

SVÄRTNING I NYBYGGNATION - FÖRSTUDIE

En litteraturstudie



Mikael Sellén, Lars Rosell

2020-06-30

Förord

Fenomenet med plötslig nedsvärtning av vertikala och horisontella ytor inomhus har observerats sedan slutet på 60-talet i Sverige och i Norge. Det har förekommit rapportering kring plötslig nedsvärtning i massmedia och det har undersökts i några tekniska rapporter från slutet av 70-talet i Sverige och internationellt i vetenskapliga studier från senare delen av 90-talet och in på 10-talet. Det är framför allt studier utförda i Tyskland men även i norra Europa och Nordamerika som har rapporterats.

Att fenomenet är alltjämt närvarande framgår även i media och i offentligt tillgänglig media där även rättsfall hanterar fenomenet i Sverige. Nyligen meddelade sig Hovrätten kring ett fall gällande svärtning och ansvarsfrågan för åtgärder vid återställandet av påverkade ytmaterial.

Denna rapport är en sammanställning av funna tekniska rapporter, kunskaps-sammanställningar och utredningar samt vetenskaplig litteratur inom området fram till våren 2020. Några exempel på fall rapporterade i massmedia inkluderas i denna kunskapsgenomgång.

En möjliggörare av detta arbete är samarbetet med Veidekke AB, Kent Haglund och Jannice Wahlström samt Pär Åhman, Byggföretagen och FoU-Väst.

För finansiellt stöd tackar vi Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond – SBUF.

Ett tack går även till Eva Ekman med kollegor på RISE information för hjälp med åtkomst av inte sällan svåråtkomliga referenser. Slutligen tackar vi Eva Sikander, RISE, för synpunkter.

I denna rapport har Lars Rosell (enheten Kemisk och Biologisk Säkerhet) och Mikael Sellén (enheten Innemiljö och Byggnadsfysik) tillsammans utfört litteraturgenomgången kring fenomenet svärtning och arbetat med sammanställningen.

Mikael Sellén och Lars Rosell
Borås, juni 2020

Sammanfattning

Vi har gjort en begränsad litteraturundersökning kring fenomenet ”plötslig nedsvärtning” (som alltså avviker från normal, långsam försmutsning av ytor). Dessa olika forskningsrapporter pekar flera på en rad samverkande faktorer som verkar vara förutsättningar för sådan nedsvärtning, på norska benämnt ”Heksesot”, engelska ”Black Magic Dust” och tyska ”Schwarzen wohnungen”.

Viktigast av dessa förutsättningar är (utan rangordning):

- ”Färska” byggmaterial, dvs snart efter nybyggnad / renovering.
- Låg ventilation / luftomsättning
- Låg luftfuktighet (dvs mest vintertid)
- Statisk uppladdning. (syntetiska mtrl, plaster etc)
- Högt halt av tyngre organiska ämnen, delvis flyktiga, s k ”SVOC”
- Högt halt av små luftburna partiklar (kondensationskärnor)
- Köldbryggor (ger luftrörelser, s k termofores)
- Levande ljus (eller andra sotkällor)

Observationer kring detta fenomen uppkom i slutet på 60-talet och har fortgått sedan dess med återkommande nya fall i framförallt nyproduktion av bostäder men även vid efter renoveringsarbeten. Rapporter belyser att under denna tid pågick stora förändringar i samhället både vad gäller bygg- och inredningsmaterial, boendevanor och ventilation, men även kring nya energikrav på nya bostäder som tillsammans kan utgöra en ny situation för innemiljön och skapade förutsättningar för att detta fenomen plötsligt kunde observeras.

Teorin kring svärtning beskrivs som bildandet av partiklar inom ett visst storleksområde (0,1–2,5 μm), skapade genom kondensering av halvflyktiga organiska ämnen (s k SVOC) i ineluften på små svävande partiklar, inklusive sotpartiklar. Storleksområdet på dessa bildade partiklar/aggregat gör att dessa kan sväva i luften länge, för att därefter avsättas på vissa ytor inomhus. Detta kan ge relativt snabb nedsvärtning inom timmar, dagar, veckor.

Studerade undersökningar pekar på att fenomenet kan minskas/elimineras genom följande:

- Undvik aktiviteter som genererar partiklar, t ex rökning, eldning av ljus.
- Sörj för god ventilation. Om det inte är möjligt, utnyttja effektiva luftrenare med HEPA-filter, hög CADR för lokal luftrening
- Använd lågemitterande byggprodukter, med låg andel SVOC
- Undvik matlagning utan tillräcklig ventilation
- Undvik heta ytor, t ex halogenlampor
- Undvik kalla ytor / köldbryggor

Dessa åtgärder kan var för sig eller tillsammans reducera förekomsten av svärtning signifikant.

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning	2
Innehåll	3
Abstract	5
1 Fenomenet plötslig nedsvärtning – ”Black Magic Dust”	6
2 Bakgrund	6
3 Uppgift	6
4 Metod	6
4.1 Databaser	7
5 Resultat litteraturstudie – Svärtning/BMD	7
5.1 Svenska observationer – Nedsvärtning i Bostäder – Slutrapport 1977:1.....	7
5.1.1 Sammanfattning av resultat.....	8
5.1.2 Slutsatserna från Nedsvärtningskommittén, 1977.....	9
5.1.3 Kommitténs tankar kring önskvärd Forskning och utveckling.....	9
5.2 Svenska observationer – Sju Nedsvärtningsbostäder	10
5.2.1 Bakgrund	10
5.2.2 Resultat av fältundersökning	11
5.3 Norsk kunskapssammanställning	12
5.3.1 Avsättningsmekanism	12
5.4 Tyska undersökningar	14
6 Exempel från offentliga källor	16
6.1 Rättsfall kring svärtning	17
6.1.1 Hovrättens dom kring svärtning i lägenhet, 2020.....	17
6.1.2 Helsingborgs tingsrätt kring svärtning, 2012.....	17
6.2 Exempel ur dagspressen	17
6.2.1 Örebro 2012.....	17
6.2.2 Ockelbo 2014	17
6.3 Myndigheter och arbetsmiljömedicin.....	17
6.3.1 Boverket kartläggning av fel, brister och skador.....	17
6.3.2 Miljömedicinsk bedömning av svärtning i bostad	18
7 Sammanfattning av litteraturundersökning	18
8 Avslutande kommentarer	18
Referenser	20
9 Appendix	21
9.1 Sammanställning av Nedsvärtning i Bostäder – Slutrapport 1977:1	21
9.1.1 Fältundersökningar och experiment.....	22

9.1.2	Slutsatser av fältundersökningarna.....	24
9.1.3	Experimentella undersökningar.....	24
9.1.4	Händelser i boendestandarden under denna tid.....	25
9.1.5	Nedsvärtningsförsök vid TEFO	25
9.1.6	Ventilation, uppvärmning och konstruktion.....	26
9.1.7	Sammanfattning av resultat	27
9.1.8	Slutsatserna från Nedsvärtningskommittén, 1977	28
9.1.9	Kommitténs tankar kring Forskning och utveckling	28
9.2	Bildexempel på svärtning	30

Abstract

Black Magic Dust - a Literature Study

The spontaneous discoloration of indoor surfaces which occurs especially during the heating period has been intensively investigated in Sweden, Norway and Germany since the end of the 1970s. On the basis of earlier studies and this phenomenon, referred to as "spontan nedsvärtning" (sudden soiling, in Sweden), "Heksesot" (in Norway), "black dwellings' or 'black magic dust' (BMD), was attributed to the presence of semi-volatile organic compounds (SVOCs) and their interaction with dust and particles. This report is an attempt to display literature available today regarding the scientific knowledge so far.

Key words: Black Magic Dust, SVOCs, Soiling, Heksesot,

RISE Research Institutes of Sweden AB

SBUF rapport 13712

Borås 30 juni 2020

1 Fenomenet plötslig nedsvärtning – ”Black Magic Dust”

Fenomenet med plötslig nedsvärtning (svärtning) av ytor inomhus skapar många gånger oro hos brukare i bostäder eller på en arbetsplats med frågor kring eventuella hälsorisker.

En annan tydlig aspekt med svärtning för både bostadsinnehavare och fastighetsägaren/förvaltaren är de ekonomiska följdverkningarna med påverkan på lokalernas attraktivitet, estetiska värden men även åtgärder för sanering och hur fenomenet skall minimeras eller helst undvikas över tid.

2 Bakgrund

I RISE uppdrag inom inomhusmiljö och byggnadsfysik stöter vi ibland på detta fenomen med plötslig nedsvärtning av inre ytor i bostäder eller kontor och i detta projekt har vi undersökt kunskapsläget inom den vetenskapliga litteraturen men även i offentligt tillgänglig information på internet.

3 Uppgift

Projektets uppgift är att i en mindre begränsad litteraturundersökning överblicka det nuvarande kunskapsläget i dels den vetenskapliga litteraturen men även genom att utnyttja äldre tekniska rapporter och undersökningar inom området och att försöka beskriva fenomenet samt orsakerna till det. Samtidigt ett försök till att informera intressenter och att om möjligt stötta bygg- och fastighetsbranschen kring åtgärder för att avhjälpa eller minimera problematiken.

4 Metod

Några på RISE tillgängliga databaser har använts för att söka vetenskaplig litteratur och information kring ämnesområdet plötslig nedsvärtning eller svärtning även kallat ”Black Magic Dust” i den engelska litteraturen. Utnyttjande av liknande sökfraser, t ex ”Black Dwelings” och ”indoor soot” har gett liknande resultat.

Sökfras i databaserna har varit: ”Black Magic Dust” vilket har resulterat i 18 referenser i Scopus där 6 har valts ut som relevanta.

ScienceDirect genererade 5 referenser där 1 utnyttjades i detta arbete.

Vi har utnyttjat databaser tillgängliga genom RISE Bibliotek och dess personal för stöd kring sökningar och vid beställning av litteratur.

4.1 Databaser

Scopus

<http://www.scopus.com/>

Världens största bibliografiska databas med tyngdpunkt på vetenskapliga artiklar inom alla ämnen. Möjlighet att söka citeringar och göra analyser av sökresultatet.

ScienceDirect

www.sciencedirect.com.

Databas från Elsevier för vetenskapliga artiklar inom t ex naturvetenskap, energi, datavetenskap etc.

Google Scholar

<http://scholar.google.se/>

Sökning på nätet bland det som Google har valt ut som vetenskaplig litteratur.

5 Resultat litteraturstudie – Svärtning/BMD

5.1 Svenska observationer – Nedsvärtning i Bostäder – Slutrapport 1977:1

Redan under slutet av 60-talet förekom det observationer i Sverige, Norge och även i ytterligare länder med oförklarliga fall av plötslig nedsvärtning i bostäder och beskrivs bl a i en rapport från Konsumentverket (Wenberg, H et al. (1977). Rapporten var en sammanfattning av ett antal undersökningar både i fält och på laboratorium som utförts av institutioner och togs fram av en arbetsgrupp med deltagare från olika industri-, myndighets- och institutionsrepresentanter.

I detta arbete ingick även myndigheter och institutioner i den s k nedsvärtningskommittén. *Se appendix.*

Man konstaterade att nedsvärtningen drabbade rena ytor under kort tid, ibland inom bara ett dygn. Både fläckvis och eller i form av ränder och i andra fall ojämnt över hela bostaden: på väggar, tak, textilier eller i skåp. De nedsvärtade ytorna var svåra att rengöra och medförde både ekonomiska problem och stor oro för bostadsinnehavaren och fastighetsägare samt även frågor kring ansvarsförhållanden.

Fenomenet med nedsvärtning fick under vintern 1973-74 stora proportioner och misstankar om att eluppvärmning skulle kunna vara en bidragande orsak till observationerna gjorde att FERA (Föreningen för Elektricitetens Rationella Användning) och dess elvärmegrupp bjöds in att delta tillsammans med byggindustrin, fastighetsägare, försäkringsbolag, forskningsinstitutioner och berörda myndigheter att informellt diskutera nedsvärtningsproblemet. Dessa diskussioner ledde till arbetet med

att undersöka och kartlägga nedsvärtningsens orsaker presenterade i ovan nämnda rapport.

5.1.1 Sammanfattning av resultat

5.1.1.1 Det kemiska stoffets sammansättning

Efter mikroskopiska och kemiska analyser av undersökta prover från olika bostäder fördelade över landet visar liknade strukturer från prover tagna i samma område medan det skiljer mellan regioner och därför är geografiskt betingat. Göteborgsdammet uppvisade större andel kolpartiklar.

En kemisk analys från en nedsvärtad lägenhet uppvisade blandning av olika tyngre fettsyrastrar.

Analyser utförda av norska SINTEF i både svenska och norska bostäder visade på i huvudsak tre typer av organiska föreningar som kan kopplas till nedsvärtning:

1. Paraffiner
2. Ftalater
3. Fettsyror och deras estrar

Dessa ämnen kan enligt rapporten härledas till olika källor där paraffiner förväntat återfinns i paraffinljus men som även kan spåras till spånplattor och bonvax.

Ftalaterna finns i många syntetiska material och moderna målarfärger som hade lanserats under denna tid som mjukgörare och vanligt förekommande var dioktylfталat (DOP).

Intressant är att mjukgöraren observerades på material som inte kan avge ämnet, elradiatorer, fönster och glasbänkar. En avsättning av mjukgöraren via luften kan därför vara en bidragande orsak till svärtningsfenomenet.

Risken för att fettsyror och deras estrar i inomhusmiljön skulle vara orsak till svärtning var liten enligt författarna då endast enstaka fall förekommer.

Funna partiklar av oorganiskt ursprung ansågs härstamma från utomhusmuts.

5.1.1.2 Faktorn - Levande ljus

I fältundersökningarna av nedsvärtade bostäder visade det sig att svärtning förekom i både hus med ljus användning och i de utan ljus användning. Man konstaterade att stearinljus sotar mindre än paraffinljus och att större ljus bör undvikas när dessa större paraffinljus avger stora mängder paraffin direkt till rumsluften.

Drag skapar större sotning vid ljus användning.

Vid försök hos SINTEF konstaterades, vid kontinuerlig eldning av ljus att sotmängden ändrade karaktär efter 30 h när avsättning av partiklar skedde och mängden sotpartiklar minskade.

Rapportens resultat kring undersökningarna ger att det inte går att utesluta ljus som sotkälla i vissa fall där man kunnat påvisa paraffiner i svärtan men att det vid fall utan ljuseldning får anses vara en osannolik orsak.

5.1.1.3 Faktorn – Byggmaterial

Vid undersökningar kring byggmaterial konstaterades att ytmaterialens struktur inte påverkar avsättningen av svärtning. Lägenheter med svärtningsproblem har uppvisat mjukgörare vid analys av nedsvärtade prover. Undersökning av emissioner och avsättning på ytor (kalla) vid sk foggning försök visade tydliga emissioner vid högre temperaturer men att detta även förekom vid rumstemperatur. Foggningens temperaturberoende visade att den var lägst för väggmaterial och högst för textila golv. Man nämner även att en gång emitterade substanser och kondenserade kan ånyo avges till luften för att avsättas igen.

5.1.1.4 Faktorn – Elradiator

De öppna elradiatorerna med mycket varma elementtrådar i kontakt med omgivande luft och dammpartiklar skapar förutsättningar för både snabba luftrörelser av de mycket varma trådarna och samtidigt risk för förbränning, pyrolys, av damm och ämnen i rumsluften. Dessa två effekter med lokalt snabba luftrörelser och bildande av föroreningspartiklar från de varma trådarna kan sannolikt vara en orsak till svärtningsfenomenet som uppträder i dessa omständigheter i bostadsmiljön.

5.1.2 Slutsatserna från Nedsvärtningskommittén, 1977

Efter dessa utförda undersökningar konstaterar man i rapporten att fenomenet med plötslig nedsvärtning kan uppstå när flera samverkande faktorer uppträder. Man antar att en av dessa faktorer är ny inom bostadsmiljön och har introducerats vid denna tid under 1960-70-talet. En summering av för nedsvärtning nyintroducerade komponenter i detta komplicerade scenario skulle kunna utgöras av följande:

- Nya plastmaterial med mjukgörare och emissionseffekter:
 - golv, tapeter och vattenburen färg.
 - Syntetiska heltäckningsmattor, list- och takmaterial.
- Användning av större blockljus och paraffinljus.
- Eluppvärmning av bostäder.
- Försämrade luftväxling i bostäderna, energikrisen 1973-74.

Man konstaterar att ”tillgången på nyheter är följaktligen god”.

I rapporten visade man på att antalen uppmärksammade fall var ca 500/år i deras kartläggning och man antog att ytterligare ca 500 ej hade spårats i undersökningen och därmed uppskattas antalet drabbade bostäder till 1 000 st/år i Sverige. När fenomenet huvudsakligen drabbade nya bostäder eller nyligen renoverade bostäder och med en byggtakt under 60-70-talet på ca 1 000 000 bostäder ger det en skadefrekvens på ca 1 promille.

5.1.3 Kommitténs tankar kring önskvärd Forskning och utveckling

Behovet av att förklara fenomenet och dess påverkan på människors bostads- och arbetsmiljö borde, enligt författarna av denna rapport 1977, undersökas för att utreda de

medicinskhygieniska effekterna på inomhusmiljön som nya; material, byggnadskonstruktioner och levnadsvanor genererar.

Man visade på några enskilda faktorer som var intressanta:

- Partiklar som förbränns.
- Plastmaterial som avger emissioner.
- Varma ytor som ökar emissions hastigheten från ytan.
- Heta ytor med risk för förbränning, pyrolys.
- Frågor kring ventilation, luftväxling, luftfuktighet.

Man nämner även frågan kring statisk elektricitet och stoftavsättningsproblemen som förekommer och kan vara en komponent i fenomenet.

5.2 Svenska observationer – Sju Nedsvärtningsbostäder

5.2.1 Bakgrund

Rapporten är en fortsättning på Nedsvärtningskommitténs arbete 1977 och berör Sju bostäder med svärtningsproblematik som undersöktes ytterligare med avseende på sothalter inne och utanför drabbade bostäder. Titel:

Rapport - R102:1978 Byggeforskningsrådet

UPPKOMST OCH FÖREKOMST AV SVÄRTANDE PARTIKLAR I BOSTADSLUFT

En studie av sju nedsvärtningsbostäder av Jan Werner, IVL, för Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Rapporten fokuserar på mätning av stoft och dess svärtningsegenskaper i 7 nedsvärtade bostäder. Man undersökte:

- Omgivningens stoft/sotpåverkan, uteluften.
- Byggnadsmaterialets stoftpåverkan och nedsvärtning.
- Varma ytors påverkan för generering av stoft, nedsvärtning.
- Möjligt tröskelvärde för omsättning av luft för att förhindra fenomenet.
- Stoftets avsättning, utredning av parametrar kring nedsvärtning.

I de drabbade och utvalda bostäderna hade brukarna intervjuats angående deras observationer och sin situation. Skadorna besiktades och dokumenterades samt man utförde en teknisk undersökning där även bostadens ventilations- och uppvärmningssystem dokumenterades tillsammans med hushållsmaskiner och ev ovanliga eller dominerande material.

Analys av stoft utfördes med Tapesampler där luftprover passerar en tape som ansamlar partiklar över tid och där sottalet mäts reflektometriskt varefter medelhalten i luften kan beräknas för varje svärtad mätplats. Luftprover undersöktes med 2 h mellanrum. Undersökningarna utfördes under några dygn alt. 2 veckor. Samtidigt dokumenterades boendes aktiviteter under dygnet vilket kan ha stor betydelse för mätresultaten.

Partikelräkning utnyttjades sent i projektet och man utförde mikroskopering av provtaget material med svärtning. Luftomsättningen undersöktes med spårgasteknik. Slutligen undersöktes termisk sönderdelning av prover i testkammare (20 m³).

5.2.2 Resultat av fältundersökning

Totalt 11 objekt med 7 nedsvärtade bostäder, 3 referensobjekt och 1 specialobjekt.

Nedsvärtning återfanns i:

- Flerfamiljshus (2 st) och i småhus (5).
- Hus med vattenburen värme (2) och elvärme (5).
- Hus med lägre luftomsättning (<0,5 oms h⁻¹)
- Sothalter i utomhusluften varierar kraftigt (0-100 µg/m³, tapesamplers)
- Sothalter inomhus varierar mycket kraftigt (0-10 000 µg/m³, tapesamplers)
- Låg sotnivå när bostaden är utan brukare.
- Sotnivåhöjningar återkommer regelmässigt samtidigt med brukare och deras aktiviteter.
- Ett objekt visar tecken på återkommande och långsam nedsvärtning på mycket kalla ytor varför man antar att det orsakas av avsättning från alla typer av stoft på dessa ytor och i det fallet från uteluftens stoft.
- Effekten från eldning med ljus under flera timmar där detekterbara förhöjda halter av sot kan ses vid användning verkar inte resultera i några tydliga nedsvärtningar.

Studier med partikelräknare visade på olika grader av förhöjda partikelantal vid olika aktiviteter som utfördes i kammare och där matlagning, stekning utan användning av fläkt dominerade med 3 000 000 partiklar/liter luft (innan stekning 4 200). Även brödrostning ökade partikelantalet till höga nivåer (ca 200 000 efter rostning jämfört med 11 700 innan).

Sotbildningen vid termisk sönderdelning av olika material visade inga kraftigt förhöjda värden på sotbildning med tapeanalys trots kraftig rökbildning.

En intressant observation gällde undersökning av ljusstyper där en typ gav ett omätbart partikel tillskott och sotbildning medan en annan typ (blockljus) visade 13 000 µm/liter luft och 4 000 µg/m³.

Undersökning av vanligt förekommande textilfibrers påverkan av en het källa för bildning av partiellt förbrända partiklar och svärtningspartiklar, visade inga tecken på sotbildning vid undersökning med tapesamplers. Samtidigt poängterar författaren att denna mekanism inte kan uteslutas enkom av detta försök utan möjligen kan ses som att för att fenomenet ska uppstå ur detta kan ytterligare omständigheter, faktorer behövas.

Författaren konstaterar att sot/stoft i omgivningen kan ha en betydelsefull roll i hus med brister i isolering (köldbryggor), för avsättning av sot.

Byggmaterial i form av isolering, spånskivor och gipsskivor har ingen påverkan på stoftbildningen. Undersökning av sotbildningstendenser för olika material har ej lyckats under dessa försök.

Slutligen konstateras att luftomsättningen i undersökta bostäder generellt var låg (0,2-0,5 oms h⁻¹) och författaren föreslår att den bör ökas till >0,5 omsättningar h⁻¹ för att minska risken med svärtning.

5.3 Norsk kunskapssammanställning

”Heksesot - Årsaker, påvisning og tiltak”, Byggforskserien, Byggforvaltning – mars 2011 740.112. Denna rapport får ses som en kunskapssammanställning från norska forskningsinstitutet SINTEF och författad av David Hauer, Mycoteam AS. Där uppmärksammas orsakerna till uppkomsten av svärtning (Heksesot). Man skriver att fenomenet började rapporteras från Europa i slutet av 80-talet men forskningen kring fenomenet först aktualiserades i Tyskland på 90-talet.

De första fallen observerades i Norge 2004 och man konstaterar inledningsvis att det inte finns någon klar förklaringsmodell kring fenomenet.

Denna rapport tar upp närvaron av och fokuserar på semi-flyktiga organiska föreningar (SVOC) i många dagens byggprodukter med mjukgörande egenskaper i t ex PVC-mattor, filmbildare i vattenburen färg, murbrukstillsatser, träfiberprodukter, fogprodukter, polymera isoleringsmaterial, etc. Man nämner även bostäders ökade lufttätethet och minskad luftomsättning som orsaker till ökad koncentration av SVOC i inomhusmiljön.

Dessa föreningar är en form av tyngre kolväten (högkokande) med kokpunkter mellan 250-ca 380 °C som är klibbiga till sin natur och som ofta påträffas på nedsvärtade ytor. SVOC-familjen av föreningar är divers med olika funktionella grupper där flervärdiga alkoholer, alifatiska kolväten, glykoler, fettsyror och deras estrar samt ftalater är vanligt förekommande. En ytterligare observation för dessa tyngre föreningar är att med högre kokpunkt ser man en större tendens till elektrostatisk avsättning.

Partikelstorleken spelar roll för bildandet av svärtning enligt författarna. Man menar att partiklar normalt funna i innemiljön med en storlek i ett mellanskikt mellan 0,1 µm och 2,5 µm ges en lagom reaktionstid med andra ämnen i luften, t ex SVOC för att inte påverkas av gravitationen med snabb avsättning på horisontella ytor och inte heller sväva fritt mycket länge som partiklar <0,1 µm.

Författarna hänvisar till tre kriterier för detektering av svärtning:

- SVOC-närvaron i nedsvärtningen gör ytan klibbig på glatta underlag.
- Avsättningsmekanismen är sammansatt av flera faktorer; termisk, elektrostatisk och av smala spalter.
- Mikroskopering visar ett jämt fördelningsmönster och partikelstorlekar mellan 1-2,5 µm.

5.3.1 Avsättningsmekanism

I rapporten beskrivs förutsättningen för tillkomsten av nedsvärtningen är bildandet av en partikel där SVOC-ämnena som avdunstat från material har slagit sig samman med en sotpartikel. Faktorer som påverkar avsättningen är rumstemperatur, storleken på avsättningsytan i förhållande till rumsvolym, byggmaterialets kemiska adsorptionsförmåga till SVOC-partikeln men även ytterligare mekanismer som kan förstärka möjligheterna till avsättning. De ultrafina och fina partikelstorlekarna, ej

specificerade som sot, kan fästa sig på SVOC-ämnena och bilda större partiklar i storleksordningen 1-2,5 μm . Dessa partiklar kan därefter avsättas på ytor med möjlighet att ingående SVOC-ämnena ånyo sublimeras (förgasas direkt från fast fas) och förflyttas till en annan yta beroende på temperaturförhållanden. Avlägsnande av svärtning är därför nödvändigt för att undvika ytterligare nedsvärtning, t ex från en initialt nedsvärtad kall yttervägg till ett kylskåp (kondensation på kall yta).

Svärtning ses ofta på lokalt nedkylda partier, köldbryggor från t ex regler men även gipsskruvar är vanliga avsättningsplatser. Temperaturskillnaden mellan rumstemperaturen och temperaturen som behövs vid den lokala ytan är betydligt mindre för att orsaka den relativt snabba process svärtning innebär än vad som behövs för att orsaka normal nedsmutsning av smutskondensering, t ex vid mycket varma halogen lampor.

Det förekommer även en elektrostatisk mekanism för svärtning där effekten t ex observeras på väggkontakter och strömbrytare. Man nämner att dessa tyngre föreningar har mer polär karaktär med ökad kokpunkt varför dessa partiklar med SVOC-inblandning påverkas av statiskt elektriska fält och kan anrikas på dessa produkter. Detta gäller även andra produkter med förmåga till statisk elektrisk uppladdning som plastprodukter, köksutrustning men även i närhet av dessa produkter.

Ytterligare en mekanism som identifieras är avsättning vid smala spalter som ett resultat av den s k Brownska rörelsen för små partiklar. Partiklar i aktuellt storleksområde för svärtning, 2,5 μm , avsätts gärna vid t ex dörrkarmar, bakom tavelramar och liknande smala öppningar.

Författarna nämner även faktorer som förstärker effekten vid nedsvärtning där temperatur och luftfuktighet påverkar nedsvärtningen. Vid bildning av SVOC-partiklar från förångade SVOC-ämnen och luftens partiklar, minskar mängden av partiklar vid kondensationen till större aggregat, en slags momentan "luftreningseffekt". En temperatursänkning kan minska mängden av emissioner från material medan en snabb temperaturhöjning ökar halten SVOC i luften. Under uppvärmningssäsongen, där fenomenet generellt uppstår, sker detta vid mycket låg relativ fuktighet och man konstaterar att i den miljön ökar nedsvärtningseffekten p g a den ökande statiska elektriciteten.

Eldstäder har ofta beskyllts som en huvudorsak till svärtning i likhet med eldning av ljus men man konstaterar dock att det är flera faktorer som samspelar vid just eldning. Företeelsen skapar flera fall av ogynnsamma förutsättningar och risk för uppkomsten av svärtning som har konstaterats tidigare:

- Lokalt höga temperaturer ökar avgivningen av SVOC-ämnen.
- Högre rumstemperatur sänker relativa fuktigheten och ökar statiska elektriciteten.
- Varma ytor vid eldstaden förbränner damm och partiklar i rumsluften vilket höjer sotmängden.
- Risker vid ofullständig förbränning och dålig rökavgång är spridning av sotpartiklar från elden till inommiljön.

I likhet med andra studier kring svärtning konstaterar författarna att låg ventilation förvärrar problemet med svärtning med ökad partikelkoncentrationen i inommiljön. Det

är vanligt under uppvärmningssäsongen att brukare försöker minska på ventilationen för att minska kalldrag från tilluftsventiler men även för att minska på buller från anläggningen.

Man beskriver skillnaden mellan vanlig nedsmutsning kring varma ytor (smutskondensering), t ex vid halogenlampor och snabb nedsvärtning med att det sistnämnda inträffar vid små temperaturdifferenser medan nedsmutsning sker vid högre temperaturskillnader. De olika förhållandena ger dessutom olika typer av nedsmutsning där svärtning/Heksesot ger avsättning av mycket små partiklar medan vanlig smutskondensering ger en större spridning av partikelstorlekarna.

Hälsorisker vid uppkomsten av svärtning är ej klarlagda enligt författarna.

Den norska rapporten föreslår ett antal åtgärder för att minimera risken med svärtning/Heksesot.

- Sörj för god ventilation, speciellt i nybyggda eller renoverade bostäder.
- Undvik stora temperaturändringar och även köldbryggor.
- Undvik och minimera byggfukt.
- Utnyttja lågemitterande material där även ingående SVOC-ämnen bör vara minimerade.
- Säkerställ god härdning vid polymera produkter och uttorkningstider för färg.
- Undvik sotkällor första vintern.
- Utnyttja LED-armaturer istället för halogen.

Vid saneringsåtgärder rekommenderar författarna rengöring med fettlösande produkter innan ommålning. Man föreslår lågemitterande färgtyper vad gäller SVOC. Traditionella lösningsmedelsbaserade färger fungerar bättre än vattenbaserade. Målningsarbeten bör dessutom utföras under våren med god ventilation. Slutligen nämner man att problemet är normalt sett borta efter 2-5 år.

5.4 Tyska undersökningar

Vetenskapsområdet kring fenomenet svärtning, plötslig nedsmutsning, ”Black Magic Dust” (BMD), ”Schwarzen Wohnungen” av inre bostadsytor är relativt nytt i Tyskland och har bara rapporterats sedan slutet av 90-talet (Salthammer et al. 2011). Den vetenskapliga litteraturen inom området är dessutom begränsad och den senaste artikeln kring BMD rörande bostäder publicerades 2013 (Fittschen et al. 2013).

Det finns dock viss aktivitet i närliggande områden kring undersökningar av partiklar och deras avsättning på material (Chen 2016) och även inom fordonsindustrin (Saykin 2015).

Problem med nedsvärtning har även beskrivits inom museivärlden där konstföremål inte sällan påverkas av nedsvärtning över tid. Fenomenet brukar även konstateras i kyrkor och andra äldre typer av kulturbyggnader. I dessa äldre byggnader med förväntad nedsmutsning över längre tid skiljer sig observationen som sker vid plötslig nedsmutsning - svärtning/BMD genom att den senare sker under kort tid, veckor, dagar och inte under årtal.

Fenomenet svärtning/BMD har observerats och rapporterats framförallt från Tyskland men det förekommer/rapporteras även från Schweiz och övriga nordliga länder inom i-världen, tex länder i Skandinavien, USA och Canada. I Tyskland observeras fenomenet i ca 1 av 1000 bostäder och framförallt under uppvärmningssäsongen. I Tyskland har ämnet även belysts vid specifika möten under 2000-talet i tyska arbetsgrupper.

I en undersökning av 1000 drabbade bostäder i Tyskland visade det sig att 92 % av fallen inträffade under uppvärmningssäsongen och att i 86 % av fallen skedde de i nyrenoverade alternativt nybyggda bostäder. Nedsvärtning förekom på väggar vid radiatorer men även på kakelplattor och på elektrisk utrustning samt plastytor. En faktor som ofta var gemensam var närvaron av nya PVC-mattor och målade väggytor. Några större skillnader i levnadsvanor eller ventilation kunde inte konstateras (Salthammer et al. 2011 och referenser däri). Författaren konstaterar att det i analyser visade sig att det i endast några få fall var förväntade förbränningsprodukter identifierade som skulle kunna vara upphov till nedsvärtningen.

Resultat efter den relativt stora undersökningen i Tyskland fokuserade på området kring uppkomsten av svärtning och misstankar kring semi-flyktiga organiska föreningar (SVOC), ofta identifierade vid undersökningar av drabbade ytor. Undersökningar med kammarförsök för att simulera uppkomsten av svärtning gav dock ej konklusiva resultat och man kunde inte heller upprepa nedsvärtningsprocessen under de omständigheterna med utvalda material med hög halt mjukgörare och köldbryggor. Istället nämner Salthammer att orsaken till fenomenet kan hänföras till ett antal olika förutsättningar som gemensamt antas skapa förutsättningar för svärtning.

Gemensamma faktorer för fenomenet svärtning tar även Fittschen upp och nämner:

- I. Halvflyktiga organiska ämnen (SVOC) från renoveringsprodukter bidrar signifikant till fenomenet.
- II. Uppträder vanligtvis i lågt ventilerade under dagtid ej utnyttjade utrymmen.

Man konstaterar att dessa fenomen börjar observeras efter det att nya lagkrav kring produkters innehåll av lösningsmedelskemikalier och ersättning av dem med vattenburna produkter med mindre mängder flyktiga organiska lösningsmedel samt energiförbättrande åtgärder inom byggandet. En ytterligare faktor var även högre krav på byggnadernas lufttäthet och ett minskat ventilationskrav, från 1 omsättning (h^{-1}) till en $0,5 \text{ h}^{-1}$.

Fittschen (2013) diskuterar kring föreslagna teorier för fenomenet och nämner Moriske, Salthammer (2001, tysk och 2003, engelsk version) *The Phenomenon of "Black Magic Dust" in Housing Units*. De konstaterar att fenomenet ofta korrelerar med närvaron av SVOC-ämnena och framlägger även teorin att det kan vara två vägar till nedsvärtning:

- I. Väggytor täcks av ett kladdigt ytskikt från SVOC-ämnena där partiklar kan fastna.
- II. Luftburna SVOC-ämnena och nedsvärtningspartiklar kondenserar med varandra innan de avsätts på ytor.

Både dessa vägar beror av närvarande SVOC i luften. Ett stöd till denna teori är att användning av lågemitterande renoveringsprodukter kan eliminera uppkomsten av fenomenet och även avlägsnandet av partikelgenererande processer som ljuseldning, eldning i öppen spis etc. Effektiv luftrening gav dessutom ett gott resultat.

Författarna föreslår i sin studie kring luftburna ämnen i inomhusmiljö att en variant på tidigare nämnd teori skulle kunna beskriva tillkomsten av svärtning där hänsyn även tas till följande parametrar:

1. Förutom SVOC från byggprodukter kan sannolikt SVOC/VOC från hushållsprodukter som rengöringsmedel, parfymer, paraffinljus, oljor var relevanta för bildning av svärtning.
2. Bostäders ökade lufttäthet och många gånger brister i ventilation ledande till förhöjda halter av flyktiga ämnen.
3. Nödvändigt med partiklar som kondenserar till en för svärtning effektiv storlek, $>0,1 \mu\text{m}$ men $< 10 \mu\text{m}$.
4. Partiklar beter sig som ett "frö" (kondensationskärna för SVOC) för bildning av en större sammansatt partikel med förmåga att sväva i luften för att därefter avsättas på en yta.

En förhöjd halt av luftburna partiklar är således nödvändig för fenomenet att äga rum.

Fittschen utnyttjade ett stort antal identifierade bostäder med svärtningsproblem i trakten av Hamburg, Tyskland, där 55 bostäder var påverkade av svärtning (BMD). 137 bostäder med avsaknad av svärtning (IS) ingick som referenser i studien kring partikelmätningar och undersökning av kemisk sammansättning av de nedsvärtade ytmaterial.

Resultaten visar på skillnader i partikelkoncentrationer och även i nedsvärtningsutseendet för de olika fallen. Här följer ett sammanfattning av de olika analyserna:

- Undersökta luftburna partiklar i nedsvärtade objekt (BMD) jämfört med referenshus visade att BMD-husen uppvisade en bubbellikande filmbeläggning som inte återfanns i referenshusen vid provtagning av luften.
- Den observerade utfällningen innehöll mycket kol jämfört med yta utan utfällning.
- Dessa i BMD-hus funna svarta beläggning antas uppvisa en hög kondensationsförmåga.
- Fördelningen av partikelstorlekar mellan objekttyperna visar på en 100 % högre halt av PM_{2,5} i BMD-husen jämfört med hus utan svärtning. Den partikelstorleken anses vara *en* anledning till uppkomsten av fenomenet.

En fråga kring partiklarnas ursprung i inomhusmiljön föranledde till en jämförande undersökning av partikelmängden och storleksfördelningen utom- och inomhus. Mätningarna av PM₁₀ och PM_{2,5} visade högre halter inomhus än utomhus varför påverkan från uteluften kunde tonas ner. Det var dessutom inga högre halter utomhus i närheten av BMD-hus. Dessa resultat leder till att den förhöjda partikelmängden av PM_{2,5} inomhus bör bero på en bildning av dem i inomhusmiljön.

6 Exempel från offentliga källor

Här följer några fall kring svärtningsfenomenet från offentligt tillgängliga källor.

6.1 Rättsfall kring svärtning

6.1.1 Hovrättens dom kring svärtning i lägenhet, 2020

Två lägenheter i Helsingborg har varit utsatta för fenomenet efter tidigare utförda ommålningar och hovrätten slår fast att det åligger hyresvärden att sanera uppkomna nedsvärtningar. Beslutet meddelades 2020-01-17 och är ett prejudicerande fall. Vad som är orsaken har dock inte slagits fast men Hovrätten stödjer hyresnämndens tidigare beslut.

https://www.domstol.se/globalassets/filer/domstol/svea_hovratt/svea-hovratts-hyresrattsliga-avgoranden/2020/oh-11917-18.pdf

6.1.2 Helsingborgs tingsrätt kring svärtning, 2012

Tingsrätten skriver i sin dom att det finns flera tänkbara källor till nedsotning och att det inte är bevisat hur det gått till. Man ogillade skadeståndsanspråket från hyresvärden.

<https://www.hemhyra.se/nyheter/vaggarna-var-fulla-av-sot-%e2%88%92par-stamdes-pa-23-000/>

6.2 Exempel ur dagspressen

6.2.1 Örebro 2012

Närkes allehanda beskriver fall med plötslig nedsotning/svärtning i hyreslägenhet på tapeter, i garderober, på väggytor och taklister samt under tavlor. Endast en lägenheten är drabbad. Utförda analyser av provtaget material visar på kolinnehåll men inga tydliga orsaker eller åtgärder.

<https://www.na.se/artikel/mystiken-pa-storgatan-det-finns-sot-overallt>

6.2.2 Ockelbo 2014

Ytterligare exempel på svärtning beskrivs av Arbetarbladet 2014 i Ockelbo där fenomenet dök upp efter upprustning och ommålning av lägenhet. Ett år efter åtgärderna uppstod den sotiga beläggningen.

<https://www.arbetarbladet.se/artikel/det-oljiga-sotet-forsvinner-inte>

6.3 Myndigheter och arbetsmiljömedicin

6.3.1 Boverket kartläggning av fel, brister och skador

Boverket konstaterar att fenomenet har uppmärksamats i Norge och Norden men med lite medial spridning. Hälsoriskerna bedöms dock som låga.

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2018/kartlaggning-av-fel-brister-och-skador-inom-byggsektorn.pdf>

6.3.2 Miljömedicinsk bedömning av svärtning i bostad

Västra Götalandsregionens miljömedicinska centrum (AMM, Gbg) beskriver i en rapport en lägenhet i Mölndal 2013 med tydliga tecken på svärtningsproblematik, där man uppdragits komma med en hälsoriskbedömning. Svärtningen har uppstått efter upprepade ommålningar vid köldbryggor på ytterväggar men även kring hyllor och fönsterbrädor med underliggande radiatorer och lokala luftströmmar.

<http://docplayer.se/2434959-Miljomedicinsk-bedomning-av-svartning-i-bostad-s-k-black-magic-dust.html>

7 Sammanfattning av litteraturundersökning

Informationen vi har studerat och tagit del av i denna genomgång visar på att det finns omständigheter inom bostadsmiljön med dagens byggnadsmaterial men även med vårt boendebeteende samt hur vi utnyttjar ventilationen i bostaden som kan skapa förutsättning för plötslig nedsvärtning av ytskikt inomhus – fenomenet svärtning, Black Magic Dust. Samtidigt, med dagens kunskapsläge kring problematiken, finns det möjligheter att minska eller att helt eliminera uppkomsten av svärtning genom att undvika identifierade orsaker som sätts i samband med fenomenet vid nybyggnation och vid renoveringar.

Sammanfattande råd från rapporterna:

1. Säkerställ en god och funktionell ventilation för att minska koncentrationer av flyktiga och halvflyktiga ämnen i innemiljön.
2. Undvik stora temperaturförändringar i bostaden som kan utlösa ökad avgivning av emissioner till rumsluften.
3. De två första uppvärmningssäsongerna vid nybyggnation/renovering är extra riskfyllda för uppkomst av svärtning varför god ventilation är viktigt.
4. Undvik även sotkällor dessa första vintrar, speciellt eldning av paraffin-och doftljus samt i synnerhet vaxljus.
5. Utnyttja material med låga egenemissioner och speciellt med låga SVOC-mängder.
6. Undvik varma luftströmmar, t ex halogenlampor (spottar) genom att utnyttja motsvarande LED-armaturer med lägre yttemperaturer och minskad risk för svärtning.
7. Kalla ytor, t ex köldbryggor, med stor risk för nedsvärtningsproblem, bör undvikas och åtgärdas vid upptäckt.

8 Avslutande kommentarer

Sammantaget finns relativt mycket gjort inom forskningsområdet ”nedsvärtning”, utan att man med något stor säkerhet kommit fram till exakt vad fenomenet beror på. Det som saknas i flera beskrivningar och teorier om olika samverkande parametrar listade i många rapporter är vad som är själva *källan* till ”svärtan”, dvs vad är det som gör vanligt

hushållsdamm svart, eller i vart fall mörkt grått? SVOCar och vanligt ”hemmadamm” ger rimligen inte denna tydliga mörka missfärgning, oavsett var och hur de avsätts!

Även om det i några studier sägs att de boende inte eldar levande ljus eller dylikt är det kanske svårt att få ett helt heltäckande svar på frågan?

I vår artikelsökning har ”emissioner från ljus/candles” *inte* ingått av avgränsningskäl men här måste ändå nämnas en intressant artikel av *Pagels, J et al. (2009)*, Lunds Univ. där stor skillnad i sotproduktion kunde mätas upp med olika metoder, dels mellan olika ljusstyper, (paraffin vs stearin) dels mellan brinnande ljus i drag och i stillastående luft. Sotande låga ger upphov till stora mängder elementärt kol (elemental carbon, EC) vilket agglomererar till större partiklar. Primärt är det ”ultrafina” kolpartiklar med diametermaxima runt 25-30 nm innan de bildar större aggregat/kedjor, liknande det som sker med sot från dieselmotorer.

https://www.researchgate.net/publication/223827610_Chemical_composition_and_mass_emission_factors_of_candle_smoke_particles

Med lite större resurser i några framtida skadefall borde det vara möjligt att mäta förekomsten inte bara av partiklar och damm i största allmänhet, utan även av elementärt kol (EC), alternativt ”black carbon” (BC), som mått på förekomsten av sotpartiklar även i fält. Gärna tidsupplöst över längre tid och med aktuella brukarvanor intakta. För dessa mätningar finns idag flera olika instrument (vilka inte alltid fanns tillgängliga förr) och om de gjorde det, tillät kanske inte budgeten att dessa kunde nyttjas. De kan vara mer eller mindre sofistikerade och med olika storlek och prislappar. I bilaga 1 i rapport *Johansson, C et al. (2007)*, om utomhusluft, beskrivs aktuella mätmetoder för bl a sot, elemental carbon (EC) samt organic carbon (OC). http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/itm2007_153.pdf

Kan här tilläggas att idag finns billiga och små optiska partikelsensorer som gör det möjligt att kostnadseffektivt följa skillnader i stofthalt parallellt mellan olika rum och positioner i en bostad.

En annan rapport av intresse för området ”nedsvärtning” är en artikel om den mänskliga förmågan att upptäcka sot, här på konstföremål. *Cass, G et al. (2000)* https://www.researchgate.net/publication/277434083_A_Study_on_the_Human_Ability_To_Detect_Soot_Deposition_onto_Works_of_Art

I artikeln hävdas att det bara krävs 2,4 % täckningsgrad av sotpartiklar på en ljus yta för att den ska kunna ses som en missfärgning, förutsatt att man har en ren referensyta alldeles intill. Och har man annan bakgrund behövs bara 3,4 % sottäckning för att skillnaden ska kunna ses. I ett hem är det ofta lätt att få fram en ren ”referensyta” genom att flytta en tavla, öppna en låda etc.

Vår tolkning av detta är att det inte behövs särskilt många sotpartiklar/sotaggregat, med eller utan vidhängande andra dammpartiklar eller kondenserade SVOCs på en yta för att dessa missfärgningar ska bli uppenbara. Det under längre tid förhärskande heminredningsmodet med helt vita väggar etc, gör det ju än lättare att se dessa förändringar över tid. (På mörkt mönstrad tapet lär det rimligen ta betydligt längre tid.)

Referenser

1. Wenberg, H et al. (1977). Nedsvärtning i bostäder. *Slutrapport 1977:1. Konsumentverket*. ISBN 91-7398-080-3.
2. Werner, J. (1978). Uppkomst och förekomst av svärtande partiklar i bostadsluft. En studie av sju nedsvärtningsbostäder. *Rapport R102:1978. Byggforskningsrådet*.
3. Salthammer, T et al. (2011). Effect of particle concentration and semi-volatile organic compounds on the phenomenon of 'black magic dust' in dwellings. *Building and Environment* 46 (2011) 1880-1890.
4. Fittschen, U et al. (2013). Indoor Aerosol Determination with Respect to a Soiling Phenomenon in Private Residences. *Environ. Sci. Technol.* 2013, 47, 608–615.
5. Hauer, D (2011). Heksesot - Årsaker, påvisning og tiltak. *Rapport 740.112. Byggeforsserien. SINTEF Byggeforsk.*
6. Pagels, J et al. (2009). Chemical composition and mass emission factors of candle smoke particles. *Journal of Aerosol Science* 40(3):193-208.
7. Johansson, C et al. (2007). Relationerna mellan halterna av PM10, PM1 och sot i Sverige. *ITM-rapport 153*.
8. Cass, G et al. (2000). A Study on the Human Ability To Detect Soot Deposition onto Works of Art. *Environmental Science and Technology* 34(10):1946-1952.

9 Appendix

9.1 Sammanställning av Nedsvärtning i Bostäder – Slutrapport 1977:1

Här följer en utförligare sammanställning av Nedsvärtningskommitténs slutrapport från 1977 som komplement till sammanfattningen given ovan i kap 5.2.

Redan under slutet av 60-talet förekom det observationer i Sverige, Norge och även i ytterligare länder med oförklarliga fall av plötslig nedsvärtning i bostäder och beskrivs bl a i en rapport från Konsumentverket (Nedsvärtning i Bostäder – Slutrapport 1977:1). Rapporten var en sammanfattning av ett antal undersökningar som utförts av institutioner och togs fram av en arbetsgrupp med deltagare från olika industri-, myndighets- och institutionsrepresentanter.

I detta arbete ingick även följande myndigheter och institutioner i den s k nedsvärtningskommittén:

TEFO	(Svenska Textilforskningsinstitutet)
SINTEF	(Selskapet for Industriell og Teknisk Forskning ved Norges tekniske høgskole)
KOV	(Konsumentverket)
SIB	(Statens Institut for Byggnadsforskning)
SNV	(Statens Naturvårdsverk)
SP	(Statens Provningsanstalt)
IFM	(IFM Akustikbyrå AB)

Projektarbetet fördelades i 7 delprojekt enligt nedan:

1. Litteraturundersökning	TEFO
2. Kartläggning	KOV
3. Fältundersökning med kemiska analyser	KOV (SINTEF-TEFO)
4. Värmekällans betydelse	SINTEF
5. Olika föroreningskällors betydels	SINTEF
6. Byggnadsmaterialens betydelse	TEFO
7. Sammanfattande analys	

Man konstaterade att nedsvärtningen drabbade rena ytor under kort tid, ibland inom bara ett dygn. Både fläckvis och eller i form av ränder och i andra fall ojämt över hela bostaden: på väggar, tak, textilier eller i skåp. De nedsvärtade ytorna var svåra att rengöra och medförde både ekonomiska problem och stor oro för bostadsinnehavaren och fastighetsägare samt även frågor kring ansvarsförhållanden.

Fenomenet med nedsvärtning fick under vintern 1973-74 stora proportioner och misstankar om att eluppvärmning skulle kunna vara en bidragande orsak till observationerna gjorde att FERA (Föreningen för Elektricitetens Rationella Användning) och dess elvärmegrupp bjöds in att delta tillsammans med byggindustrin, fastighetsägare, försäkringsbolag, forskningsinstitutioner och berörda myndigheter att informellt diskutera nedsvärtningsproblemet. Dessa diskussioner ledde till arbetet med att undersöka och kartlägga nedsvärtningens orsaker presenterade i ovan nämnda rapport.

9.1.1 Fältundersökningar och experiment

Genom enkäter till hälsovårds- och byggnämnder m fl under vintern 1974-75 och till allmänheten fick Konsumentverket kännedom om 1 500 nedsvärtade bostäder där 80 % utgörs av småhus och 20 % återfanns i flerfamiljshus. Småhusen drabbades oftare än flerfamiljshusen och småhusen hade även oftare elektrisk uppvärmning (79 %). Nedsvärtningen förekom dock vid alla typer av uppvärmning om än i varierande utsträckning.

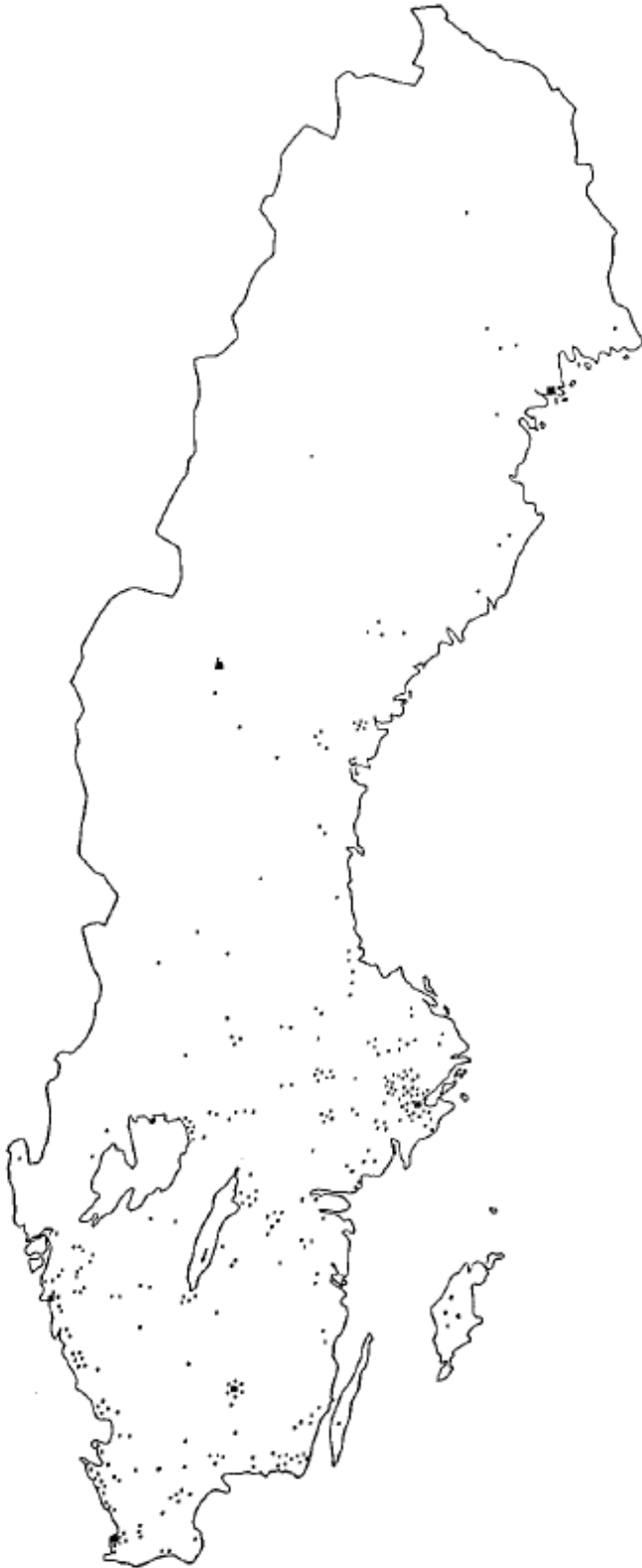
Vid direktkontakt med bostadsinnehavare i 181 fall av nedsvärtning framkom information om att 55 fall inträffade det första året, 53 under det andra året och de övriga 77 efter mer än 2 år efter inflyttning. Nedsvärtning är vanligast i relativt nya eller nyrenoverade hus och inträffar till stor del under vinterhalvåret/uppvärmningssäsongen. Problemet rapporteras från samtliga län, se figur 1 nedan.

Ett antal av bostäderna undersöktes för att ge en både teknisk status på bostaden men också information kring boendevanorna hos de hushåll som drabbats av nedsvärtning (NS-hushåll) - om och hur de skiljer sig från inte nedsvärtade hushåll (INS-hushåll).

- 53 nedsvärtade hushåll intervjuades
- 32 utan nedsvärtning

De intervjuade hushållen var fördelade i 20 olika områden. Teknisk besiktning genomfördes i 21 NS-lägenheter och i 20 INS-lägenheter.

Figur 1. Nedsvärtnings spridning över landet.



9.1.2 Slutsatser av fältundersökningarna

Ett antal hypoteser hade föreslagits tidigare men efter sammanställning av resultaten konstaterade man att:

- Påverkan utifrån kunde uteslutas.
- Ingen tydliga skillnader mellan påverkade och opåverkade bostäder. Man konstaterade att i de nedsvärtade bostäder röktes det t o m mindre än i de ickepåverkade. Dessutom förekom ingen onormal användning av sprayer.

Kvarvarande hypoteser, möjliga orsaker som återstod var:

- Eldning av levande ljus.
- Uppvärmnings- och ventilationssystem.
- Syntetiska ytmaterial i t ex golv, tapeter etc.
- Syntetiska textilier i t ex heltäckningsmattor, hemtextilier.

Observationerna kring levande ljus var dock att varken användningstillfällen eller antalet ljus man tände vid varje tillfälle visade sig ha någon större betydelse för nedsvärtningen. Författarna nämner dock att andelen som använde extremt många och grövre ljus var högre i nedsvärtade bostäder men samtidigt så förekom det även nedsvärtning i bostäder som aldrig använde ljus.

Ventilationen i både påverkade och opåverkade bostäder var generellt låg och $< 0,3$ omsättningar h^{-1} , som jämförelse var Svensk Byggnorm vid denna tid $0,7$ omsättningar h^{-1} . Den låga ventilationsgraden gällde framför allt i de elektriskt uppvärmda bostäderna.

9.1.3 Experimentella undersökningar

Bedömningen av materialen utfördes av TEFO och SINTEF. Nedsvärtningsprocessen och sotkällan kommenterades av Gösta Perla, SP, där han beskriver den i tre olika delmoment:

1. Sotgenerering vid t ex ofullständig förbränning av organisk substans genererar partiklar, t ex vid eldning av ljus med dåligt utformad veke men han nämner även påverkan på organiskt damm och varma/heta ytor som kan delvis förbrännas och skapa partiklar.
2. Förflyttningen, distributionen av sot och dammpartiklar i luftrörelser som uppstår av temperaturvariationer har betydelse.
3. Avsättningen av partiklar på ytor genom termodiffusion, elektrostatisk uppladdning eller genom rena massattraktionskrafter för partiklar med låg hastighet och i omedelbar närhet till en yta och i synnerhet om ytan är påverkan av ett kladdigt skikt. Perla beskriver det som *”att nedsmutsningen är ett tvåstegsfenomen där utfälda mjukgörare i vissa skeden kan omvandlas till sådana kladdiga ytor och därigenom få ”flugpappers- effekt” som kan leda till en mycket hastig nedsvärtning.*

I arbete med att analysera prover utnyttjades analystekniker och instrument som även återfinns i dagens laboratorium, mikroskopering, tunnskiktskromatografi (TLC) och gaskromatografi/masspektrometri (GC/MS).

Försök med snabb ljusförbränning av stora mängder ledde till nedsvärtning och även vid placering i drag. Men försök med att undersöka svärtningseffekter vid uppvärmning av ren mjukgörare, dioktylfталат (DOP), misslyckades om inte ämnet placerades i radiatorns innandörr. Däremot uppvisade syntetiska material vid sk fogningsförsök under måttlig uppvärmning redan vid rumstemperatur tydliga tecken på bildning av kladdig yta.

9.1.4 Händelser i boendestandarden under denna tid

Rapporten konstaterar att fenomenet uppstod under 60-70-talet och att det skedde en ökning under 70-talet varför man misstänkte att nya faktorer, som kom att introduceras under denna tid i byggprocessen/boendemiljön/boendevanorna, hade en avgörande effekt. Författarna diskuterar att introduktionen av nya syntetiska produkter inom boendemiljön och uppvärmningssystem med elradiatorer var av sådan grad att fler observationer av nedsvärtning borde ha uppstått än vad som rapporterades varför det ligger nära till hands att tro att det måste vara flera ogynnsamma delar som behöver samverka för att fenomenet ska uppträda.

Ett exempel på introduktionen av nya syntetiska material, plaster, under denna tid visas i tabell 1 nedan. Dessa siffror visar på en dramatisk ökad användning av plaster inom i-världen.

Tabell 1

Länder	1950	1960	1965	1969
VÄSTTYSKLAND	1,8	15,0	28,5	50,5
SVERIGE	2,3	11,0	24,8	46,5
USA	6,4	13,7	24,7	39,1
JAPAN	0,2	5,8	14,2	32,8

Källa: Sveriges Plastförbund

Ökningen av plastanvändningen under 70-talet fortsatte därefter bl a beroende på den ökande användningen i byggindustrin och inom inredning, t ex i golv-, vägg- och takmaterial, lister, karmar, möbler, isoleringsmaterial, VVS-material, lim, fogtätningmaterial, inomhusfärger etc. Författarna nämner att dessa nya produkters egenskaper kan nya och ogynnsamma egenskaper var för sig eller tillsammans för både miljön och för brukarna. Ett exempel på nya material är plastfärgerna som utvecklades och fick ökad användning både för yrkesmålare och kanske framför allt av konsumenterna som fick en lättanvänd produkt men med nya egenskaper.

9.1.5 Nedsvärtningsförsök vid TEFO

Vid undersökningar med torr luftburen fet nedsmutsning visade man att olika material påverkades olika av svärtning. Produkttyper som undersöktes var:

Laminat (melamin), golvmaterial (PVC-plast, parkett, linoleum), målade vita ytor, plastdetaljer, väggar, tak (PVC-plast), textiltapeter och papperstapeter.

Nedsmutsningseffekten var olika både mellan materialtyper och inom grupperna. Laminat påverkades minst av alla material. Alkydfärgen påverkades mest inom färgerna. Linoleum påverkades mest av golvmaterialen. Mest påverkades de textila tapeterna med sin grova struktur tillsammans med PVC-dörrfoder. Platslisterna visade en ojämn nedsvärtning och man spekulerar i om det kan bero på statisk laddning. Ytor med misstänkt statisk laddning påverkas med ett flammigt utseende.

Ytmaterialens komponenter och dess mjukgörare ftalater identifieras som en gemensam komponent. Emission av dessa mjukgörare har diskuterats tidigare och även inom bilindustrin där det undersöks med emissionstester, foggningsprovning och resultatutvärderas på glasskivor med ändrad glans efter påverkan av emissionerna. Denna undersökningsmetod utnyttjades för test av material från ingående objekt i konsumentverkets fältundersökning och TEFO fann att den tydligaste effekten av glansändring kom från textiltapeten med lintrådar limmade med lim som innehöll dibutylftalat (DBP). Man konstaterade också att effekten från mjukgöraren kunde helt uteslutas vid val av annan limtyp.

9.1.6 Ventilation, uppvärmning och konstruktion

I rapporten diskuteras inverkan av undermålig ventilation som en komponent i observerade nedsvärtningsfall. Bristfälliga mekaniskt ventilerade lägenheter men även lägenheter med självdragsventilation uppvisade generellt låga värden för luftomsättning med flertalet i området 0,1-0,3 omsättningar h^{-1} jämfört med dagens riktvärde på 0,5 omsättningar h^{-1} . Man konstaterade också att köksfläkten endast användes temporärt och därmed skapade förutsättningar för partikelbildning vid matlagning. Skillnaden mellan nedsvärtnade och icke nedsvärtnade lägenheter var däremot inte tydlig i redovisade data för uppmätta ventilationsvärden. Energiförbättrande åtgärder med att täta till luftspringsor i fönster har ytterligare minskat infiltrationen av luft till den redan låga ventilationen.

Under denna tid från mitten av 60-talet till 70-talet förändrades även uppvärmningssystemen radikalt med installationer av direktverkande el i småhusproduktionen. Man visar i data från Statistiska meddelanden BO1975:25 att 1966 utnyttjad bara 13 % av småhusen direktverkande el men att 8 år senare, 1974 hade andel elanvändare för uppvärmning ökat till 72 %. En lägre installationskostnad var ofta anledningen till valet av system. De tidigt installerade elradiatorena var av den öppna typen där de varma elementtrådarna kunde nå ca 450 °C och därmed leda till förbränning av dammpartiklar och sannolikt påverka inomhusmiljön negativt samt även öka risken för nedsvärtning.

Byggkonstruktionerna för framförallt småhus till lätta stommar med uppreglade konstruktioner ledde inte sällan till, enligt Konsumentverkets försöksverksamhet med fastighetsreklamationer, brister med otätheter i klimatskalet och uppkomst av kalla ytor, kondensproblem och drag. Man upptäckte även köldbryggor i tak med dåligt utformad isolering. Dessa partier i klimatskalet med lägre temperatur kan komma att påverkas av termodiffusion med avsättning av partiklar där ett synligt mönster uppstår på köldbryggor med kallare temperatur, t ex reglar, takstolar och vid brister i isoleringen.

9.1.7 Sammanfattning av resultat

9.1.7.1 Det kemiska stoftets sammansättning

Efter mikroskopiska och kemiska analyser av undersökta prover från olika bostäder fördelade över landet visar liknade strukturer från prover tagna i samma område medan det skiljer mellan regioner och därför är geografiskt betingat. Göteborgs dammet uppvisade större andel kolpartiklar.

En kemisk analys från en nedsvärtad lägenhet uppvisade blandning av olika tyngre metylfettsyraestrar med myristinsyra (C14), palmitinsyra (C16) och stearinsyra (C18).

Analyser utförda av SINTEF i både svenska och norska bostäder visade på i huvudsak tre typer av organiska föreningar som kan kopplas till nedsvärtning:

4. Paraffiner
5. Ftalsyraestrar
6. Fettsyror och deras estrar

Dessa ämnen kan enligt rapporten härledas till olika källor där paraffiner förväntat återfinns i paraffinljus men som även kan spåras till spånplattor och bonvax.

Ftalsyraestrarna finns i många syntetiska material och moderna målarfärger som hade lanserats under denna tid som mjukgörare och vanligt förekommande var dioktylfatalat (DOP).

Intressant är att ftalaten observerades på material som inte kan avge ämnet, elradiatorer, fönster och glasbänkar. En avsättning av mjukgöraren via luften kan därför vara en bidragande orsak till svärtningsfenomenet.

Risken för att fettsyror och deras estrar i inomhusmiljön skulle vara orsak till svärtning är liten enligt författarna då endast enstaka fall förekommer.

Funna partiklar av oorganiskt ursprung anses härstamma från utomhusmuts.

9.1.7.2 Faktorn - Levande ljus

I fältundersökningarna av nedsvärtade bostäder visade det sig att svärtning förkom i både hus med ljus användning och i de utan ljus användning. Stearinljus sotar mindre än paraffinljus och större ljus bör undvikas när dessa större paraffinljus avger stora mängder paraffin direkt till rumsluften.

Drag skapar större sotning vid ljus användning.

Ett intressant resultat kan vara från ett försök hos SINTEF. Vid kontinuerlig eldning av ljus ändrades sotmängden efter 30 h när avsättning av partiklar skedde och sotmängden minskade.

Rapportens resultat kring undersökningarna ger att det inte går att utesluta ljus som sotkälla i vissa fall där man kunnat påvisa paraffiner i svärtan men att det vid fall utan ljuseldning får anses vara en mindre sannolik orsak.

9.1.7.3 Faktorn – Byggmaterial

Vid undersökningar kring byggmaterial konstaterades att ytmaterialens struktur inte påverkar avsättningen av svärtning. Lägenheter med svärtningsproblem har uppvisat mjukgörare vid analys av nedsvärtade prover. Undersökning av emissioner och avsättning på ytor (kalla) vid foggningsförsök visade tydliga emissioner vid högre temperaturer men att det även förkom vid rumstemperatur. Foggningsens temperaturberoende visade att den var lägst för väggmaterial och högst för textila golv. Man nämner även att en gång emitterade substanser och kondenserade kan ånyo avges till luften för att avsättas igen.

9.1.7.4 Faktorn – Elradiator

De öppna elradiatorerna med mycket varma elementtrådar i kontakt med omgivande luft och dammpartiklar skapar förutsättningar för både snabba luftrörelser av de mycket varma trådarna och samtidigt risk för förbränning, pyrolys, av damm och ämnen i rumsluften. Dessa två effekter med lokalt snabba luftrörelser och bildande av föroreningspartiklar från de varma trådarna kan sannolikt vara en orsak till svärtningsfenomenet som uppträder i dessa omständigheter i bostadsmiljön.

9.1.8 Slutsatserna från Nedsvärtningskommittén, 1977

Efter dessa utförda undersökningar konstaterar man i rapporten att fenomenet med plötslig nedsvärtning kan uppstå när flera samverkande faktorer uppträder. Man antar att en av dessa faktorer är ny inom bostadsmiljön och har introducerats vid denna tid under 1960-70-talet. En summering av för nedsvärtning nyintroducerade komponenter i detta komplicerade scenario skulle kunna utgöras av följande:

- Nya plastmaterial med mjukgörare och emissionseffekter:
 - golv, tapeter och vattenburen färg.
 - Syntetiska heltäckningsmattor, list- och takmaterial.
- Användning av större blockljus och paraffinljus.
- Eluppvärmning av bostäder.
- Försämrad luftväxling i bostäderna, energikrisen 1973-74.

Man konstaterar att ”tillgången på nyheter är följaktligen god”.

I rapporten visade man på att antalen uppmärksammade fall var ca 500/år i deras kartläggning och man antog att ytterligare ca 500 ej hade spårats i undersökningen och därmed uppskattas antalet drabbade bostäder till 1 000 st/år i Sverige. När fenomenet huvudsakligen drabbade nya bostäder eller nyligen renoverade bostäder och med en byggtakt under 60-70-talet på ca 1 000 000 bostäder ger det en skadefrekvens på ca 1 promille.

9.1.9 Kommitténs tankar kring Forskning och utveckling

Behovet av att förklara fenomenet och dess påverkan på människors bostads- och arbetsmiljö borde, enligt författarna av denna rapport 1977, undersökas för att utreda de medicinskhygieniska effekterna på inomhusmiljön som nya; material, byggnadskonstruktioner och levnadsvanor genererar.

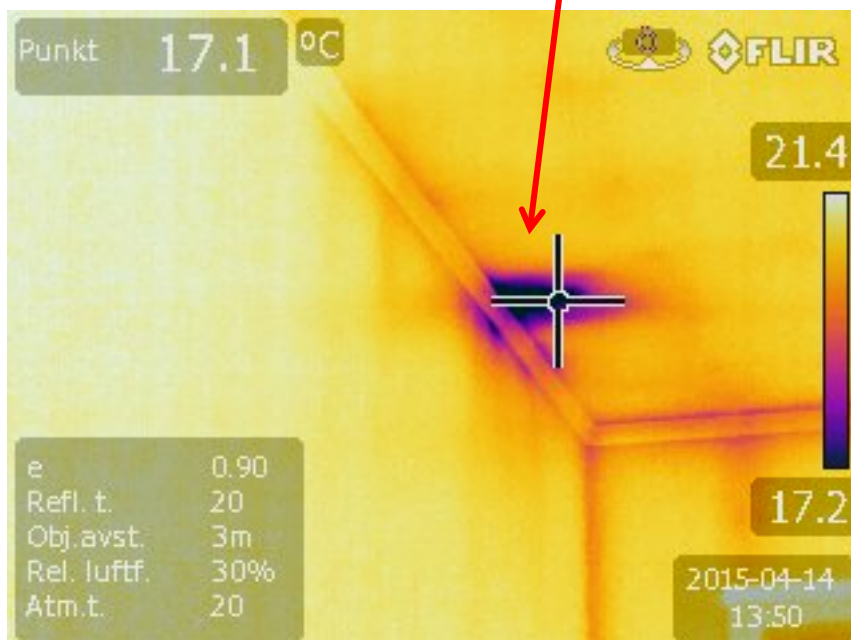
Man visade på några enskilda faktorer som var intressanta:

- Partiklar som förbränns.
- Plastmaterial som avger emissioner.
- Varma ytor som ökar emissions hastigheten från ytan.
- Heta ytor med risk för förbränning, pyrolys.
- Frågor kring ventilation, luftväxling, luftfuktighet.

Författarna efterlyser speciellt undersökningar av materials egenemissioner till inomhusmiljön och belastning på brukare i rapporten och man önskar att mättekniker utvecklas för att kunna erhålla säkra resultat som möjliggör framtagning av bättre produkter med minimerade hälsorisker. Man vill även se kliniska försök som säkerställer att yrkes- och bostadshygieniska risker inte äventyras av dessa nyintroducerade material.

Ytterligare område av intresse för fortsatt forskningsarbete är inom ventilationssystem och bostadshygien och hur den försämrade ventilationen påverkar inomhusmiljön och brukare. Man nämner även frågan kring statisk elektricitet och stoftavsättningsproblemen som förekommer och kan vara en komponent i fenomenet.

9.2 Bildexempel på svärtning



Svärtning observerad på köldbrygga i vardagsrum. Villa, 8 år. Fotografi på nedsvärtad yta och från värmekamera.



Svårting i skåpstomme, nybyggd lgh i Gbg.



Kylskåpsinredningen, nybyggd lgh i Gbg.



Tvättmedelsfack, nybyggd lgh i Gbg.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 700 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Innemiljö och
byggnadsfysik
SBUF rapport 13712
ISBN: