



Pernilla Johansson
Carl-Magnus Capener

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Missfärgning av byggnaders fasader. En kunskapsöversikt.

Pernilla Johansson
Carl-Magnus Capener

Abstract

Microorganisms that grow on facades can cause extensive discoloration, which often poses a problem for home owners as it can provide an aesthetically unfavourable impression of the building. Fouling occurs as a result of a complex process that involves several parameters, including biological factors, climatic factors and factors related to the building. This report describes and discusses these factors and their implications for the incidence of fouling, based on scientifically published research. One chapter of the report deals with cleaning and maintenance of facades. Based on the knowledge available in the literature suggestions are given for further research that can contribute to decreased problems with discoloured facades. Finally, the report provides references to a number of scientific articles categorized by keywords in order to make it easier for those who want to read more on the topic.

Key words: mould, algae, discolouration, facades

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport :2015:10
ISBN 978-91-8801-40-5
ISSN 0284-5172
Borås

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	4
Förord	6
Sammanfattning	7
1 Inledning	8
2 Litteratur och avgränsning	9
3 Organismer som orsakar missfärgning av fasader	10
4 Inverkan av faktorer kopplade till byggnaden (klimatskalet och dess utformning)	12
4.1 Effekter av luftens fuktighet	12
4.2 Effekter av regn och slagregn	14
4.3 Effekter av byggfukt	15
4.4 Ytmaterialets inverkan	16
4.4.1 Näringsinnehåll	16
4.4.2 Materialets struktur	16
4.4.3 Ytbehandling (färger)	18
4.4.4 Ytmaterialets kulör, pigment och andra tillsatsämnen	18
4.4.5 Att prova olika produkter	19
5 Inverkan av miljöfaktorer	21
5.1 Klimat och geografiska skillnader	21
5.2 Väderstreck	22
6 Inverkan av ytterligare faktorer	24
6.1 Nedsmutsning	24
6.2 Närliggande vegetation	24
6.3 Tiden	25
7 Sanering och underhåll	28
8 Sammanfattande diskussion	29
9 Behov av vidare forskning	31
9.1 Kartläggning och goda exempel i det svenska byggnadsbeståndet	31
9.2 Provningsmetod för att bedöma material	31
9.3 Sanering och underhåll	31
9.4 Vad kan anses vara acceptabel omfattning av påväxt	32
10 Referenser	33
Bilaga 1 Kategorisering av artiklar	36

Förord

Denna rapport sammanställer vetenskaplig litteratur kring biologisk missfärgning av fasader. Medlemmar i FoU väst, särskilt Pär Åhman och Rolf Jonsson, har bidragit med värdefulla synpunkter på utformningen av sammanställningen. Arbetet har finansierats av SBUF och SP.

Sammanfattning

Mikroorganismer som växer på fasader kan orsaka omfattande missfärgning, något som ofta utgör ett problem för husägaren då det kan ge ett estetiskt ofördelaktigt intryck av byggnaden. Påväxten uppkommer som ett resultat av en komplex process som omfattar flera parametrar, bland dem biologiska faktorer, klimatfaktorer och faktorer kopplade till byggnaden. I denna rapport beskrivs och diskuteras dessa faktorer och deras betydelse för uppkomst av påväxt, baserat på vetenskapligt publicerad forskning. Ett kapitel i rapporten handlar om sanering och underhåll av fasader. Baserat på den kunskap som finns i litteraturen ges förslag till fortsatt forskning som kan bidra till att problemen med missfärgade fasader minskar. Sist i rapporten har referenser till ett antal vetenskapliga artiklar kategoriserats utifrån ett antal nyckelord för att underlätta för den som vill sätta sig in i området.

1 Inledning

Missfärgade byggnadsfasader är ett omfattande problem och en utmaning för husägare, främst på grund av att det ger ett estetiskt ofördelaktigt intryck av byggnaden. Med tiden kommer de flesta fasader att missfärgas. Missfärgning kan orsakas av att partiklar tillförs fasaden genom regn och vind eller genom att mikroorganismer växer på fasaden.

Missfärgning som en följd av biologisk påväxt har uppmärksammats på relativt nyuppförda byggnader under de senaste åren. Det finns en uppfattning om att problemen ökat. Olika tänkbara förklaringar har getts till detta, såsom ändrat klimat som gynnar växt och att nya eller förändrade material och ytbehandlingar är mer känsliga för påväxt idag. Påväxt på fasader är dock ingen nytt problem utan finns rapporterat i litteraturen sedan lång tid tillbaka. Huruvida problemet har ökat eller inte är dock inte dokumenterat.

Påväxt på fasader är resultatet av en komplex process som innefattar organismernas egenskaper, miljöfaktorer och tekniska egenskaper hos byggnaden/konstruktionen. Givet denna komplexitet är forskningsområdet väldigt brett. Syftet med denna rapport är att på ett kortfattat sätt sammanställa något av den internationella, vetenskapliga forskningen kring de parametrar som påverkar påväxt av missfärgande organismer på fasader. Av naturliga skäl går det inte att detaljerat sammanfatta all den forskning som finns inom området, vilket innefattar allt från biologisk grundforskning till studier av utformning av hela fasadsystem, i en sådan här begränsad rapport. Rapporten gör därför inte anspråk på att vara heltäckande. I Bilaga 1 finns referenser till litteratur inom området, kategoriserad utifrån ett antal nyckelord. Den som ytterligare vill fördjupa sig inom ett specifikt område kan med fördel utgå från dessa.

Rapporten inleds med att beskriva de organismer som är vanliga på fasader och deras livsförutsättningar. Vidare beskrivs parametrar kopplade till byggnaden och till klimatet. Även betydelsen av parametrar som nedsmutsning och närliggande vegetation diskuteras. Förr eller senare kommer de flesta fasader att ha en påväxt som inte betraktas som acceptabel och det blir då aktuellt att rengöra fasaden. Ett avsnitt i rapporten handlar därför om frågor kring detta. Rapporten avslutas med en reflektion över vilka forskningsfrågor som är viktiga för att kunna bidra till minskade problem med missfärgade fasader i framtiden.

I rapporten förekommer ett antal fotografier för att illustrera exempel. En del av dessa foton är hämtad från publicerad litteratur, i de fallen finns tillstånd av författarna att använda bilderna. Övriga fotografier är våra egna. I de flesta fall har vi inte gjort några undersökningar av de hus som beskrivs och kan därför inte med säkerhet uttala oss om vad som orsakar missfärgningen.

2 Litteratur och avgränsning

I första hand har artiklar publicerade i vetenskapliga tidskrifter använts som referenser i denna rapport. I andra hand har informationen hämtats ur konferensinlägg och böcker. Litteratursökningen gjordes i databasen Scopus. Exempel på nyckelord som användes var "discolouration", "fungi", "algae", "facades" i olika kombinationer.

Biologisk påväxt på fasader kan i vissa fall leda till en nedbrytning av materialet som det växer på. I denna rapport behandlas enbart sådan påväxt som missfärgar fasaden, något som främst är ett estetiskt problem. Lavar och mossor kan växa på fasader, men dessa berörs inte i rapporten då de inte betraktas som ett stort problem när det gäller missfärgning.

3 Organismer som orsakar missfärgning av fasader

Biologisk missfärgning av fasader orsakas av olika former av mikroorganismer som i sina celler har mörka pigment. Dessa mikroorganismer utgörs av mögelsvampar¹, alger och cyanobakterier (Becker 2003, Colon m fl 2004, Shirakawa m fl 2004, Barberousse m fl 2006, Jurado m fl 2014) (Becker 2003, Colon m fl 2004, Shirakawa m fl 2004, Nuhoglu m fl 2006, Jurado m fl 2014). Ibland växer enbart en organismgrupp, ibland flera tillsammans.

Hur en påväxt upplevs varierar. Generellt är en påväxt orsakad av mögelsvampar mörkgrå eller svart, medan alger och cyanobakterier orsakar gröna eller röda missfärgningar. I Figur 1 visas två exempel på typiskt utseende för två olika organismgrupper. Inom varje grupp finns dock en mängd olika arter som har olika pigment och det är inte helt lätt att säga vad som orsakar missfärgningen genom att bara utgå från kulören, till exempel kan en grön missfärgning orsakas av mögelsvampar på betong (Giannantonio m fl 2009). Dessutom kan kombinationen av olika arter orsaka ett annorlunda utseende än när enbart en art växer på materialet och olika miljöförhållanden i form av fuktnivåer och solljus kan påverka utseendet (Giannantonio m fl 2009).

För att med säkerhet avgöra vilka organismer som växer på en fasad krävs därför en fördjupad mikrobiologisk analys. Vilken påväxt det rör sig om kan tyckas oväsentligt men kan ha vara av betydelse till exempel när en fasad skall saneras (se kapitel 7). Förutom påväxt av organismer kan nedsmutsning av partiklar av olika slag orsaka missfärgning av fasader, vilket ger ytterligare anledning till att undersöka fasaden på ett noggrant sätt.



Figur 1 Exempel på påväxt av (A) alger och (B) mögelsvampar

För att en organism skall kunna leva och växa krävs att vissa grundläggande villkor är uppfyllda. Det ska finnas tillgång på vatten, näring och en god miljö att leva i. Hur mycket näring eller vatten som krävs och vad som utgör en god levnadsmiljö varierar mellan olika organismgrupper och arter.

¹ I denna rapport används genomgående begreppet mögelsvamp för mikroskopiska svampar som växer på byggnadsmaterial

Den begränsande faktorn för att liv överhuvudtaget skall kunna finnas är tillgång till vatten. Finns det inte vatten på en fasad kommer därför inte det heller att kunna leva några mikroorganismer. Genom regn och genom luftens fuktighet kommer vatten att tillföras alla fasader, se vidare under Kapitel 4. Mängden vatten eller fukt som finns tillgängligt för organismerna kan variera på olika fasader och dessutom finns en variation under året och under dygnet. Alger och missfärgande svampar kan överleva perioder av torrare förhållanden (Häubner m fl 2006) utan att dö. Aktiviteten går ner men organismerna kan snabbt bli aktiva igen när vatten blir tillgängligt. Denna förmåga förklarar varför dessa organismer lyckas att etablera sig och leva på fasader, där förhållanden tidvis är missgynnsamma.

Fuktkraven varierar mellan olika organismgrupper. Generellt kräver cyanobakterier och de flesta alger mest vatten för tillväxt, i princip fritt vatten, medan svampar kan leva vid lägre fuktnivåer. Fuktkraven är också kopplade till temperatur, vid optimala temperaturer krävs mindre mängd fukt. Även om lägsta nivån skiljer så växer alla organismer bra vid höga fuktnivåer.

En grundläggande skillnad mellan svampar å ena sidan och alger och cyanobakterier på den andra är förmågan till att tillverka de nödvändiga kolhydrater som utgör näring. Medan de båda senare grupperna av organismer kan bilda kolhydrater genom fotosyntes är svampar beroende av organiska ämnen från underlaget de växer på. De kan finnas i materialet själv eller tillföras genom nedsmutsning. Även annan påväxt kan brytas ner och användas som näring. Dessa olika grundförutsättningar påverkar förmodligen vad som kommer att växa var. (Tanaca m fl 2011) menar att om det blir alger beror på miljöfaktorer snarare än näringsinnehåll eftersom de inte är beroende av näring på samma sätt som svampar då de genom fotosyntesen kan bilda sin egen näring. För att fotosyntesen skall fungera behöver de fotosyntetiserande organismerna solljus vilket gör att svampar har en fördel på mörka eller skuggiga områden av fasaderna.

4 Inverkan av faktorer kopplade till byggnaden (klimatskalet och dess utformning)

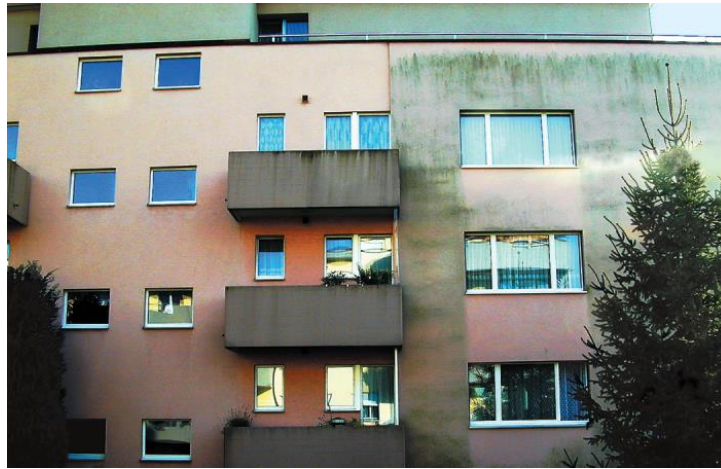
Vatten kan tillföras ytan på fasader genom luftens fuktighet och från nederbörd. Även byggfukt, överskottsfukt i material härrörande från tillverkningen eller byggtiden, kan bidra till fuktigheten vid ytan av fasaden. Den senare utgör en kontinuerlig fuktkälla under en kortare tid, medan fuktbelastningen genom nederbörd eller luftens fuktighet är en pågående process, även om omfattningen varierar. De olika fuktkällorna och hur de kopplas till fasader och påverkar påväxt diskuteras nedan. Dessutom diskuteras effekten av olika aspekter hos ytmaterialet.

4.1 Effekter av luftens fuktighet

I luften finns alltid en viss mängd vatten i form av vattenånga. Vid en given temperatur kan luften inte innehålla mer än en viss mängd vattenånga. Ju högre temperaturen är, desto mer vattenånga kan luften innehålla. Den relativa fuktigheten är den mängd vatten som finns i luften i förhållande till den maximala mängd vattenånga som luften kan innehålla vid den aktuella temperaturen.

Vid temperaturjämvikt är den relativa fuktigheten vid ytan av materialet samma som i luften närmast ytan. Temperaturen på en yta är dock i praktiken ofta lite varmare eller kallare än den omgivande luften. Detta innebär att RF nära ytan av materialet kan vara annorlunda än den omgivande luftens. Om ytan är kallare än luften kommer RF vid ytan av fasaden att bli högre än i luften och luftens vatten kan kondensera på ytan med fritt vatten som följd. Detta sker ofta nattetid, så kallad nattutstrålning. Är fasadytan varmare än omgivande luft kommer istället luftfuktigheten att vara lägre vid ytan än i luften. Eftersom mikroorganismerna använder sig av vattnet på ytan av ett materialet kommer alltså temperaturen vid ytan att påverka möjligheterna för påväxt. Det krävs dock inte alltid fritt kondensvatten för påväxt eftersom många organismer kan växa även vid lägre fuktnivåer.

Temperaturen, och därmed fuktnivåerna, vid fasadytan kan påverkas av väggens uppbyggnad. Värme från det inre av en uppvärmd byggnad läcker till fasaden. Ytan kommer därför att vara högre på en dåligt isolerad vägg än på en välisolerad. Utvändigt tilläggsisolering av en yttervägg kan därför öka risken för påväxt på den nya. Denna effekt har observerats av t ex (Becker 2003, Krus m fl 2013). Ett exempel visas i Figur 2.



Figur 2 En byggnad vars högra sida är kraftigt missfärgad, medan den vänstra är i stort sett opåverkad. Den högra tilläggsisolerades ungefär ett år innan fotot togs. Författarna tolkar detta som att den vänstra fasaddelens mindre isoleringen högre yttemperatur och därmed mindre kondensation och risk för påväxt. Från (Nay 2002).

På relativt kalla väggar kan det finnas partier som är lokalt varmare, och därmed torrare. Ett exempel är där bjälklaget ansluter till ytterväggar och där värme leds inifrån byggnaden och ut till fasaden. Detta kan ge upphov till mönster på fasader, där det på de kalla delarna finns påväxt, medan de varmare delarna saknar sådan påväxt. Detta har till exempel visats av (Becker 2003, Johansson 2011), se även Figur 3. Temperaturskillnaden mellan ytor med och ytor utan påväxt var inte särskilt stor, bara någon grad. Det är i och för sig inte förvånande att små skillnader kan ge effekt eftersom varje grads höjning av temperaturen medför en sänkning av RF, en effekt som är ännu tydligare vid lägre temperaturer.

Även väggens stomme kan påverka yttemperaturen, och därmed fuktförhållandena, vid ytan. (Johansson m fl 2010) mätte temperaturen och RF vid ytan av putsade fasader på två olika provhus, där det ena hade en tung stomme och den andra en lätt. Författarna kunde visa att den tunga stommen genom dess termiska massa kunde lagra värme från dagen, särskilt under sommaren, och att temperaturen därför var högre på fasadens yta nattetid och att fuktigheten därmed blev lägre, dvs risken för påväxt minskade. Beräkningarna är dock inte verifierade mot om påväxt uppkommit eller inte. Istället har man använt olika beräkningsmodeller för att bedöma risken för påväxt.

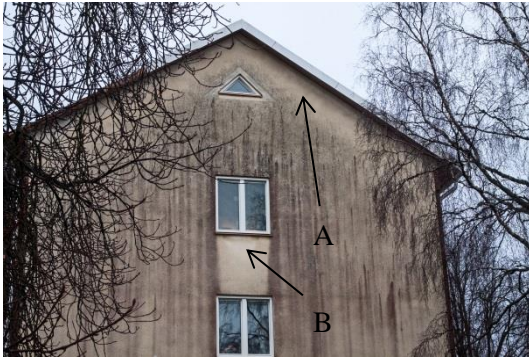


Figur 3 (A) En fasad med kraftig påväxt på, med undantag från ett antal cirkelformade områden. Under dessa finns fästelement av metall (B) som leder värme från den inre delen av väggen. Yttemperaturen är därför något högre här jämfört med övriga fasaden. Sådan infästning saknades under de områden där det påväxt saknades (C).

4.2 Effekter av regn och slagregn

Vatten kan också tillföras fasaden genom nederbörd. När det regnar kan vatten rinna från horisontella ytor ner på fasaden. Slagregn mot fasader uppkommer vid nederbörd i kombination med vind. Belastningen på att bli större än vid enbart avrinning från horisontella delar, eftersom regndropparna då kommer att tvingas mot fasaden.

Ju mer det blåser, desto mer regn kommer att träffa fasaden. Hur vinden leds runt byggnaden har betydelse och olika delar av fasaden kommer att utsättas för olika mycket regn. Exempelvis så är ytor kring vägghörn och tak mer utsatta än inre delar av fasaden. Detta är extra tydligt för byggnader utan utskjutande takutsprång. I (Blocken m fl 2013) ges en sammanfattning av kunskapsläget om hur regnvatten rinner av fasader och delvis om hur detta kan påverka missfärgning, då både av påväxt och av smuts. Denna avrinning påverkas av hur fasaden, och taket, är konstruerat. Därmed kommer också förutsättningarna för fasaden att variera. Genom att ha utdraget takutsprång skyddas den övre delen av fasaden, genom att nederbörd som kommer på taket inte rinner av. I Figur 4 ses tydligt hur en utdragen takfot har skyddat övre delen av fasaden från vatten från taket medan Figur 5 visar en byggnad där från taket kan rinna ner för fasaden, vilket har lett till algpåväxt. Ett utdraget takutsprång minskar även nattutstrålning från fasadytan under och därmed risken för kondens vilket också kan vara en förklaring till avsaknaden av påväxt under takfoten.



Figur 4 Exempel på hur fasadens utformning kan påverka vattenavrinning och därmed påväxt. Överhäng från takfoten har skyddat så att inte regn har runnit utför denna del (A). Även under fönstren saknas sådan påväxt som finns på övriga fasaden (B). Detta kan bero på att det skyddats mot vattenavrinning. En alternativ förklaring är att väggen är varmare under fönstret, tex på grund av att radiatorer är placerade där, och att den relativa fuktigheten därmed blir lägre, se kapitel 4.1.



Figur 5 Exempel på hur fasadens utformning kan påverka vattenavrinning, risk för kondens och därmed påväxt av alger. Avsaknad av överhäng leder till att vattnet kan rinna fritt och att påväxt utvecklas (A). Under plåtarna (B) finns generellt inget sådant problem, däremot ovanför plåten (C) finns påväxt, vilket kan bero på stänk av vatten.

4.3 Effekter av byggfukt

Byggfukt är det vatten som finns i materialet då det byggs in. Det kan härröra från materialproduktionen eller ha tillförts materialet under byggtiden. Normalt torkar detta vatten och fuktbelastningen kan under denna tid att vara hög vid ytan av materialet. När byggfukten är uttorkad tillförs ingen ny fukt denna väg, varför denna fuktbelastning får anses vara begränsad i tiden jämfört med de fukttillskott som diskuterats i kapitlen ovan. Inte desto mindre kan den ha en potentiell gynnsam inverkan på eventuell påväxt på en fasadyta.

(Becker 2003) studerade i ett laborieförsök om ensidig uttorkning av byggfukt kan orsaka påväxt missfärgande organismer vid fasadytan. Försöksväggar byggdes där ena sidan skulle simulera insidan och den andra en fasadyta, med olika typer av ytmaterial. Väggen hölls fuktig under mer än ett år, och den tilläts bara torka ut mot utsidan. Kontinuerligt tillfördes sporer och alger till fasadytan. Ingen påväxt uppkom under perioden och ytan torkade relativt fort. Beräkningar med ”Heat and Mass transfer” program gav liknande resultat. Resultaten blev samma för alla de ytmaterial som användes.

Temperaturen var i ovanstående studie 25°C vid fasadytan. Detta är en vanlig temperatur i Israel, där studien genomfördes. Under svenska förhållanden, där ytttemperaturen oftast är betydligt kallare, kan man tänka sig att den relativa fuktigheten blir högre och medföra risk för påväxt om byggfukt kan komma ut till ytan. Hur stor risk detta innebär beror även på hur väggen är uppbyggd, vilka material som ingår och deras fuktegenskaper (Sedlbauer ochKrus 2002).

4.4 Ytmaterialets inverkan

En viktig del av fasaden är ytmaterialet. Egenskaper hos materialet kan påverka fuktförhållandena vid ytan och på så sätt ha inverkan på risken för påväxt. Olika material är också olika känsliga för påväxt beroende på hur mycket näring de innehåller eller om det vilka övriga ämnen det finns i materialen. En produkt kan utgöras av ett enda material, men ofta är det sammansatt och dessutom vara ytbehandlat.

4.4.1 Näringsinnehåll

För svampar är det avgörande att näring finns tillgängligt, medan det inte är lika viktigt för alger och cyanobakterier eftersom de fotosyntetiserar (Se kapitel 3). Näringen kan finnas i materialet i större eller mindre omfattning eller i ytbehandlingen (färgen). Även på material som i sig själv inte är känsligt för påväxt kan det finnas omfattande påväxt. Näring kan då ha tillförts på annat sätt, se vidare i avsnitt 6.1.

Ojämn fördelning av näring i ytan kan medföra fläckvis påväxt. I Figur 6 visas typiska mönster på missfärgad råspont, något som anses hänga ihop med skillnader i näringsinnehåll, vilket i sin tur beror på olika torkningsmetoder (Johansson m fl 2013).



Figur 6 Typiska mönster på obehandlad råspont. Skillnaderna i missfärgande påväxt tros hänga med skillnader i näringsinnehåll.

4.4.2 Materialets struktur

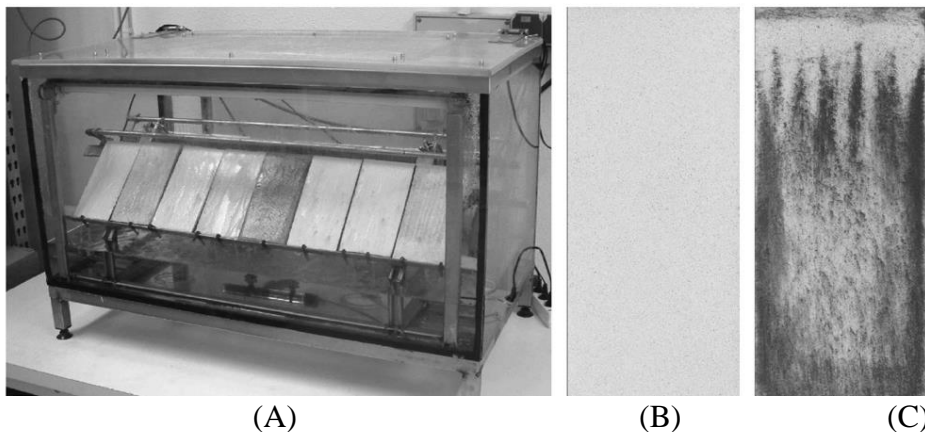
Materialets struktur kan ha betydelse för hur vatten kan bli tillgängligt för mikroorganismer. (D'Orazio m fl 2014) visade i laboratorieförsök att porositet och vattenabsorption hos tio olika material hade en avgörande roll för tillväxten av alger och cyanobakterier. Ju högre porositet eller vattenabsorption desto större risk för påväxt. Dessa resultat gäller för de specifika material som ingick i studien. (Kuntzel 2007) studerade förutsättningarna för uppkomst av fritt vatten på ytan, och därmed risk för påväxt av alger, för andra material. En möjlighet för att minska ytvattnet är enligt dessa studier att använda hydrofoba material som är helt vattenavvisande alternativt ett material som tvärtom har mycket god vattenabsorption. Material som ligger någonstans emellan

dessa extremer gav högre mängd fritt vatten vid ytan och ökade därmed risken för påväxt. Detta gällde vid slagregn. Samma studie visade att vid ytkondensation av vatten från luften förblev den vattenavvisande ytan mer fuktig under längre tid på grund av att vattendropparna antingen var för små för att rinna av med hjälp av tyngdkraften eller att de fastnade i strukturen på ytan. På det material som hade god vattenabsorption blev mängden ytkondens betydligt mindre och torkade ut snabbare.

När regnet träffat vertikala, lutade eller horisontella ytor kommer det att rinna ner över dessa. Materialets struktur kan påverka hur vattnet rinner och därmed hur påväxten kommer att se ut. I Figur 7 visas en typ av rinnmärken som är vanliga och som beskrivs som "fingerliknande" i litteraturen. (Barberousse m fl 2007) kunde visa att samma typ av mönster uppkom på materialprover där vatten med alger och cyanobakterier rann över ytan av proverna, se Figur 8.



Figur 7 Rinnmärken på en fasad



Figur 8 Provning av olika material i laboratorium. Vatten med alger och svampar rann över ytan av provkroppar (A). Efter hand tiden gick utvecklades en påväxt. (B) visar ett exempel på hur en provkropp såg ut i början av studien, (C) hur påväxten på samma provkropp såg ut efter 47 dagars försök. Från (Barberousse m fl 2007)

Hur materialets ytstruktur ser ut kan också påverka hur mikroorganismerna kan fästa vid ytan. (D'Orazio m fl 2014) (Barberousse m fl 2007) såg i laborieförsök att det på material med en grov yta växte mer alger än på en slätare yta. (Giannantonio m fl 2009)

och (Johansson och Ekstrand-Tobin 2014) kunde däremot inte se någon skillnad mellan missfärgning av mögelsvampar på prover med olika ytstruktur vid laboratorieprovningar av cement respektive trä. De båda senare studierna konstaterar dock att detta kan bero på att enbart ett fåtal olika typer av ytstruktur studerades och att skillnaden i råhet mellan dessa eventuellt inte var så stor att det ger en effekt.

4.4.3 Ytbehandling (färger)

För att skydda fasader och ge dem ett attraktivt utseende används ofta färg, antingen som en ytbehandling eller som ett tillsatsämne till materialet. Olika produkter har visat sig fungera olika bra när det gäller motståndskraft mot mögel. Det går dock inte att göra en generell klassificering av vilka färger som fungerar bäst ur denna synpunkt. Mycket forskning finns inom området men redovisas inte här, se kapitel ovan om avgränsning. En kunskapssammanställning av forskningen kring mikroorganismer på målade fasader finns i (Gaylarde 2011).

Förutom egenskaperna hos färgen kan det underliggande materialet påverka växten på ytan av färgen. Samma mönster som visas i Figur 6 kan ses på målad råspont, vilket skulle tyda på att egenskaperna hos virket har betydelse för hur påväxten etablerar sig på en målad yta. (Van den Bulcke m fl 2007) såg i laboratorieförsök att missfärgande svampar växte mer på målade prover av furu och björk än på prover av tropiska trädslag, kända för att ha hög motståndskraft mot mögel. (Gobakken och Lebow 2010) provade 3 olika typer av ytbehandling på flera olika typer av virke, obehandlade och behandlade med olika metoder, utomhus under 4,5 år. De kunde se att vilket trä som var underlaget hade en effekt för mögelväxt, men att denna effekt var lägre än vilket ytmaterial som användes och exponeringstiden. Att inte det enbart är underlaget som har en betydelse för hur färgerna klarar sig mot mögelväxt visar studier av olika färger på betongunderlag, vilket kan förutsättas ha lågt näringsinnehåll (Shirakawa m fl 2011).

Även tjockleken på färglagret kan ha betydelse, vid tjockare lager finns mindre risk för påväxt (Van den Bulcke m fl 2007).

4.4.4 Ytmaterialets kulör, pigment och andra tillsatser

En indirekt effekt av hur materialet kan påverka en missfärgande påväxt är dess kulör. Hur en missfärgning upplevs är naturligtvis delvis en effekt av vilken kulör materialet har. På en ljus fasad upplevs en påväxt som mer missfärgande än samma påväxt på en mörkare fasad. En kulör kan också ha betydelse för yttemperaturen, och därmed fuktförhållandena, vid ytan. (Johansson m fl 2010) mätte kontinuerligt yttemperaturen på röda och vita fasader och kunde visa att mitt på dagen var temperaturen högre på de röda fasaderna, särskilt tydligt var detta på söderfasaderna. Anledningen är att mörka ytor absorberar mer solstrålning än ljusare. Detta kan ha en effekt på påväxten.

De pigment som används för att ge färgerna dess kulör kan också påverka hur känsliga de blir för påväxt. En del pigment är organiska och kan därför utnyttjas som näring av mikroorganismerna, några exempel redovisas av (Gaylarde m fl 2011). Vissa kulörer framställs genom att använda ämnen som är toxiska för svampar. Ibland tillsätts ämnen till material och ytbehandlingar med syftet att vara direkt toxiska för svampar och/eller alger. Ett tillsatsämne som kan hämma påväxt på fasader är titandioxid (Giannantonio m fl 2009). (Johansson 2011) observerade skillnader mellan fasader på två grannbyggnader som uppfördes ungefär samtidigt (med två månaders mellanrum). På den ena fasaden fanns stora områden med algpåväxt, medan den andra saknade sådan påväxt, se Figur 9. En analys av putsen av fasaderna visade att putsen från den fasad som inte hade någon påväxt innehöll zinkoxid som kan hämma påväxt. Detta ämne fanns inte i putsen från fasaden där det fanns omfattande algpåväxt.



Figur 9 Två byggnader uppförda ungefär samtidigt (2 månaders skillnad). Huset till vänster är målat med färg innehållande zink oxid, vilket färgen i huset till höger saknar. Från (Johansson 2011).

4.4.5 Att prova olika produkter

Olika produkter varierar i motståndskraft mot påväxt. De parametrar som diskuterats ovan utgör exempel på egenskaper hos materialet som kan påverka denna motståndskraft. Varje produkt är dock olika och det går inte att säga att alla produkter inom en viss materialgrupp har samma motståndskraft, vilket bland annat har visats av (Tanaca m fl 2011, Johansson m fl 2012). Det finns dock ingen ultimata generell metod för att prova detta, i litteraturen har det gjorts på olika sätt.

Ett materials egenskaper kan provas under kontrollerade förhållanden i laboratorium. Fördelen är då att man kan särskilja vilka faktorer, såväl klimatfaktorer som materialegenskaper, som påverkar om påväxt skall uppkomma. Laboratieförsök utförs vid definierade förhållanden och speglar dock inte summan av alla de parametrar som kan påverka växt på verkliga fasader. I verkligheten tillkommer en mängd varierande, mer eller mindre slumpmässiga, miljöfaktorer. Mikroorganismerna som växer på fasaderna exponeras för varierande fuktighet och temperatur genom årstidsväxlingar men variationer finns även under kortare perioder, tex under dygnet. Denna variation stressar organismerna-ibland är förhållandena gynnsamma ibland är de, till och med extremt, ogynnsamma. Detta påverkar inte bara tillväxten av organismen utan även hur länge den kan överleva dessa perioder. Olika arter tål denna variation olika bra. Vid provning i laboratoriet därför resultaten bli felvisande om fel svampar används. Förutom variation i exponering mot vatten och temperatur spelar faktorer såsom nedsmutsning och vädernedbrytning en roll för hur påväxten kan utvecklas. Det kan därför vara svårt att

enbart genom laboratorieförsök dra slutsatser från hur det kommer möglar och resultaten kan bli missvisande (Colon m fl 2004).

Fältstudier kan då verka som ett bättre alternativ för att utvärdera ett materials motståndskraft mot påväxt. Det finns dock även begränsningar med detta sätt att prova. Ett är att det tar lång tid att få ett resultat, jämfört med laboratorieförsök, vilket är en nackdel om man vill prova nya produkter som skall ut på marknaden. Resultaten från en provning på en exponeringsplats behöver inte vara representativa för en annan eftersom det finns geografiska skillnader i hur påväxt utvecklas, inte bara mellan olika länder och världsdelar utan också inom samma land ((Barberousse m fl 2006, Barberousse m fl 2006, Tanaca m fl 2011).

5 Inverkan av miljöfaktorer

5.1 Klimat och geografiska skillnader

Samma typer av mikroorganismer finns på missfärgade fasader runt om i världen, även om arterna kan skilja sig åt och olika grupper dominerar på olika platser. Gaylarde and Gaylarde (2005) jämförde studier från Latinamerika och Europa och kunde se att det fanns indikationer på att svampar dominerade i Europa medan Alger och Cyanobakterier dominerade i Latinamerika.

Inom samma land har också skillnader rapporterats. I en fransk studie (Barberousse m fl 2006) undersöktes fasaderna på 71 byggnader från 18 olika platser i Frankrike med avseende på förekomst av alger och cyanobakterier. Byggnaderna var på olika höjd och avstånd från havet och representerade olika klimat. Man kunde konstatera förekomst av olika arter på de olika platserna. Att det geografiska läget påverkar vilka arter som etablerar sig även konstateras vid exponering av målade träprover på tre olika platser i USA (Colon m fl 2004) och prover av fibercementskivor som provades på tre olika platser i Brasilien (Tanaca m fl 2011).

Även om arter och sammansättning varierade mellan de olika platserna i studierna ovan så fanns det ingen plats där materialet var helt fritt från missfärgande påväxt. Förmodligen är det så att det inte finns någon plats där inte missfärgande organismer kan växa. Även i områden som verkar vara för kalla för att mikroorganismer finns påväxt på. I en turkisk studie kunde man se att även i områden med flera månader med medeltemperatur under 0 °C växte det svampar på fasaderna (Nuhoglu m fl 2006). Även i norra Sverige, där det också under långa perioder är kallt finns byggnader med omfattande påväxt, se ett exempel i Figur 10.



Figur 10 Hus i norra Sverige (norr om polcirkeln) med omfattande påväxt.

5.2 Väderstreck

En byggnads olika fasader är riktade mot olika väderstreck. Fuktbelastningen kommer att variera på de olika fasaderna. Till exempel kommer kondensation som uppkommit som en följd av nattutstrålning dunsta av långsammare på en fasad som är riktad mot norr än på en fasad åt söder (på norra halvklotet). Detta innebär att fuktförhållandena är gynnsamma för mikroorganismer under längre tid och att risken för påväxt därför är större på dessa fasader. I Figur 11 visas en byggnad på vilken det finns stora områden med algpåväxt på den norra fasaden, medan fasaden mot söder saknar sådan påväxt. Inte heller på fasaden som är riktad mot öster finns någon omfattande påväxt, se Figur 13. Ett annat exempel på en uppenbar skillnad i påväxt på fasader i olika väderstreck visas i Figur 12. På fasaden åt norr finns en kraftig påväxt av missfärgande mögelsvampar medan fasaden som är riktad mot öst ser mer eller mindre opåverkad ut.



Fasad åt norr



Fasad åt syd

Figur 11 Byggnad med putsad fasad där det på fasaden åt norr finns stora partier med kraftig påväxt av alger. Denna påväxt saknas på motsvarande fasad åt syd.



Figur 12 Byggnad med plåtfasad där det på fasaden åt norr finns kraftig missfärgande påväxt (mögelsvampar). Fasaden åt öst saknar sådan påväxt.

De förhärskande vindarna i ett område kommer ofta från samma väderstreck, vilket gör fasaderna åt denna riktning kommer att vara utsatta för mer slagregn än övriga fasader, och därmed löpa större risk för påväxt.

Vid en kartläggning av påväxt på fasader på 71 byggnader på 18 olika platser i Frankrike fann man att fasader som var exponerade mot norr och väster oftare var påverkade av missfärgande än med fasader riktade åt söder eller öster (Barberousse m fl 2006). (Johansson m fl 2010) kunde visa på en positiv effekt av värmelagring på RF på ytan, och därmed minskad risk för påväxt på tunga väggar jämfört med lätta (se även kapitel 4.1). Denna effekt var störst på den norra sidan av fasaden. De kunde även se att kulören på fasaden spelade roll för temperatur, denna effekt var störst på söderfasaden.

6 Inverkan av ytterligare faktorer

6.1 Nedsmutsning

Smuts som samlas på ytan av material kan tillföra näring och gynna påväxt på material som normalt har lågt näringsinnehåll. Näringen kan till exempel tillföras materialet genom (smutsigt) regn eller avsättning av partiklar från luften. (Tanaca m fl 2011) kunde se att missfärgning var vanligare i ett mer förorenat område i jämförelse med ett mer lantligt. (Zanardini m fl 2000) konstaterade att svampar som växte på hus i Milano kunde utnyttja de luftföroreningar som är vanliga i stadsluft. Föroreningar i nederbörd visade sig vara tillräcklig för att ge näring till svampar för att växa på betong (Giannantonio m fl 2009). Hur fasaden utsätts för regn och hur föroreningar avsätts på fasaden kan därför också ha en påverkan på hur den missfärgande växten uppkommer.

6.2 Närliggande vegetation

På fasaden i Figur 13 finns ingen omfattande missfärgande påväxt, förutom längst ner, bakom ett par rododendronbuskar. Figur 14 visar två närliggande fasader, den ena med betydligt mer påväxt än den andra. Det enda som skiljer fasaderna åt är att den med mer påväxt är skuggad av två höga träd. Dessa två exempel visar att vegetation nära fasaden kan medföra att en påväxt uppkommer.

I den studie av franska fasader som referats till ett par gånger tidigare i denna rapport (Barberousse m fl 2006) såg författarna att det på fasader som låg i närheten till buskar och träd i större utsträckning hade påväxt av alger och cyanobakterier än andra sådana fasader. En tänkbar anledning är att vegetationen skuggar fasaden, vilken leder till att uttorkningen av nattkondensation blir långsammare. Dessutom menar (Barberousse m fl 2006) att närvaron av vegetation nära byggnaden skulle kunna gynna en snabb kolonisation av mikroorganismer då de kan tillföras från vegetationen till fasaden i högre mängd än om de enbart tillförs från luften. Samma organismer som växer på fasader är nämligen vanliga även på växters blad. En annan tänkbar möjlighet är att näring tillförs fasaden från vegetationen, tex via pollen. Vegetationen och rabattytor i sig kan också leda till förhöjd luftfuktighet på den del av fasaden som ligger närmast marken.

Nattutstrålningen från en fasad kan bli mindre i närheten till vegetation, vilket skulle kunna leda till en skyddande effekt eftersom ytan hålls varmare och därmed RF inte blir lika hög.



Figur 13 Påväxt av alger bakom rododendronbuskar på en i övrigt i stort sett ”ren” fasad

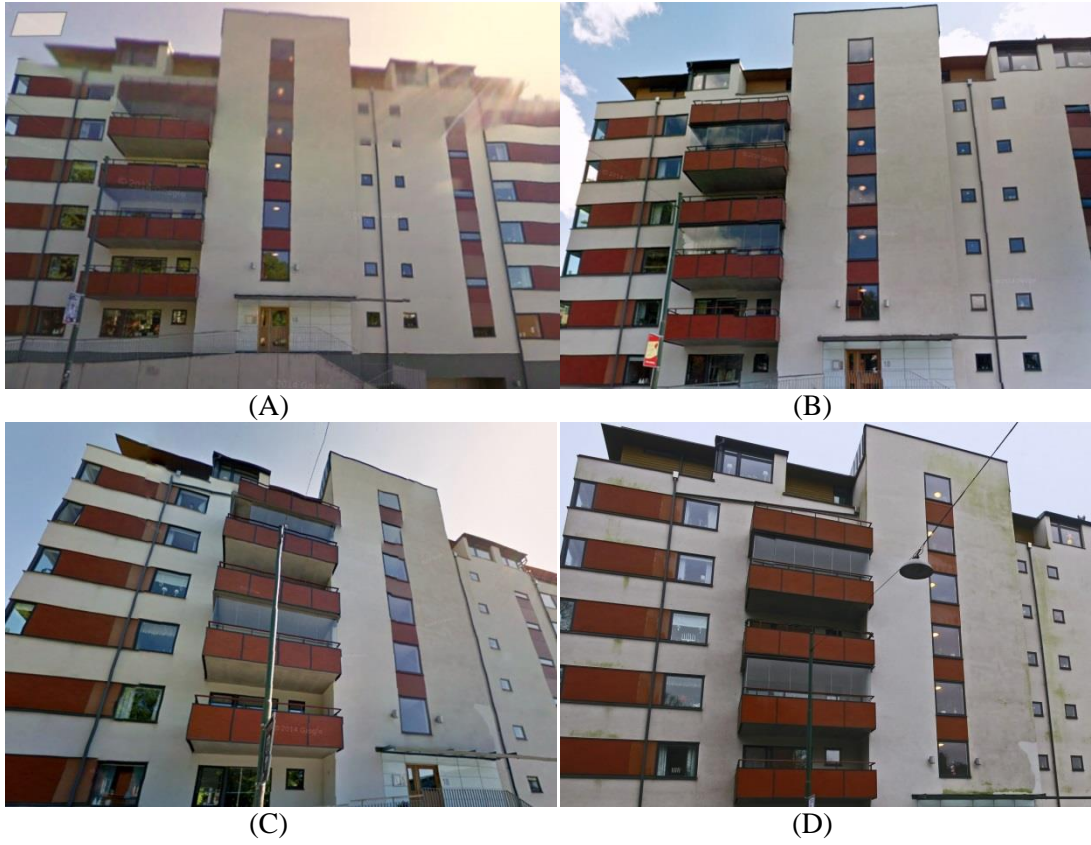


Figur 14 Fasader på två byggnader som ligger intill varandra. På fasad (A) finns betydligt större områden med missfärgningar än på fasad (B). I närheten till den första finns två stora träd.

6.3 Tiden

Ju längre tiden går, desto större är risken för att påväxt skall utvecklas på en fasad (Gobakken och Lebow 2010). Det tar tid för organismerna att etablera sig och växa till och dessutom tar det tid från det att organismerna etablerat sig på ytan till att de orsakar kraftig missfärgning. Materialegenskaperna förändras över tid så att de kan bli mer känsliga för påväxt. Till exempel tvättas, för organismerna, giftiga ämnen ut ur materialet då de exponeras för regnvatten. Att denna process kan gå relativt fort har till exempel visats av (Shirakawa m fl 2004) .

Hur lång tid det tar innan påväxt uppkommer på en fasad är svårt, om inte omöjligt att förutse. Ibland inträffar missfärgningen inom ett par år, ibland tar det längre tid. I Figur 15 visas fasader på en byggnad uppförd 2005, varje bild motsvarar en tidpunkt. Fem år efter uppförandet fanns ingen omfattande missfärgande påväxt, inte heller efter sju år. I januari 2015, nästan 10 år efter uppförandet, har en kraftig påväxt av alger uppkommit på fasaden. 6 månader tidigare kunde ingen sådan påväxt konstateras. Detta visar att en kraftig påväxt kan uppkomma ganska snabbt, även om det säkerligen är så att tillväxt av mikroorganismerna startade tidigare. Vad som gjorde att det just under hösten-vintern 2014 blev en ökad tillväxt går inte att säga, en spekulation är att den ovanligt varma hösten har gynnat algerna.



Figur 15 Fotografier av samma fasad vid flera tillfällen. (A) augusti 2009, (B) augusti 2011, (C) juni 2014, (D) januari 2015. De tre första bilderna är hämtade från Google Maps.

7 Sanering och underhåll

När omfattningen av påväxt är sådan att den inte längre är acceptabel görs ofta en sanering. Det främsta syftet med en sanering av en fasad är att ta bort missfärgande påväxt så den blir så lik den ursprungliga fasaden som möjligt. Syftet med rengöringen kan också vara att innan ommålning göra rent fasaden.

I princip finns det tre olika metoder för sanering av fasader, tvättning med enbart vatten, tvättning med någon kemisk lösning eller mekanisk rengöring. Ofta genomförs en kombination av dessa åtgärder. Det finns flera aspekter av sanering av fasader och hur lyckade dessa kan förväntas att bli.

Vid en sanering skall mikroorganismerna frigöras från underlaget och sedan bortföras från ytan. Olika metoder kan ha olika effekt, delvis beroende på vilken typ av organism som växer på ytan. (Shirakawa m fl 2012) tvättade prover av cement, på vilka det fanns kraftig påväxt med högtryck och kunde konstatera att det fungerade bra för att tvätta bort mögelsvamp. Däremot fungerade metoden inte alls för att tvätta bort cyanobakterier. En trolig orsak till detta är, menar författarna, att dessa organismer, till skillnad från mögelsvampar, utsöndrar geleliknande ämnen med vilka de fäster hårt till underlaget.

Den allra bästa metoden för att tvätta bort kan förmodligen inte ta bort all påväxt, vilket gör det lätt för organismerna att återetablera sig. Ett exempel från litteraturen är saneringen en kyrka där återetablering av mikroorganismer och synlig missfärgning redan inträffade några månader efter behandlingen (Jurado m fl 2014). Vid användning av kemiska medel för att avdöda kvarvarande påväxt är de är anpassade för de organismer som finns på fasaden. En del ämnen som används för sanering kan i sig tillföra ämnen som ger näring (Krumbein et al., 1993).

Ytterligare en försvårande omständighet vid sanering är vilken typ av ytmaterial som finns på fasaden. (Shirakawa m fl 2004) kunde konstatera att det var extra svårt att sanera fasader som varit ommålade, eftersom det då fanns mögel även i mellan det gamla och det nya färglagret. Behandlingen i sig kan också påverka ytskiktet så att det förändras, särskilt om denna behandling upprepas ofta (Flores-Colen ochde Brito 2010). Detta i sin tur skulle kunna underlätta för mikroorganismers etablering, till exempel genom att giftiga ämnen lakas ur eller att ytstrukturen blir mer gynnsam för påväxt

Slutsatsen från dessa exempel är att det inte är helt självklart att välja en saneringsmetod, då man inte vet vilken som fungerar bäst för rådande förhållanden.

8 Sammanfattande diskussion

Syftet med denna rapport har varit att sammanställa internationell kunskap och forskning som finns kring orsaker till missfärgade fasader, närmare bestämt sådan missfärgning som är orsakad av påväxt av mikroorganismer. Forskningsfältet om missfärgade fasader är brett och innefattar forskning inom många olika områden såsom biologi, byggnadsfysik, materialkunskaper, toxikologi osv. Vi har identifierat några parametrar som påverkar missfärgningen och gett exempel på forskningsresultat där dessa har studerats. Generellt kan dessa delas in i faktorer som är kopplade till byggnaden, särskilt klimatskalet, och faktorer som är kopplade till olika former av miljöfaktorer.

Det ursprungliga syftet med studien var att sammanställa sådan litteratur där hela fasader eller fasadsystem studerats under verkliga förhållanden. Det finns en stor mängd forskning kring stenfasader på historiska monument eller kyrkor. Däremot finns det inte många publicerade vetenskapliga artiklar som redovisar studier av påväxt på moderna fasader. En anledning kan vara att de forskare som genomfört studier av byggnader jobbar inom en disciplin där det inte är kutym att publicera sig i vetenskaplig litteratur. Istället har resultaten publicerats i rapporter, ofta på det inhemska språket, eller på internationella konferenser. Detta gör det svårare att hitta redovisningar av försöken, eftersom de oftast inte är sökbara och dessutom bara tillgängliga för deltagare på konferenserna.

I litteraturen kring missfärgande påväxt är forskningen istället i huvudsak inriktad på provningar av olika typer av material i laboratoriestudier eller i fältförsök. Många artiklar kring detta finns publicerade. Några av dessa har citerats i denna rapport då de varit relevanta för att ge en förståelse för generella egenskaper eller förhållanden som kan påverka en etablering av missfärgande organismer. I de flesta fall är studierna dock sådana att de enbart studerar olika produkter och ger därför inte en relevant helhetsbild av området. Varje produkt har nämligen sin specifika motståndskraft mot mögelangrepp (Johansson m fl 2012). Det kan också vara svårt att överföra resultat från provningar av provkroppar, oavsett om det är i fält eller laboratorium, till verkliga förhållanden på en byggnad. Påväxt på en hel fasad kan upplevas vara annorlunda än hur de upplevs från små prover som undersökts. Det som bedöms är utbredning på provena, men detta behöver inte betyda att det är upplevs som acceptabelt eller inte på en fasad. Ingen studie har tagit hänsyn till detta.

Att påväxt av missfärgande mikroorganismer är ett komplext fenomen har bekräftats av den vetenskapliga litteraturen och det går inte att lyfta ut en enskild specifik orsak. Många studier har fokuserat på en parameter i taget. Flera av dessa parametrar samverkar dock och analyser där dessa utvärderas samtidigt är antagligen nödvändigt för att få en fullständig bild över hur och varför påväxt uppkommer på fasader. Några studier har delvis en sådan inriktning. Mer kunskap om detta är nödvändig. I flera studier har fukt och temperatur vid ytan mätts/beräknats och utifrån baskunskap om förutsättningarna för påväxt har risken för sådan bedömts för de olika fallen man studerat. Mikroorganismers växt är en komplicerad process och de modeller som använts kan inte anses heltäckande. Därför bör framtida studier av detta slag även innefatta studier och analys av påväxt.

Baserat på den kunskap som finns om varför påväxt uppkommer kan ett antal slutsatser dras om hur missfärgning kan undvikas. Lokalt kan missfärgning orsakad av regnvatten minskas genom att ändra strömningsvägar för vatten eller genom att undvika vegetation nära fasader. För att minska risken för mögel orsakad av luftens fuktighet kan exempelvis temperaturen på ytan höjas. Det innebär att isolertjockleken på väggarna måste vara tunnare vilket oftast inte är ett alternativ på grund av energi- och komfortkrav. Dåligt isolerade byggnader är inte heller alltid helt förskonade från påväxt. För att generellt

minska problemen och ge hållbara lösningar behövs därför andra lösningar. De flesta studierna som redovisas i rapporten menar att det är genom förbättrade materialegenskaper som lösningen till att undvika missfärgade fasader ligger.

Materialegenskaper som kan förbättras/anpassas för att minska risken för påväxt kan vara allt från materialstruktur, kemisk sammansättning och pH hos materialet till nya innovativa lösningar. Materialtillverkare har här en utmaning. Det finns redan flera nya idéer om olika former av lösningar, en del av dessa finns publicerade. De är dock inte redovisade i denna rapport eftersom de ligger utanför syftet med rapporten. I arbetet med att utveckla/förbättra produkterna bör både hänsyn tas till olika mikroorganismers etablering på materialen liksom fuktegenskaperna.

Åratal av forskning runt om i världen har uppenbart ändå inte kunnat lösa problemet med missfärgade fasader, även om kunskaperna kring varför och när problemen uppkommer har ökat. Hur problemen skall lösas är en stor utmaning, och det är på detta forskningen bör inriktas.

9 Behov av vidare forskning

Baserat på resultat från litteraturen och diskussionen i kapitel 8 föreslår vi några konkreta forskningsprojekt som är viktiga för att kunna minska problemen med missfärgade fasader.

9.1 Kartläggning och goda exempel i det svenska byggnadsbeståndet

Relativt mycket kunskap finns tillgängligt om vad som orsakar missfärgning och även hur vissa konstruktionsutformningar kan påverka uppkomsten av mögel och alger. Den största delen av publicerad vetenskaplig forskning är gjord utanför Sverige. Även om mycket av det som redovisas stämmer relativt väl överens med vad som observeras på svenska byggnader så finns det skillnader i klimat och byggtradition som förväntas kunna påverka uppkomst av påväxt på olika sätt. Till exempel omfattar den publicerade forskningen mycket information om putsade fasader medan träpanelfasader är underrepresenterat. I Sverige utgörs största delen av småhusens fasader av (målat) trä (Boverket 2010).

Genom att kartlägga olika typer av byggnader runt om i hela Sverige, där de olika faktorer som har effekt på påväxt och som redovisas i denna rapport dokumenteras, kan kunskapen om vad som gäller för svenska förhållanden öka. Forskningen bör inriktas på att hitta goda exempel där det inte finns påväxt, eller där det dröjt lång tid innan missfärgande påväxt uppkommit. Detta är en annorlunda inriktning från tidigare studier, vilka främst fokuserat på att kartlägga missfärgade fasader eller faktorer som ökar risken för missfärgning. Det är också viktigt att kunskapen kommuniceras till och tillämpas i byggbranschen.

9.2 Provningsmetod för att bedöma material

De flesta studierna som redovisas i rapporten menar att det är i förbättrade materialegenskaper som har avgörande betydelse för att undvika missfärgande påväxt. Det är då avgörande vid produktutveckling och provning av produkter att en relevant provningsmetod finns tillgänglig. Idag finns ett antal olika metoder, både sådana som är standardiserade och sådana som används på forskningsnivå. Dessa metoder är dock inte verifierade i fält, tvärtom så finns det dokumenterat att metoderna ger ett annat resultat under verkliga förhållanden jämfört med i laboriemiljö (Colon m fl 2004). En ny test metod bör därför utvecklas och standardiseras.

9.3 Sanering och underhåll

Det är oundvikligt att en fasad för eller senare behöver saneras eller underhållas. Det är då viktigt att en saneringsmetod används som ger önskad effekt. Som diskuterades i kapitel 7 är det svårt att välja en lämplig metod beroende på att det finns så många osäkerhetsfaktorer.

Idag finns det ingen laboriemetod för att bedöma hur effektiva olika saneringsmetoder är under verkliga förhållanden, varken på lång eller kort sikt. En sådan provningsmetod är nödvändig för att kunna göra ett val av saneringsmetod och bör ta hänsyn till till material, påväxt och rådande klimatförhållanden.

Det behöver också utredas när en sanering bör göras för bästa effekt. En tidig åtgärd kan innebära en onödig kostnad, görs åtgärden för tidigt för tidigt är det en onödig kostnad och kan påverka ytmaterialen, medan om det görs sent kan påväxten vara väletablerad och innehålla många typer av organismer. Därmed blir det svårare att avlägsna och avdöda.

9.4 Vad kan anses vara acceptabel omfattning av påväxt

Missfärgningen av fasader är ett estetiskt problem som påverkar intrycket av byggnadens skick, allmänna status och underhåll. Hur påväxt upplevs är delvis subjektivt, det som är acceptabelt för en person är helt oacceptabelt för en annan. Detta gäller både utbredning och omfattning av en missfärgning, vilken typ av byggnad det är eller var på byggnaden missfärgningen finns. Tidsaspekten är också viktig, det är antagligen mer accepterat med påväxt, och därmed tillkommande underhåll, på en äldre fasad än när påväxten uppkommer kort tid efter uppförandet av bygganden eller ommålning av fasaden.

En generellt verktyg för bedömning av fasaders påväxt behövs, särskilt som underlag för inför sanering (se avsnitt 9.3). Ett sådant kan utvecklas baserat på existerande verktyg för att uppskatta omfattningen av andra typer av skador på fasader, t ex (de Oliveira m fl 2011, Vesikari och Ferreira 2012, Costa m fl 2014) och bör även innehålla en attitydundersökning.

10 Referenser

Barberousse, H., R. J. Lombardo, G. Tell och A. Coute (2006). Factors involved in the colonisation of building facades by algae and cyanobacteria in france. *Biofouling* 22(1-2): 69-77.

Barberousse, H., R. J. Lombardo, G. Tell och A. Couté (2006). Factors involved in the colonisation of building façades by algae and cyanobacteria in france. *Biofouling* 22(2): 69-77.

Barberousse, H., B. Ruot, C. Yéprémian och G. Boulon (2007). An assessment of façade coatings against colonisation by aerial algae and cyanobacteria. *Building and Environment* 42(7): 2555-2561.

Becker, R. (2003). Patterned staining of rendered facades: Hygro-thermal analysis as a means for diagnosis. *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 26(4): 321-341.

Blocken, B., D. Derome och J. Carmeliet (2013). Rainwater runoff from building facades: A review. *Building and Environment* 60: 339-361.

Boverket (2010). God bebyggd miljö - förslag till nytt delmål för fukt och mögel. Resultat om byggnaders fuktskador från projektet betsi, Boverket.

Colon, I., E. L. Kuusisto och K. Hansen (2004). Location affects performance of biocide-containing paints. *Paint and Coatings Industry* 20(11): 68-73.

Colon, I., E. L. Kuusisto och K. Hansen. (2004). Location affects performance of biocide-containing paints.

Costa, J., P. Paulo, F. Branco och J. de Brito (2014). Modeling evolution of stains caused by collection of dirt in old building facades. *Journal of Performance of Constructed Facilities* 28(2): 264-271.

D'Orazio, M., G. Cursio, L. Graziani, L. Aquilanti, A. Osimani, F. Clementi, C. Yéprémian, V. Lariccia och S. Amoroso (2014). Effects of water absorption and surface roughness on the bioreceptivity of etics compared to clay bricks. *Building and Environment* 77: 20-28.

de Oliveira, B. P., J. M. de la Rosa, A. Z. Miller, C. Saiz-Jimenez, A. Gómez-Bolea, M. A. S. Braga och A. Dionísio (2011). An integrated approach to assess the origins of black films on a granite monument. *Environmental Earth Sciences* 63(7): 1677-1690.

Flores-Colen, I. och J. de Brito (2010). A systematic approach for maintenance budgeting of buildings façades based on predictive and preventive strategies. *Construction and Building Materials* 24(9): 1718-1729.

Gaylarde, C. C., L. H. G. Morton, K. Loh och M. A. Shirakawa (2011). Biodeterioration of external architectural paint films – a review. *International Biodeterioration & Biodegradation* 65(8): 1189-1198.

Giannantonio, D. J., J. C. Kurth, K. E. Kurtis och P. A. Sobecky (2009). Effects of concrete properties and nutrients on fungal colonization and fouling. *International Biodeterioration & Biodegradation* 63(3): 252-259.

- Gobakken, L. R. och P. K. Lebow (2010). Modelling mould growth on coated modified and unmodified wood substrates exposed outdoors. *Wood Science and Technology* 44(2): 315-333.
- Häubner, N., R. Schumann och U. Karsten (2006). Aeroterrestrial microalgae growing in biofilms on facades - response to temperature and water stress. *Microbial Ecology* 51(3): 285-293.
- Johansson, P. och A. Ekstrand-Tobin (2014). The effect of surface roughness on mould growth on wood. . 10th Nordic Symposium on Building Physics.
- Johansson, P., A. Ekstrand-Tobin, T. Svensson och G. Bok (2012). Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials. *International Biodeterioration and Biodegradation* 73: 23-32.
- Johansson, P., T. Wamming, G. Bok och M.-L. Edlund (2013). Mould growth on kiln-dried and air-dried timber. *European Journal of Wood & Wood Products* 71(4): 473.
- Johansson, S. (2011). Biological growth on rendered facades. Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för bygg och miljöteknologi.
- Johansson, S., L. Wadsö och K. Sandin (2010). Estimation of mould growth levels on rendered façades based on surface relative humidity and surface temperature measurements. *Building and Environment* 45(5): 1153-1160.
- Jurado, V., A. Z. Miller, S. Cuezva, A. Fernandez-Cortes, D. Benavente, M. A. Rogerio-Candellera, J. Reyes, J. C. Cañaveras, S. Sanchez-Moral och C. Saiz-Jimenez (2014). Recolonization of mortars by endolithic organisms on the walls of san roque church in campeche (mexico): A case of tertiary bioreceptivity. *Construction and Building Materials* 53(0): 348-359.
- Krus, M., C. Fitz och K. Sedlbauer (2013). Reducing the risk of microbial growth on insulated walls by improving the properties of the surface materials. *Hygrothermal behavior, building pathology and durability*. V. P. de Freitas and J. M. P. Q. Delgado, Springer Berlin Heidelberg. 1: 1-21.
- Kuntzel, H. (2007) Factors determining moisture on external walls.
- Nay, M. (2002). Kann wachstum von algen und pilzen an wärmegeämmten fassaden verhindert werden? *Bauphysik* 24.
- Nuhoglu, Y., E. Oguz, H. Uslu, A. Ozbek, B. Ipekoglu, I. Ocak och İ. Hasenekoglu (2006). The accelerating effects of the microorganisms on biodeterioration of stone monuments under air pollution and continental-cold climatic conditions in erzurum, turkey. *Science of The Total Environment* 364(1-3): 272-283.
- Sedlbauer, K. och M. Krus (2002). Mold growth on etics (eifs) as a result of "bad workmanship"? *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 26(2): 117-121.
- Shirakawa, M. A., V. M. John, C. C. Gaylarde, P. Gaylarde och W. Gambale (2004). Mould and phototroph growth on masonry façades after repainting. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions* 37(271): 472-479.

- Shirakawa, M. A., K. Loh, V. M. John och C. C. Gaylarde (2012). Resistance of cyanobacterial fouling on architectural paint films to cleaning by water jet. *Current Microbiology* 64(4): 312-316.
- Shirakawa, M. A., K. Loh, V. M. John, M. E. S. Silva och C. C. Gaylarde (2011). Biodeterioration of painted mortar surfaces in tropical urban and coastal situations: Comparison of four paint formulations. *International Biodeterioration & Biodegradation* 65(5): 669-674.
- Tanaka, H. K., C. M. R. Dias, C. C. Gaylarde, V. M. John och M. A. Shirakawa (2011). Discoloration and fungal growth on three fiber cement formulations exposed in urban, rural and coastal zones. *Building and Environment* 46(2): 324-330.
- Van den Bulcke, J., J. Van Acker och M. Stevens (2007). Laboratory testing and computer simulation of blue stain growth on and in wood coatings. *International Biodeterioration & Biodegradation* 59(2): 137-147.
- Vesikari, E. och R. M. Ferreira (2012). Service life assessment for refurbishment concepts of concrete façades. *fib Symposium 2012: Concrete Structures for Sustainable Community - Proceedings*.
- Zanardini, E., P. Abbruscato, N. Ghedini, M. Realini och C. Sorlini (2000). Influence of atmospheric pollutants on the biodeterioration of stone. *International Biodeterioration & Biodegradation* 45(1-2): 35-42.

Bilaga 1 Kategorisering av artiklar

I nedan har ett antal referenser till forskningsartiklar kategoriserats efter ett antal parametrar som kan påverka påväxt på fasader (kolumnen längst till vänster). Referenserna har också kategoriserats efter typ av påväxt (de båda mittersta kolumnerna). En tredje kategori av artiklar (kolumnen längst till höger) är sådana som inte beskriver originalforskning utan är sammanställningar av olika studier. Observera att tabellen är uppdelad på två sidor.

Område/parameter	Alger/cyanobakterier	Mögelsvampar	Kunskaps-samman-ställning
Identifiering av påväxt på fasader eller materialprover exponerade utomhus	1, 4, 6, 20, 27, 29		
Närliggande vegetation	1		
Byggnadsfysikaliska faktorer	4, 19, 22	4, 19, 22	23
Isolering	19, 22	19, 22	23
Värmelagring	22, 19	22, 19	23
Slagregn och regn	26	26	5, 23
Byggfukt	4	4	
Ytmaterialets egenskaper	2,3,7,8,18,21,24,29,32	13,14,19,21,29,32	
Ytstruktur	3, 7, 24	14, 17	
Vattenavstötning	8, 2		
Absorption	7		
Porositet	3, 7, 24		
Kulör	19, 21	19, 21	
Biocider/fungicider	8, 29, 32, 18	13, 29, 32	
Andra tillsatssämnen		14	
Väderstreck	1, 19, 22	19, 22	
Nedsmutsning-luftenföroreningar		14	
Geografiskt läge	1, 31-33	27, 32, 33	

Område/parameter	Alger/cyanobakterier	Mögelsvampar	Kunskaps-samman-ställning
Fält eller laboratorieprovning av produktgrupper	6,7,8,21,22,29,30	4,6,13,14,15,21,22,29,32,34,35	
Puts	7	4	
Färg	6, 21, 22, 29, 31, 32	6, 13, 15, 21, 22, 29, 32, 34, 35	
Betong	8, 24	14	
Tegel eller sten	7		16
Fibercement	33	33	
Sanering	20, 29, 30	20, 29, 30	11, 16, 28, 36
Multivariat analys av flera parameterar	1	15	
Bedömning av fasader	9-12, 25		

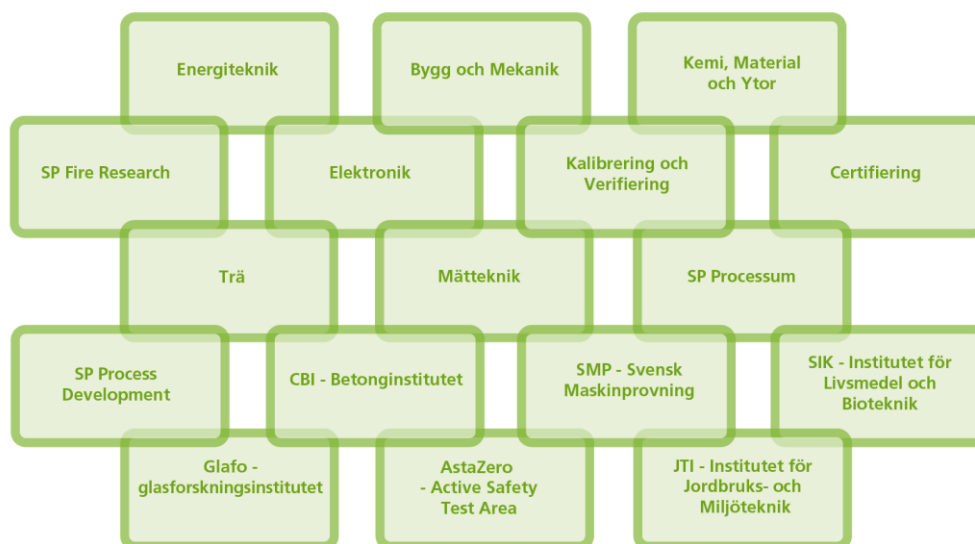
1. Barberousse, H., et al., *Factors involved in the colonisation of building facades by algae and cyanobacteria in France*. Biofouling, 2006. 22(1-2): p. 69-77.
2. Barberousse, H., et al., *Capsular polysaccharides secreted by building facade colonisers: characterisation and adsorption to surfaces*. Biofouling, 2006. 22(5-6): p. 361-70.
3. Barberousse, H., et al., *An assessment of façade coatings against colonisation by aerial algae and cyanobacteria*. Building and Environment, 2007. 42(7): p. 2555-2561.
4. Becker, R., *Patterned staining of rendered facades: Hygro-thermal analysis as a means for diagnosis*. Journal of Thermal Envelope and Building Science, 2003. 26(4): p. 321-341.
5. Blocken, B., D. Derome och J. Carmeliet, *Rainwater runoff from building facades: A review*. Building and Environment, 2013. 60: p. 339-361.
6. Colon, I., E.L. Kuusisto och K. Hansen, *Location affects performance of biocide-containing paints*. Paint and Coatings Industry, 2004. 20(11): p. 68-73.
7. D'Orazio, M., et al., *Effects of water absorption and surface roughness on the bioreceptivity of ETICS compared to clay bricks*. Building and Environment, 2014. 77: p. 20-28.
8. De Muynck, W., et al., *Evaluation of strategies to prevent algal fouling on white architectural and cellular concrete*. International Biodeterioration & Biodegradation, 2009. 63(6): p. 679-689.
9. de Oliveira, B.P., et al., *An integrated approach to assess the origins of black films on a granite monument*. Environmental Earth Sciences, 2011. 63(7): p. 1677-1690.
10. Flores-Colen, I. och J. de Brito, *A systematic approach for maintenance budgeting of buildings façades based on predictive and preventive strategies*. Construction and Building Materials, 2010. 24(9): p. 1718-1729.
11. Flores-Colen, I., J. de Brito och V.P. de Freitas, *Stains in facades' rendering – Diagnosis and maintenance techniques' classification*. Construction and Building Materials, 2008. 22(3): p. 211-221.
12. Gaspar, P.L. och J.d. Brito, *Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators*. Building and Environment, 2008. 43(11): p. 1818-1828.
13. Gaylarde, P.M., et al., *Statistical analysis of fungicide activity in paint films on two buildings*. Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions, 2004. 87(4): p. 261-264.

14. Giannantonio, D.J., et al., *Effects of concrete properties and nutrients on fungal colonization and fouling*. International Biodeterioration & Biodegradation, 2009. 63(3): p. 252-259.
15. Gobakken, L.R. och P.K. Lebow, *Modelling mould growth on coated modified and unmodified wood substrates exposed outdoors*. Wood Science and Technology, 2010. 44(2): p. 315-333.
16. Griffin, P.S., N. Indictor och R.J. Koestler, *The biodeterioration of stone: a review of deterioration mechanisms, conservation case histories, and treatment*. International Biodeterioration, 1991. 28(1-4): p. 187-207.
17. Johansson, P. och A. Ekstrand-Tobin, *The effect of surface roughness on mould growth on wood*. , in *10th Nordic Symposium on Building Physics*. 2014.
18. Johansson, S., *Biological growth on rendered facades*. 2011, Institutionen för bygg och miljöteknologi.: Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola.
19. Johansson, S., L. Wadsö och K. Sandin, *Estimation of mould growth levels on rendered façades based on surface relative humidity and surface temperature measurements*. Building and Environment, 2010. 45(5): p. 1153-1160.
20. Jurado, V., et al., *Recolonization of mortars by endolithic organisms on the walls of San Roque church in Campeche (Mexico): A case of tertiary bioreceptivity*. Construction and Building Materials, 2014. 53(0): p. 348-359.
21. Krus, M., et al., *Prevention of algae and mould growth in facades by coatings with lowered long-wave emissions*. 2006, Fraunhofer Institut Bauphysik.
22. Krus, M., C. Fitz och K. Sedlbauer, *Reducing the Risk of Microbial Growth on Insulated Walls by Improving the Properties of the Surface Materials*, in *Hygrothermal Behavior, Building Pathology and Durability*, V.P. de Freitas and J.M.P.Q. Delgado, Editors. 2013, Springer Berlin Heidelberg. p. 1-21.
23. Kuntzel, H. *Factors determining moisture on external walls*. 2007.
24. Manso, S., et al., *Bioreceptivity evaluation of cementitious materials designed to stimulate biological growth*. Sci Total Environ, 2014. 481: p. 232-41.
25. Marie, I., *Perception of darkening of stone façades and the need for cleaning*. International Journal of Sustainable Built Environment, 2013. 2(1): p. 65-72.
26. Melo Júnior, C.M. och H. Carasek, *Relationship between the deterioration of multi story buildings facades and the driving rain*. Revista de la Construcción, 2014. 13(1): p. 64-73.
27. Nuhoglu, Y., et al., *The accelerating effects of the microorganisms on biodeterioration of stone monuments under air pollution and continental-cold climatic conditions in Erzurum, Turkey*. Science of The Total Environment, 2006. 364(1-3): p. 272-283.
28. Scheerer, S., O. Ortega-Morales och C. Gaylarde, *Chapter 5 Microbial Deterioration of Stone Monuments—An Updated Overview*, in *Advances in Applied Microbiology*, S.S. Allen I. Laskin and M.G. Geoffrey, Editors. 2009, Academic Press. p. 97-139.
29. Shirakawa, M.A., et al., *Mould and phototroph growth on masonry façades after repainting*. Materials and Structures/Materiaux et Constructions, 2004. 37(271): p. 472-479.
30. Shirakawa, M.A., et al., *Resistance of cyanobacterial fouling on architectural paint films to cleaning by water jet*. Current Microbiology, 2012. 64(4): p. 312-316.
31. Shirakawa, M.A., et al., *Biodeterioration of painted mortar surfaces in tropical urban and coastal situations: Comparison of four paint formulations*. International Biodeterioration & Biodegradation, 2011. 65(5): p. 669-674.
32. Shirakawa, M.A., et al., *Climate as the most important factor determining anti-fungal biocide performance in paint films*. Sci Total Environ, 2010. 408(23): p. 5878-86.

33. Tanaca, H.K., et al., *Discoloration and fungal growth on three fiber cement formulations exposed in urban, rural and coastal zones*. *Building and Environment*, 2011. 46(2): p. 324-330.
34. Van den Bulcke, J., J. Van Acker och M. Stevens, *Assessment of blue-stain resistance according to the EN 152 and a reverse test method using visual and computer-aided techniques*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2006. 57(4): p. 229-238.
35. Van den Bulcke, J., J. Van Acker och M. Stevens, *Laboratory testing and computer simulation of blue stain growth on and in wood coatings*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2007. 59(2): p. 137-147.
36. Warscheid, T. och J. Braams, *Biodeterioration of stone: a review*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2000. 46(4): p. 343-368.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 10000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: www.sp.se/publ

SP Rapport :2015:10

ISBN

ISSN 0284-5172