. 9.3). I White-förslaget är de aktuella vindanomalierna tänkbara kring huskropparna Al-13 (ost- och västvind) och Al3 (sydostvind). (Fig. 9.4.)

Kraftigt utbildad lå-lovartvirvel mellan hög byggnad och i lovart om denna belägen lägre byggnad kan tänkas uppstå kring några av huskropparna i VBB-planen. Vid ostvind kan denna effekt sålunda förekomma kring husen Al3/G3 och A6/B3, vid västvind kring husen Al9/E3, A20/B3 och A22/E4 och vid sydostvind kring husen A2/E1, A3/D1 och A5/B1 (fig. 9.3). I White-förslaget kan ifrågasvarande effekt möjligen förekomma vid ostvind mellan byggnaderna A8 och B21 (fig. 9.4). Jaeneckebebyggelsen däremot torde ej utveckla kraftigare lå-lovartvirvlar av aktuellt slag.

Omfattande läområden slutligen utbildas bakom höga och/eller långsträckta huskroppar. I Jaeneckeförslaget (fig. 9.2) kan därför sådana läområden tänkas uppkomma bakom huskropparna Al-3, B8, B10, B13-14 och B15 (ost- och västvind) och Al, A3, B10 och B13-15 (sydostvind), i VBB-förslaget (fig. 9.3) bakom huskropparna Al-26, B1/B2, B7-8, D1/E1, D3/E3, E4/G12 och G2/G3 (ost-, sydost- och västvind) och i Whiteförslaget (fig. 9.4) bakom huskropparna Al-13, B1-3, B5, B7-10, B15, B18, B20, B22 och B25-27 (ost- och västvind) och Al-13, B1-3, B5, B7-10, B15, B18, B20 och B22 (sydostvind).

11.2.2 Enkla modellförsök

Som ett komplement till bedömningen i föregående avsnitt gjordes också enkla strömningsförsök med modeller av tävlingsförlagen. Som nämnts tidigare kunde dock av kostnadsskäl mera ingående vindtunnelstudier ej komma till utförande.

Planmodellerna tillverkades vid Malmö kommuns modellverkstad (K. G. Andersson) i skala 1:400. Modellerna av huskropparna var gjorda av kompakt trä och fastklistrade vid 1,5 mm tjock aluminiumplåt. Såväl träklotsar som plåtskivor mattsvartlackerades. Av praktiska och andra skäl begränsades modellerna till att omfatta intressanta och representativa områden av respektive planförslag. För dessa områden var de emellertid förhållandevis detaljerade. I tidigare skisser ej redovisade låga kallgarage, förrådsbyggnader etc. har sålunda här medtagits.

Modellerna utsattes för en fläktalstrad luftström, som vid ostörda förhållanden (ingen modell) hade en hastighet 5 cm över "markytan" av ca 5 m/s. Fläkten, som välvilligt utlånats av Institutionen för mekanisk värmeteori med strömningslära, LTH, kombinerades med en rektangulär, ca 0,6 m bred utblåsningskanal. Mellan fläkten och modellen anbringades ett gitter av horisontella trådar. Avståndet mellan trådarna ökade med höjden över "markytan". Genom detta arrangemang kunde den vertikala hastighetsprofilen i någon mån anpassas till en mera naturlig vindprofil. En viktig skillnad mellan försök i jämn luftströmning och försök utförda med naturlig vind-



Fig. 11.11. Fläkt, vindprofilgitter och modell vid enkla strömningsförsök.

profil är nämligen bl. a., att området med det högsta trycket på lovartsidan av en byggnad i senare fallet flyttas till övre delen av byggnaden. Kontrollmätningar med varmtrådsanemometer i luftströmmen på olika höjder bakom gittret (ingen modell) gav vid handen att profilen inom ett ca 50 mm tjockt gränsskikt intill "markytan" kunde uttryckas med en potenssats av typen ekvation (9.1) med ett α -värde av omkring 0,10. Detta värde är något lågt. Det representerar en skrovlighet hos lugnt öppet hav eller snötäckta jämna eller vågiga ytor. Skrovligheten hos de obebyggda delarna av Bulltofta-fältet med jämn gräsbeklädnad öster om planområdet torde vanligen representeras av ett α -värde av storleksordningen 0,14 - 0,16. Möjligen kan ett lägre värde förekomma vid snöbeläggning.

Något speciellt arrangemang för simulering av turbulensförhållandena i den naturliga strömningen vidtogs ej i dessa enkla, kvalitativa försök. (Fig. 11.11.) Vid byggnadsaerodynamiska vindtunnelstudier av stadsområden brukar man numera låta modellerna också omfatta bebyggelsen lovert det studerade området. Då i fråga om Bulltofta-området de i sammanhanget mest besvärande vindarna blåste in från det icke bebyggda fältet i E och SE, ansågs detta dock icke nödvändigt vid dessa enkla försök.

Vindhastighetsfördelningen och strömningsmönstret nära markytan kring huskropparna visualiserades med hjälp

av ljus siktad grovmo, som före försöken lades ut i ett jämntjockt, tunt lager över modellområdet. Områden med höga lokala vindhastigheter frilades först från moskiktet (fig. 11.12 - 11.14). Genom upprepad fotografering av det successiva friläggandet av modellområdet kunde vindhastighetsfördelningen och strömningsmönstret inom detta grovt kartläggas. För varje planmodell gjordes en sådan kartering för vindriktningarna E, SE och W.

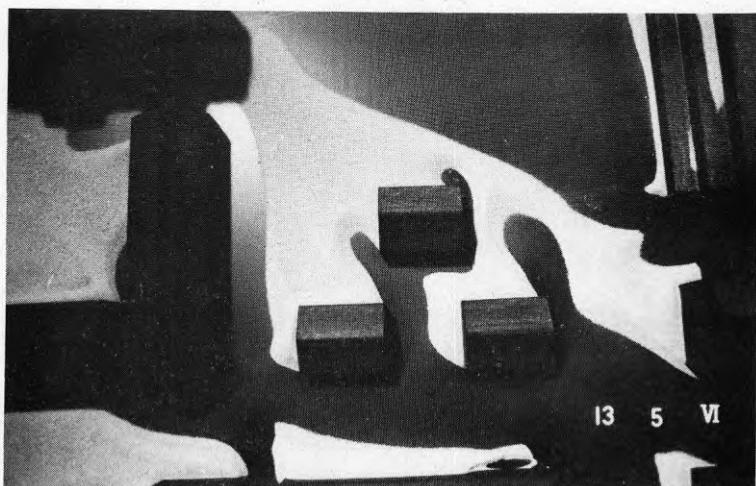
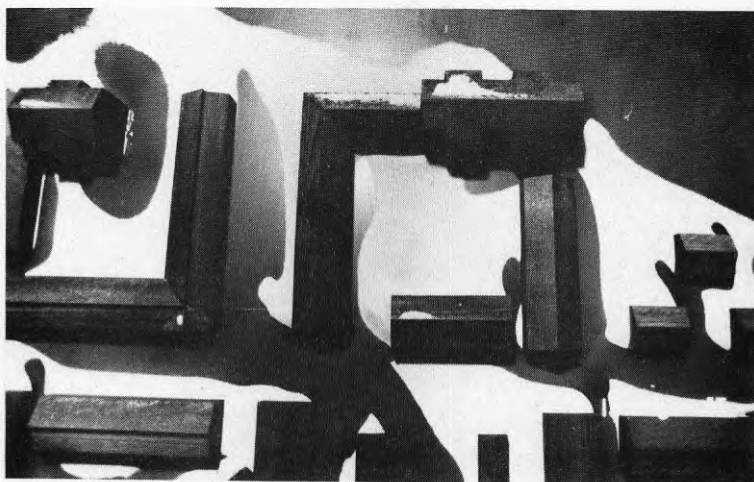
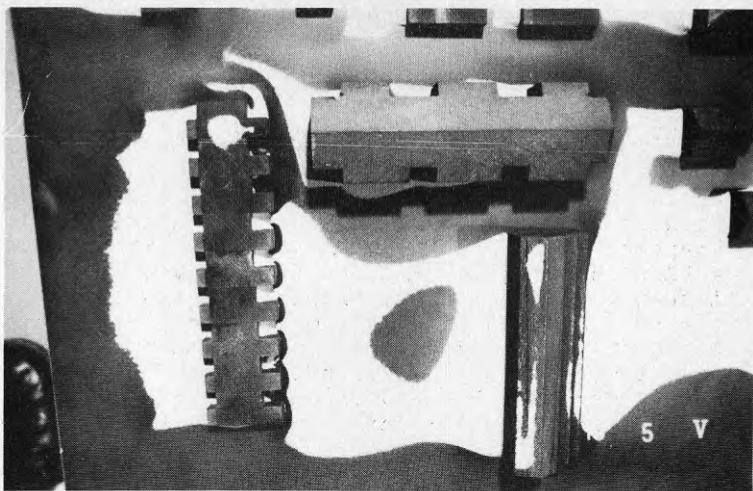
Man kan invända att de beskrivna försöksbetingelserna varit alltför enkla och primitiva för att möjliggöra meningsfulla studier av vindhastighetsfördelningen och strömningsmönstret nära marken i modellerna. Resultat av några körningar med en isolerad huskropp vid olika anblåsriktningar visade dock att strömningsmönstret ej avvek särskilt mycket från de resultat man erhållit vid mera konventionella vindtunnelförsök, åtminstone vad avser lokaliseringen av särskilt vindutsatta ytor och stagnationsområden.

11.2.3 Vindfältuppskattningar

Kartorna i fig. 11.15 - 11.26 visar motäckets utbredning i planmodellerna vid olika tidpunkter under strömningsförsöken. De har framställts med hjälp av fotografier, som med jämna tidsintervall upptagits under respektive körning. De mörkaste områdena i kartorna har tidigast frilagts från mo och utgör alltså de mest vindutsatta ytorna. Med ljusnande markering dröjer friläggningen allt längre. Vita områden är ytor som under respektive försök aldrig frilagts från mo. Dessa är därför de mest vindskyddade områdena. På grund av svårigheter att kontrollera försöksbetingelserna är det ej meningsfullt att jämföra kartorna vad avser "vindhastigheten". Man kan möjligen använda dem till att finna de mest vindutsatta respektive mest vindskyddade områdena inom respektive modell vid de tre vindriktningar som simulerades. De ger också besked om strömningsmönstrets allmänna form inom planområdena.

Två provområden i Jaenecke-planen uttogs för strömningsstudier i modell. Områdena bildade tillsammans en öst-västlig tvärsektion genom planområdet. Vid körningarna återades modellerna i inbördes korrekta lägen, för att huskropparnas exponering skulle återges så riktigt som möjligt. Resultatet av strömningsförsöken med det västra modellområdet i Jaenecke-planen

Fig. 11.12 - 11.14. Detaljer av strömningsmönster kring några huskroppar i de aktuella planförslagen visualiserade med hjälp av grovmo. Mörka ytor har frilagts tidigt från det primärt jämntjocka moskiktet (blåsiga), medan ljusa ytor har kvar ett moskikt (mindre blåsiga). Strömningen har varit riktad ungefär diagonalt från nedre högra hörnet.



återges i fig. 11.15 - 11.17 och resultatet med det östra i fig. 11.18 - 11.20. Som framgår av figurerna erhöles vid östlig vind relativt kraftiga vindförstärkningar i den NW-SE-löpande gatan i västra provområdet. Denna gata var mera vindskyddad vid vind från SE. Vid anblåsning från väster utsattes dess nordvästra del för relativt kraftig vind. Också de W-E-löpande gatorna längre söderut blev då relativt blåsiga. Tidigare förutskickade korridoreffekter i Jaenecke-planen kunde knappast verifieras i strömningsförsöken. Däremot framträdde en påtaglig vindförstärkning vid östlig vind i luckan mellan den långa NW-SE-orienterade huskroppen i centrala delarna av västra området och en norr om denna belägen N-S-orienterad byggnad. Denna "tratteffekt" hade tidigare också förutskickats. Särskilt vindutsatta områden liksom läområden syntes allmänt ha varit mera storskaliga till utbredningen i västra delen av den studerade tvärsektionen än i den östra, vilket är väntat med hänsyn till den mera storskaliga byggnadsstrukturen i väster.

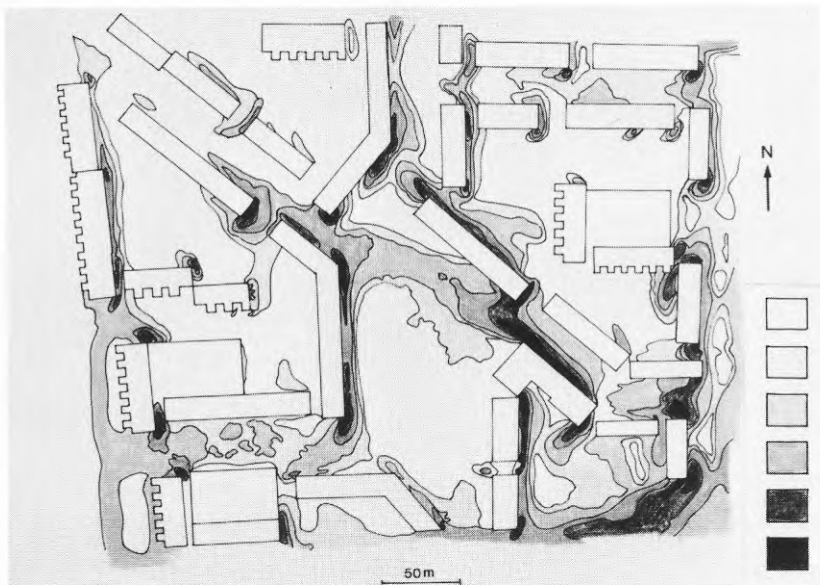
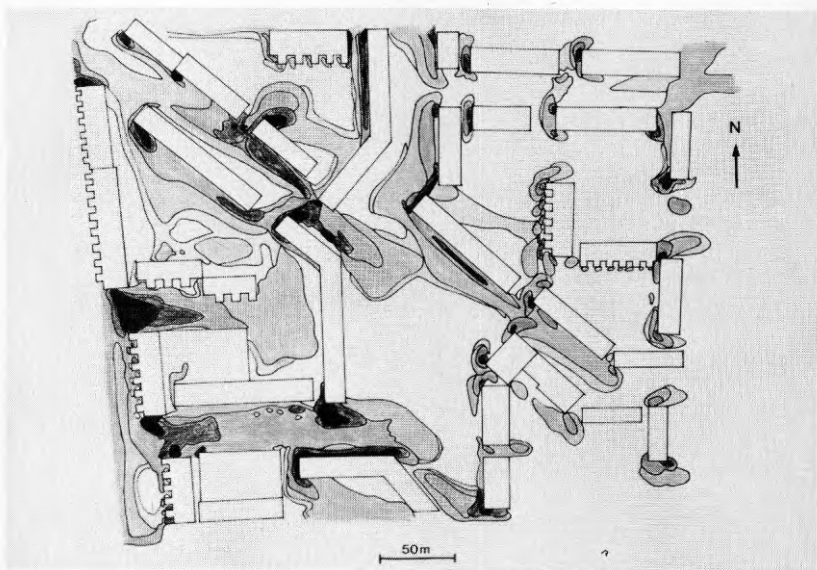
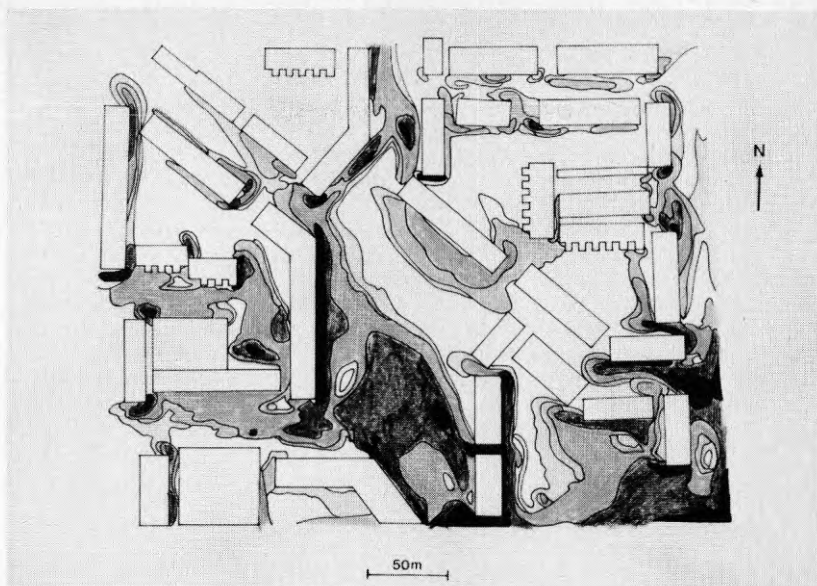


Fig. 11.15. Strömningsmönster i modell av delar av Jaenecke-planen vid vind från E. Vindhastigheten ökar med mörknande markering i denna och följande figurer t.o.m. fig. 11.26.

Fig. 11.16. Strömningsmönster i modell av delar av Jaenecke-planen vid vind från SE.

Fig. 11.17. Strömningsmönster i modell av delar av Jaenecke-planen vid vind från W.



Resultatet av strömningsstudierna av VBB-förslaget redovisas i fig. 11.21 - 11.23. Som väntat påverkades vindfältet särskilt kraftigt av de höga byggnaderna i provområdets östra del. Detta gällde särskilt, då dessa var i lovart. Men också i "läposition" uppkom vindanomalier kring de höga byggnaderna. I vissa fall torde dessa ge en ökad vindpåkänning också på den närmast bakomliggande bebyggelsen och alltså ha en ogynnsam inverkan ur både energiförbruknings- och komfortsynpunkt. I det delvis kringbyggda gårdsutrymmet i provområdets centrala del däremot uppstod vid ostvindar god läverkan. Bortsett från att tidigare förutskickade förstärkta "lä-lovartvirvlar" ej kunde detekteras vid strömningsstudierna, bekräftade dessa i stort sett den tidigare bedömningen av eventuellt förekommande mera betydande vindanomalier i VBB-planen.

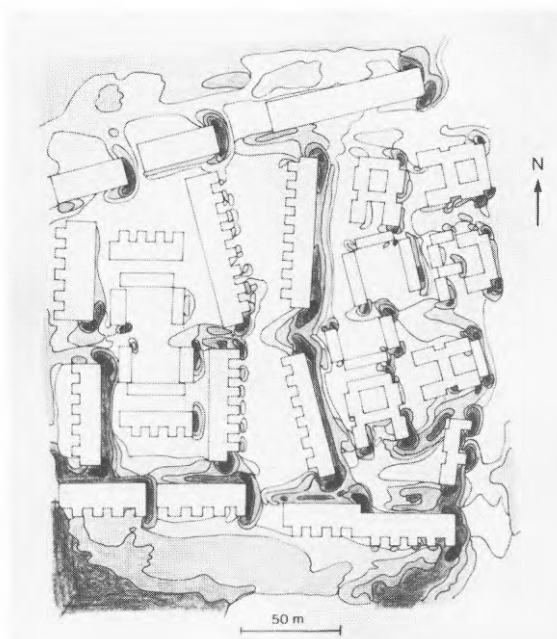


Fig. 11.18. Strömningsmönster i modell av delar av Jaenecke-planen vid vind från E.

Fig. 11.19. Strömningsmönster i modell av delar av Jaeneckeplanen vid vind från SE.

Fig. 11.20. Strömningsmönster i modell av delar av Jaenecke-planen vid vind från W.

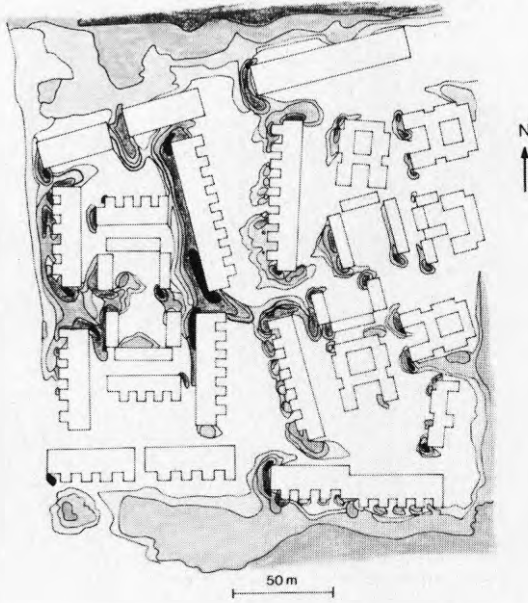
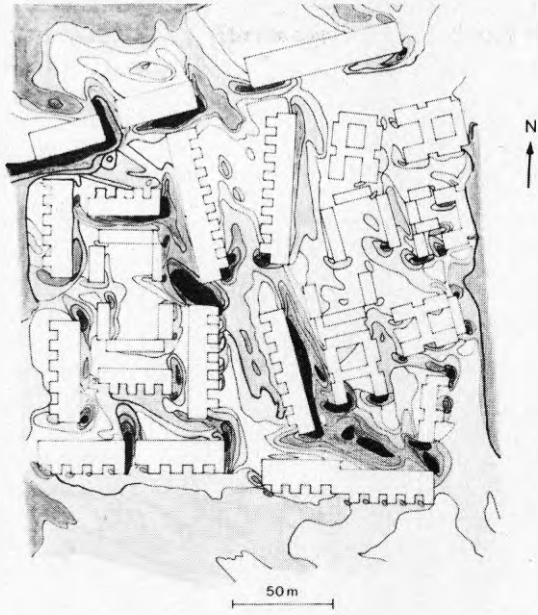


Fig. 11.24 - 11.26 visar vindfältet i den studerade sektionen av White-förslaget vid de tre aktuella vindriktningarna. Också i detta förslag erhöles påtagliga vindförstärkningar kring punkthusen (i väster). Vid västlig vind torde dessa kunna ge en ökad vindpåkänning på den närmast bakomliggande bebyggelsen. Antydning till förstärkta "lä-lovartvirvlar" förekommer också mellan punkthusen och intilliggande bebyggelse vid vissa vindriktningar. De i den tidigare bedömningen förutskickade omfattande läområdena bakom punkthusen reducerades däremot påtagligt vid strömningsstudierna. Dessa antydde också, att den långsträckta gatan genom modellområdet vid vissa vindriktningar torde lokalt kunna bli ganska blåsig. I de nästan helt kringbyggda gårdsutrymmena däremot uppkom delvis en mycket god läverkan, vilket också antagits vara fallet vid den tidigare bedömningen. I denna antydde också, att vid östlig vind en tratteffekt möjligen skulle kunna upp-

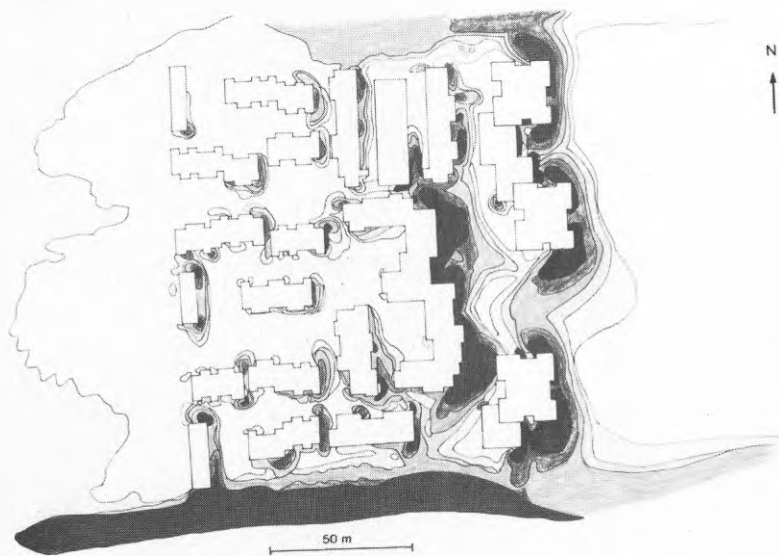
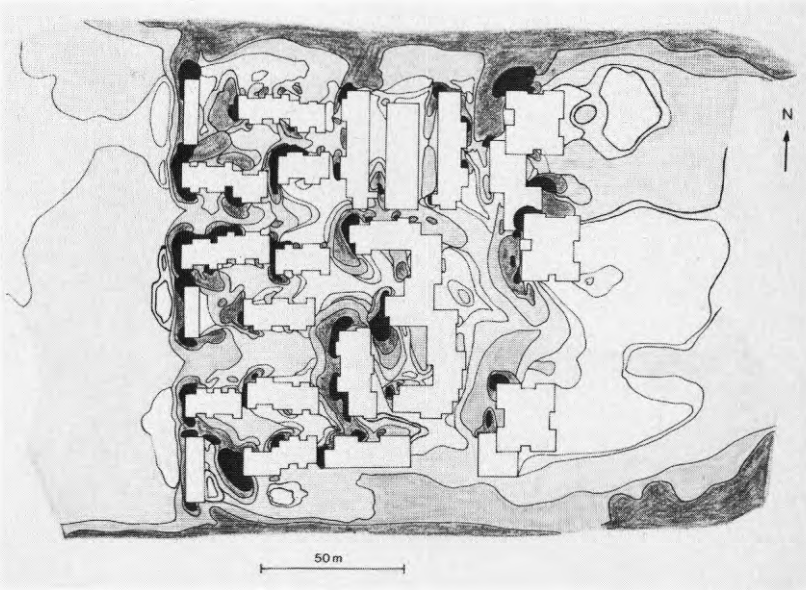
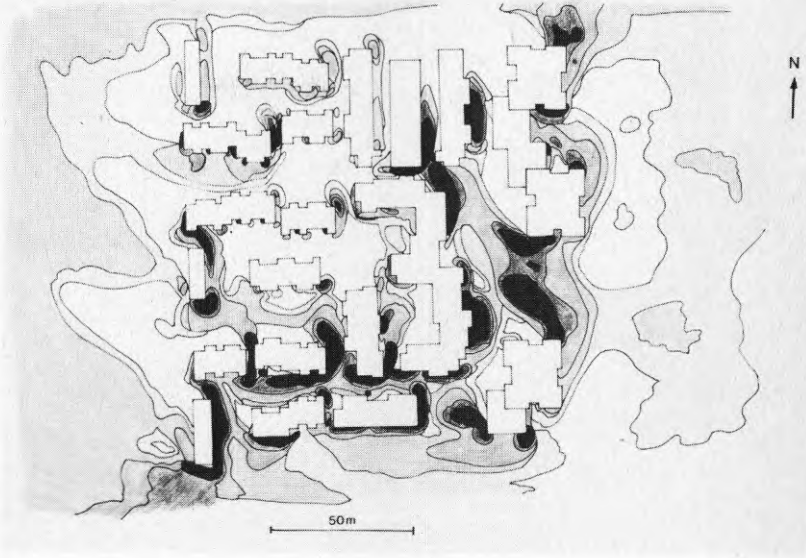


Fig. 11.21. Strömningsmönster i modell av delar av VBB-planen vid vind från E.

Fig. 11.22. Strömningsmönster i modell av delar av VBB-planen vid vind från SE.

Fig. 11.23. Strömningsmönster i modell av delar av VBB-planen vid vind från W.



träda mellan de vinkelställda husen i nordost. Strömningstudierna gav visserligen en viss vindförstärkning i luckan mellan dessa hus vid ostvind, men effekten torde bli mera påtaglig vid vind från NE.

11.3 Vindfält och tidigare bedömningar

Genom vindfältuppskattningarna och de enkla strömningförsöken har ett antal relativt sett extrema vindmiljöer i gatuplanet kunnat avgränsas i planförslagen. Huruvida dessa miljöer representerar extrema vindmiljöer också i de verkliga planområdena, om utbyggnaden av de senare skulle förverkligas, är dock något osäkert med hänsyn till att vindtunnelstudier i egentlig mening aldrig kom till utförande. Om emellertid de funna extremområdena är någorlunda realistiska, möjliggörs en kompletterande bedömning av planförslagen med hänsyn till deras anpassning till vindklimatet i aktuellt hänseende. Av särskilt intresse är härvid sådana mera omfattande vindförstärkningar på grund av bebyggelsen

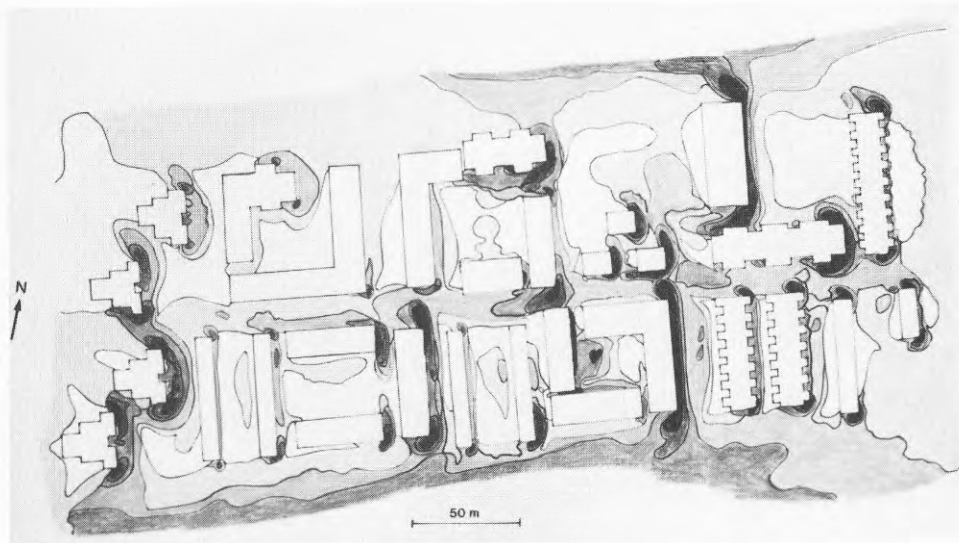
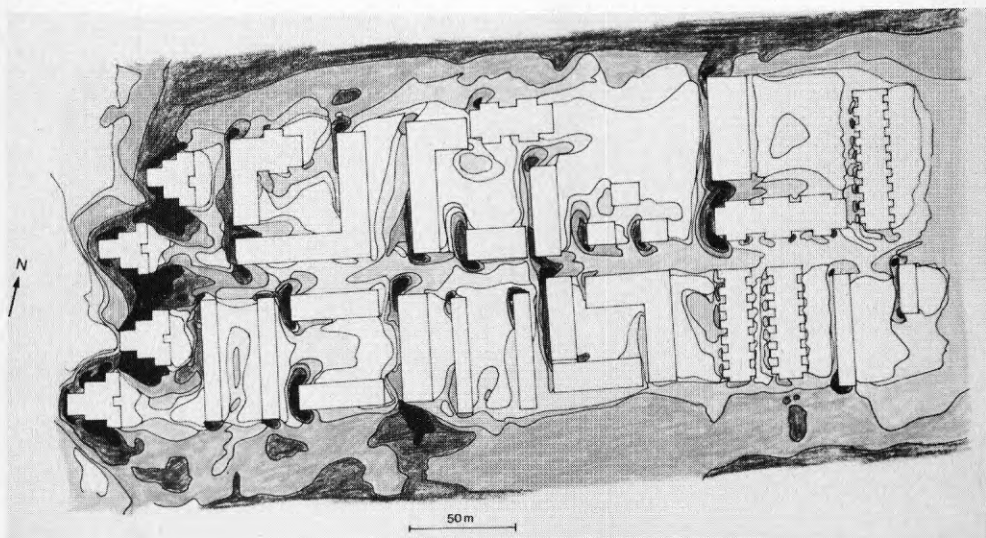
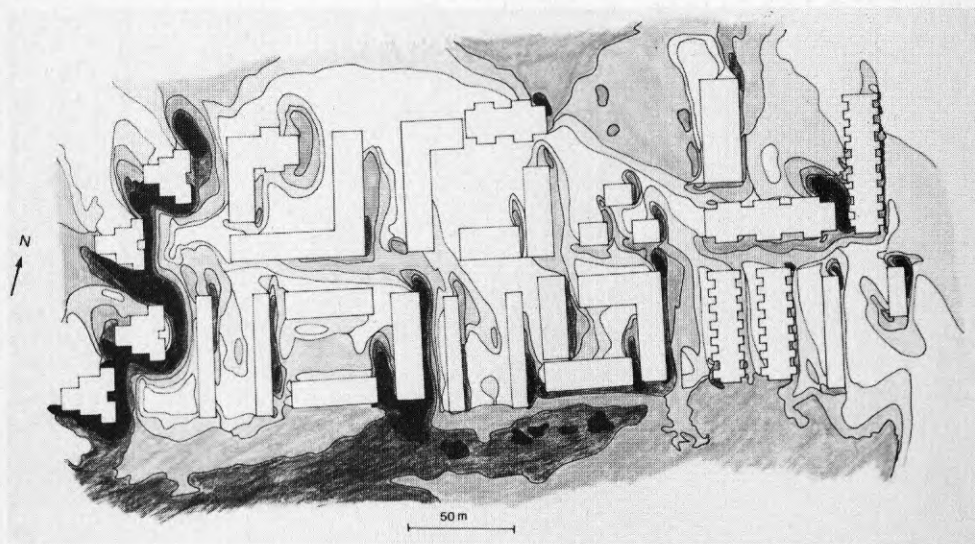


Fig. 11.24. Strömningssmönster i modell av delar av White-planen vid vind från E.

Fig. 11.25. Strömningssmönster i modell av delar av White-planen vid vind från SE.

Fig. 11.26. Strömningssmönster i modell av delar av White-planen vid vind från W.



vilka kan tänkas kraftigt påverka energiförbrukningen i intilliggande bebyggelse. I de granskade förslagen är det då i första hand vinkeleffekterna i VBB- och White-förslagen, som vid studerade vindriktningar bedömts kunna ha denna verkan. De i förhållande till den omgivande bebyggelsen höga punkthusen i dessa förslag kan troligen dra ned en hel del kraftig höjdvind som sedan kan träffa den bakomliggande bebyggelsens lovart-fasader och alltså här skapa ett kraftigt ventilationsdrivande övertryck. De långsträckta omslutande huskropparna i Jaenecke-förslaget synes däremot skapa relativt omfattande läområden.

Vindfältanalysen i detta kapitel ändrar sålunda inte den tidigare rankningen av förslagen, enligt vilken Jaeneckeplanen var den något gynnsammare med hänsyn till ventilationsförluster genom vind.

11.4 Hänsynstagande till föreslagen vegetation

Hittills gjorda bedömningar av de tre planförslagen har ej beaktat föreslagen vegetation. En av orsakerna härtill är att de inlämnade idéförslagen endast vagt anger, hur denna är tänkt att utformas. Exempelvis framgår det inte alltid, om vegetationen skall utgöras av träd eller buskar. För att emellertid möjliggöra en kommentar också till vegetationens föreslagna placering med hänsyn till dess effekt på vindklimatet i bebyggelsen, antar vi, att man alltid väljer en ur läggande synpunkt optimal vegetation.

Föreslagna grönytor (här alltså betraktade som optimalt läggande vegetation, där inget annat anges i förslagen) har speciellt utmärkts i fig. 8.1 - 8.3. Som framgår av dessa har man i Jaeneckes förslag grönytor praktiskt taget runt hela den bebyggda delen av planområdet. Särskilt i öster och väster är grönytorerna väl tilltagna, vilket naturligtvis får anses särskilt gynnsamt med hänsyn till dessa vindriktningars stora energikrav. Grönbältet i sydost däremot är ej lika brett. Mindre grönytor förekommer också inne bland bebyggelsen.

I VBB-förslaget samlas bebyggelsen kring en stor park. I bebyggelsens yttre delar eller närmast utanför denna saknas däremot mera omfattande vegetationsstråk. "Centrumparken" torde ha en viss gynnsam verkan på vindklimatet inom planområdet, i det att den sannolikt något dämpar vindextremerna i de lägre skikten kring höghusen.

White-förslagets bebyggelse begränsas i väster av breda grönytor, från vilka två stråk av vegetation söker sig österut in i bebyggelsen. Dessa ytor kan ge gott skydd mot västvindar, men bebyggelsen är ganska oskyddad mot ost- och sydostvindarna.

En försiktig jämförelse av planförslagen, vad avser vegetationens föreslagna placering med hänsyn till dess vindskyddande verkan i bebyggelsen, ger vid handen, att man i Jaeneckes förslag sannolikt skapat ett något mera effektivt totalskydd av bebyggelsen mot ost- och västvindarna än i de båda övriga förslagen. Denna bedömning, som alltså inte ändrar den tidigare rankningen av förslagen, grundas dock som nämnt på ofullständig information om vegetationen.

Att någorlunda riktigt bedöma planerad stadsbebyggelse med avseende på oönskade, klimatavhängiga ventilationsförluster är mycket svårt. Framför allt medför stadsplanens komplexitet, att vindbelastningen på byggnaderna ej kan förutses med större noggrannhet utan mycket omfattande och dyrbara studier i vindtunnel. Sådana studier torde nämligen kunna ge ett kvantitativt underlag för en noggrann analys med den teoretiska modellen för luftläckning. Mindre konventionella, men tänkbara metoder att bedöma eller beräkna vindbetingad energiförbrukning i stadsbebyggelse kan grundas på bestämning (t. ex. med värmekamera) av värmeavgivandet hos uppvärmda bebyggelsemodeller i vindtunnel. Urbanmorfometriska analyser kan måhända kompletteras med studier av bebyggelsemodellernas luftmotstånd vid olika anblåsningsriktningar. Vissa skalproblem kan dock tänkas försvåra sådana analyser.

Också om resultatet av de bedömningar som redovisats i denna rapport alltså i mycket är osäkert och grovt, kan rapporten måhända ändå vara motiverad, i det att den belyser några av de problem som vidlåder studier av stadsplaners anpassning till energikrävande vindklimat. Med ökande energikostnader och krav på komfort torde det bli allt mera angeläget att kunna riktigt bedöma planerad gruppbebyggelse vad avser klimatbetingad energiförbrukning. Sedan rutinerna för en sådan analys utarbetats -- baserade på t. ex. Nylunds teoretiska modell för luftläckning i kombination med vindtunnelstudier --, kan välgrundad hänsyn tas till vinden i stadsplaneringen. Ett viktigt steg har då tagits mot realiserandet av den klimatanpassade staden.

Vinden innefattande dess frekvens, styrka och temperatur för olika riktningar är emellertid endast ett av de klimatelemer som bör beaktas i stadsbyggnadet. Ett annat, ur energihushållningssynpunkt viktigt klimatelement är solstrålningen. Den energisnåla stadsplanen bör utformas så att den på ett optimalt sätt anpassas till både vind och solstrålning. Sedan de olika riktningarnas energikrav med beaktande av både vind och strålning fullständigt utretts, bör byggnadernas utformning och inbördes placering optimeras med hänsyn till denna riktningsanalys. Härvid bör också rent mikroklimatologiska hänsyn tas.

Hur bör då en energisnål stadsplan vara utformad i den aktuella regionen? Kan man redan på basis av vad som framkommit i denna rapport ge några allmänna synpunkter härpå? Med hänsyn till att ostliga och västliga vindar är särskilt energikrävande i området under eldningssäsongen samtidigt som sydvindar då är lågfrekventa, svaga och milda och instrålningen från söder relativt kraftig, bör bebyggelsen längsorienteras i en övervägande ost-västlig riktning med solfångande fasader åt syd. Bebyggelsen bör hållas låg och tät och i

stor utsträckning vara sammanhängande. Kringbyggda eller med läplanteringar omgärdade gårdar, eventuellt med trädinramad öppning åt söder, bör kunna erbjuda särskilt vindskyddade utrymmen. Inom bostads- och fritidsområdena kan öst- och västvindarna bromsas med lämpligt utformade och placerade nord-sydorienterade vegetationsstråk. Området bör överhuvud taget vara väl försett med lägivande träd och buskar. Om också den lufthygieniska faktorn skall vägas in vid utformandet av stadsplanen, bör samtidigt övervägas att ge vinden en något friare passage i eventuellt förekommande större trafikstråk med orientering i öst-väst. Vindens föroreningshejdande ventilationseffekt tas då också till vara. Övriga, mindre trafikerade gator bör brytas och trädplanteras för att minska vindens verkan. Små öppna platser och torg i anslutning till gatukors och gatumynningar är att föredra framför stora öppna torg och andra friytor.

En ökad anpassning till klimatförhållandena vid stadsplanering betyder dock inte att staden kan göras klimatologiskt helt idealisk. Andra ekonomiska hänsyn ända till klimatet, t. ex. beaktandet av markvärden, måste självfallet också tas vid stadsplaneringen. Men också då kan ett ökat hänsynstagande till klimatologiska realiteter ge god utdelning i ekonomi och miljövärden.

LITTERATUR

Aynsley, R M, Melbourne, W & Vickery, B J, 1977, Architectural Aerodynamics. (Applied Science Publications Ltd.) London.

Bjerrome, K, 1978, Energiförbrukning och boendevanor i Modulenthus. (CTH Byggnadskonstruktion.) 1978:18.

Bäckberg, H, Kärrholm, G & Lindquist, T, 1977, Provhus Modulent Tyringe. Transmissions- och komfortmätning. Beräkning av värmebalans. (CTH Byggnadskonstruktion.) 1977:1.

Coblentz, C W & Aschenbach, P R, 1963, Field measurements of air infiltration in ten electrically-heated houses. (ASHRAE.) Transactions 69.

Davenport, A G, 1968, The dependence of wind loads on meteorological parameters. (Seminar on Wind Effects on Buildings and Structures, Ottawa, 1968. University of Toronto Press.)

Davenport, A G, 1972, An approach to human comfort criteria for environmental wind conditions. (CIB/WMO. Colloquium on building climatology, Stockholm 1972.)

Dubinski, K, 1980, Vindklimatiska studier vid planering av bostadsområden. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R 29:1980.

Elmroth, A & Höglund, I, 1973, Värmebalans i småhus. Teoretiska och experimentella undersökningar avseende ett mineralullsisolerat regelhus. (Statens institut för byggnadsforskning.) Rapport R 7:1973.

Evans, B H, 1957, Natural air flow around buildings. Texas Eng. Exp. Station Res. Rep. No 59.

Gandemer, J., 1976, Inconfort dû au vent aux abords des bâtiments: Concepts aérodynamiques. Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, CSTB, no. 170/1384. Paris.

Gustén, J & Johansson, C, 1978, Täthet och ventilation. Täthets- och ventilationsstudier i fabrikstillverkade Modulenthus med mekaniskt frånluftssystem. (CTH Byggnadskonstruktion.) 1978:17.

Handa, K, Kärrholm, G & Lindquist, T, 1979, Mikroklimat och luftväxling. (Statens råd för byggnadsforskning.) T 3:1979.

Houlberg, C, 1979, Vind og læ i bebyggelser. (Det Kongelige Danske Kunstakademi. Bygningsteknisk studiearkiv.) København.

Jensen, M & Franck, N, 1963, Model-scale tests in turbulent wind. (The Danish Technical Press.) Copenhagen.

- Krönke, J, 1973, Untersuchungen im Windkanal über Gebäudeaerodynamik und Vorgänge in der atmosphärischen Grenzschicht. Bauing. 48.
- Kärrholm, G & al., 1976, Ofrivillig ventilation. Förutsättning och betydelse för byggnaders värmebalans. Programskrift. (CTH Byggnadskonstruktion.) 1976:6.
- Lindh, A & Nylund, P O, 1980, Tjyvdrag och transmission. Byggmästaren 1-2, 1980.
- Lindquist, T, 1976 a, Spårgasmätning av 9 Modulenthus i Göteborgstrakten. (CTH Byggnadskonstruktion.) 1976:8.
- Lindquist, T, 1976 b, Spårgasmätning av 6 småhus med Jurator mekaniska frånluftsystem. Uppdrag för Axenta AB. (CTH Byggnadskonstruktion.) 1976:9.
- Lindquist, T, 1976 c, Spårgasmätning av 8 Modulenthus i Göteborgstrakten (CTH Byggnadskonstruktion.) 1976:10.
- Luthander, S & Gullstrand, T, 1945, Undersökning rörande byggnaders läbildande förmåga. KTH AERO Rapport 93-10.
- Mattsson, J O, 1979, Introduktion till mikro- och lokalklimatologin. (Liber Läromedel.) Malmö.
- Melander, U, Ljungström, S & Törnsäter, G, 1975, Vinden, människan, arkitekten. (KTH Formlära.) Examensarbete.
- Munther, K, 1974, Energiförbrukning i småhus. Undersökningar av 5 500 bebodda hus. (Statens institut för byggnadsforskning.) Rapport R 58:1974.
- Nylund, P O, 1979, Tjyvdrag och ventilation. (Statens råd för byggnadsforskning.) T 4:1979.
- Nylund, P O, 1980, Byggnaden måste ses som ett total-system. Energimagasinet Nr 1, 1980.
- Oke, T R, 1978, Boundary Layer Climates. (Methuen & Co Ltd.) London.
- Olsson, C-H, 1974, Byggnadsekologi. (CWK Gleerup.) Lund.
- Penwarden, A D, 1973, Acceptable wind speeds in towns. Building Science , 8.
- Penwarden, A D & Wise, A F E, 1975, Wind environment around buildings. (Department of the Environmental Building Research Establishment.) London.
- Siple, P A & Passel, C F, 1945, Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. Proc. Amer. Phil. Soc., 89.
- Soliman, B F & Fricke, F R, 1974, Effect of building grouping on wind induced natural ventilation. (University of Sheffield, England. CBI Congress, Budapest,

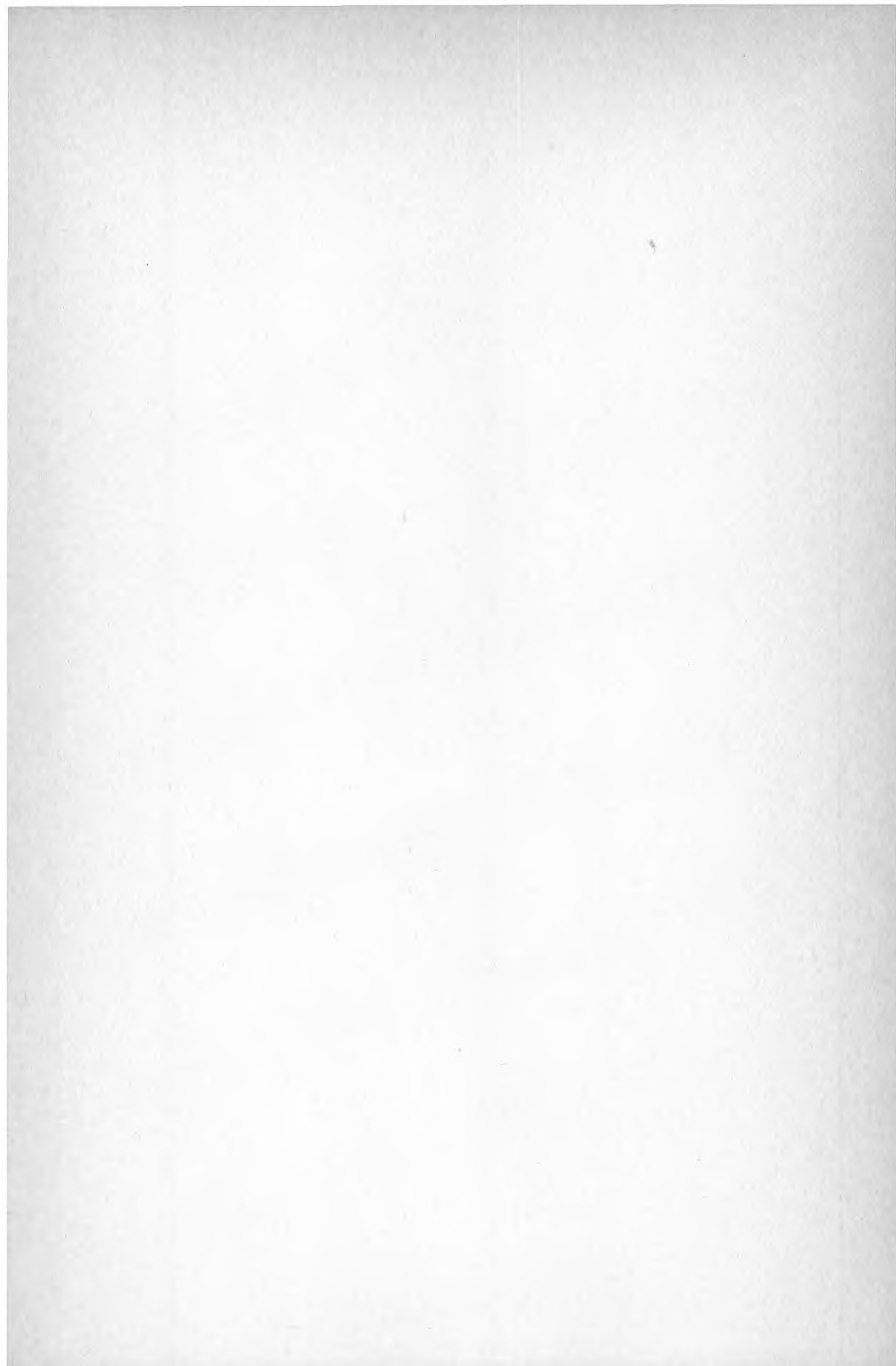
Ungern 1974.)

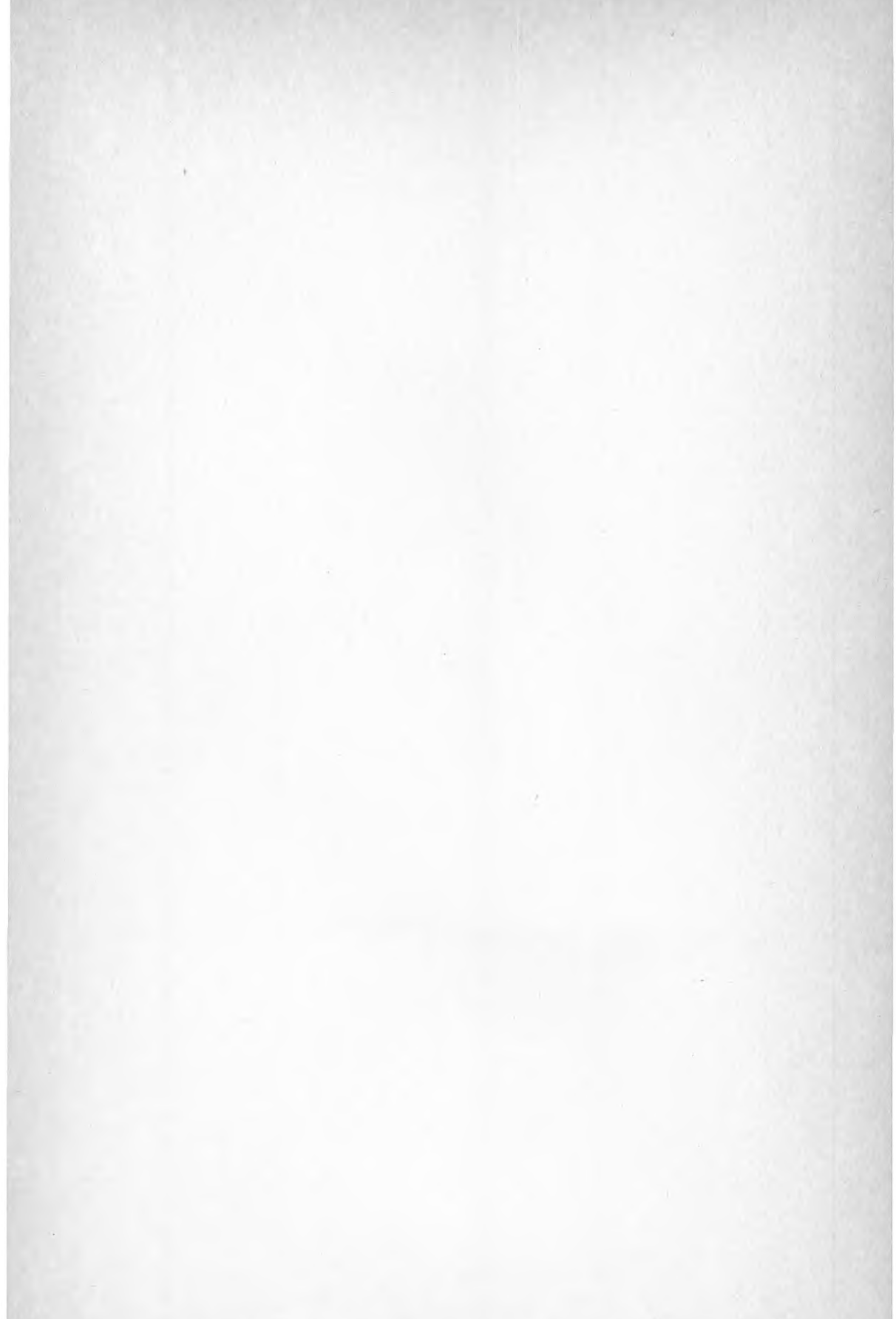
Taesler, R, 1972, Klimatdata för Sverige. (SMHI.)
Stockholm.

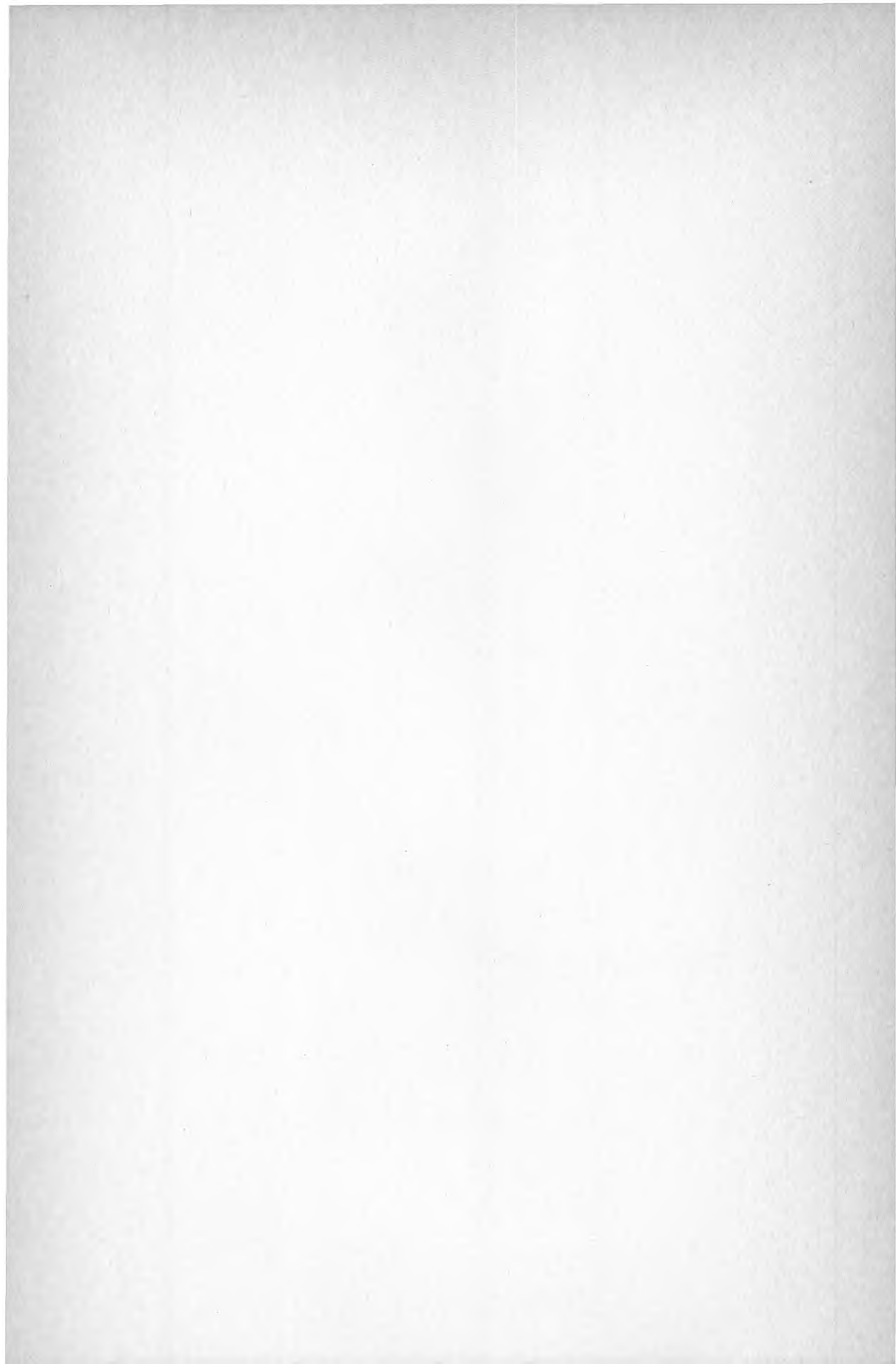
Tamura, G T & Wilson, A G, 1966, Pressure differences
for a nine-storey building as a result of chimney
effect and ventilation system operation. (ASHRAE.)
Transactions, 72.

Wirén, B, 1972, Modellstudie i vindtunnel av vindström-
ningen nära marken kring schematiska huskroppar. KTH
AERO MEMO F I 173.

Wolfseher, U & Gertis, K, 1978, Bodennahen Aerodynamik.
Darstellung der lokalen Windverhältnisse über unbebau-
ten und bebauten Flächen auf Grund vorhandener Litera-
tur. Teil II: Simulation von bodennahen Windströmungen,
Umströmung von Gebäuden und Gebäude-Gruppen. Gesund-
heits-Ingenieur, 99.







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790356-0 från Statens råd för byggnadsforskning
till Stadsbyggnadskontoret, Malmö kommun.**

R176: 1980

ISBN 91-540-3426-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700276

**Abonnemangsgrupp:
X. Samhällsplanering**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 35 kr exkl moms