



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.



**Rapport**

**R23:1972**

# **Fasadnedsmutsning**

**Lars Jacobson  
Hans Lindgren**

**Byggforskningen**

# Fasadnedsmutsning Immissionsbetingade byggnadsskador

Lars Jacobson  
Hans Lindgren

*Genom inverkan av luftföroreningar och klimat förändras en byggnads utseende. Föreliggande undersökning syftar till att skaffa kunskaper för att redan på projekteringsstadiet utforma fasaden så, att underhåll på grund av immissioner blir onödigt. Fältundersökningar visar hur luftföroreningar under skilda klimatförhållanden avsätts på byggnader. Nedsmutsningsbilden hos en fasad bestäms av hur slagregnet omfördelat avsatta föroreningar och vittringsprodukter. Fasadens övre del blir rentvättad, den nedersta delen jämnt smutsad, den mellersta delen ojämnt rentvättad genom varierande slagregnmängder och rinnande vatten. Här uppträder de största problemen vid utformningen och vid val av material för att undvika en nedsmutsningsbild med negativ inverkan på fasadens utseende och hållbarhet.*

## Bakgrund

Många av de påfrestningar en byggnad projekteras för, är man medveten om och kan bemästra, andra är svårare att förebygga.

Kunskapen om vilka former av immissionsangrepp byggnader utsätts för är otillräcklig och i de fall man känner immissionernas natur vet man ofta litet om, hur man skall eliminera deras skadeverknings.

De partikelformiga luftföroreningarnas nedsmutsande effekt har inte ägnats

större uppmärksamhet. Vid institutionen för husbyggnad, Chalmers tekniska högskola har därför genomförts undersökningar inom detta område med stöd från Statens råd för byggnadsforskning.

## Målsättning

- Avsikten med dessa undersökningar är att ta reda på hur luftföroreningarna avsätts och omfördelas på byggnader av olika material och konstruktion
- att få fram rekommendationer för hur byggnadsdelar skall utformas för att motverka nedsmutsningen
- att bestämma vilka material och ytstrukturer, som är lämpliga i skilda atmosfäriska förhållanden
- att eventuellt kunna få ett mått på nedsmutsningsgraden för uppställande av rekommendationer för ur husbyggnadssynpunkt acceptabla luftföroreningshalter

## Förutsättningar

Nedsmutsningen av fasader bestäms av många faktorer. De viktigaste är klimatförutsättningar, art och mängd av föroreningar, byggnadens läge och utformning, fasadmaterial och fasaduppbyggnad.

Uppgifter om slagregnets riktning, kvantitet och frekvens ger en uppfattning om påfrestningen på fasaden. Slagregnets fördelning på en byggnad bestäms av vindens strömning, som

# Bygghorsningen Sammanfattningar

R23:1972

Nyckelord:

*fasadnedsmutsning, byggnadsskador, fasadmaterial, fasadutformning, klimatdata, luftföroreningar*

Rapport R23:1972 avser anslag C 691:1 från Statens råd för byggnadsforskning till bitr. professor Walter Kiessling vid Institutionen för husbyggnad, CTH med arkitekter SAR Lars Jacobson och Hans Lindgren som författare.

UDK 69.059.2  
69.022.32  
614.7

SfB A  
(41)

ISBN 91-540-2035-2

Sammanfattning av:

Jacobson, L & Lindgren, H, 1972, *Fasadnedsmutsning. Immissionsbetingade byggnadsskador*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R23:1972, 72 s., ill. 18 kr.

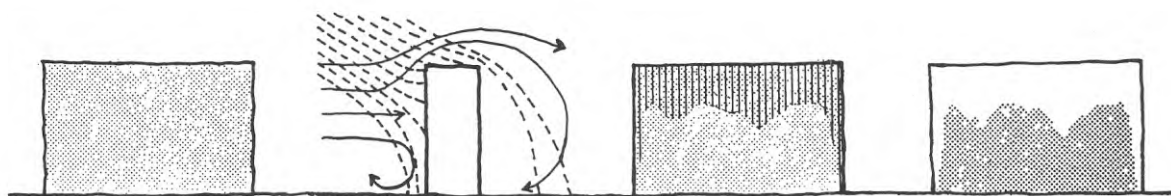
Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, 111 84 Stockholm  
Telefon 08-24 28 60  
Grupp: Konstruktion



*Nedsmutsningsbildens uppkomst: fasaden smutsas relativt jämnt under torrperioder. Vind och regn ger slagregn som koncentreras till byggnadens övre del och hörn som tvättas rena. Den sluliga nedsmutsningsbilden beror främst på hur slagregnet fördelats över fasaden.*



koncentrerar slagregnet till byggnadens övre tredjedel och till hörnen.

Föroreningshalterna är störst i städer och industriområden. Typiska luftföroreningar är här svaveldioxid, sot och stoft.

Uppgifter om speciella föroreningar är värdefulla eftersom olika föroreningar kan angripa fasaden på olika sätt.

Omgivningens begränsning av synfältet och reklamskyltar, skyltfönster och andra iögonfallande föremål påverkar upplevelsen av nedsmutsningen. Ofta ger ytterområdet ett smutsigare intryck jämfört med stadscentrum trots att ytterområdet har lägre föroreningshalter. Detta kan bero på ytterområdets friare synfält och kontrastverkan mellan grönområden och smutsade fasader.

### Nedsmutsningsbildens uppkomst

Gasformiga föroreningar och aerosoler kan angripa fasadmaterialen varvid vittningsprodukter bildas. Detta sker relativt likformigt över hela fasaden.

Fasta föroreningar avsätts framför allt på horisontella ytor. Under inverkan av regn omfördelas sedan föroreningarna och vittringsprodukterna på olika sätt, beroende på fasadmaterialets porositet, struktur och utformning.

Nedsmutsningsbilden påverkas av byggnadens omgivning. Detta beror framför allt på att vindströmningen störs av hinder på marken. Medelvindstyrkan nära marken sjunker när vinden passerar hinder. Slagregnmängden på lägre höjder minskar och riktningen på slagregnet kan ändras. Det medför en minskad rentvättning av fasaden jämfört med en högre liggande byggnad. Lokalt kan dock rentvättningen bli kraftig.

### Nedsmutsningsbild och fasadmaterial

De släta, täta fasadmaterialen fungerar som en regnkappa på byggnaden; så

gott som hela den infallande vattenmängden rinner utefter fasaden. Vattnets rentvättande effekt bör tillvaratagas och fasaden kan byggas upp så, att den i största utsträckning hålls ren från föroreningar.

De porösa fasadmaterialen samlar större mängder föroreningar än de täta. Regntvättningen blir också sämre genom dessa materials absorptionsförmåga; det krävs ett ordentligt slagregn för att fasaden skall bli mättad med vatten och en rentvättande vattenfilm skall utbildas. Porösa material är olämpliga där stora föroreningshalter förekommer, men i skyddade lägen där en jämn nedsmutsning accepteras kan de utnyttjas.

Även skrovliga material med stor ytårehet samlar stora mängder föroreningar. Den grova strukturen kan emellertid vid lämpligt kulörval dölja de kvarsittande föroreningarna. I förorenade miljöer kan materialet utnyttjas antingen i skyddade lägen eller i positioner där total rentvättning kan förväntas.

### Nedsmutsningsbild och fasaduppbyggnad

Fasaden på vindsidan kan ur nedsmutsningssynpunkt delas in i tre zoner. Den översta zonen blir som regel helt rentvättad. Den nedersta blir relativt jämnt smutsad genom att mycket små slagregnmängder träffar denna del. Den mellersta zonen bjuder på de flesta problemen. Ojämn rentvättning beroende på varierande slagregnmängder och efter fasaden rinnande vatten är här vanlig. Genom lämpligt utnyttjande och utformning av fasadmaterialen kan smutsansamlingar, skuggor och dagrar i fasaden fås att samverka.

Uppbyggnad av fasaden i olika plan är ofta lämpligt. Översta och nedersta våningarna kan t ex dras in från det övriga fasadlivet. Nedsmutsningen kan på detta sätt kamoufleras och i stället understryka fasaduttrycket.

Genom att slagregnmängden på byggnadens hörn är stor blir dessa helt rentvättade. Det är därför lämpligt att låta hörnen få ett från fasaden i övrigt avvikande utförande.

Läsidorna utsätts för mycket små slagregnmängder, vilket kräver eftertanke vid val av fasadmaterial och kulör.

Fasadkompletteringar bör detaljutföras så att fasadytan störs på minsta möjliga sätt. Vatten får ej tillföras fasaden genom t ex felaktig lutning av ett infästningsjärn. En vattenström får ej heller plötsligt brytas eftersom smuts då ansamlas.

Generellt bör material som placeras ovanför varandra i samma liv ha liknande egenskaper. Risken är då mindre att ojämn absorption resulterar i vattenströmmar med lokal rentvättning som följd.

### Fortsatta forskningsbehov

Arbetets ursprungliga målsättning har delvis uppfyllts. För att ge underlag för projekteringsanvisningar och för att utveckla detaljlösningar är det emellertid nödvändigt att fortsätta studierna.

Projekteringsanvisningarna bör ges en lättfattlig form som kan knytas an till existerande basdata. De bör vidare ta hänsyn till de olika planeringsnivåerna.

En vidareutveckling av idag existerande detaljlösningar är betydelsefull. De skulle med ett optimalt utförande ge bättre totalekonomi.

Metoderna för dessa fortsatta undersökningar kan vara fullskaleförsök, modellförsök och i viss utsträckning fältstudier. SIB:s klimatdatabok och fältstationen i Fiskebäck har väsentligt förbättrat förutsättningarna för arbetets fortskridande. Klimatdataboken ger förhoppningsvis basmaterial i en användbar form och fältstationen möjliggör fullskaleförsök under kontrollerade betingelser.



# Deterioration of external facade surfaces Impact of air pollution and climate on buildings

Lars Jacobson

Hans Lindgren

*The appearance of buildings changes with time as a result of the impact of air pollutants and climate. This study aims to obtain information which will enable designers to choose forms and materials which will render maintenance of facades due to impact of pollutants and climatic conditions superfluous. Field studies show how air pollutants are deposited on the surface of buildings under varying climatic conditions. The pattern of discoloration on a building is governed by the way in which driving rain redistributes deposits of pollutants and efflorescence. The upper part of the facade is washed clean by rain, while the lower part has an even layer of dirt and the middle zone uneven distribution of dirt and clean surfaces due to varying quantities of driving rain and running water. Here we encounter the greatest problems as regards design of buildings and choice of materials which will avoid discoloration and thus a negative effect on the appearance and durability of facades.*

## Background

It is an established fact that many of the stresses which buildings are designed to withstand can be mastered, while others are difficult to prevent.

Our knowledge of the impact of pollution and climate on buildings is, however, insufficient. Even in cases where the nature of the pollutants is known we often have too little knowledge of how their harmful effects can be eliminated.

The soiling effect of particulate air pollutants has been given little attention.

The House Building Division at the Chalmers University of Technology has therefore conducted a number of studies in this field with the aid of grants from the Swedish Council for Building Research.

## Goals

The purpose of these studies is:

- to find out how the air pollutants are deposited and distributed over the different materials and structures making up a building
- to produce recommendations for how parts of buildings should be designed in order to counteract the accumulation of dirt
- to establish the materials and surface structures which are suitable for different atmospheric conditions
- to try to obtain some idea of the amount of dirt deposited on which to base recommendations for concentrations of pollutants acceptable from the standpoint of building construction

## Preconditions

The accumulation of dirt on the external surfaces of buildings is influenced by many factors. The most important of these are climatic conditions, the nature and quantity of pollutants in question and the position and design of the building. The materials used for the facades and the structural properties of the facades.

Data on the direction of driving rain plus its quantity and frequency provide

# National Swedish Building Research Summaries

R23:1972

Key words:

*facade deterioration, air pollutants, building damages, climatic data, facade design, facade materials*

Report R23:1972 has been supported by Grant C 691:1 from the Swedish Council for Building Research to Walter Kiessling, associate professor at the House Building Division at Chalmers University of Technology. The authors of the report are Lars Jacobson and Hans Lindgren, architects.

UDC 69.059.2  
69.022.32  
614.7

SfB A  
(41)

ISBN 91-540-2035-2

Summary of:

Jacobson, L & Lindgren, H, 1972, *Fasadnedsmutsning. Immissionsbetingade byggnadsskador*. Deterioration of external facade surfaces. Impact of air pollution and climate on buildings. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R23:1972, 72 s., ill. 18 Sw. Kr.

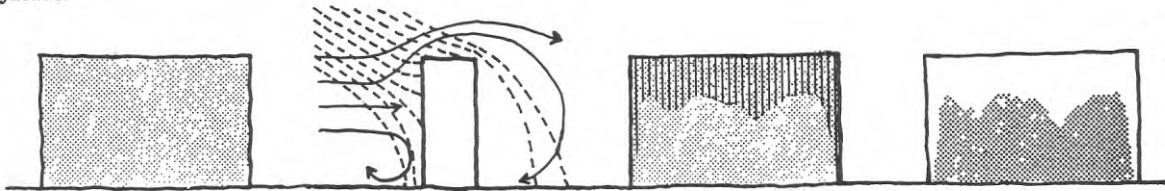
The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, S-111 84 Stockholm  
Sweden



*Causes of discoloration pattern: the facade surface has uniformly deteriorated during periods of draught. The combination of wind and rain gives rise to driving rain concentrated around the upper surfaces of the building and edges, keeping these parts clean. The final pattern of discoloration depends mainly on how the impact of driving rain is distributed over the surface of the facade.*



some idea of the stresses to which a facade is exposed. The distribution of driving rain over the face of a building is governed by the air flow around the building. The air flow will concentrate the impact of the driving rain to the upper third of the structure and to the corners.

Quantities of pollutants are greatest in towns and industrial areas. Typical air pollutants are sulphur dioxide, soot and dust.

Data on particular pollutants are useful since different substances attack surfaces in different ways.

Limitation of the range of vision due to obstacles in the immediate vicinity, advertising signs, display windows and other conspicuous items all affect the way in which deposits of dirt on the facade of a building are regarded. Peripheral areas often give the impression of being dirtier than the centre of a town, despite the fact that the concentrations of pollutants in suburbs are lower. This may be due to the wider range of vision in the suburbs and the contrast between green spaces and dirty buildings.

### Causes of discoloured buildings

Gaseous pollutants and aerosols can give rise to efflorescence which attacks the surfaces of facades. This has a fairly even effect.

Particulate pollutants are mainly deposited on horizontal surfaces. However, through the influence of rain the pollutants and efflorescence caused are redistributed in different ways depending on the porosity, texture and design of the external material.

The discoloration pattern is influenced by the building's environment. This is above all due to the fact that the air flow is obstructed by obstacles on the ground. The mean wind velocity near the ground decreases when the wind passes obstacles. The quantity of driving rain also decreases near the ground and its direction may change. This entails a smaller overall cleaning effect than is the case for buildings on a more open site. The cleaning effect may however be considerable at certain points.

### Patterns of discoloration and external materials

Smooth, dense external materials act as

a raincoat for a building and cause almost all the rain to run down the surface of the walls. Advantage should be taken of the cleaning effect of rainwater and buildings can be designed in way which keeps them free of pollutants.

Porous facing materials collect larger quantities of impurities than dense. The cleaning action of rain is also less effective since these materials absorb water. Large quantities of driving rain are needed to saturate the surface and form a cleaning film of water. Porous materials are therefore unsuitable in places where large quantities of pollutants are present. These materials can, however, be used in sheltered locations where even deposits of impurities are acceptable.

Rough materials with very rugged surfaces will also collect large quantities of pollutants. The rugged texture can however disguise the presence of adhering grime provided that the appropriate colour is chosen. In heavily polluted areas these materials may be used on sheltered sites or in positions where a total rain-wash may be expected.

### Patterns of discoloration and the structure of facades

The windward elevation can be divided into three zones as regards accumulation of dirt. The upper of these three zones will as a rule be completely cleaned by the impact of rain. The lower zone on the other hand becomes fairly evenly discoloured since only a very small amount of the driving rain reaches it. The middle zone is the one which poses the most problems. Uneven rain-wash is common here due to the varying quantities of driving rain to which it is exposed and the water which runs down its surface. Suitable choice and design of external materials stained areas can be made to fit into the pattern of light and shade.

The use of different planes in building elevations is often advisable. The top and bottom storeys can, for instance be recessed in relation to the other storeys. In this way, discoloration of surfaces can be camouflaged, while enhancing the overall design of the facade.

The corners of buildings as a rule remain clean due to the large amounts of driving rain to which they are exposed. It is therefore best for corners to be of a different material or texture from the rest of the building.

The leeward sides of buildings are exposed to only small quantities of driving rain. This is a fact which should be kept in mind when choosing materials and colours.

Details such as doors and windows etc. should disturb the overall design of facades as little as possible. Water must not for example, be caused to run down facades as a result of metal details attached at the wrong angle, nor may a stream of water be suddenly disturbed, as this leads to accumulation of dirt.

Generally speaking, all vertically related materials in the same plane should have similar properties. Streaks due to uneven absorption of water are then less likely to occur.

### Future need for research

The original aims of the project have in part been attained, but further studies are necessary in order to provide a basis for drawing up recommendations for design work and to develop solutions to individual problems.

Recommendations for design work should be presented in an easily comprehensible form which can be referred back to existing basic data. These recommendations should take the different planning levels into account.

Further development of existing solutions to problems is essential, as with optimum design an improved overall economy can be achieved.

Methods to be used in future studies may involve full-scale experiments, model studies and also to some extent field surveys. The Climate Data Book issued by the National Swedish Institute for Building Research and the research station at Fiskebäck have done much to improve the chances of rapid progress in this work. The Climate Data Book presents material in, it is hoped, a useful form, while the research station offers facilities for full-scale experiments under controlled conditions.

Rapport R23:1972

FASADNEDSMUTSNING

Immissionsbetingade byggnadsskador

DETERIORATION OF EXTERNAL FAÇADE SURFACES

Impact of air pollution and climate on buildings

av Lars Jacobson

& Hans Lindgren

Denna rapport avser anslag C 691:1 från Statens råd för byggnadsforskning till bitr. professor Walter Kiessling vid Institutionen för husbyggnad, CTH med arkitekter SAR Lars Jacobson och Hans Lindgren som författare. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm  
ISBN 91-540-2035-2



## FÖRORD

Det är angeläget att byggnader under lång tid kan stå emot påfrestningar av klimat och luftföroreningar.

I denna undersökning har den synliga inverkan av dessa påfrestningar på olika fasadmateriäl och konstruktioner studerats.

Det primära syftet har varit att inventera nedsmutsningsbilden hos byggnader i olika lägen med varierande fasadmateriäl och fasadutformning. Karakteristiska nedsmutsningsbilder redovisas och lämpliga åtgärder för att minska den synliga inverkan av klimat och luftföroreningar diskuteras.

Arbetet har bedrivits vid Institutionen för Husbyggnad, Sektionen för Arkitektur, Chalmers Tekniska Högskola under ledning av bitr. professor Walter Kiessling.

Göteborg i augusti 1971.

Lars Jacobson  
Arkitekt SAR

Hans Lindgren  
Arkitekt SAR



# INNEHÅLL

1.	INLEDNING	7
1.1	Bakgrund och syfte	7
1.2	Problemställning och målsättning	7
1.3	Tidigare studier inom området	8
1.4	Denna studies omfattning och genomförande	8
2.	FÖRUTSÄTTNINGAR	11
2.1	Klimat	11
2.2	Aerodynamik	14
2.3	Luftföroreningar	19
2.4	Nedsmutningsbildens förutsättningar	23
3.	OMGIVNINGENS INVERKAN PÅ NEDSMUTSNINGSBILDEN	27
3.1	Landsbygd	27
3.2	Industri	27
3.3	Ytterstad	28
3.4	Innerstad	33
4.	FASADUPPBYGGNADENS INVERKAN PÅ NEDSMUTSNINGSBILDEN	36
4.1	Allmänna synpunkter	36
4.2	Täta fasadmaterial	36
4.3	Porösa fasadmaterial	37
4.4	Skrovliga fasadmaterial	41
4.5	Släta fasadmaterial	42
4.6	Uppbyggnad	43
4.7	Detaljer	47
5.	SLUTSATSER	56
5.1	Sammanfattande diskussion	56
5.2	Slutord	59
	LITTERATUR	60
	BILDADRESSREGISTER	66
	CAPTIONS (figurtexter till engelska)	68





## 1. INLEDNING

### 1.1 Bakgrund och syfte

Denna rapport har tillkommit som slutrapport för anslag C 691 från Statens Råd för Byggnadsforskning benämnt "Inverkan av klimat och luftföroreningar på byggnader och byggnadsdelar". Rapporten behandlar problemställningar ur "Immissionsbetingade byggnadsskador. Forskningsprogram", som är slutrapport för anslag C 504 från Statens Råd för Byggnadsforskning. Syftet är, att, för en bredare krets av byggare, uppmärksamma detta problem inom samhällsbyggandet. På grund av undersökningens karaktär av inledande studium behandlar rapporten i första hand de för ögat synliga effekterna av fasadnedsmutsningen. Vår förhoppning är, att denna rapport skall uppmuntra till hänsynstagande av nedsmutsningsproblemen redan på projekteringsstadiet.

### 1.2 Problemställning och målsättning

Dagens miljövårdsdebatt har aktualiserat problemen med luft- och vattenföroreningarna. Dessa har nu nått sådana proportioner, att vi är beredda att betala för att få den miljö vi vill ha. Den kraftiga nedsmutsningen kan iakttagas av var och en. Snabbt nedsmutsade kläder, allt oftare återkommande fönstertvätt och nedsmutsade fasader är tydliga och lättstuderade indikatorer på den allt högre luftföroreningshalten och verkningarna därav.

Problemet kan studeras i flera led. Denna undersökning har bedrivits med målsättningen

- att ta reda på hur luftföroreningarna avsätts och omfördelas på byggnader av olika material och konstruktion
- att få fram rekommendationer för hur byggnadsdelar skall utformas för att motverka nedsmutsningen
- att bestämma vilka material och ytstrukturer, som är lämpliga i skilda atmosfäriska förhållanden
- att eventuellt kunna få ett mått på nedsmutsningsgraden för uppställande av rekommendationer för ur husbyggnadssynpunkt acceptabla luftföroreningshalter.

### 1.3 Tidigare studier inom området

För närvarande angripes luftföroreningsproblemet huvudsakligen på emissionssidan med normer för tillåtna utsläpp, utsläppshöjder etc. På immissionssidan har studier av vittring etc hos stenmaterial tidigare genomförts främst ur antikvarisk synvinkel. Undersökningar av korrosion hos olika material har genomförts av bl a Korrosionsinstitutet. Slagregnsundersökningar har genomförts av Norges Byggeforskningsinstitut, Statens Institut för Byggnadsforskning, med flera. Undersökningar om vattenströmning utefter olika fasader och fasadmaterial har genomförts vid Building Research Station, Garston Watford, England. Vid Parisrengörningen har smutsens relativa fördelning över fasadytor i olika lägen studerats liksom nedsmutsningshastigheten. Nedsmutsningsproblemet har också uppmärksamats i England, där betongfasaders förändring med tiden studerats av bl a Cement and Concrete Association. Orsaker till denna förändring har delvis analyserats och åtgärder för att hindra negativa förändringar har föreslagits i vissa fall.

### 1.4 Denna studies omfattning och genomförande

Om man vid projekteringen tar hänsyn till luftföroreningarnas och klimatets inverkan på fasaden torde det på lång sikt ge goda resultat i form av mindre störande nedsmutsningsbilder. Kunnskap om nedsmutsningsbildens utseende hos olika material och konstruktioner är då nödvändig. Denna undersökning omfattar insamlandet av ett basmaterial genom fältstudier, litteraturstudier och personkontakter. Ur detta material har vi under arbetets gång kunnat dra vissa slutsatser, som i ett senare skede kan tänkas ligga till grund för rekommendationer.

Klimatets och luftföroreningarnas verkningar på byggnader och byggnadsdelar styrs av en mängd samverkande parametrar. Vi har därför måst inhämta kunskaper från många icke traditionellt byggnadstekniska områden. Specifika delproblem, som kräver ingående analyser, har på detta stadium lämnats därhän. En bred översikt och bedömning av de ingående parametrarna har vi ansett vara viktigare.

Huvuddelen av den litteratur vi studerat har rört frågor inom främst ämnesområdena klimatologi, aerodynamik, materiallära samt litteratur rörande luftföroreningar.

Fältstudier i främst Göteborg med omnejd har givit oss en mängd information och de i litteraturen studerade frågeställningarna har belysts. Dokumentation av olika fasaders utseende har skett fotografiskt. Institutionen förfogar över ett omfattande bildarkiv över äldre byggnader. Genom att jämföra dessa fotografier med de nya fotografierna har vi direkt kunnat konstatera förändringar i utseendet hos ett flertal fasader. Någon statistisk bearbetning av den information fältstudierna gett har vi ej kunnat genomföra. De faktorer, som bestämmer den slutliga nedsmutsningsbilden, är mycket varierande från fall till fall. Byggnadens relation till omgivande byggnader, föroreningshalter i luften, vegetation, fasadmaterial, byggnadens storlek o s v är exempel på parametrar, som är svåra, att med tillräcklig noggrannhet definiera vid statistisk bearbetning. Det är dessutom förenat med stora svårigheter att finna exempel på byggnader, där endast en parameter är varierad. Det har även visat sig svårt att kontrollera alla operationer, som en byggnad utsätts för, t ex ommålning och fasadtvättning, trots kontakter med byggnadsnämnd och fastighetsförvaltare. Vi har ej genomfört provtagningar och analyser av fasadmaterial. Med hänsyn till den breda översikt vi eftersträvat, har detta ej heller ansetts nödvändigt.

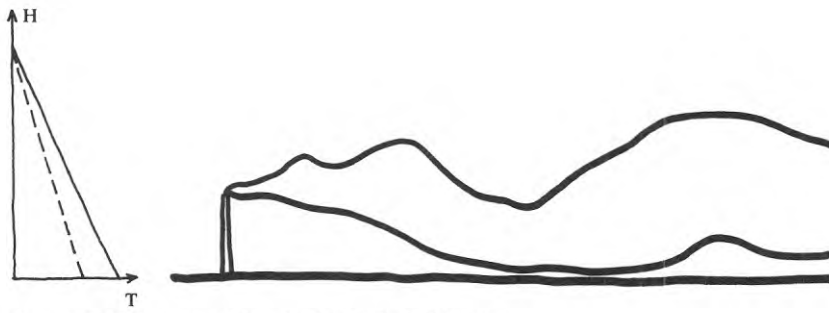


Fig. 1. Rökfanans utseende vid labil skiktning

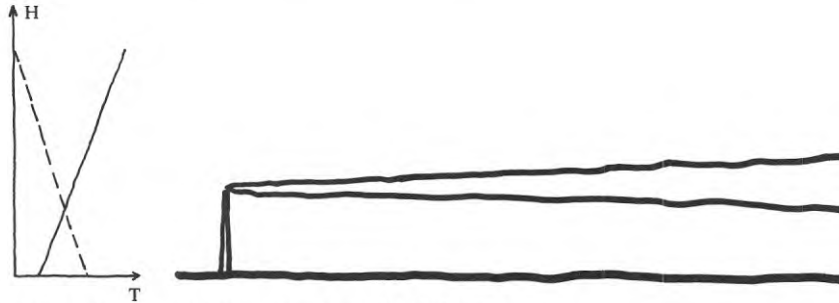


Fig. 2. Rökfanans utseende vid stabil skiktning

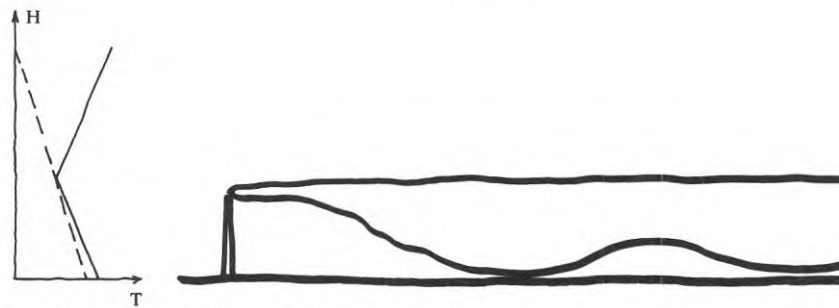


Fig. 3. Rökfanans utseende vid höjdinversion



Fig. 4. Årlig slagregnmängd som träffar fasader vända mot den för slagregn farligaste riktningen i olika orter (mm/år). Källa: Svenska Riksbyggen, Handling 14.

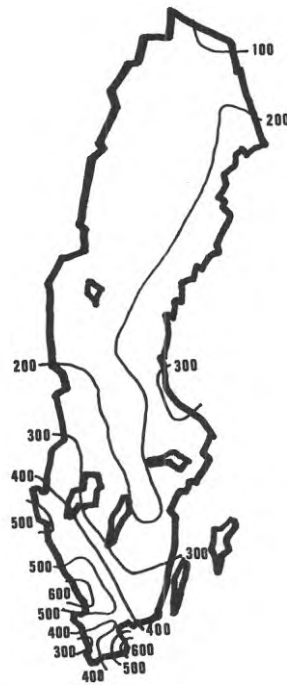


Fig. 5. Kurvor för den årliga slagregnmängden i Sverige (mm/år). Källa: Svenska Riksbyggen, Handling 14.



## 2. FÖRUTSÄTTNINGAR

### 2.1 Klimat

Klimatet bestämmer hur luftföroreningarna sprides från källan till avsättningsplatsen. Det bestämmer i hög grad också hur föroreningarna omfördelas på fasaden liksom de övriga klimatpåfrestningar den utsätts för. För att ge en uppfattning om spridningen av luftföroreningarna och om klimatsituationer, som är farliga ur föroreningssynpunkt, krävs en kort genomgång av typiska klimatsituationer.

Normalt avtar temperaturen hos luften ju mer man fjärrar sig jordytan. Vanligen blåser också en svag vind med en för olika orter förhärskande vindriktning. I en dylik situation är luften oftast turbulent med relativt stor luftblandning. Rök-gaser späds då ut relativt väl. Fig 1.

Är lufttemperaturen däremot stigande med ökad höjd över marken föreligger inversionstillstånd. Luften är skiktad med ringa turbulens och dålig blandning av luften. Härvid kan höga koncentrationer av föroreningar lätt byggas upp. Fig 2.

Ibland kan lufttemperaturen avta på normalt sätt nära marken för att på någon höjd över denna plötsligt öka och sedan åter avta. Emissioner från låga ytkällor stängs då inne under ett lock av varm luft medan emissioner från höga skorstenar når ovanför locket. Denna väderlekstyp är ofta stabil under kortare perioder och mycket höga koncentrationer av luftföroreningar kan nås speciellt vid vindstilla. Fig 3.

Sverige, särskilt södra delen, ligger i ett område, som påverkas av de vandrande lågtrycken. Detta medför relativt ofta växlingar mellan olika väderlekstyper. Erfarenheten visar, att särskilt påfrestande för fasadmaterialet är kombinationen regn, blåst och fryspunktpassager. Risken för frostsprängning är då mycket stor, vilket påverkar valet av fasadmaterial. Av denna anledning har t ex Svenska Riksbyggen gjort en utredning om slagregnets riktning och kvantitet under året i olika orter. Fig 4, 5. Dessa uppgifter är värdefulla ur nedsmutsnings-

punkt. I orter med stora slagregnsmängder kan mycket ojämna nedsmutsningsbilder förväntas genom slagregnets rentvättande effekt.

De stora, täta bebyggelseområdena uppvisar en speciell klimattyp, stadsklimatet. Detta karakteriseras främst av förhöjd årsmedeltemperatur relativt den omgivande landsbygden, dels beroende på värme tillförd genom förbränning, dels på minskad avdunstning av vatten genom den goda dräneringen och den stora mängden belagda ytor i ett urbant område. På grund av den goda avrinningen och den förhöjda temperaturen blir luftfuktigheten mindre, vilket bidrar till ökad stofthalt. Den täta bebyggelsen gör också att vindarna bromsas och ventilationen försämras.

Vid projekteringen av ett nytt bebyggelseområde måste hänsyn tas till de förutsättningar klimatet ger. Man kan belysa sådana lokala avvikelser från klimatet, som t ex är beroende av ortens belägenhet nära hav eller större sjö, förekomsten av dalgångar, som vinden i de lägsta luftskikten kan följa, större nivåförändring i landskapet och områdets grad av urbanisering eller naturlandskap. Lokalklimatet är vidare påverkbart av förändringar i den fysiska miljön, vilket innebär, att det är svårt att göra noggranna prognoser för hur dessa kommer att inverka på luftföroreningsituationen eller vice versa. Sådana uppgifter om lokalklimatet saknas för många platser, liksom en utvecklad prognosmetodik för lokalklimatets förändring vid fysiska ingrepp i miljön.

Det synes som om mikroklimatologin, dvs inverkan av omgivande byggnader etc liksom beskrivningen av klimathöljet i omedelbar närhet av en byggnad, skulle kunna ge de viktigaste informationerna för förståelsen av nedsmutsningsproblemen.

Klimathöljet kring en byggnad bestämmer såväl påfrestningarna på fasaderna i form av temperatur, strålning, vindtryck och slagregn som förutsättningarna för luftföroreningarnas verkan på fasaderna. Deposition och omfördelning av föroreningar, korrosion och nedsmutsningsbilder är faktorer, som till stor del styrs av klimathöljet.

De studier av klimathöljet kring byggnader, som t ex SIB, Klimatgruppen, påbörjat, är av stor vikt för belysandet av flera frågeställningar inom immissionsforskningen.

### 2. 1. 1 Karakteristik av Göteborgs lokalklimat

Göteborgs närhet till havet medför en utjämnad årsmedeltemperatur med milda vintrar och svala somrar. Luftfuktigheten blir också förhöjd. Förhärskande vindriktningar ligger mellan syd och väst. De största slagregnsmängderna kommer också från detta håll. Fig 6. Sommartid är land-sjöbrisen markant med sydvästlig vind på dagen och nordostlig nattetid. Medelvindstyrkan är störst under sommarhalvåret, då staden ventileras relativt väl. Årsnederbörden är högre än medeltalet för Sverige och är speciellt hög under sensommaren och hösten. Fig 7. Då även vindstyrkan är relativt hög under denna period medför detta stora slagregnsmängder.

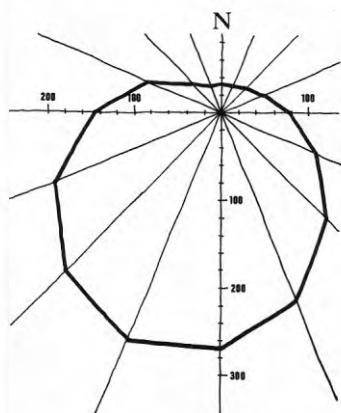


Fig. 6. Polärt diagram visande hur många millimeter slagregn per år som i Göteborg träffar en fasad vänd mot resp. väderstreck. Källa: Svenska Riksbyggen, Handling 14.

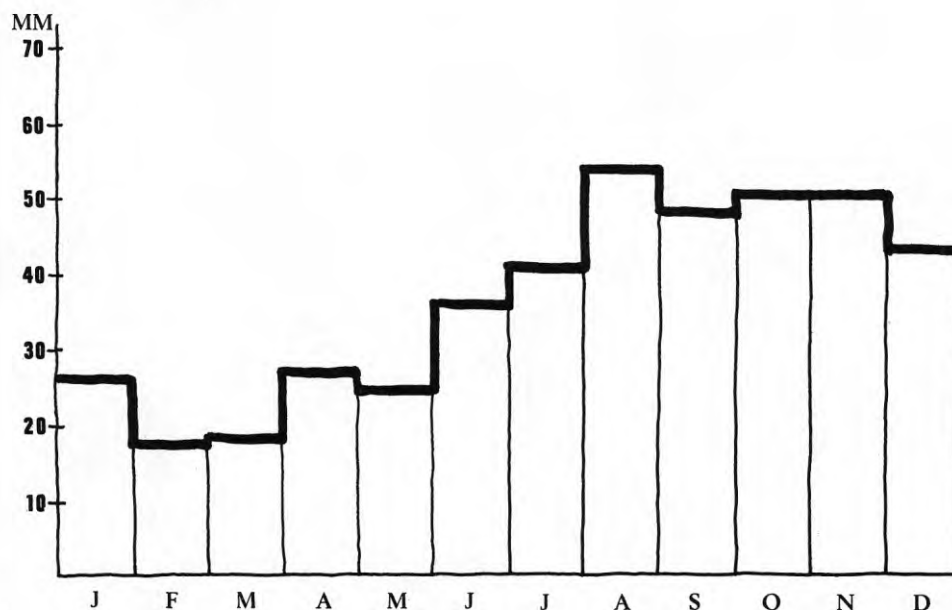


Fig. 7. Slagregnets fördelning på olika månader. Medelvärden 1941-1950 för Göteborg. Källa: Svenska Riksbyggen, Handling 14.

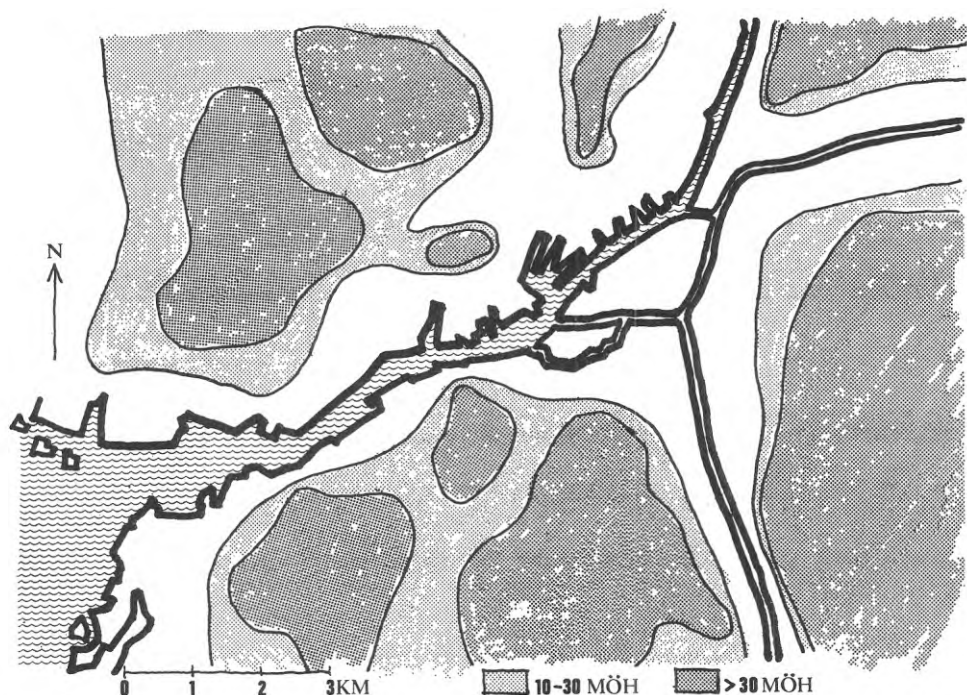


Fig. 8. Schematiserad topografisk karta över Göteborg.

Topografin karakteriseras av fem relativt väl utvecklade dalgångar, som möts i ett plant område med Göta Älv i mitten. Fig 8. Älven har stor betydelse för temperaturfördelningen i Göteborg, då den minskar temperaturernas extremvärden. Nivåskillnader mellan höjderna och dalgångarna på upp till 100 meter har en styrande effekt på vindarna. Vintertid, då vindhastigheterna är lägre och luften mer stabilt skiktad, medför dessa nivåskillnader att luften kan stängas inne i dalgångarna, vilket är till nackdel ur luftföroringssynpunkt. Närheten till öppna havet gör dock att risken för långvariga inversioner är mycket liten.

## 2.2 Aerodynamik

Byggnadsaerodynamiska studier har hittills främst ägnats problem sammanhängande med byggnaders hållfasthet för vindlaster och läförhållanden kring byggnader. Dessa försök har i huvudsak skett i vindtunnlar. Genom erfarenheter från jämförande studier mellan fullskaleförsök och vindtunnelförsök kan man numera relativt väl behärska de skaleffekter, som uppkommer vid modellförsök. Detta gäller i första hand vid studier av skarpkantade byggnadsvolymer, då man i de flesta fall kan bortse från kravet på ett korrekt skalförhållande mellan vindhastighet och modellskala.



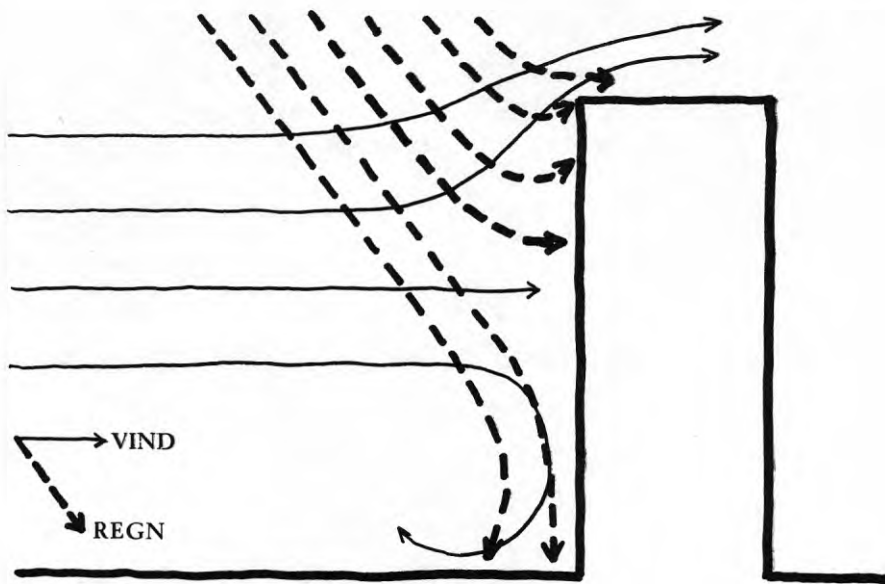


Fig. 9. Lätta regndroppars (duggregn) rörelse i närheten av en byggnad vid blåst.

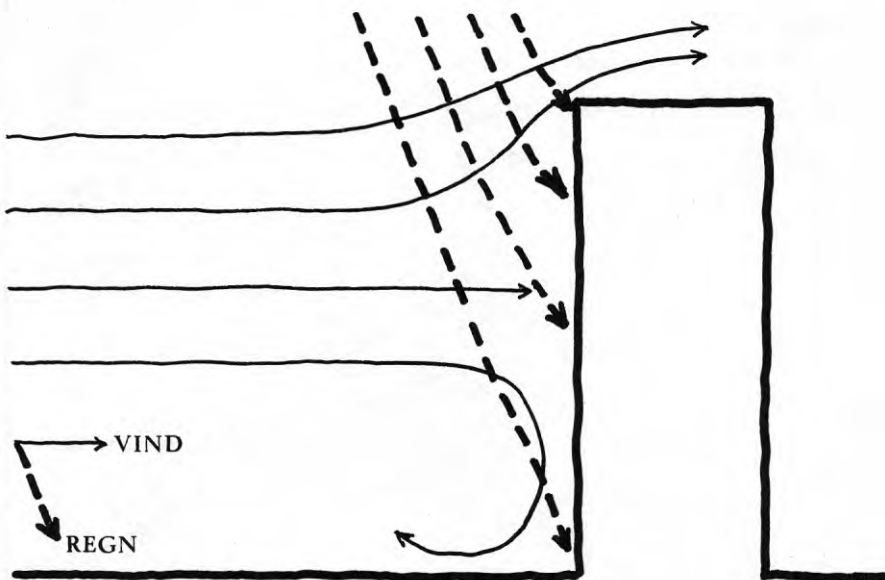


Fig. 10. Tunga regndroppars (regnskur) rörelse i närheten av en byggnad vid blåst.

Ur nedsmutsningssynpunkt är aerodynamiken av stort intresse, eftersom både föroreningarnas och regndropparnas rörelse styrs av luftströmmen kring en byggnad. Föroreningarna är relativt lätta och följer i stort sett luftströmmarna. Regndropparna däremot är tyngre och får en rörelsebana som är beroende av deras vikt. Fig 9, 10.

För att få riktig bild av vindens strömning krävs att man efterliknar vindens verkliga hastighetsprofil, d v s vindens med höjden över marken ökande hastighet. Vid noggranna undersökningar av vindens strömning kring en byggnad krävs därför en stor och detaljerad modell. Storleken begränsas dock av den tillgängliga tunnelns tillåtna blockeringsarea, vilket kan skapa svårigheter med att få en korrekt turbulens hos vinden. Det är svårt att i den större modellskalan få plats med de vindstörningar, som den omgivande terrängen och omgivande byggnader, vegetation och liknande ger upphov till. Fig 11 , 12, 13.

Det finns olika metoder att åskådliggöra luftens strömning vid modellförsök. Försök med naftalinbestrukna modeller kan ge upplysningar om områden på en byggnad, som utsätts för höga lufthastigheter. Beroende på naftalinets avdunstning, när det utsätts för blåst, kan vindens relativa hastighet i olika punkter jämföras. Rökförsök är mycket instruktiva och ger snabbt en relativt god uppfattning om strömningen kring en byggnad. Färgförsök i samband med modellstudier av snöackumulering har gjorts och visat sig ge en god bild av förhållandena på marken, där även läzoner kan studeras. Fig 14.

Möjligheterna att i vindtunnel studera nederbörd vid varierande vindhastigheter och de därmed sammanhängande slagregnsproblemen är tyvärr mycket begränsade. Problem uppstår med skaleffekter vid simulerat regn. Dessutom tål de flesta vindtunnlar inte vatten. Några försök har gjorts i USA och Canada, dock av militär natur.



Fig. 11. När luftströmmen passerar hinder på marken bromsas det nedre luftskiktet upp.

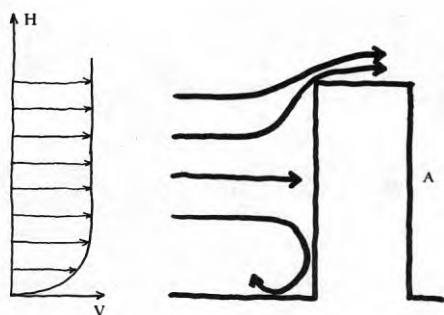


Fig. 12. När luftströmmen har en lång ostörd anloppssträcka framför byggnaden ligger delningspunkten *A* nära fasadens mitt.

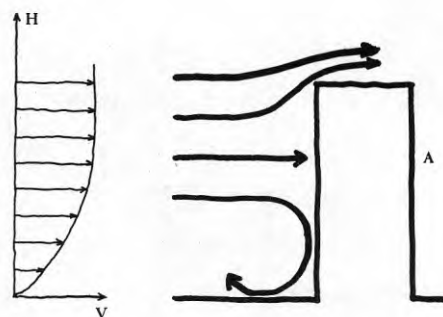


Fig. 13. När luftströmmen har passerat hinder på marken framför byggnaden ligger delningspunkten *A* högre upp på fasaden.



Fig. 14. Modellförsök i vindtunnel. Färgen samlas i läzoner.

Genom avsaknaden av data från modellförsök aktualiseras frågan om försök i full skala, där t ex luftens strömning kring byggnaden i stort och kring detaljer kan studeras. Olika metoder att följa luftens rörelser finns. Man kan t ex släppa ut rök kring byggnaden eller mäta luftens hastighet i vissa punkter vid fasaden med hjälp av en termoanemometer. Vid snöyra kan man ofta få en relativt översiktlig bild av strömningen kring byggnaden. Det är även möjligt att visa luftströmningen med hjälp av ulltrådar, som på olika sätt kan fästas på eller vid fasaden. Slagregn kan registreras genom fotografiska metoder eller mätas med lämpligt utformade givare. Nackdelen med försök i full skala är att de meteorologiska förhållandena inte låter sig styras, varför problem med arbetstider och väntetider uppstår.

Fullskaleförsök, med ett flertal kontrollerade parametrar kontinuerligt registrerade, synes vara av stort värde. De skulle underlätta förståelsen av ett flertal förhållanden ur nedsmutsnings- och andra synpunkter.

Geografiska institutionen på Göteborgs universitet har genomfört vindstudier i full skala inom bebyggda områden. Medelvindhastigheten på 1,5 m höjd över marken visar sig inom slutna bebyggelse vara avsevärt lägre än de officiella vindregistreringarna. Den är även lägre än mätningar gjorda på 1,5 meters höjd över marken i parkområden. Detta anses bero på att den slutna bebyggelsens större friktion ger upphov till en kraftig turbulens. Medelvindhastigheterna sjunker med risk för dålig ventilation trots att enstaka turbulens kroppar från högre höjd kan föras ned till marknivå av högre byggnader.

På en byggnad i Västra Frölunda mäter SIB frekvens, kvantitet och fördelning av slagregn. Data härifrån är synnerligen värdefulla ur nedsmutsningssynpunkt.

Aerodynamiska undersökningar i full skala planeras i en klimatprovningsstation i Fiskebäck, där fasadmateriäl och -konstruktioner avses att provas. Korrelation mellan fullskale- och modellförsök kommer också att kunna genomföras.

### 2.3 Luftföroreningar

Vad är en luftförorening?

Atmosfären innehåller i sitt ursprungliga tillstånd en mängd gaser, t ex kväve, syre, argon, koldioxid, vätgas, vattenånga och ozon. Härutöver finns ytterligare olika gaser samt fasta partiklar, t ex vatten, is, mineraliskt stoft, partiklar av organiskt ursprung och saltpartiklar.

Under årtusendenas lopp har människans olika aktiviteter påverkat atmosfären i relativt ringa omfattning. Det är först i och med industrialiseringens genombrott och den då alltmer ökande användningen av fossila bränslen etc, som atmosfären börjat påverkas i en mer accelererad takt. Som exempel kan nämnas, att koldioxidhalten ökat med 10 % under de senaste 50 åren.

Man kan dela upp atmosfärens beståndsdelar i två aggregat. Ett, vilket innehåller ämnen, som förekommer utan människans inverkan, och ett annat, vilket innehåller ämnen förorsakade av mänsklig aktivitet.

SOU 1966:65 och WHO Techn. Report Ser No 157 anger en normativ definition, som säger, att luftföroreningar anses föreligga när ett eller flera ämnen finns i uteluften i sådana koncentrationer och så länge, att de är skadliga för människor, djur, växter eller egendom eller bidrager till dåligt välbefinnande eller verkar störande.

Denna definition är den allmänt accepterade.

För att kunna fastställa normer för tillåtna luftföroreningshalter är det nödvändigt att bestämma vid vilka halter de " naturliga " luftföroreningarna blir skadliga samt att undersöka vilka ämnen som finns i atmosfären på grund av mänsklig aktivitet.

I slutet av 50-talet började man studera luftföroreningssituationen i bl a Stockholm och Göteborg, för att dels kunna klar-



TABELL 1. UPPMÄTTA SVAVELDIOXIDHALTER I UTLÄNDSKA OCH SVENSKA STÄDER.

Land Stad	Mätperiod	2-månads medel- värde pphm	Maximalt dygnsme- delvärde pphm	Mätperiod	2-månads medel- värde pphm	Maximalt dygnsme- delvärde pphm
England						
London	Dec. 57-Jan. 58	20	117	Juli-Aug. 57	6	16
Sheffield	Dec. 57-Jan. 58	17	47	Juli-Aug. 57	5	13
USA						
Chicago	Dec. 62-Jan. 63	29	71	Juli-Aug. 62	5	12
Philadelphia	Dec. 62-Jan. 63	6	25	Juli-Aug. 62	7	27
Washington	Dec. 62-Jan. 63	9	17	Juli-Aug. 62	2	6
San Francisco	Dec. 62-Jan. 63	<1	5	Juli-Aug. 62	<1	<1
Norge						
Oslo	Dec. 62-Jan. 63	23	61	Juni, Aug. 63	1.5	3
Sverige						
Stockholm	Febr. - Mars 63	10	21	Juli-Aug. 63	1.5	3
Göteborg	Dec. 62-Jan. 63	8	32	Juli-Aug. 63	1.5	3
Mölnådal	Dec. 62-Jan. 63	9	41	Juli-Aug. 63	1	6
Skövde	Dec. 62-Jan. 63	7	13	Juli-Aug. 63	2	5

Källa: Luftföroreningsundersökningen i Göteborg 1959-1964.

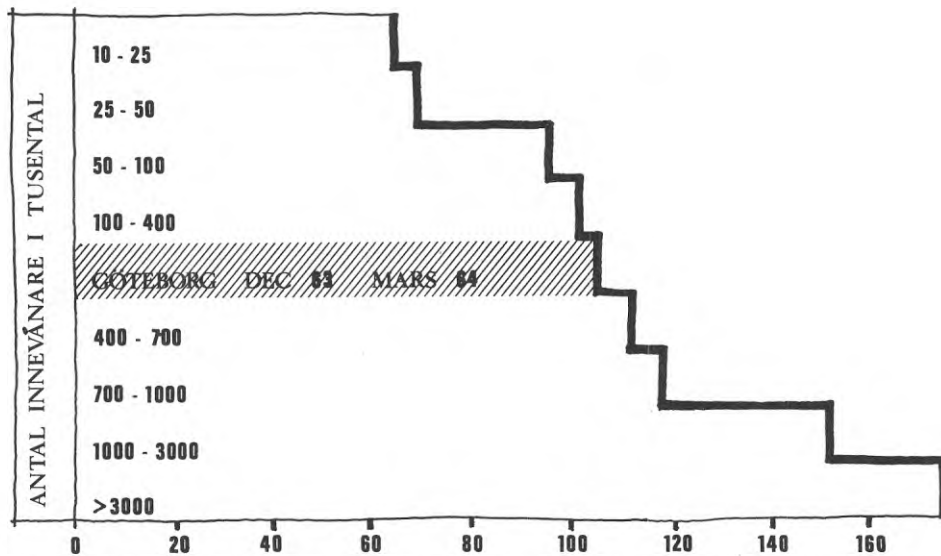


Fig. 15. Jämförelse mellan uppmätta halter av svävande stoft i Göteborg och amerikanska städer (mikrogram/m<sup>3</sup>). Källa: Luftföroreningsundersökningen i Göteborg 1959-1964.

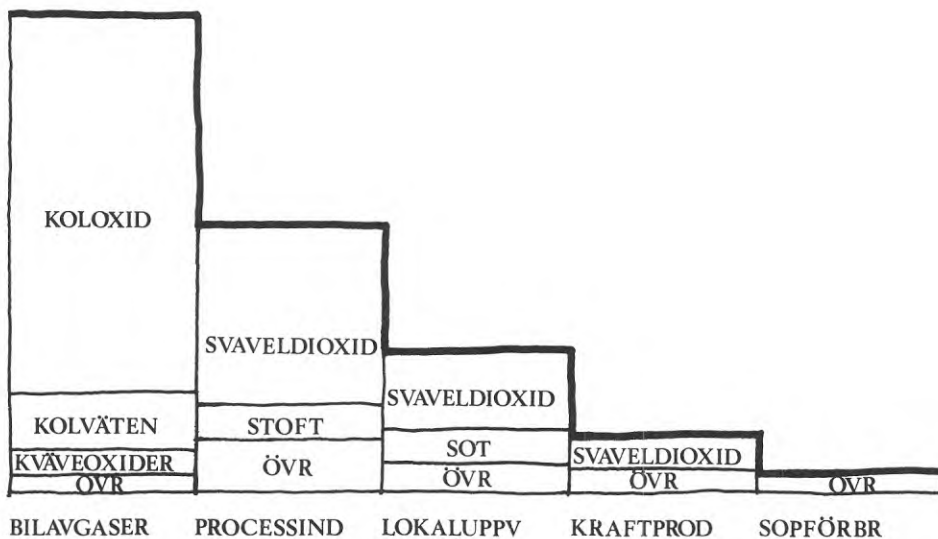


Fig. 16. Jämförelse av utsläppen från olika luftföroreningskällor i landet. Källa: Teknisk Tidskrift nr 11:1971.



lägga den föreliggande situationen, dels få ett grundmaterial vid fastställande av rekommendationer och normer. Mätningarna har drivits av de lokala hälsovårdsnämnderna. I Göteborg ledde resultatet av dessa mätningar till att lågsavlig olja påbjöds som bränsle för bostadsuppvärmning i centrala staden.

Vid mätningarna av luftföroreningshalter använder man sig oftast av  $\text{SO}_2$ -halten som ett index på graden av föroreningarna. Detta gör man då  $\text{SO}_2$  är en för tätorter och industriområden karaktäristisk förorening och då det praktiskt och ekonomiskt ställer sig svårt att identifiera och bestämma halten av flera ämnen.  $\text{SO}_2$ -halten mäts ofta i enheten pphm, delar per hundra miljoner. Erfarenheterna från mätningar gjorda på olika orter visar, att mätvärdena för sot relativt väl följer variationerna för  $\text{SO}_2$ -halten. Statens luftvårdsnämnd har utgett rekommendationer för tillåtna halter  $\text{SO}_2$ . Dessa säger bl a att " halvtimmesvärden ej bör överstiga 25 pphm mer än 15 gånger per månad (1 % av tiden) ", att " dygnsmedelvärdet 10 pphm ej bör överskridas mer än högst en gång per månad " och att " månadsmedelvärdet ej bör överskrida 5 pphm ".

De ovan nämnda rekommendationerna kan jämföras med uppmätta värden i olika städer. Dessa ligger i många fall över de i Sverige tillåtna gränserna. Tabell 1.

Luftföroreningssituationen i en tätort följer innevånarantalet ganska väl. Fig 15. Luftföroreningarnas art kan dock variera avsevärt beroende på klimat, topografi, bebyggelse och grad av industrialisering. Fig 16. Även inom en och samma ort varierar föroreningarnas art och kvantitet.

Spridningen av luftföroreningar bestäms av samverkan mellan två faktorer; föroreningskällan och spridningsmiljön. Den förra kan vara av i huvudsak två olika typer, dels punktkällor och dels ytkällor. En enstaka stor skorsten utgör en punktkälla. Samtliga skorstenar i ett villaområde utgör en ytkälla. Trafiken kan vara både punkt- och ytkälla, det förra en stor trafikknut under rusningstid, det senare en stad med sitt nät av gator. I den miljö, i vilken föroreningarna sprids, ingår

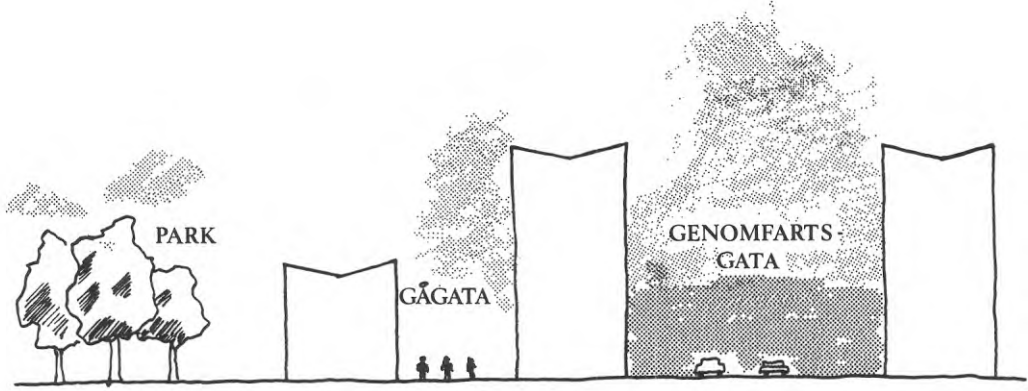


Fig. 17. Föroreningarnas art och halt varierar med bebyggelsens karaktär. Källa: Teknisk Tidskrift nr 11:1971.

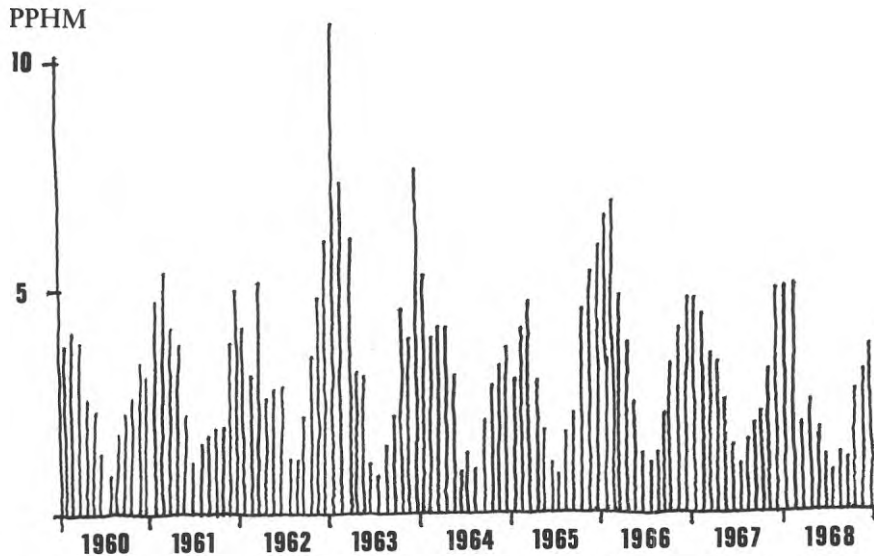


Fig. 18. Månadsmedelvärden för svaveldioxid i centrala Göteborg 1960–1968 (PPHM). Källa: Göteborgs Stads Hälsovårdsförvaltning.

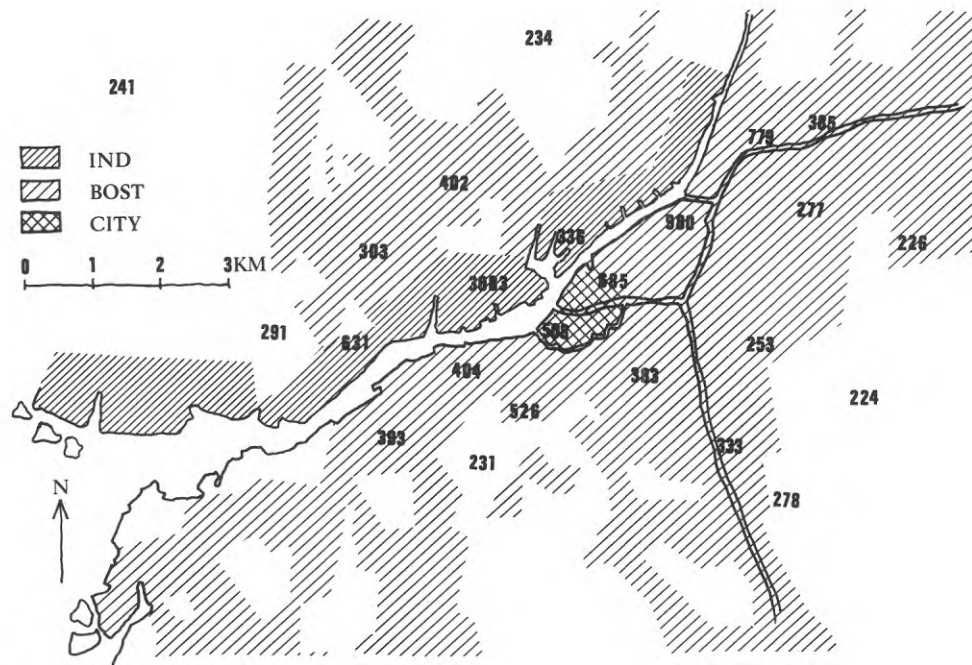


Fig. 19. Genomsnittlig mängd nedfallande stoft i Göteborg okt. 59 – sept. 62 (g/100 m<sup>2</sup> mån.). Källa: Luftföroreningundersökningen i Göteborg 1959–1964.

det lokala klimatet, topografin och bebyggelse typerna som betydelsefulla parametrar. Vindarnas styrka samt den vertikala temperaturgradienten hos luftmassan avgör karaktären på spridningen. Så bestämmer t ex luftmassans tillstånd delvis vilken typ av föroreningar, som sprids. Luftburna partiklars storlek och antal varierar med vindhastigheten. Stilla luft innehåller flera men till storleken mindre partiklar per volymenhet luft. Turbulent luft däremot innehåller större partiklar men ett färre antal. En tät bebyggelse medför en koncentration av dammalstrande aktiviteter som trafik och byggnadsarbete. Den täta bebyggelsens sämre ventilation ger föroreningarna större möjligheter att avsättas närmare utsläppspunkten. En glesare bebyggelse med större parkområden har ofta lägre föroreningshalter beroende bl a på högre luftfuktighet, speciellt är dammhalten lägre. En park t ex kan binda mellan 30 och 70 ton damm per hektar och år, vilket återverkar på nedsmutsningsbilden hos fasaderna. Fig 17.

I Göteborg har svaveldioxidhalten uppmätts under en följd av år. De högsta koncentrationerna förekommer vintertid. Detta beror dels på det större värmebehovet under den kalla delen av året dels på de lägre vindhastigheterna vintertid. Sommartid är luften mer turbulent, varför utspädningen av föroreningarna blir effektivare. Månadsmedelvärdena för svaveldioxid har de senaste åren genom olika åtgärder minskat så att de numera sällan når över de rekommenderade maximivärdena. Fig. 18. Stofthalten är högst i de centrala delarna av Göteborg med industrier och citytrafik. Mot stadens periferi avtar mängden nedfallande stoft markant. Fig 19.

#### 2.4 Nedsmutsningsbildens förutsättningar

Nedsmutsningen har olika orsaker, t ex naturligt förekommande stoft liksom föroreningar härrörande från mänsklig aktivitet. Vittringsprodukter och korrosionsprodukter uppstår under inverkan av både klimat och luftföroreningar. Åldring och nedbrytning av byggnadsmaterialen påskyndas av strålning och biologiska angrepp. Många frågor kan tänkas ha betydelse för nedsmutsningen men är svåra att utreda. Kan t ex temperaturgradienten mellan enskilda sandkorn i fasadens ytskikt ha



Fig. 20. Partiklar avsätts främst på vågräta ytor.

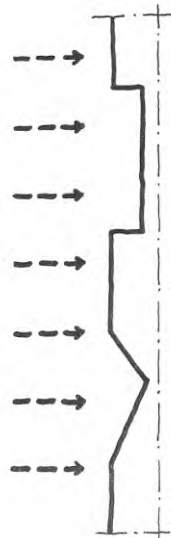


Fig. 21. Slagregn tvättar ren fasaden.

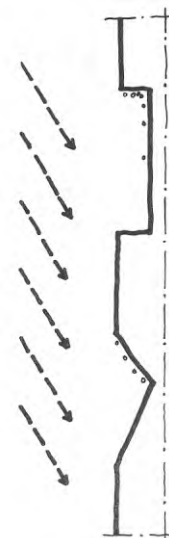


Fig. 22. Minskar regnets horisontalkomponent minskar även renetvättningen.

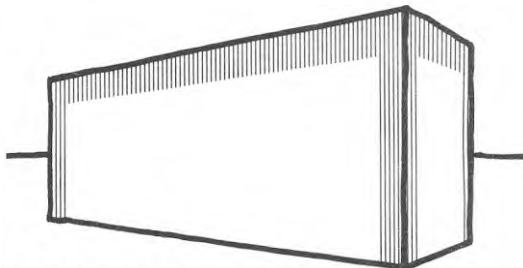


Fig. 23. Byggnadens kanter får mest slagregn

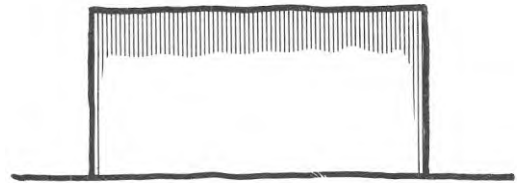


Fig. 24. Porös fasad, nedvätning I

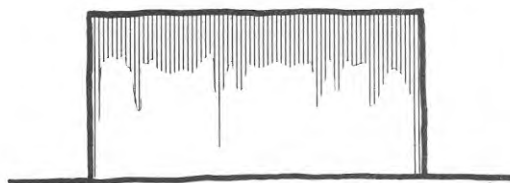


Fig. 25. Porös fasad, nedvätning II

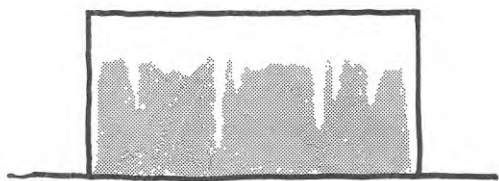


Fig. 26. Typisk nedsmutsningsbild för porös fasad

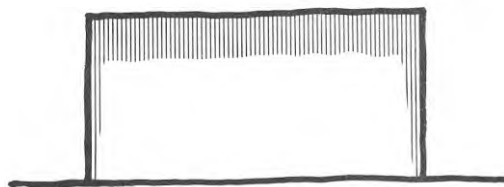


Fig. 27. Tät fasad, nedvätning I

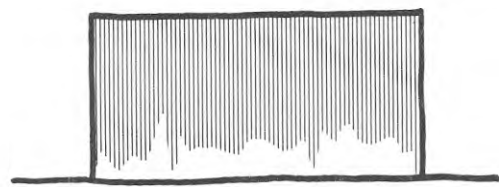


Fig. 28. Tät fasad, nedvätning II

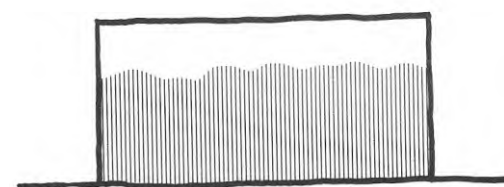


Fig. 29. Tät fasad, uttorkning I

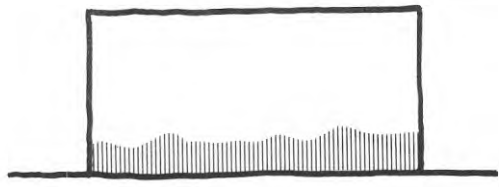


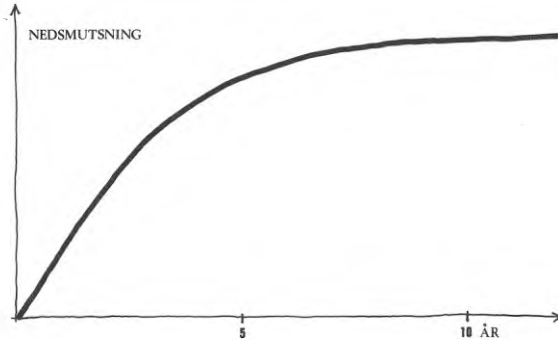
Fig. 30. Tät fasad, uttorkning II



betydelse för smutsavsättningen? Är fotoforesen, d v s partiklars benägenhet att vandra antingen med eller mot ett ljusflöde viktig? Hur inverkar diffusoforesen, d v s partiklars rörelse i en fuktgradient? Har jordens elektrostatiske fält, som är av storleksordningen 100 V/m, avsevärd betydelse för nedsmutsningsbilden?

Ett naturligt angreppssätt är att studera nedsmutsningsbildens utseende på fasader i olika läge, av olika uppbyggnad och med olika material. Med nedsmutsningsbild menas här den karakteristiska fördelningen av synlig smuts på de studerade fasaderna. De partikelformiga föroreningarna avsättes framför allt på uppåtvända vågräta ytor. Vid slagregn omfördelas de sedan över fasadytan. Där stora slagregnmängder träffar fasaden tvättas ytan ren men vid mindre mängder flyttas föroreningarna och vittringsprodukterna bara från de små vågräta ytorna till undersidan av ojämnheterna. Här avdunstar vattnet så småningom och smutsen stannar kvar. Beroende på slagregnets riktning och kvantitet kan alltså stora variationer hos nedsmutsningsbilden förekomma på identiska byggnader i olika miljöer. Fig 20, 21, 22. Beroende på vindens inverkan fördelas slagregnet olikformigt över fasaden, så att byggnadens kanter får de största slagregnmängderna. Fig 23. Följer man nedvättningsförloppet på en fasad kan man se hur fasadens övre delar och hörn väts ned först. Är fasaden porös suges till en början allt vatten upp av fasaden. Fig 24. Så småningom avtar uppsugningstakten, fasadmaterialet blir mättat med vatten. Det vatten som nu träffar fasaden rinner som strömmar på vissa ställen på fasaden. Fig 25. Dessa strömmar orsakar lokal rentvättning. Efter regnet kan man se hur fasaden torkar upp med början på de minst nedvätta partierna. På de partier, där slagregn eller rinnande vatten ej nått fasaden, sitter smutsen kvar. Den övre tredjedelen blir i regel helt rentvättad medan den nedersta tvättas ren endast i ringa utsträckning. Den mellersta tredjedelen blir mycket ojämnt rentvättad med en ojämn nedsmutsningsbild som följd. Fig 26. Består fasaden av ett tätt glatt material bildas vattenströmmar mycket snabbt eftersom inget vatten absorberas av fasaden. Regntvättningen blir då effektivare, varför kvarsittande smuts endast återfinns längst ned på fasaden. Den täta fasaden torkar i regel uppifrån och ned. Fig 27, 28, 29, 30.

Beroende på klimatbetingelser och koncentration av föroreningar tar det olika lång tid för nedsmutsningsbilden att utvecklas. Vid undersökningar i samband med Parisrengöringen har man kommit fram till att nedsmutsningen går fortast i början av byggnadens livstid. Fig 31.



*Fig. 31. Principkurva för nedsmutsningens tidmässiga förlopp. Källa: Notice sur le Ravalement de Paris 1965. Efter fem år ökar den synliga nedsmutsningen endast obetydligt.*

Sannolikt kan man förutsäga en nyuppförd byggnads nedsmutsningsbild genom att studera nedvättnings- och uttorkningsförloppet under regnväder. Nedsmutsningsbilden och nedvättningsbilden visar stor överensstämmelse. Möjlighet att korrelera fullskaleprov med laboratorieförsök kommer att ges i den klimatstation för Chalmers tekniska högskola och Chalmers Provningsanstalt som beräknas stå färdig hösten 1971 i Fiskebäck.

Nedsmutsningen är ett typiskt storstadsproblem. I Göteborgstrakten kan man se en markant skillnad i nedsmutsning hos bebyggelsen beroende på läge. På landsbygden är byggnaderna nedsmutsade i mindre utsträckning än i stadens ytterområden. Byggnader i stadens centrala delar är mer nedsmutsade än i ytterområdena. Trots detta märks nedsmutsningen mer i ytterområdena. De centrala delarna är beroende av att vara attraktiva ur olika synpunkter, varför rengöring, ombyggnad, temporär utsmyckning etc gör att nedsmutsningen inte märks lika väl som i stadens bostadsområden. Vidare är synfältet mer begränsat i de centrala delarna och många byggnader är uppförda kring sekelskiftet med en stor artikulation hos fasaderna, som förvillar ögat. Byggnader utefter starkt trafikerade leder blir nedtill onormalt nedsmutsade av stänk och uppvirvlat damm från trafik. Karakteristiskt för Göteborgsområdet är också de stora kontrasterna mellan rentvättade och nedsmutsade partier på syd- och västfasaderna i staden, medan nord- och östfasaderna är jämnare nedsmutsade.



Omgivningen kring byggnaderna har stor inverkan på nedsmutsningsbilden. Omgivningen kan ur denna synpunkt exemplifieras av landsbygd, industriområde, höghusområde i ytterstad, låghusområde i ytterstad och bebyggelseområde av innerstads-karaktär.

### 3.1 Landsbygd

Landsbygdsatmosfären innehåller trots den allt surare nederbörden betydligt mindre föroreningsmängder än stads- och industriatmosfären. Detta medför, att nedsmutningen och korrosionen går betydligt långsammare. Den renare luften medför också att den ultravioletta strålningen blir starkare. Till följd härav blir de kemiska angreppen på byggnadsmaterialen mindre, medan nedbrytningen p g a strålning blir större. De biologiska angreppen kan också bli större på grund av den renare luften och högre luftfuktigheten. Det ofta mer ostörda vindfältet inverkar genom att slagregnet fördelas annorlunda över fasadytorna än över motsvarande fasadytor i en tät stadsbebyggelse. Bebyggelsen på landsbygden har också en annan skala än stadsbebyggelsen. Vanligen består den av lägre byggnader, där vegetation och taksprång har en skyddande inverkan på fasaderna. Av dessa orsaker krävs lång tid för att en störande nedsmutningsbild skall utvecklas i en landsbygdsmiljö. Däremot kan utseendet ibland snabbt förändras både av solstrålning och biologisk inverkan.

### 3.2 Industri

Nedsmutningsbilden hos byggnader i industriområden är mycket svår att kartlägga. Detta beror bl a på de ofta specifika föroreningar, som förekommer i ett industriområde. Aggressiva gaser kan mycket snabbt bryta ned fasadernas ytskikt, fasta föroreningar samt fukt ökar ytterligare nedbrytningen. Vissa skillnader mellan lätt och tung industri kan iakttagas.

### 3.2.1 Tung industri

Den tunga industrin lokaliseras ofta så, att den i minsta utsträckning skall vara störande för omgivningen ur olika synpunkter. Införandet av normer för och testning av maximalt tillåtna utsläpp är också ett led i arbetet att minska immissionerna. Många industrier släpper huvudsakligen ut gasformiga föroreningar, andra huvudsakligen partikelformiga. Genom utnyttjande av fasadmateriäl, som är beständiga i den specifika miljö, som industrin utgör, kan utseendet hos industribyggnaderna behållas längre. Kulören på fasadmaterialet kan från början väljas smutståligare än vad som är önskvärt i en stads- och boendemiljö.

### 3.2.2 Lätt industri

Den lätta industrin är ofta lokaliserad närmare bostadsområden. Man eftersträvar idag att integrera bostads- och arbetsområden med gemensamma serviceanläggningar. Materialvalet och utformningen av fasaderna är betydligt känsligare ur utseendesynpunkt i ett lätt industriområde. Det är ofta så placerat, att fler människor ser det på nära avstånd och under stor del av dygnet. I ett område för lätt industri tillåts bara små mängder emitterade föroreningar från processer etc men damm från service-, leverans- och privatfordon torde vara svårt att komma ifrån. Nedsmutsningsbilderna blir mycket lika de nedsmutsningsbilder man finner i ytterstadsområden, där exploateringsstalen är relativt låga och byggnaderna ofta består av friliggande volymer. Ett modernt lätt industri- eller arbetsområde visar därför endast ringa skillnader gentemot bostadsområdena ur nedsmutsningssynpunkt.

### 3.3 Ytterstad

Ytterstadsområdenas bebyggelse karakteriseras av en genomsnittligt sett lägre exploatering än stadens centralare delar. Byggnaderna utformas ibland som gles höghusbebyggelse, ibland som låga, täta områden. Trafiklederna ligger ofta på något avstånd från byggnaderna och områdena är i regel uppvärmda med någon större värmecentral, vilket gör att luftföroreningshalterna blir lägre än i innerstaden.

### 3.3.1 Höghus

Höghusbebyggelsen har ofta en karakteristisk och renodlad nedsmutsningsbild speciellt på fasaderna, som vetter åt den förhärskande slagregnsriktningen. Om vinden, som för med sig slagregnet, har tillräckligt lång ostörd anloppssträcka och träffar fasaden i stort sett vinkelrätt, tvättas övre tredjedelen helt ren. Den mellersta tredjedelen bildar en övergångszon mellan rentvättade och icke rentvättade partier. Den undre tredjedelen påverkas praktiskt taget inte alls av regnet. Fasadens vertikala kanter blir också helt rentvättade. Bild 1. Detta beror på, att när en luftström träffar en fasad, bromsas den upp. En del av strömmen böjs då av nedåt och bildar en virvel framför fasaden. Återstoden böjs av uppåt och åt sidorna och passerar byggnaden. Härvid uppstår ofta kraftiga virvelbildningar vid kantavlösningarna. I de fall den förhärskande slagregnsriktningen bildar en relativt liten vinkel mot fasaden, kan en rentvättning av hela fasadytan förekomma.



*Bild 1. Typexempel på regntvättning av en fasad. Den taggiga övergången mellan rena och smutsiga ytor av fasaden beror på att vattenmängden över en plan yta har en tendens att rinna i koncentrerade flöden.*

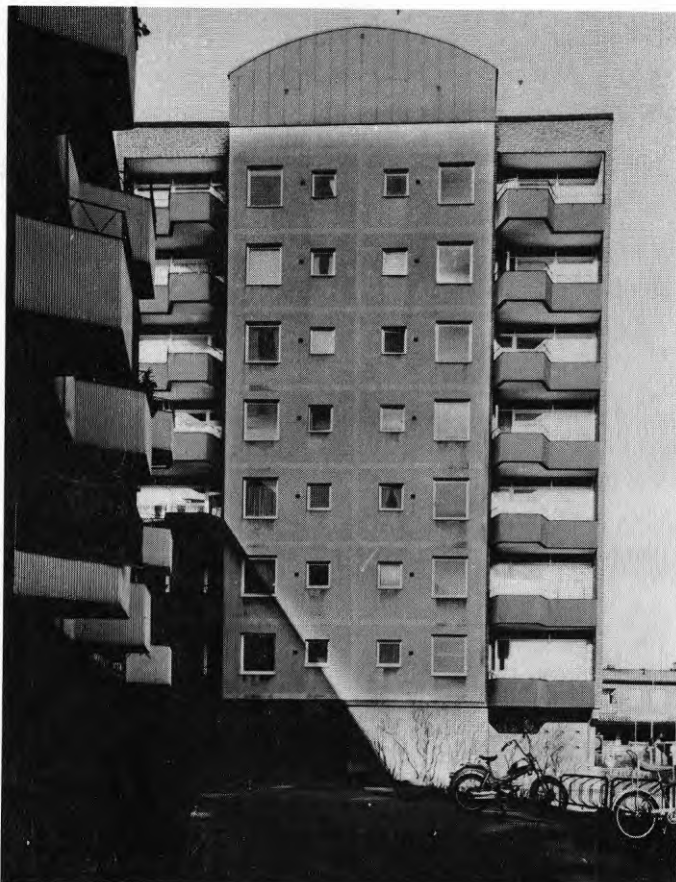
Läfasaderna blir betydligt mindre rentvättade än lovartfasaderna. De mindre slagregnsmängderna ger också mindre kontraster mellan rentvättade och icke rentvättade partier. Beror på virvelbildningen kring hörnen tvättas dessa även på läsidorna ofta helt rena.

Nedsmutsningsbilden för en fasad, som vetter mot den förhärskande slagregnsriktningen, men ligger i lä av andra byggnader, ser annorlunda ut än om fasaden legat helt fri. Orsaken är att vindens strömning förändras av de framförliggande byggnaderna. Det rentvättade partiet upptill på fasaden blir mindre och gränsen mellan de rena och de smutsiga partierna är ofta mycket obestämd. Bild 2, 3, 4.



*Bild 2. De fyra punkthusen till vänster i bilden skiljer sig från varandra enbart genom att byggnaden längst bort ej är skymd av trevåningshusen i den förhärskande vindriktningen.*





*Bild 3. Denna fasad är ej skymd av andra byggnader. Regntvättningen är i detta fall tämligen fullständig.*



*Bild 4. Byggnaden är skymd av trevåningshusen. De nedre delarna av fasaden tvättas i mindre utsträckning än på fasaden på bild 3. Anledningen är, att delningspunkten för vindströmningen flyttas högre upp genom störningen från de låga byggnaderna.*





*Bild 5. Den låga, relativt täta ytterstadsbebyggelsen innehåller ofta störningselement för vinden. Dessa ökar turbulensen och renodlade slagregnsriktningar utbildas ej. Regntvättningen av fasaden blir då jämn med små kontraster mellan rentvättade och smutsiga ytor.*



*Bild 6. Ett begränsat synfält och reklamskyltar, skyltfönster m m gör, att man främst uppmärksammar våningen i gatuplanet. Denna underhålls som regel väl.*

### 3.3.2 Låghus

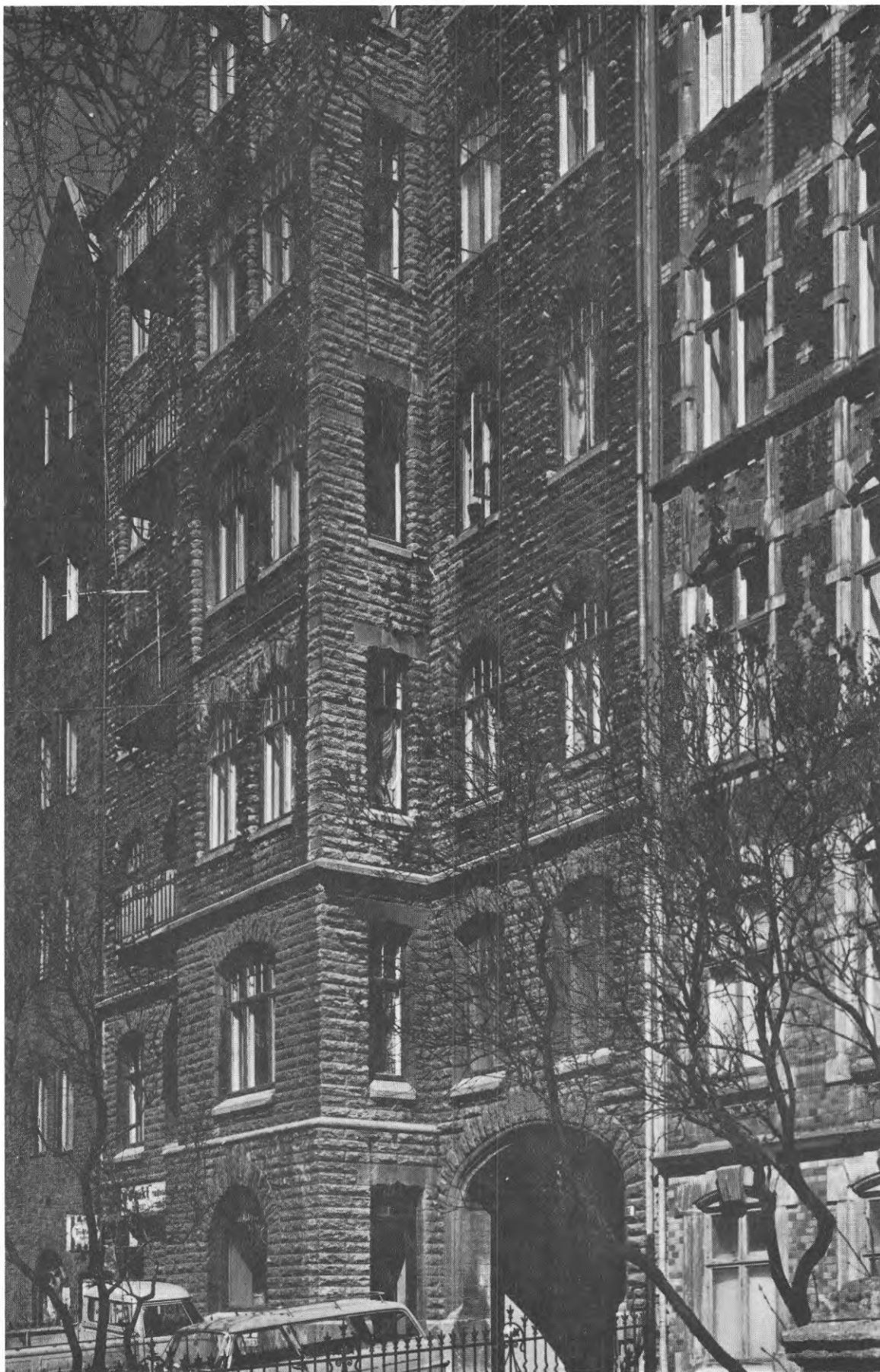
Låghusbebyggelsen i ytterstadsområdena får av olika anledningar en nedsmutsningsbild, som skiljer sig från höghusens mer väldefinierade. Den täta bebyggelsen ger vinden mindre möjligheter att ostörd träffa fasaderna. Träd, plank, lekattiraljer och terrängformationer är också faktorer, som bryter sönder vinden och ytterligare minskar denna möjlighet. Bild 5. De små uterummen motiverar ett varierande materialval på fasaderna, som minskar synintrycket mellan rentvättade och icke rentvättade partier. Liknande effekt har också de korta avstånden, som gör, att man inte kan se hela byggnaden på en gång.

### 3.4 Innerstad

Innerstadsbebyggelsen i våra svenska städer är ofta relativt tät, med ett stort antal emissionskällor som följd. De slutna gaturummen medför både positiva och negativa följder för nedsmutsningsbilden. Till de positiva hör det begränsade synfältet, man ser normalt bara den nedersta våningen med skyltfönster, reklamskyltar och konstnärlig utsmyckning av olika slag. Dessa underhålls vanligen genom rengöring, modernisering o s v. Bild 6. De slutna gaturummen resulterar emellertid i försämrade ventilation med höga föroreningshalter som följd. Vidare minskar rentvättningen på grund av vindens lägre medelhastighet.

Gaturummen kan styra vinden så att slagregnet i stort sett får en enda riktning. Detta medför, att ena sidan av t ex ett burspråk blir helt rentvättad, medan den andra blir starkt nedsmutsad. Bild 7. Byggnaderna kan då få ett utseende, som helt avviker från det avsedda. En typisk nedsmutsningsbild för en byggnad längs en gata är, att nedersta våningen är kraftigt nedsmutsad, därefter avtar den synliga smutsmängden något med byggnadens höjd. Högst upp är byggnaden ofta ojämnt rentvättad av slagregn.

Beroende på gatans orientering varierar nedsmutsningsbilden



*Bild 7. Gaturummet styr vindriktningen. Burspråket har därför tvättats praktiskt taget uteslutande på vindsidan.*





*Bild 8. Fasaden träffas ej av slagregn i någon högre grad. Dammet, som avsatts på fasaden, stannar därför kvar. Speciellt på andra våningen är detta märkbart. Skyltfönstren i gatuplanet tvättas regelbundet.*

för innerstadens bebyggelse. Trafikdamm etc avsätts främst på horisontella ytor. Om fasaden är orienterad så att nästan inget slagregn träffar den, stannar dammet kvar där det ursprungligen hamnade. Bild 8.

Träffas fasaden av slagregn förstärks kontrasterna mellan rentvättade och icke rentvättade partier. Detta beror på att dammet av regnet förs från översidan på de horisontella ytorna till undersidorna av fasadens ojämnheter. Nedtill verkar fasaden ganska kraftigt nedsmutsad. På de mellersta delarna av fasaden ser man främst de nedsmutsade undersidorna, vilket ytterligare förstärker nedsmutsningsbilden. Överst är fasaden helt rentvättad av slagregnet. På smutsade fasader är utformningen av detaljer mycket viktig. En jämnt smutsad yta kan ofta accepteras men en lokal rentvättning från t ex infästningen av en reklamskylt kan vara mycket störande. Även droppstänk från de övre delarna av fasaden kan ge störande lokala rentvättningar.

## 4 FASADUPPBYGGNADENS INVERKAN PÅ NEDSMUTSNINGSBILDEN

### 4.1 Allmänna synpunkter

En byggnad är sammansatt av en mängd enheter av varierande storlek och med olika funktion. För att klassificera dessa enheter kan man använda SfB-systemets byggdelsindelning. Härvid är för fasadernas slutliga utseende /39/ huskompletteringar och /49/ ytskikt, hus av störst betydelse.

Utformningen av en fasad bestäms av en mängd ofta motstridiga önskemål och krav. Valet av fasadmateriäl är avgörande för nedsmutsningsbildens slutliga utseende. Ytskiktens egenskaper är högst varierande och omfattar ett stort register från de täta, glatta materialens vatten- och smutsavvisande förmåga till de porösa putsernas motsatta egenskaper. Även utformningen av fasaden och de i fasaden ingående materialen är betydelsefull. Olikheter i utseende och nedsmutsningsbild mellan t ex vertikalt och horisontalt indelad fasad i samma material är stora. Av många material kan man göra antingen plana fasader eller fasader uppbyggda i flera olika liv. Exempel på sådana formbara material kan vara plåt och betong. Håltagningar för fönster och ventilatorer, beslagningar av olika slag liksom andra påmonterade detaljer, exempelvis skyltar, stör luft- och vattenströmningen utefter fasaden. Konsekvenserna av felaktiga utföranden blir ofta väl synliga smutsbilder. För många sådana detaljer finns normer och rekommendationer för utförandet, som, om de följdes, skulle ge goda resultat.

Fasadmateriälerna kan karaktäriseras på olika sätt. Ur nedsmutsningssynpunkt är en indelning av fasadmateriälerna i täta, porösa, skrovliga och släta material lämplig. Mellanformer förekommer naturligtvis också.

### 4.2 Täta fasadmateriäl

Dessa material har ringa eller ingen vattenabsorbtion. Ned-



vätningen vid regn sker snabbt och i regel utbildas en sammanhängande vattenfilm. Bild 9. Efter regn torkar ytan fort, speciellt om antalet materialfogar är litet. Detta bidrar till att hålla fasadytan ren.

Den vanligaste nedsmutsningsbilden uppvisar ansamlingar av föroreningar längs nederkanten av fasadelementen. Bild 10. Detta beror på, att föroreningarna förs ned av vattenströmmen och sedimenterar där denna bryts. Bidragande orsak är sannolikt det förhållandet, att nederkanten på fasadelementen torkar långsammast och därför har större möjligheter att samla på sig föroreningar. Även korrosionen befrämjas av fukt, speciellt i samband med föroreningar.

Till nedsmutsningsbilden hör också föroreningsansamlingar under lister, fönsterbleck, skyltar etc. Dessa sköljs ej bort av regnet på grund av att de ligger i regnskugga. Ovanför lister, fönsterbleck och andra utskjutande detaljer stänker vatten upp och lämnar kvar föroreningar på fasadytan. Detta är speciellt märkbart på de nedre våningarna.

De täta fasadmaterialet används ofta som en regnkappa kring byggnaden. Då inget vatten absorberas kan alltså stora vattenmängder rinna utefter fasaden vid slagregn. Som följd härav bör fasaden ges en utformning, som underlättar transporten av vattnet ned till marken. Fönsterblecken kan t ex utformas så att vattnet från fönstren återföres till fasaden. För att ytterligare styra vattenströmmarna kan fasaden ges en vertikal profilering. En fasad med denna utformning förefaller lämpa sig speciellt i en starkt förorenad miljö med stora slagregnmängder, t ex en storstad eller ett industriområde i kustläge. Exempel på material, som kan hänföras till denna rubrik är glas, plåt och plast. I vissa avseenden kan också asbestcementskivor och polerade sten- och plastbaserade konstbetongskivor räknas till denna grupp.

#### 4.3 Porösa fasadmateriäl

De porösa fasadmaterialet absorberar vatten i större eller

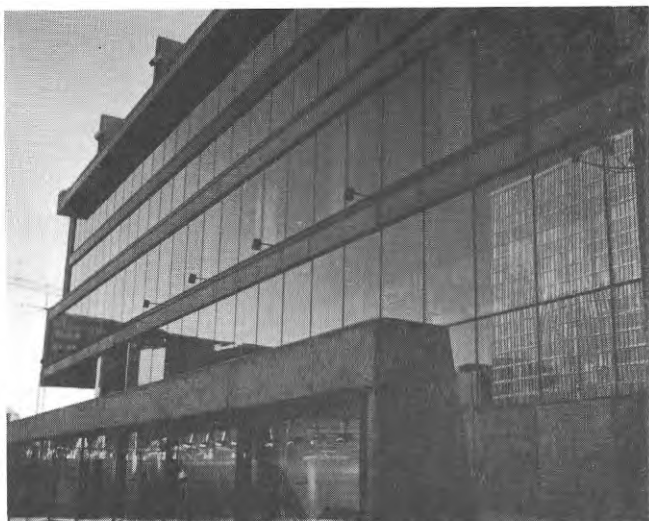


Bild 9. Glasfasaden karakteriseras av blanka, släta ytor med snabb vattenavrinning.



Bild 10. Föroreningarna sitter kvar längs nederkanten av fasadelementen. Detta kan undvikas, om elementen monteras så att ett kontinuerligt vattenflöde över fogen möjliggöres.



Bild 11. Endast den översta delen av fasaden har blivit fuktad. Denna del är, tillsammans med hörnen, även den renaste. Detta beror på, att det mycket sällan hinner utvecklas någon rentvättande vattenfilm över de övriga delarna av fasaden innan regnet upphör.



Bild 12. Den rika utsmyckningen av fasaden i den äldre putsarkitekturen är lycklig ur nedsmutsningsynpunkt. Skuggspelet gör, att intrycket av nedsmutsningen minskar. Vissa delar av fasaden nås sällan av regnvattnet och nedsmutsningen blir här relativt jämn, medan andra fasaddelar tvättas regelbundet vid regnväder.

mindre mängder. Så länge materialet är någorlunda torrt absorberas allt vatten, som träffar fasaden. Så småningom blir fasadmaterialet helt mättat med vatten. Först då kan en sammanhängande vattenfilm bildas, som kan transportera ned föroreningarna. Uttorkningen efter regn går långsamt med början där fasaden har blivit minst nervätt. Bild 11. Porositeten och absorptionsförmågan medför, att dessa material är känsliga för föroreningar.

En karakteristisk nedsmutsningsbild ger smutsansamlingarna, där någon sammanhängande vattenfilm normalt ej hinner utbildas. Detta är speciellt märkbart nedtill på byggnader och byggnadsdelar, byggnaden ser mörkare ut nedtill än upptill. Den sammanhängande vattenfilmen delar vanligen upp sig i strömmar, som ofta orsakar mycket lokala rentvättningar. Gränsen mellan det rentvättade partiet upptill och det nedsmutsade nedtill på fasaden blir därför ofta taggig. Partier i regnskugga liksom läfasaderna blir i regel starkt nedsmutsade genom att någon rentvättande vattenfilm ej utbildas där. Karakteristiskt är också lokal rentvättning under täta, blanka partier såsom fönster.

De porösa fasadmaterialet är ofta relativt fritt formbara, varför de kan ges en struktur som understrykes av smutsansamlingarna. Exempel på detta är de äldre putsfasadernas gesimser och ornamentik, som effektivt förtar smutsintrycket. Bild 12.

En fasad av poröst material lämpar sig bäst i en miljö med ringa slagregnmängder. Valet mellan olika material med sugande förmåga bestäms därefter av hur förorenande miljön är. Stora, släta, ljusa ytor av t ex puts är mindre lämpade för en förorenad miljö än t ex en tegelfasad med färgskiftningar. Exempel på porösa vattensugande material med olika textur är tegel, puts, kalksandsten, betong och trä. Asbestcement kan beroende på ytbehandling också räknas till denna grupp.





*Bild 13. Den mörka färgen på ballastelementen och konstbetongskivorna är fördelaktig ur nedsmutsningssynpunkt men materialkombinationen är mindre lämplig. Ballastskivorna samlar på sig stora mängder föroreningar och regnvatten. När regnväddet upphör, rinner detta ner över konstbetongskivorna. Dessa smutsas då av de föroreningar, som följer med vattnet.*



*Bild 14. Detta är ett exempel på hur ett skrovligt material inte bör användas i en starkt nedsmutsande miljö. Glaspartiet ovanför fasaden och fönsteröppningarna i denna medför, att vattenströmmarna över fasaden blir rikliga och ojämnt fördelade.*

#### 4.4 Skrovliga fasadmateriäl

De skrovliga fasadmateriälerna utmärker sig för en stor yträhet. Den totala angreppsytan, som föroreningarna kan nå, är alltså stor även om fasadmateriälet ej är särskilt poröst eller vattensugande. Den stora angreppsytan medför att en relativt stor kvantitet vatten behövs för att väta fasadmateriälet. Nedvätningen går trots detta relativt snabbt vid regn eller duggregn. Detta kan bero dels på att den skrovliga ytan effektivt separerar vattendropparna från den förbiströmmande luften, dels att vattnet ofta relativt långsamt sugs in i fasadmateriälet. Efter en regnskur rinner det kvarstående vattnet nedåt efter fasaden. Bild 13. Detta kan pågå ganska länge efter det att regnet upphört. Genom att fasadmateriälet på detta sätt blir relativt jämnt nervätt, synes uttorkningen ske tämligen likformigt över hela ytan.

Nedsmutsningsbilden för skrovliga fasadmateriäl varierar med de slagregns mängder, som träffar fasaden. I skyddade lägen fås en jämn nedsmutsning genom att föroreningarna ej omfördelas. Där stora slagregns mängder träffar fasaden blir rentvättningen mestadels total. De partier, som träffas av mindre slagregns mängder eller utsätts för utefter fasaden rinnande vatten, blir mycket ojämnt rentvättade. Bild 14. Om t ex materiälet används till fasadelement, förs föroreningarna av vattnet till nederkanterna av dessa.

Att dölja föroreningarna på en fasad genom att utnyttja ett mycket skrovligt, relativt mörkt vattentåligt materiäl är en metod, som kan komma till användning på olika sätt. Antingen utföres hela fasaden i detta materiäl eller också förser man de partier av fasaden, som kan förväntas få stora anhopningar av föroreningar, med detta materiäl. Exempel på fasadmateriäl av denna typ är vissa tegelsorter och betong med frilagd ballast i mörk färg. På en fasad helt i dessa materiäl är det i längden svårt att undgå den skillnad i nedsmutsning, som uppträder mellan en byggnads övre och nedre delar på grund av den över ytan varierande slagregns mängden. Ett sätt att dölja denna skillnad är att från början ge fasaden o-



lika ljushet upptill och nedtill. Skrovliga material synes ofta lämpa sig bra för att dölja den ojämna rentvättning, som uppstår på vissa partier på fasaderna, t ex hörn. Fasadtypen torde ur nedsmutsningssynpunkt kunna vara lämpad speciellt i icke alltför kraftigt nedsmutsande miljöer med varierande slagregnsmängder.

Till denna grupp av fasadmateriäl kan vi normalt räkna betong med frilagd ballast, plastskivor med ingjuten krossten, tegel samt murverk av sten.

#### 4.5 Släta fasadmateriäl

Karakteristiskt för dessa materiäl är deras stora ytjämnhet. Vattenabsorbtionen kan dock variera avsevärt. Den släta ytan med liten skuggverkan gör att ojämn nedsmutsning lätt observeras. Bild 15. Riklig, jämn regntvättning kan dock effektivt förhindra att en nedsmutsningsbild utbildas. I lägen där fasaden regelbundet underhålls är också en slät yta lämplig under förutsättning att ytans porositet är liten. Exempel på sådana partier är entréer, arkader etc.

Vanliga materiäl av denna typ är t ex målade eller slätputsade ytor, asbestcementskivor, polerade sten- och betongskivor, glas, plåt och kryssfäner.



*Bild 15. Asbestcementskivorna har tre olika, närliggande kulörer. Detta torde förta intrycket av nedsmutsningen.*

#### 4. 6 Uppbyggnad

Nedsmutningsbildens utseende bestäms av klimathöljet, fasadmaterialet och dess utformning och fasadens uppbyggnad. Eftersom slagregnets rentvättande och omfördelade effekt är stor bör man ta hänsyn till dess fördelning på fasaden på ett tidigt stadium i projekteringsarbetet. Det är inte sällan så att en viss fasaduppbyggnad är lämplig ur nedsmutningssynpunkt på vindsidan men helt förkastlig på läsidan av samma byggnad.

Vindsidans övre tredjedel utsätts för stora mängder slagregn, här torde de flesta fasadmateriell av olika utformning tvättas helt rena.

Den nedre tredjedelen av fasaden på byggnadens vindsida utsätts för små mängder slagregn samt varierande mängder rinnande vatten från fasadens övre delar. Man får här en relativt jämn men kraftig nedsmutning som i vissa fall kan accepteras. Materialval och utformning kan ske relativt fritt.

Den mellersta tredjedelen är övergångszon. För att minska kontrasten och de skarpa gränserna mellan rentvättade och nedsmutnade partier kan man ta upp zonindelningen i utformningen av fasaden. Fasadmaterialet kan fås att bidra till ett livligt skuggspel i fasaden. Bild 16. Detta kan ofta väl kamouflera den ojämna rentvättningen.



Bild 16. Plåtkassetter utformas lämpligen så att man får en samverkan mellan skuggor, nedsmutning och regntvättning i den mellersta zonen.

En fasaduppbyggnad med indragen botten- och övervåning kan ofta vara lämplig. Bild 17. Om man bygger upp en fasad i flera liv nås vissa partier av slagregn och tvättas rena, andra däremot ligger i regnskugga och förblir nedsmutsade. Vanligen är indragna fasadpartier även skuggade för dagsljus varför smutsintrycket ofta förtas.



*Bild 17. Beroende på lokalernas användning hålls nedervåningen mer eller mindre rengjord. Då nedervåningen dras in minskar kontrasten mellan denna och det övriga fasadlivet.*

Eftersom mellanzonen utsätts för relativt små vattenmängder kan man även tänka sig att förse den med ett fasadmateriäl med stor vattensugande förmåga, t ex tegel, som motverkar uppkomsten av vattenströmmar. Härigenom kan omfördelningen av smutsen hindras. En jämn smutsavsättning är mycket svår att upptäcka på ett fasadmateriäl med grov och oregelbunden textur. Ett lämpligt färgval är dock av vikt.

Det efter fasaden rinnande vattnet måste styras på något sätt. Genom vertikalprofileringar kan vattnet ledas ned efter fasaden, rentvättningen koncentreras då till dessa profiler. Bild 18, 19. Det kan också samlas upp och ledas innanför eller utanför fasadlivet i rännor och rör. Lösningar av detta slag



*Bild 18. De kraftiga profileringarna i dessa fasadelement fungerar som rännor för vattnet, som rinner efter fasaden.*



*Bild 19. Byggnaden ligger relativt fritt och fasaden utsätts för stora mängder regnvatten. De korrugerade al-plåtarna dränerar fasaden väl, vilket leder till jämn rentvättning. Under burspråket tvättas ej fasaden lika effektivt som i övrigt då denna del ligger i regnskugga.*





*Bild 20. Läfasaderna blir ofta starkt nedsmutsade, då någon effektiv regntvättning sällan förekommer. Den ojämna nedsmutsningen av denna fasad beror på putsytans ojämnhet.*



*Bild 21. Denna fasad är väl genomförd ur nedsmutsningssynpunkt. Material med liknande egenskaper är placerade ovanför varandra och de översta och nedersta våningarna är indragna.*



finns utförda i England. Framför allt i samband med elementbyggda fasader torde metoden vara tillämplig.

På låga byggnader kan ett stort taksprång skydda fasaden från slagregn och hindra omfördelningen av föroreningarna.

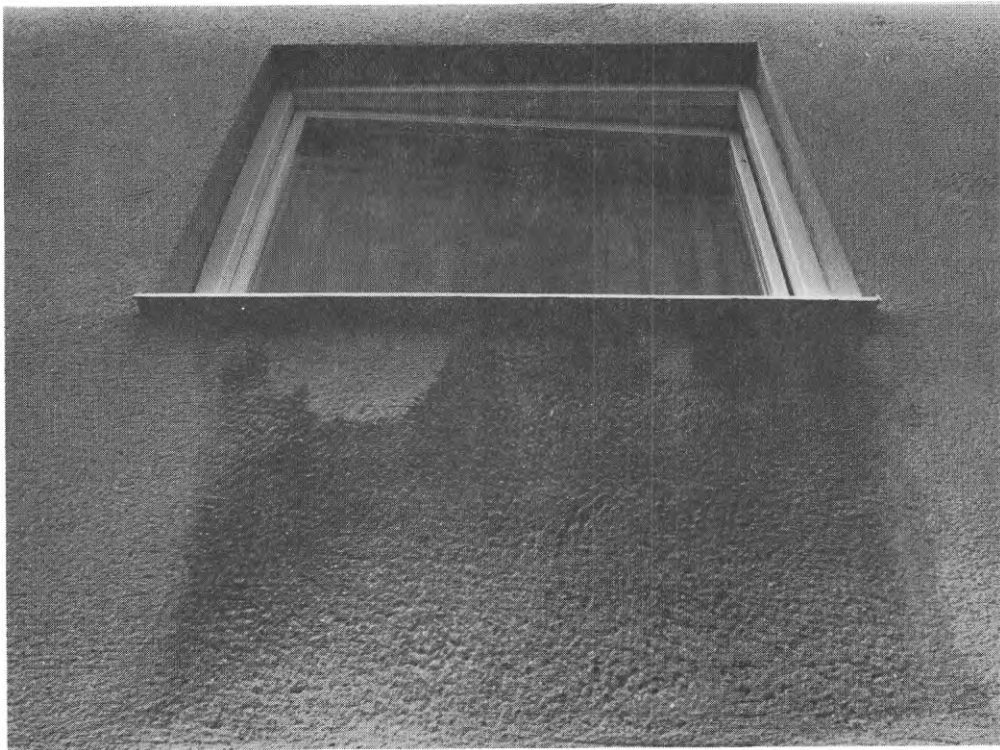
Byggnadens hörn utsätts för stora mängder slagregn och rinnande vatten. De blir ofta helt rentvättade varför ett avvikande utförande är motiverat. Bild 20. Vertikala fogar eller profileringar bör förläggas så att vattenströmmen stannar kvar kring hörnet. Ovanför material- och elementfogar uppstår alltid smutsansamlingar eftersom vattenströmmen bryts. Man måste beakta, att fogarna genom nedsmutsningen med tiden alltmer dominerar fasadens utseende.

För läsidorna gäller att dessa endast i ringa utsträckning tvättas rena. Regnet faller här nästan vertikalt, vilket medför att även små ojämnheter i fasadytan snabbt blir synliga. Bild 20. Fasader med grov struktur och livligt skuggspel är ofta lämpliga i detta läge. Kulören på fasaden kan också väljas så att föroreningarna blir mindre framträdande.

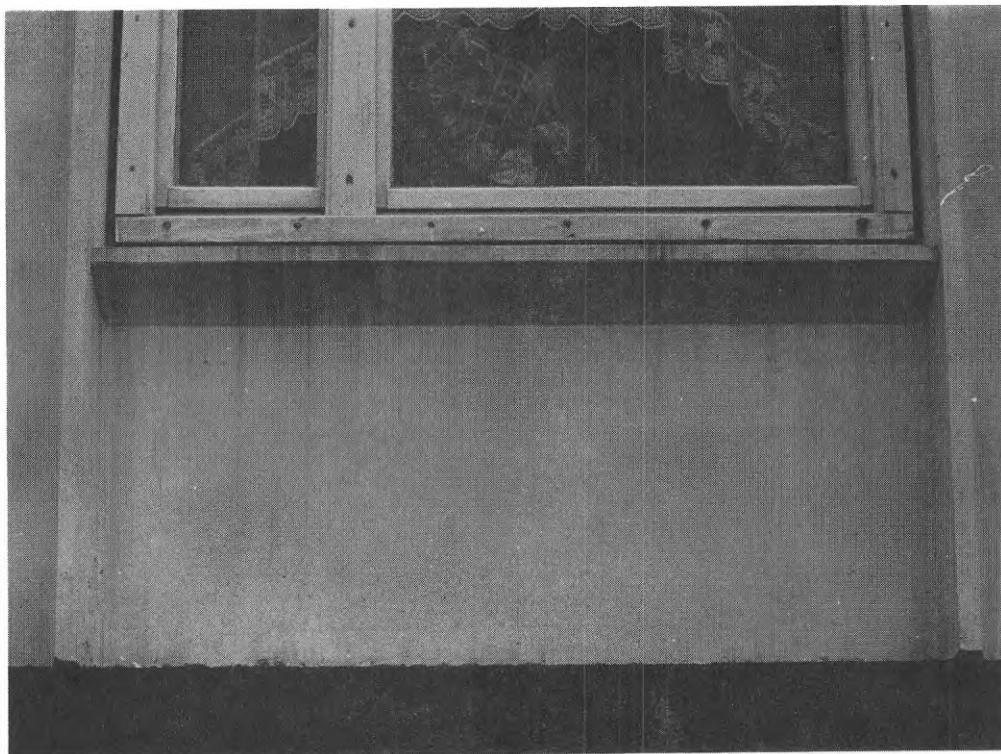
Generellt gäller att material med samma karaktär bör placeras ovanför varandra. Fönster kan lämpligen kombineras vertikalt med andra täta, släta material. Rentvättningen blir då stor genom att vattnet lätt kan rinna ned utefter detta parti. Porösa material bör likaså kombineras vertikalt så att vattenströmmar ej i onödan förstärkes av tätare material ovanför. Bild 21.

#### 4.7 Detaljer

De detaljer, som kan hänföras till gruppen fasadkompletteringar, har stor inverkan på fasadens slutliga utseende. De ökar den förbipasserande luftens turbulens, vilket leder till att regnvattnet centrifugeras ut. Särskilt märkbart är detta vid duggregn och blåst. Detta vatten tar sig på olika sätt ned till marken. Problemet är att styra vattenströmningen så, att ojämn nedsmutsning undviks.



*Bild 22. Ett mindre språng hos fönsterblecket skulle resultera i att fasaden hölls ren även under fönstren.*



*Bild 23. Fönsterblecket kunde i detta fall med fördel lutat inåt. Dräneringen kunde då ske åt sidorna efter den vertikala profileringen.*

Vattenströmningen längs fasaden störs framför allt av sådana detaljer som håltagningar, beslagningar av olika slag samt påmonterade detaljer, t ex skyltar. Effekten av denna störning är beroende av detaljens storlek i förhållande till fasaden i övrigt och är som regel större ju större detaljen är.

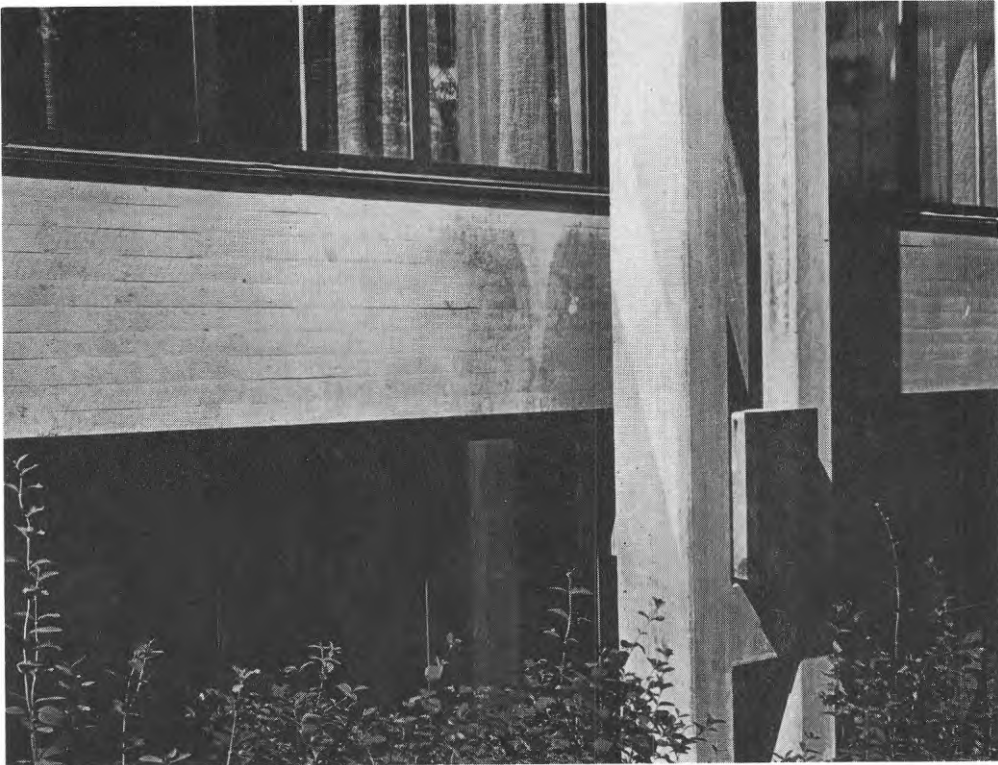
Håltagningar för fönster kan i princip vara av tre huvudtyper; enstaka fönster och vertikala eller horisontella fönsterband. Problemet med fasadens nedsmutsning är stort för partiet under fönsteröppningen. Droppbleck i fönstrens nederkant gör att fasaden smutsas ojämnt. Bild 22. Övre delen av en byggnad träffas av stora mängder slagregn. Där skyddar fönsterblecken fasaden i mycket liten utsträckning trots ett väl tilltaget språng. Den nedre delen av byggnaden träffas av betydligt mindre mängder regnvatten, som här faller tämligen parallellt med fasaden. Om fönsterblecken hade mindre språng, skulle därför partierna närmast under fönstren hållas rena i högre grad än som nu vanligen är fallet. Ett alternativ till minskat språng på fönsterblecket vore att ge det lutning inåt fasadlivet. Bild 23. Vattnet från blecken måste då transporteras bort genom någon form av fasaddräneringssystem.

Horisontella fönsterband har i princip oändligt långa fönsterbleck. Vattenströmningen över fönsterblecken blir ojämn med åtföljande ojämn rentvättning av fönsterbröstningen. Bild 24. För att i någon mån styra vattenströmningen över fönsterblecken kan dessa profileras. Likaså är det lämpligt att profilera fönsterbröstningen. Bild 25. Rentvättningen blir jämnare och skuggspelet döljer föroreningarna.

Vertikala fönsterband är ur nedsmutsningssynpunkt en fördelaktig lösning. Om material med samma egenskaper kombinerar vertikalt, erhålles jämnare vattenströmning. Bild 26. Fogar mellan glasskivor bör utföras så att störningen på vattenströmningen blir så liten som möjligt.

Skivor monterade utanför fasadlivet smutsas ofta mycket kraftigt. Bild 27. De ökar turbulensen hos den förbipasserande luften och samlar därför på sig stora mängder förorening-





*Bild 24. Fasadbalkar i betong under stora fönsterytor ger ofta problem. Stora mängder föroreningar följer med regnvattnet från fönstren och ger ofta väl synliga nedsmutsningsbilder. För att undvika detta är det lämpligt, att balken profileras vertikalt.*



*Bild 25. Fasaden är ur nedsmutsningssynpunkt väl uppbyggd. Profileringen i plåten leder vattnet jämnt och skuggspelet i den döljer föroreningarna.*



*Bild 26. Vertikala fönsterband minskar nedsmutsningsproblemet. Regntvättningen blir effektiv, då vattnet kan strömma fritt efter glasytan.*



*Bild 27. Skivor monterade utanför fasadlivet smutsas ofta mycket kraftigt. De tvättas även ojämnt av regnet och får därför kraftigt markerade nedsmutsningsbilder.*





*Bild 28. Ventilationsgaller monterade direkt på fasaden hindrar ett jämnt vattenflöde. Nedsmutsningsbilden utbildas därför snabbt på fasaden under dessa.*



*Bild 29. Under pilastrarna tvättas ej fasadbalken av det rinnande vattnet. Gaturummet har en förhärskande slagregnsriktning och pilastrarna tvättas där i huvudsak på en sida.*

ar och regnvatten. Regnvattnet för med sig föroreningarna till nederkanten av skivorna där de stannar kvar då vattnet avdunstar. Om skivorna, som ofta är fallet, täcker ventilationsöppningar blir problemen större. Ventilationsluften ökar turbulensen ytterligare och för ofta med sig stora föroreningsmängder.

Ventilationsgaller, skyltar, pilastrar och jämförbara detaljer, som monterats i fasadlivet, bryter vattenströmmen. Under detaljen stannar smutsen kvar. Bild 28, 29. Även bur-språk, balkonger, entrétak och liknande detaljer ger denna störning på fasaden. De hindrar dessutom slagregn att nå underliggande fasadpartier, vilka därför ofta snabbt blir kraftigt nedsmutsade. För att dölja nedsmutsningen under dessa detaljer bör fasadytan här klädas med ett mycket smutståligt material.

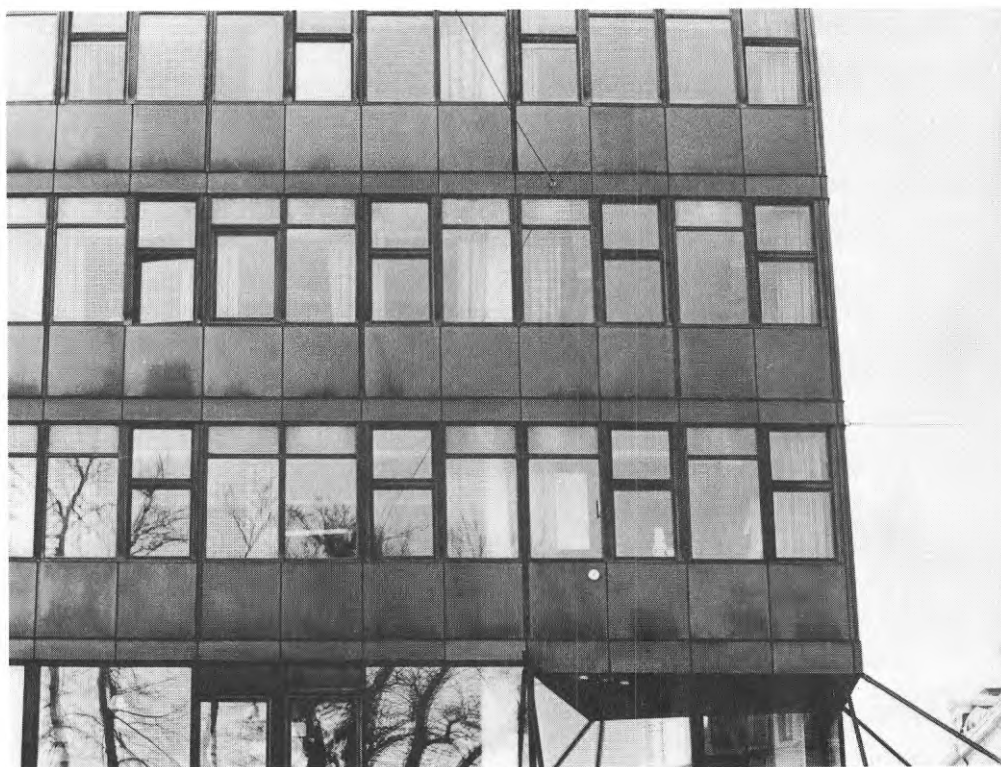
Vattenmängden som rinner utefter eller träffar fasaden bör vara lika stor nedanför som ovanför en störning för att en ojämn rentvättning skall undvikas. Likaså bör inget ytterligare vatten tillföras fasaden av störningen eftersom man då får en lokal rentvättning under denna.

Materialet för kompletteringsdetaljerna måste väljas med hänsyn tagen till den miljö i vilken byggnaden är uppförd. Om flera material kombineras måste även relationen mellan materialkombinationen och miljön studeras. Allmänt känt är t ex att koppar framför allt i stadsatmosfär kraftigt missfärgar närliggande material. Bild 30.

Utformningen av materialfogar är viktig då dessa som regel bryter vattenströmningen efter fasaden och därmed förorsakar kraftiga smutsavsättningar. Där det är möjligt bör man utforma fogen så att den inte bryter vattenströmmen. Bild 31. Tunna skivor av olika slag kan ofta monteras så att fogen får denna egenskap. Om en sådan fog inte kan åstadkommas, får man istället utforma fasaden kring fogen så, att smutsavsättningen döljs. Denna möjlighet kan ofta utnyttjas på fasader av betongelement.



*Bild 30. Regnvattnet fäller ut kopparsalter ur träimpregneringsmedlet och dessa missfärgar fasadbalken.*

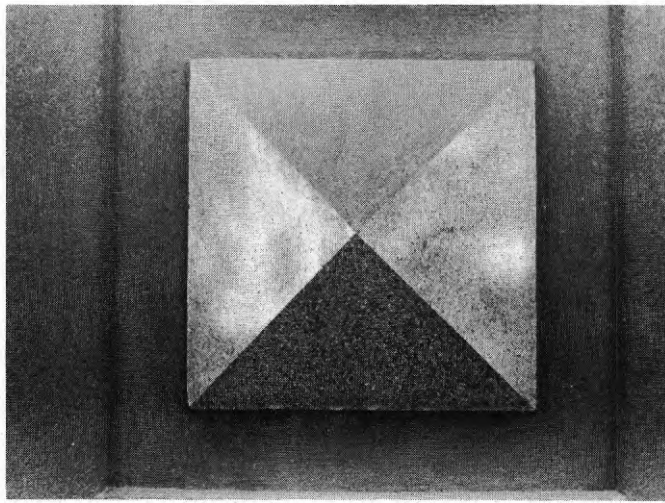


*Bild 31. Skivor bör monteras så att ett kontinuerligt vattenflöde över fogen möjliggöres. Alternativt kan elementen utformas så att de avsatta föroreningarna döljes.*



Ornamentik, skulpturer och andra dekorativa element på äldre och nyare byggnader utsätts som regel för kraftiga angrepp av klimat och luftföroreningar. Täljstensskulpturerna på Domen i Trondheim har en livslängd på ca 50 år innan de vittrat sönder och får ersättas av nya. Om detaljerna ej nås av direkt slagregn avsätts föroreningarna på överytorna. Bild 32. Vi skall inte här närmare gå in på problemet med underhåll av skulpturer etc utan endast konstatera, att det är en relativt dyrbar åtgärd då varaktigheten i den förorenade stadsmiljön av t ex en tvättning är mycket kortvarig. Bild 33.

*Fig. 32. Överytan av prismet har smutsats. Den speglar därför inte ljuset på samma sätt som sidoytorna. Underytan verkar mörkast genom att den endast speglar den mörka gatan.*



*Bild 33. Ornamentik på äldre byggnader smutsas mycket kraftigt. Denna skulptur sitter under en balkong och tvättas därför inte heller av slagregn.*

### 5.1 Sammanfattande diskussion

Nedsmutsningen av fasader bestäms av en mängd faktorer. De viktigaste är klimatförutsättningar, art och mängd av föroreningar, byggnadens läge och utformning, fasadmateriell och fasaduppbyggnad.

Uppgifter om slagregnets riktning, kvantitet och frekvens ger en uppfattning om påfrestningen på fasaden. Slagregnets fördelning på en byggnad bestäms av vindens strömning omedelbart intill denna. Vindströmningen koncentrerar slagregnet framför allt till byggnadens övre tredjedel och till hörnen.

Förekomsten av partiklar och gaser i atmosfären är givetvis en primär förutsättning för nedsmutsningen av fasader. Man kan skilja på två grupper av luftföroreningar dels naturliga dels sådana tillförda genom mänsklig aktivitet av olika slag.

Olika typer av föroreningar påverkar fasaderna på olika sätt. Kännedom om arten och kvantiteten av föroreningarna är därför viktig. Olämpliga fasadmateriell kan härigenom undvikas.

Föroreningshalterna är störst i städer och i industriområden. Typiska luftföroreningar är svaveldioxid, sot och stoft.

Gasformiga föroreningar och aerosoler kan angripa fasadmateriellen varvid vittringsprodukter bildas. Detta sker relativt likformigt över hela fasaden.

Fasta föroreningar avsätts framför allt på horisontella ytor. Under inverkan av regn omfördelas sedan föroreningarna och vittringsprodukterna på olika sätt beroende på fasadmateriellens porositet, struktur och utformning. Smutsansamlingar uppträder framför allt längs nederkanten på byggnadselement samt på andra ställen där vattenströmmen längs fasaden bryts.

Nedsmutsningsbilden påverkas av byggnadens omgivning. Detta



beror framför allt på att vindströmningen störs av hinder på marken. Medelvindstyrkan nära marken sjunker när vinden passerar markhinder som byggnader eller träd. Slagregns-mängden på lägre höjder minskar och riktningen på slagregnet kan ändras. Detta medför totalt sett en minskad rentvättning av fasaden jämfört med en fritt liggande byggnad. Lokalt kan dock rentvättningen bli kraftig. Omgivningens begränsning av synfältet och reklamskyltar, skyltfönster och andra iögonfallande föremål påverkar upplevelsen av nedsmutsningen. Detta är speciellt märkbart vid jämförelse mellan stadscentrum och ytterområden. Ofta ger ytterområdet ett smutsigare intryck än stadscentrum trots att ytterområdet oftast har lägre föroreningshalter. Detta beror på ytterområdets friare synfält och kontrastverkan mellan grönområden och smutsade fasader.

Det finns olika sätt att undgå störande nedsmutsningsbilder. Att med dagens fasadmateriäl bygga upp en fasad som ej smutsas torde vara omöjligt. Ytskikten bryts ned och luckras upp av aggressiva föroreningar. Solstrålningen bryter också ned ytskiktet. Den uppluckrade ytan utgör sedan fäste för olika föroreningar. Även helt blanka ytor kan smutsas beroende på statisk elektricitet, fotofores, föroreningarnas klibbighet etc. Blanka ytor har dock mindre möjligheter att samla smuts än skrovliga och är i regel lättare att rengöra. I skyddade lägen som arkader, entréer och gångtunnlar är alltså fasadmateriäl med slät, tät yta att föredraga.

De släta, täta fasadmateriälerna har i regel liten vattensugning. De fungerar som en regnkappa på byggnaden; så gott som hela den infallande vattenmängden rinner utefter fasaden. Vattnets rentvättande effekt bör tillvaratagas och fasaden kan byggas upp så att den i största utsträckning hålls ren från föroreningar. Upptill och längs hörnen på en byggnad är slagregns-mängderna störst; här kan man i regel räkna med total rentvättning.

Längre ned är slagregns-mängden mindre och här delar det efter fasaden rinnande vattnet upp sig i strömmar. Friheten i utformning blir mindre. På något sätt måste vattenströmmarna styras

så att slumpmässig rentvättning undvikas. Läfasaderna, som utsätts för mindre slagregns mängder, kräver noggrant studium i detta avseende.

De porösa fasadmaterialet samlar större mängder föroreningar än de täta. Regntvättningen blir också sämre genom dessa materials absorptionsförmåga; det krävs ett ordentligt slagregn för att fasaden skall bli mättad med vatten och en rentvättande vattenfilm skall utbildas. Dessa material är olämpliga där stora föroreningshalter förekommer. Uptill och längs hörnen där slagregns mängden är stor kan dock ofta en total rentvättning förväntas.

I skyddade lägen där en jämn nedsmutsning accepteras kan dessa material också utnyttjas.

Även skrovliga material med stor ytråhet samlar stora mängder föroreningar. Den grova strukturen kan dock vid lämpligt kulörval dölja de kvarsittande föroreningarna. I förorenade miljöer kan materialet utnyttjas i skyddade lägen eller i positioner där total rentvättning kan förväntas.

Fasaden på vindsidan kan ur nedsmutsningssynpunkt delas in i tre zoner. Den översta zonen blir som regel helt rentvättad. Den nedersta blir relativt jämnt smutsad genom att mycket små slagregns mängder träffar denna del. Den mellersta zonen bjuder på de flesta problemen. Ojämn rentvättning beroende på varierande slagregns mängder och efter fasaden rinnande vatten är här vanlig. Genom lämpligt utnyttjande och utformning av fasadmaterialet kan smutsansamlingar, skuggor och dagrar i fasaden fås att samverka.

Uppbyggnad av fasaden i olika liv är ofta lämpligt. Översta och nedersta våningarna kan t ex dras in från det övriga fasadlivet. Nedsmutsningen kan på detta sätt kamoufleras och istället understryka fasaduttrycket.

Genom att slagregns mängden på byggnadens hörn är stor blir dessa helt rentvättade. Det är därför lämpligt att låta hörnen få ett från fasaden i övrigt avvikande utförande.

Läsidorna utsätts för mycket små slagregnsmängder vilket kräver eftertanke vid val av fasadmateriel och kulör.

Generellt bör material som placeras ovanför varandra i samma liv ha liknande egenskaper. Risken är då mindre att ojämn absorbtion resulterar i vattenströmmar med lokal rentvättning som följd.

Detaljer av typen fasadkompletteringar bör utformas så att fasadytan i övrigt störs på minsta möjliga sätt. Vatten får t ex ej tillföras fasaden genom felaktig lutning av ett infästningsjärn. Det är värdefullt om detaljerna till sin utformning kan anpassas efter sin position på fasadytan.

## 5.2 Slutord

Flera här givna synpunkter baseras på platsbesiktningar av byggnader med en speciell fasaduppbyggnad. Slutsatser om nedsmutsningsbildens utseende i olika miljöer har därför måst dragas ur en allmän kännedom om problemställningen.

De ursprungliga målsättningarna har delvis uppfyllts men ytterligare studier krävs för att ge underlag för utarbetande av normer vid projekteringsarbete.

I första hand måste nedsmutsningsbildens utseende i olika miljöer fastare underbyggas. Detta kan ske på olika sätt. Ett stort antal modellförsök kan snabbt ge erforderliga data. För korrelation av modellförsök med verkliga förhållanden är kännedom om sambandet mellan den verkliga och den simulerade försöksmiljön viktig. Så är t ex uppgifter om klimathöljet med data om temperatur, fuktighet, slagregn, vindströmning, solstrålning och luftföroreningar nödvändiga.

Under 1971 kommer en station för provning av material och konstruktioner i full skala att stå färdig i Fiskebäck sydväst om Göteborg. Under kontinuerligt registrerade atmosfäriska förhållanden kan olika företeelser här studeras.

## LITTERATUR

## Referenser

## Klimat

Anderson, T, 1970, Swedish temperature and precipitation records since the middle of the 19th century.

Document D4:1970 (National Swedish Building Research) Stockholm.

Högström, U, 1964, Rökgasernas spridning i atmosfären. (Hygienisk revy) Nr 53.

Varnbo, B, 1966, Slagregn. Teknisk utredning. Handlingar No 14. (Svenska Riksbyggen) Stockholm.

Wärneryd, O, 1961, Temperaturstudier inom Göteborgs centrala delar. Meddelande No 65. (Göteborgs Universitets Geografiska Institution) Göteborg.

## Aerodynamik

- Architect's Journal Handbook, 1968, Building environment. (The Architect's Journal Information Library) London.

Byggeforskingens rapport 25, 1969, Byggnadsaerodynamik, Revy över aktuella frågeställningar. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm.

Holmer, B, 1970, Vindegenskaper i bebyggelselandskapet, Byggmästaren Nr 12, 1970, (Byggmästarens Förlag) Stockholm.

Jensen, M & Franck, N, 1965, Model scale tests in turbulent wind. (The Danish Technical Press) Köpenhamn.

Pocock, P, I, 1960, Non aeronautical applications of low-speed wind tunnel techniques. (National Research Council of Canada) Ottawa, Canada.



## Luftföroreningar

Green, H L, Lane, WR, 1964, Particulate clouds: dusts, smokes and mists. (Spon's General and Industrial Chemistry Series) London.

- Göteborgs hälsovårdsförvaltning, 1969, Resultat från luftföroreningsundersökningen år 1968. (Utredningsavdelningen) Göteborg.

- Luftföroreningsundersökningen i Göteborg 1959 - 1964, Rapport från luftundersökningsgruppen. (Göteborgs hälsovårdsnämnd. Utredningsavdelningen) Göteborg.

Mörstedt, S - E, 1971, Bilen smutsar mest. Teknisk Tidskrift No 11, 1971. (Ingenjörsläroverket) Stockholm.

- Statens Luftvårdsnämnd. Meddelande 6601, 1967, Rekommendationer rörande riktvärden för svaveldioxidhalt i utomhusluft. (Statens Luftvårdsnämnd) Stockholm.

## Nedsmutningsbildens förutsättningar

Green, H L, Lane WR, 1964, Particulate clouds: dusts, smokes and mists. (Spon's General and Industrial Chemistry Series) London.

- Notice sur le Ravalement de Paris, 1965, (Service de l'Hygiène de l'Habitation et de la Restauration Urbaine) Paris.

## Fasaduppbyggnadens inverkan på nedsmutningsbilden

Simpson, I W, Horrobin P I, 1970, The weathering and performance of building materials. (MTP Medical and Technical Publishing Co) London.

The Concrete Society, 1971, The weathering of concrete. Five papers given at a one-day symposium held at the Royal Institute of British Architects. (The Concrete Society) London.

## Kompletterande litteratur

Brosset, C, 1968, Luftundersökning i Mölndal. Resultat av SO<sub>2</sub> - undersökningen med registrerande apparatur under perioden 23/2 - 30/3 1967. Jämförelse med tidigare undersökningar. (Hälsovårdsnämnden) Mölndal.

Brosset, C, 1968, Luftundersökning i Trollhättan febr - april 1968. (Hälsovårdsnämnden) Trollhättan.

Brosset, C, Nordqvist, S, 1966, Luftföroreningar på två affärsgator i Göteborg. (Statens Institut för Byggnadsforskning) Informationsblad 2. Stockholm.

Building Research Station Digest, First Series no 20, 21, 1950, Revised 1965, 1966, The weathering, preservation and maintenance of natural stone masonry, Part I, II. (Her Majesty's Stationery Office) London.

- BRS Digest, Second Series no 22, 1962, An index of exposure to driving rain. (HMSO) London.

- BRS Digest, Second Series no 29, 30, 1962, 1963, Aluminium in building. Properties and uses. Finishes. (HMSO) London.

- BRS Digest, Second Series no 55, 56, 57, 1965, Painting walls. (HMSO) London.

- BRS Digest, Second Series no 69, 1966, Applications and durability of plastics. (HMSO) London.

- BRS Digest, Second Series no 89, 1968, Sulphate attack on brickwork. (HMSO) London.

- BRS Digest, Second Series no 113, 1970, Cleaning external surfaces of buildings. (HMSO) London.

- BRS Digest, Second Series no 121, 1970, Stainless steel as a building material. (HMSO) London.

- BRS Digest, Second Series no 125, 1971, Colourless treatments for masonry. (HMSO) London.

Byggeforskningens småskrifter nr 23, 1964, Allmänt om korrosion, hur man minskar eller hindrar den. (Byggeforskningen) Stockholm.

Byggeforskningens småskrifter nr 24, 1964, Zinkbeläggning som rostskydd, målning på zinkyta. (Byggeforskningen) Stockholm.

Byggeforskningens småskrifter nr 30, 1969, Metallbeslag och armering. Lämpliga ytbeläggningar. (Byggeforskningen) Stockholm.

Byggmålning - problem - forskningsbehov, 1969, (Statens Råd för Byggnadsforskning) Programskrift 9. Stockholm.

Byggskader. Rapport fra byggskadekonferansen i Sandefjord 16 - 18 april 1969. (Norges Byggeforskningsinstitutt) Rapport 65. Oslo.

Dührkopf, M, Saretok, V, Sneck, T, & Svendsen, S, 1966, Bruk - murning - putsning. (Statens Råd för Byggnadsforskning) Stockholm.

Fukt, Byggnadstekniska fuktproblem, 1970. (Statens Råd för Byggnadsforskning) Programskrift 12. Stockholm.

Hoppestad, S, 1955, Slagregn i Norge. (Norges Byggeforskningsinstitutt) Rapport 13. Oslo.

Högström, U, 1967, Analys av mätresultaten från luftföroreningsundersökningen i Mölndal 1962 - 1967. (SMHI Klimatbyrå) Stockholm.

Immissionssakkunniga, 1966, Luftföroreningar, buller och andra immissioner. (Statens Offentliga Utredningar) 1966:65. Stockholm.

- Ingelman - Sundberg, M, 1971, Luftrörelser i atmosfärens marknära skikt. (Flygtekniska Försöksanstalten) Kompendium. Stockholm.
- Jensen, M, 1954, Shelter effect. (The Danish Technical Press) Köpenhamn.
- Jensen, M, 1959, Aerodynamik i den naturlige vind. (Teknisk Förlag) Köpenhamn.
- Kölzer, W, 1970, Handbok i industriell rengöring, (Förlags AB ICC) Handen.
- Liljeqvist, G H, 1962, Meteorologi, (Generalstabens Litografiska Anstalts Förlag) Stockholm.
- Luftföroreningarnas inverkan på material 1964, (Statens Luftvårdsnämnd) Meddelande 6401. Stockholm.
- Munn, R E, 1959, The application of an air pollution climatology to town planning. (Air and Water Pollution) No 4.
- Persson, R, 1965, Planglas. Teknisk databok. (Hasse W Tullbergs förlag) Stockholm.
- Rydell, C P, Schwartz, G, 1968, Air pollution and urban form. (Journal of the Institute of Planners) March 1968.
- Stenestad, E, 1966, Smutsmottaglighet hos tegel. (Tegel) Nr 4.
- Strömberg, A, 1964, Vittringsskador på byggnadsmaterial. (Byggmästaren) Nr 3.
- Sundborg, Å, 1951, Climatological studies in Uppsala with special regard to the temperature conditions in the urban area. (Uppsala Universitets Geografiska Institution) Geographica, skrift nr 22. Uppsala.



Taesler, R, 1971, Meteorologi och stadsklimat. (Avd. för Byggnadskonstruktion, Chalmers Tekniska Högskola) Kompendium. Göteborg.

von Ubisch, H, Nilsson, T, 1968, Luftföroreningsundersökningarna i Stockholm 1962 - 1965. (Tidskr VVS) Nr 7. Stockholm.

Wedin, B, 1960, Luftens föroreningar. (Svensk Naturvetenskap) Särtryck. Stockholm.

Wedin, B, 1963, Stoftspridning i atmosfären. (Tidskr VVS) Nr 8. Stockholm.

Wilhelmsen, A M, Kiessling, W, 1969, Immissionsbetingade byggnadsskador, forskningsprogram. (Institutionen för Husbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola). Göteborg.

Wilson, R, Minotte, D, 1965, A cost-benefit approach to air pollution control. (Journal of the Air Pollution Control Ass)

Wirén, B, 1971, Orientering om modellförsök i vindtunnel. (Avd. för Byggnadskonstruktion, Chalmers Tekniska Högskola) Kompendium. Göteborg.

## BILDADRESSREGISTER

Bilderna är från Göteborg där ej annat anges.

- Bild 1 Dr Saléns gata 9-15. 28 kv Fjällklockan nr 1, Guldheden.
- Bild 2 Vy över Mölndal från Safjället.
- Bild 3, 4 Häradsgatan 27, 29. Kv Runeberg nr 1, Mölndal.
- Bild 5 Bostadsområde i Mölnlycke utanför Göteborg.
- Bild 6 Korsgatan 1-10 (16 kv Kommersrådet, 18 kv Domprost-  
ten, 19 kv Bokhållaren, 15 kv Frimuraren)  
Inom Vallgraven.
- Bild 7 Linnégatan 48. 2 kv Murbräcken, Kommendantsängen.
- Bild 8 Kungsportsavenyen 37. 57 kv Örbyhus, Lorensberg.
- Bild 9 Kulturhuset, Sergels torg, Stockholm.
- Bild 10, Hotell Volrath Tham, Eklandagatan 49-53. 16 kv  
11 Gärdsmysen, Johanneberg.
- Bild 12 Vasaplatsen 8. 49 kv Nyköpingehus, Vasastaden.
- Bild 13 Nordiska Kompaniet. Östra Hamngatan 42. 10 kv  
Värnamo. Inom Vallgraven.
- Bild 14 Röhsska Konstslöjdmuséet, Chalmersgatan 8, 10.  
51 kv Oppensten, Lorensberg.
- Bild 15 Studentstaden Rosendal, Studiegången, Härlanda.
- Bild 16 Västra Hamngatan 12. 22 kv Varuhuset. Inom Vallgraven.
- Bild 17 Nordiska Kompaniet, Östra Hamngatan 42. 10 kv  
Värnamo. Inom Vallgraven.
- Bild 18 Marconigatan 21. 142 kv Laxknuten nr 12, Västra Frölunda.
- Bild 19 Övre Fogelbergsgatan 6. 12 kv Furan nr 20, Vasastaden.

- Bild 20 Häradsgatan 33. Kv Leopold nr 3, Mölndal.
- Bild 21 Norra Liden 5-23. 62 kv Otterhällan nr 13. Inom Vallgraven.
- Bild 22 Häradsgatan 33. Kv Leopold nr 3, Mölndal.
- Bild 23 Marconigatan 21. 142 kv Laxknuten nr 12, Västra Frölunda.
- Bild 24 Göteborgs Universitets studentkår, Götabergsgatan 17, Lorensberg
- Bild 25 Polishuset, S Centralgatan 1-3, Gävle.
- Bild 26 Tekniskt Gymnasium, Aschebergsgatan 42. 26 kv Platanen, Vasastaden.
- Bild 27 Röhsska Konstslöjdsmuséet, Teatergatan 7. 51 kv Oppensten, Lorensberg.
- Bild 28 Varuhus, Kungsportsavenyen 24-30. 56 kv Sturefors, Lorensberg.
- Bild 29 Kungsportsavenyen 21. 52 kv Borgeby, Lorensberg.
- Bild 30 Teatergatan 24. 52 kv Borgeby, Lorensberg.
- Bild 31 Folksamhuset, Södra Vägen 3. 45 kv Kastellholm, Lorensberg.
- Bild 32 Västra Hamngatan 1. 54 kv Alströmer. Inom Vallgraven.
- Bild 33 Kungsportsavenyen 18. 53 kv Örup. Lorensberg.

## CAPTIONS (figurtexter till engelska)

Fig. 1. Appearance of plume of smoke in the case of unstable stratification of the air.

Fig. 2. Appearance of plume of smoke in the case of stable stratification of the air.

Fig. 3. Appearance of plume of smoke where inversion occurs with increasing height.

Fig. 4. Annual amount of driving rain to which facades facing in the most susceptible direction in various locations (mm/annum). Source: Svenska Riksbyggen, Handling 14.

Fig. 5. Curves showing the annual amount of driving rain in Sweden (mm/annum). Source: Svenska Riksbyggen, Handling 14.

Fig. 6. Chart showing the number of millimetres of driving rain per annum to which facades facing the different points of the compass are exposed in Gothenburg. Source: Svenska Riksbyggen, Handling 14.

Fig. 7. Distribution of driving rain over different months. Means for the period covering 1941–1950 in Gothenburg. Source: Svenska Riksbyggen, Handling 14.

Fig. 8. Topographical map of Gothenburg.

Fig. 9. Movement of small drops of rain (drizzle) in the vicinity of a building in windy conditions.

Fig. 10. Movement of heavy drops of rain (shower) in the vicinity of a building in windy conditions.

Fig. 11. The velocity of the lower stratum of air falls when the air stream passes obstacles on the ground.

Fig. 12. The point of separation A is situated near the centre of the facade when the air stream has a long, unbroken stretch to cover before reaching the building.

Fig. 13. The point of separation A is situated higher up the facade when the air stream has passed over obstacles on the ground.

Fig. 14. Model experiments using a wind tunnel. The colour accumulates in the leeward zones.

Fig. 15. Comparison between contents of suspended particulates in Gothenburg and in American cities (microgrammes/m<sup>3</sup>). Source: Surveys of air pollutants conducted in Gothenburg, 1959–1964.

Fig. 16. Comparison of emissions from different sources of pollution in Sweden. Source: Teknisk Tidskrift, No. 11:1971.

Fig. 17. The type and content of pollutants vary according to the type of building development in question. Source: Teknisk Tidskrift, No. 11:1971.

Fig. 18. Monthly means for sulphur dioxide content in Gothenburg, 1960–1968. Source: City of Gothenburg Public Health Department.

Fig. 19. Average amount of particulate matter deposited in Gothenburg between October 1959 and September 1962 (g/100 m<sup>2</sup>, month). Source: Surveys of air pollutants conducted in Gothenburg, 1959–1964.

Fig. 20. Air-borne pollutants are deposited mainly on the horizontal surfaces of facades.

Fig. 21. Horizontal driving rain washes away deposits of pollutants.

Fig. 22. Driving rain falling in a more vertical direction fails to reach all parts of a facade with the result that some deposits of pollutants remain.

Fig. 23. The edges of buildings are exposed to the greatest quantities of driving rain.

Fig. 24. Impact of rain on a porous facade. Stage I.

Fig. 25. Impact of rain on a porous facade. Stage II.

Fig. 26. Typical pattern of discoloration on a porous facade.

Fig. 27. Impact of rain on a facade of impervious material. Stage I.

Fig. 28. Impact of rain on a facade of impervious material. Stage II.

Fig. 29. Drying of a facade of impervious material. Stage I.

Fig. 30. Drying of facade of impervious material. Stage II.

Fig. 31. Curve showing approximate degrees of discoloration over the years. Source: Notice sur le Ravement de Paris 1965. After five years the visible amount of discoloration shows no appreciable increase.

Table 1. Sulphur dioxide contents recorded in cities both in Sweden and abroad.

Photo 1. Standard example of rainwash of a facade. The uneven transition between clean and soiled zones is due to the fact that water running down a flat surface is inclined to separate into definite streams.

Photo 2. The four tower blocks on the left of the photograph differ only in that the building on the extreme left is not screened by the three-storey blocks in the prevailing path of the wind.

Photo 3. This facade is not screened by other buildings. The degree of rainwash is more or less 100% in this case.

Photo 4. The building is screened by the three-storey blocks. The lower parts of the facade has been cleaned by rain to a lesser extent than the facade in photo 3. The reason for this is that the point of separation of the wind flow occurs higher up due to the interference caused by the low buildings.

Photo 5. The low-rise, fairly dense suburban development often contains items which interfere with the path of the wind. These increase the incidence of turbulence and driving rain assumes no fixed directions. The result is even rainwash of facades with only minor contrasts between clean and soiled surfaces.

Photo 6. The ground floor is the part of the facade noticed first due to a limited range of vision, advertising signs, display windows and so on. This storey is therefore as a rule kept in good condition.



*Photo 7. The street controls the direction of the wind. The bays have therefore been rainwashed almost exclusively on the windward side.*

*Photo 8. The facade is not exposed to driving rain to any great extent. Dust deposited on the surface of the facade therefore remains. This is noticeable on the second floor in particular.*

*Photo 9. The glazed facade features smooth, shiny surfaces conducive to rapid drainage of water.*

*Photo 10. Pollutants remain along the lower edge of the external wall units. This can be avoided by erecting units in a fashion permitting a continuous flow of water over joints.*

*Photo 11. Only the upper part of the facade is wet. This, together with the corners, is also the cleanest part, the reason being that a cleansing film of water seldom has time to form over the other parts of the facade before the rain stops.*

*Photo 12. The ample decorative details on older stucco facades are a welcome feature from the point of view of discoloration, since the consequent shadows reduce the effect of dirt. Certain parts of these facades are seldom reached by rain and therefore have fairly even deposits of dirt, while other parts are regularly washed in rainy weather.*

*Photo 13. The dark colour of the aggregate on some of the external wall units and the artificial stone slabs is well chosen from the point of view of discoloration, but the combination of the two materials is less suitable. The aggregate surface collects large quantities of pollutants and rainwater, and when the rain stops the water then runs down over the artificial stone surfaces and soils them with the pollutants present in the water.*

*Photo 14. This is an example of how a rough material should not be used in a heavily polluted environment. The glazed zone above the facade and windows causes water to flow in uneven streams over the surfaces.*

*Photo 15. Panels of asbestos cement in three closely related shades. This probably reduces the impression of discoloration.*

*Photo 16. Metal cladding should be designed to achieve interplay between shadows, discoloration and rainwashed surfaces in the central zone.*

*Photo 17. The ground floor is kept more or less clean according to the purpose for which the premises are used. A recessed ground floor reduces the contrast between this and the rest of the facade.*

*Photo 18. The marked profiled design of these facade panels provides gutters for water running down the facade.*

*Photo 19. The building is in a fairly open position and the facade is exposed to large quantities of driving rain. The corrugated metal provides good drainage for the facade and results in even rainwash. Surfaces under the bay are not cleaned as thoroughly since they are sheltered from rain.*

*Photo 20. Leeward facades are often heavily discoloured since a really thorough rainwash seldom occurs. The uneven discoloration of this particular facade is due to the unevenness of the rendering.*

*Photo 21. This facade is well designed from the point of view of discoloration risk. Materials with similar properties are placed vertically one above the other and the top and ground floors are recessed.*

*Photo 22. Less nosing to the window sill would have resulted in a clean facade even under the window.*

*Photo 23. In this case, the window sill could very well have sloped inwards. Water could then have been drained off at the sides down the vertical grooves in the facades.*

*Photo 24. Concrete breastsummers under large glazed areas often cause problems. Large amounts of pollutants are carried along in water running down windows and often produce very marked patterns of discoloration. Breastsummers should therefore have vertical markings to avoid this.*

*Photo 25. The facade is well designed from the point of view of discoloration risk. The pattern in the sheet metal cladding promotes an even flow of water and the shadows in it camouflage the presence of dirt.*

*Photo 26. Vertical rows of windows reduce the problem of discoloration. Thorough rainwash is achieved when water can flow freely over the glazed area.*

*Photo 27. Panels mounted on the actual facade often suffer serious discoloration. They are unevenly washed by rain and therefore assume marked patterns soiling.*

*Photo 28. Ventilation grilles mounted on the facade prevent an even flow of water. A pattern of discoloration therefore quickly develops on the facade below.*

*Photo 29. The breastsummer under the pilasters is not washed by rainwater. The street has the dominant effect on the direction of driving rain and the pilasters are therefore washed by rain mainly on one side.*

*Photo 30. Rainwater deposits cp*

*Photo 30. Rainwater deposits copper salts absorbed from wood preservative and thus causes the breastsummer to become discoloured.*

*Photo 31. Panels should be mounted so as to permit a continuous flow of water over joints. Alternatively, cladding can be designed so as to camouflage deposits of pollutants.*

*Photo 32. The upper surface of the prism is discoloured and does not therefore reflect the light in the same way as the lateral surfaces. The lower surface appears darkest due to the fact that it only reflects the dark street.*

*Photo 33. Ornamental details on older buildings are quickly discoloured. This piece of sculpture is situated under a balcony and is thus not reached even by driving rain.*









**R23:1971**

**Denna rapport avser anslag C 691:1 från Statens råd för byggnadsforskning till bitr. professor Walter Kiessling vid Institutionen för husbyggnad, CTH med arkitekter SAR Lars Jacobson och Hans Lindgren som författare.**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm  
Grupp: konstruktion**

**Pris: 18 kronor**