

EEN OVERZICHT VAN GEVELREINIGINGSMETHODES

Michiel van Hunen

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

Inleiding

Met welke reinigingsmethode kan onze gevel het best worden gereinigd? Die vraag blijkt elke dag actueel te zijn. Zeker vandaag de dag waarbij de financiële waarde van vastgoed de culturelere waarden bijna overschaduwde; die waarde lijkt zich te moeten weerspiegelen in de gevel.

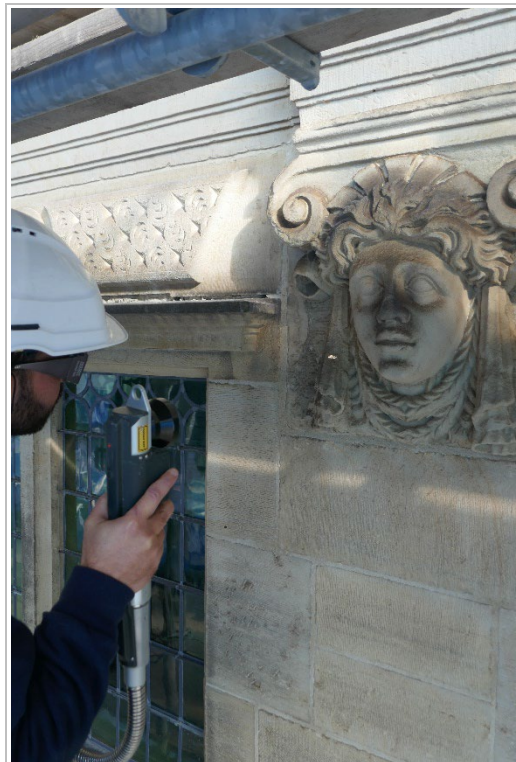
Het reinigen van de gevel is geen doel op zichzelf, het is een middel om de beleving van de gevel te verbeteren. Doordat niet iedereen zich dat altijd lijkt te realiseren worden in de praktijk nog wel eens stappen overgeslagen. Aan de eerst gestelde vraag gaan vele vragen en afwegingen vooraf; daar wordt in andere bijdragen in deze syllabus uitvoerig op in gegaan. Een reinigingsmethode moet in staat zijn vervuiling te verwijderen zonder het materiaal van de gevel aan te tasten. Maar waar gaat het materiaal over in vervuiling? En wat beschouwen we als schade? Welk vooronderzoek is nodig? Dat komt dus in andere bijdragen aan bod.

Positieve ontwikkelingen

De afgelopen twintig jaar is er veel verbeterd in de sector ten aanzien van gevelreiniging. Dit heeft zijn weerslag op de inzet van gevelreinigingsmethoden. Positieve ontwikkelingen zijn onder andere: dat er voldoende bedrijven beschikbaar zijn in de markt die in staat zijn om een historische gevels zonder schade te reinigen; dat bedrijven beschikken over meer en betere soorten reinigingsmethoden en -producten; er veel meer bewustzijn is van risico's, kansen en mogelijkheden bij veel betrokken partijen in de sector en dat gevelreiniging in toenemende mate wordt gecombineerd met andere technieken, zoals retoucheren. Daarmee kan de beleving verder worden verbeterd zonder een reiniging zo ver door te voeren dat schade ontstaat met juist een averechts effect op de beleving.

Bepaalde technieken of reinigingsmiddelen, zoals ammoniumwaterstoffluoride, droogijs, klei- en rubberpasta's en laserreiniging, worden al in 1998 als nieuwe technieken beschreven.¹ Ze zijn dus al zo'n 25 jaar op de markt, toch worden enkele daarvan in de erfgoedsector nog als nieuw beschouwd of blijkt er onvoldoende kennis over te zijn. Enkele van die technieken, zoals laser en stralen met droogijs hebben zich in de afgelopen jaren zodanig ontwikkeld dat ze aanzienlijk beter geschikt zijn geworden om toe te passen bij historische gevels.

Ondanks deze positieve ontwikkelingen gaat het met enige regelmaat nog mis en worden er gevels kapot gestraald; meestal zijn betrokkenen onbewust onbekwaam.



Figuur 1: Laserreiniging bij het stadhuis in Leiden.
(uitvoering Venema Restauratie)

Inhoud bijdrage

Deze bijdrage richt zich reinigingsmethoden die bedoeld zijn voor steenachtige (monumentale) ondergronden. Er wordt een overzicht gegeven van beschikbare methoden en op enkele methoden die recent meer worden toegepast wordt wat uitvoeriger ingegaan. Omdat een reiniging steeds wordt gecombineerd met retoucheren, het bij- of wegwerken van oneffenheden, zal daar ook aandacht aan worden besteed.

Het verwijderen van graffiti is een meer specialistisch reinigingsdiscipline die specifieke methoden, kennis en ervaring vraagt. Het komt in deze bijdrage zijdelings aan de orde maar wordt niet uitvoerig behandeld.

Dit artikel heeft vooral een technische insteek. Het richt zich op de vraag met welke technieken vervuilingen kunnen worden verwijderd of minder zichtbaar kunnen worden gemaakt. Het artikel beschrijft werkingsprincipes, toepassingsmogelijkheden en kansen en risico's. Uitvoeringsdetails kunnen minder uitvoerig worden beschreven, daarvoor wordt verwezen naar de literatuurbronnen.^{3, 4, 5, 6, 10,13}



Figuur 2: Herbestemde en gerestaureerde koepelgevangenis in Haarlem, voor en na reinigen en retoucheren. Foto's: Buro van Stigt, (uitvoering Superlook).

Reinigingstechnieken

Bij het verwijderen van vervuiling van gevels kan men twee hoofdprincipes onderscheiden: (a) de vervuiling wordt van de ondergrond losgemaakt en afgevoerd en (b) een (minuscuul) dun oppervlaktelaagje van de ondergrond wordt inclusief vervuiling, losgemaakt en afgevoerd.²

Bij erfgoed is het uitgangspunt uiteraard te werken volgens het eerste principe. Dat blijkt echter niet in alle gevallen volledig mogelijk te zijn. Geregeld maakt men bewust of onbewust in meer of mindere mate (ook) gebruik van het tweede principe. Dat geeft dus per definitie (enige) schade aan de ondergrond. Of dat zichtbaar is of acceptabel hangt af van de situatie.

Indien tijdens proeven blijkt dat men niet alle vervuiling volgens principe a kan verwijderen, kan men kiezen voor een methode die werkt volgens principe b. Dat gebeurt in de uitvoeringspraktijk met regelmaat. Men kan echter ook andere opties overwegen, zoals: een wat minder schone gevel accepteren of de vervuiling laten zitten en middels retoucheren minder zichtbaar maken. Retoucheren in plaats van reinigen is dus een manier om fysieke schade aan de ondergrond te voorkomen en toch de beleving van de gevel te verbeteren; om die reden wordt er in deze bijdrage ook aandacht besteed aan retoucheren.

In dit artikel zijn de reinigingsmethoden ingedeeld volgens NEN 17138 (2019) ³:

1. Reinigen met water
2. Mechanisch reinigen
3. Chemisch reinigen
4. Fysisch reinigen

Geen enkele indeling van reinigingsmethoden is helemaal zuiver, deze dus ook niet; bij veel reinigingsmethoden is vanuit het oogpunt van 'reinigingsmechanisme' in feite sprake van een combinatie van methoden. Zo wordt een in water oplosbare vervuiling tijdens reinigen met water onder hoge druk deels of in eerste instantie opgelost (fysisch) en daarna door de waterdruk losgemaakt en afgevoerd (mechanisch). Bij stralen met droogijs is er sprake van een thermoshok effect (fysisch) en van mechanisch reinigen. Bovendien is de eerst genoemde methode 1. Reinigen met water, feitelijk een combinatie van fysisch en mechanisch reinigen.

Deze indeling maakt de lezer wel bewust van verschillende reinigingsmechanismen. Het nadenken over reinigingsprincipes (a of b) en over welk reinigingsmechanisme in een bepaalde situatie het veiligst is of het meest logisch, is belangrijk bij het kiezen van de meeste optimale methode.

Onderstaand overzicht is niet volledig; technieken die zeer weinig voor gevels worden gebruikt worden niet beschreven. Meer gedetailleerde beschrijvingen van de mogelijkheden en randvoorwaarden van een technieken staan beschreven in een de raadpleegde bronnen.



Figuur 3: Rubberlaag inclusief vervuiling afkomstig van de reiniging van een beeldhouwde kop. (uitvoering Superlook)

1. Reinigen met water

Er is een scala aan methoden op basis van water, dat zowel in vloeibare vorm als in dampvorm kan worden gebruikt. Belangrijke variabelen zijn: druk, temperatuur en hoeveelheid; de hoogte van druk en temperatuur hebben een grote invloed op de impact die de methode op de vervuiling en ondergrond kunnen hebben. Afhankelijk van de vorm waarin water wordt toegepast kan het zowel een oplossende werking (fysisch) hebben als een mechanische werking. Bij oplossen met water wordt de vervuiling van de ondergrond losgemaakt (principe a) en bij de mechanische werking kan zowel de vervuiling als ondergrondmateriaal worden verwijderd (principe a en b). De volgende methoden kunnen worden onderscheiden:

1.1

Echter, het is zeker niet zonder risico doordat het gevelmateriaal verzadigd kan raken met water. Aan de buitenzijde kan vorstschade ontstaan indien het materiaal vorstgevoelig en het wordt uitgevoerd in een vorstperiode. Door de hoge waterbelasting is er ook een risico dat er biologisch vervuiling ontstaat na de reiniging. In het interieur zouden vochtproblemen kunnen ontstaan en zelfs zoutschade.

Het wordt met name ingezet voor het verwijderen van zwarte gipskorsten; gips lost namelijk goed maar langzaam op in water met lage temperatuur. Het werkt het beste bij witte kalksteen, marmer, blauwe hardsteen en schoon beton.⁴ Het lijkt in Nederland minder te worden toegepast dan in Vlaanderen.

Voor een goed resultaat is het belangrijk een egale waterfilm over het oppervlak te krijgen. Zodra het vuil is opgeweekt kan het reinigend effect worden vergroot door afborstelen van het oppervlak.



Figuur 4: Waterverneveling om gipskorst te verwijderen, foto: Yves Vanhellemont (WTCB)

1.2 Spuiten onder druk.

Koud of warm water wordt met hoge of lage druk tegen de vervuiling gespoten. Het water heeft enerzijds een oplossende werking in veel situaties (bij vervuiling die oplosbaar is in water) en anderzijds, met name bij hogere druk, een belangrijk mechanisch effect. Een veel gebruikte techniek die ook wordt gecombineerd met of volgt op chemisch reinigen. Ook wordt het gebruikt om 'technisch' te reinigen als voor- of nabehandeling bij bijvoorbeeld herstel van metsel- en voegwerk.

Bij hoge druk kan de druk 30 tot 100 bar zijn. De temperatuur is in de praktijk maximaal 80 tot 90 °C. Gebruik van warm water is alleen zinvol bij een type vervuiling die beter oplosbaar is bij hogere temperaturen. Denk daarbij aan een vette aanslag of wasachtige lagen, zoals een offerend anti-graffiti systeem.

Behandeling met hoge druk is vooral bedoeld voor harde en compacte materialen zoals blauwe hardsteen, marmer, graniet en baksteen metselwerk opgetrokken met relatief harde bakstenen en voegwerk.

Het is in potentie een risicovolle reinigingsmethode omdat het een sterk mechanisch effect kan hebben. Met name wanneer met een hoge druk wordt gewerkt al dan niet in combinatie met een spuitmond (ook wel nozzel genoemd) met een snijdend effect (spuitmond met een spuithoek van 10 graden/ sterk geconcentreerd straal) of een roterend effect (zogenaamde vuilfrees). Ook de afstand van de straalkop tot het geveloppervlak is heel bepalend, net als de straalhoek. Bij erfgoed is het raadzaam om een minimale afstand tussen gevel en spuitmond aan te houden van 30 cm en een spuitmond te gebruiken met een spuithoek van 40°.⁵ Het specificeren van een bepaalde (minimale of maximale) waterdruk is lastig omdat de druk op het oppervlak door vele parameter sterk zal afwijken van de druk op de straalketel.

1.3 Stoomreinigen

Hierbij wordt verzadigde stoom onder druk tegen het oppervlak gespoten. Verzadigde stoom wil zeggen dat het een mengsel is van waterdamp en kleine waterdruppeltjes. Doordat het 'kokendhete' water (120-160 °C) buiten de spuitmond grotendeels verdampt neemt de druk

sterk af en is de 'waterdruk' op het oppervlak relatief laag (2 tot 6 bar). De druk wordt overigens bepaald door de verhouding stoom versus heet water, hoe hoger het aandeel water des te hoger de druk kan zijn.

Bij een stoomreining zal de stoom en het hete water de vervuiling oplossen of loswekend en het afstromende condenswater, dat ontstaat als het hete stoom tegen het koude oppervlak komt, zal de vervuiling laten afspoelen.

Wanneer de stoom niet verzadigd is maar droog, dan kan de vervuiling vastbakken.⁶

Stoomreinen wordt als relatief veilige methode beschouwd vanwege de lage druk. Het kan effectief zijn voor verschillende soorten vervuiling (zoals vet/olieachtige bestanddelen, biologisch groei en uitwerpselen vogels) op vele verschillende soorten materiaal zoals baksteen, terracotta, schoon beton, pleisters, blauwe hardsteen, marmer en graniet. Voor gipskorsten is het minder geschikt omdat gips vooral oplost tussen de 20-40 °C en veel minder bij hoge temperatuur.⁵



Figuur 5: Proef met stoomreininging(Doff) bij Markthal (uitvoering Stonehealth Ltd)

Systeem DOFF is een variant op basis van verzadigde stoom bij hoge temperatuur, van rond 150°C (dus oververhitte stoom) en werkdruk van enkele bars in de ketel. Dergelijke methoden bestaan al decennia maar deze is technisch doorontwikkeld waardoor het stoomdebiet aanzienlijk is vergroot waardoor de werksnelheid hoger kan zijn.⁷

Stoomreininging is een goede en veilige reinigingsmethode die vaak wordt voorgeschreven. Echter, in de uitvoeringspraktijk is niet altijd sprake van stoom, maar van heet water onder druk (waarbij ook een stoomwolk zichtbaar is). Bij heet water kan de druk op het oppervlak veel hoger zijn dan bij stoom; bij 100% stoom kan de druk in de buitenlucht nooit hoog zijn.

Naast bovengenoemde zijn er nog enkele meer specialistische en minder toegepaste methoden op basis van water. Zoals een methode waarbij water wordt geïnjecteerd en vervolgens weer wordt onttrokken. En een methode waarbij wordt gewerkt met een waterhoudende poultice waarmee de ondergrond wordt bevochtigd en waarbij het absorberende materiaal (de poultice) het water met opgeloste vervuiling (zoals zouten) weer opzuigt, zie o.a. NEN-EN 17138.³

2. Mechanisch reinigen

De meeste mechanische reinigingsmethoden zijn qua reinigingsmechanisme gebaseerd op een abrasieve werking. Onder een abrasieve werking verstaan we in deze bijdrage een schurende, slijpende of schrapende werking. Als reinigingsprincipe is naast a ook vaak in meer of minder mate sprake van principe b. De peltechniek vormt binnen het mechanisch reinigen een uitzondering, daarbij wordt vervuiling van de gevel afgetrokken en is geen sprake van abrasieve werking, het werkt in principe volgens principe a.

2.1 Borstelen.

Met behulp van een kokos of nylonborstel wordt de vervuiling losgemaakt van de ondergrond. Dit wordt ook wel eens gecombineerd met een reinigingsmethode met water, al dan niet in combinatie met het gebruik van oppervlakte actieve stoffen (chemisch reinigen). Op een voldoende samenhangende ondergrond is sprake van reiniging volgens principe a en is er nauwelijks kans op schade (tenzij bijvoorbeeld een bijzondere kleurige afwerklaag aanwezig is). Bij gebruik van een metalen borstel bestaat er wel kans op schade; buiten het feit dat het een krassende werking kan hebben, kunnen kleine stukje metaal achterblijven die vervolgens kunnen corroderen en vlekken geven.²

2.2 Schuren en polijsten.

Mechanisch wordt een zeer dun oppervlaktelaagje van de ondergrond, waaraan de vervuiling is gehecht, los gemaakt. Een reiniging volgens principe b dus. Een methode waarbij diverse hardere of brossere vervuilingen kunnen worden verwijderd.

De toepasbaarheid hiervan wordt sterk bepaald door de oorspronkelijke wijze van afwerking en de mate waarin een behoudens waardige patina aanwezig is. Indien men te maken heeft met van oorsprong fijn geschuurde, gezoete of gepolijste oppervlakken van een hard materiaal, bijvoorbeeld Belgisch hardsteen, kan een zelfde schuurtechniek worden gebruikt. Een dergelijke behandeling lijkt overigens verder te gaan dan een gewone reiniging, het heeft meer het karakter van een restauratieve ingreep.

Zoeten is een fase tussen fijn schuren en polijsten in. Bepaalde steensoorten zoals kalksteen, hardsteen en marmer zijn vaak gezoet. Het polijsten van hardsteen voor toepassing in de buitenlucht heeft geen zin omdat de glans binnen enkele maanden verdwijnt. Marmer kan ook met puimsteen zijn bewerkt. Deze oppervlakken kunnen ook weer



Figuur 6: Verf is zo diep in de zandsteen gedrongen dat deze niet meer zonder schade is te verwijderen. De bekladding is verwijderd door mechanisch een laag van de steen te verwijderen. Overschilderd was ook een optie geweest. Foto: M. Stappers (RCE)

gereinigd worden door ze respectievelijk te zoeten of met puimsteen te bewerken. Dit moet echter zeer terughoudend plaatsvinden, enerzijds omdat er materiaalverlies optreedt, dat zeker bij beeldhouwwerk en tekstplaten ernstige gevolgen kan hebben. Anderzijds omdat het oppervlak zijn natuurlijk verouderde uitstraling zal verliezen.²

2.3 Stralen: lage druk, droog of nat (hydropneumatisch).

Bij stralen wordt een straalmiddel met perslucht, met of zonder water, tegen een oppervlak gespoten. Stralen is vermoedelijk de meeste gebruikte techniek om gevels te reinigen. Het is

echter ook de techniek waarmee in het verleden, maar helaas ook nu nog, de meeste gevels (ernstig) beschadigd zijn geraakt. Sinds de 21^{ste} eeuw wordt de techniek steeds vaker op een goede wijze toegepast en worden er mooie resultaten mee behaald. Het resultaat staat of valt bij de deskundigheid van het uitvoerende bedrijf, de gebruikte apparatuur, materialen en instellingen en de opdracht die wordt verstrekt.

Deze beschrijving gaat uit van lagedruk technieken, hogedruk technieken zijn voor monumentale gevels niet van toepassing!

Er is een groot aantal variaties op de markt met even zoveel verschillende benamingen, zoals: zandstralen, microstralen, gommen, nevelstralen, kalkwassen, wervelreinigen, etc. De naam komt voort uit een combinatie van variabelen: straaldruk, droog of nat, macro of micro, type straalmiddel en type spuitmond.

In toenemende mate wordt microstralen gebruikt, een variant op gewoon stralen.

Kortgezegd is dat: kleinere apparatuur inclusief straalmiddel, lagere druk en een fijner straalmiddel (vaak aluminiumoxidepoeder). Er kan voorzichtiger en nauwkeuriger mee worden gewerkt, maar ook minder snel. Bij microstralen zijn de drukken doorgaans 1 tot 2 bar, de korrelgroottes maximaal 10 tot 50 μm ($1\mu\text{m} = 0.001\text{mm}$), de werkafstand tot op oppervlak is ook klein waardoor het oppervlak dat wordt gereinigd maximaal enkele cm^2 .⁵

Werking

Bij stralen wordt de vervuiling mechanisch van het oppervlak losgemaakt en indien de vervuiling ook in de poriestructuur zit, wordt ook een (zeer) dun oppervlaktelaagje van de ondergrond, waaraan de vervuiling is gehecht, losgemaakt. Het werkt dus volgens principe a en afhankelijk van de uitvoering in meer of minder mate ook volgens principe b.

Het effect van stralen wordt bepaald door: de straaldruk, het straalmiddel, wel of geen water, vorm van de spuitmond, afstand van de spuitmond tot de gevel, de hoek t.o.v. de gevel waaronder gestraald wordt en de tijdsduur die de spuitmond op een plaats is gericht. De persoon aan de spuitlans is dus zeer bepalend.

Type vervuilingen

Straaltechnieken zijn voor vele type vervuilingen geschikt doordat met het grote aantal parameter de techniek goed kan worden afgestemd op het type vervuiling en de ondergrond. Het werkt vooral geschikt voor dunne lagen die op het oppervlak zitten en niet te zacht of taai zijn, eigenlijk ongeacht de chemische samenstelling.



Figuur 7. Hydropneumatisch stralen van een natuurstenen gevel. Foto: Yves Vanhellemont (WTCB)



Figuur 8 links: zandsteen met ingedrongen verf en een beschadigd oppervlak; deze verf kan niet middels stralen worden verwijderd. Rechts: baksteen metselwerk dat door stralen te sterk is beschadigd. Verf verwijderen middels stralen is zeer riskant.

In het algemeen is het minder geschikt voor vervuilingen die dieper in de poriën zitten of vervuilingen die veel harder of taaier zijn dan de ondergrond. Vervuiling is dan niet te verwijderen middels stralen zonder de ondergrond aan te tasten. Voorbeelden daarvan zijn: graffiti op zandsteen, afzetting van calciumsilicaat op zacht baksteen of een synthetische verf op mergel. Bij harde of taaie oppervlaktelagen is de kans groot dat je tijdens het stralen 'doorschiet' in de ondergrond. Verfssystemen zijn overigens mogelijk wel te verwijderen met stralen met droogijs.

Droog of nat. In een deel van de publicaties over gevelreinigingstechnieken worden droog en nat stralen als afzonderlijke technieken beschreven. In de praktijk wordt vaak apparatuur gebruikt waarbij water in of naast de spuitmond wordt toegevoegd..

De hoeveelheid water is regelbaar en zal tijdens het werk, afhankelijk van de mate van vervuiling ook worden bijgesteld. Minder water geeft meer impact en meer reinigend effect (en dus ook meer kans op schade). De hoeveelheid water waarmee wordt gewerkt is dus een geleidende schaal; daarom wordt in deze bijdrage droog en nat stralen als een methode beschouwd.

Hydropneumatisch stralen (nat stralen).

Toevoegen van water vermindert de hoeveelheid stof maar vermindert ook de impact (inslag) van het straalmiddel. Rendement en schaderisico nemen dus wat af door water. Door de wijze waarop water in de spuitmond wordt gedoseerd kan men de straal beïnvloeden en kan ook een wervelende beweging ontstaan waardoor de straalhoek wisselt. Men spreekt dan vaak over wervelreiniging.

Werkdruk, korrelgrootte en korrelvorm beïnvloeden het reinigend effect echter vele malen sterker dan water. Hoe fijner het straalmiddel, hoe meer water daarvoor nodig is. Meestal wil men net voldoende water toevoegen om overlast door stof zo veel mogelijk te beperken. Het waterverbruik ligt,



Figuur 9: Spuitmond voor (o.a.) kalkwassen. Via de dunne rood-blauwe slang wordt water aangevoerd, via de dikke zwarte slang lucht met straalmiddel.

afhankelijk van de techniek, zo tussen 5 en 250 liter/uur; debieten van 30 tot 60 liter water per uur zijn gebruikelijk.⁵

Parameters.

De parameter die een belangrijk rol spelen worden hierna afzonderlijk beschreven met als doel om meer begrip te krijgen van de werking, zodat straalwerk beter beoordeeld en begeleidt kan worden.

Straaldruk. De druk van de perslucht is wellicht de parameter waar (terecht) het meeste aandacht voor is; welke druk effectief is en veilig, is afhankelijk van vele andere parameters. Alle straaltechnieken met een druk onder de 10 bar kunnen we beschouwen als lagedruk technieken. Uit onderzoek uitgevoerd door WTCB blijkt onder meer dat de werkdruk niet los kan worden gezien van de werkafstand en de korrelgrootte van het straalmiddel.⁵ Bij een gemiddelde straalmiddelgrootte (0,1 mm tot 0,3 mm) is een werkdruk van ongeveer 2 tot 3 bar effectief. Bij een wat hogere druk, 3 tot 5 bar, kan het rendement worden verhoogd maar daarmee neem ook het risico voor schade aan de ondergrond toe.¹ In de meeste gevallen is een druk hoger dan 5 bar niet verantwoord. Bij zeer fijne straalmiddelen, kleiner dan 0,1 mm, kan een wat hogere druk worden toegepast bij een praktische straalafstand.

Straalmiddel. De werking van een straalmiddel wordt bepaald door: het soort materiaal, hardheid, korrelgrootte, vorm en het soortelijk gewicht.² Voorbeelden van straalmiddelen zijn: minerale slak, koper slak, carborundum, aluminiumoxide, olivinezand, olijfpitten, dolomiet, glaspereels, glaspoedermeel, calciumcarbonaat (kalksteen), natriumbicarbonaat en droogijs. Het gebruik van straalmiddelen die meer dan 1% vrije silica (SiO₂) bevatten, zoals kwarts en flintgrit, is verboden.

> type straalmiddel: het soort materiaal is van invloed, in de eerste plaats omdat het materiaal sterk bepalend is voor de hierna volgende parameter. In de tweede plaats is het meestal belangrijk om met een inert straalmiddel te werken, d.w.z. dat het niet reactief is met de ondergrond en vocht. (zo is staalgrit ongeschikt voor gevels omdat het kan roesten en zo vlekken kan geven).

> hardheid straalmiddel. De hardheid wordt weergegeven met de schaal van Mohs (1 Mohs: zo zacht als talk, 10 Mohs zo hard als diamant). Uitgangspunt is om straalmiddel te kiezen met een lager Mohs-hardheid dan de ondergrond. Echter, als de druk veel te hoog is kan een zacht straalmateriaal toch een hardere ondergrond beschadigen.

> korrelgrootte. De korrelgrootte beïnvloedt zeer sterk de inslag van het straalmiddel : in de berekeningsformules van de inslag en de kinetische energie staat de korreldiameter in de derde macht; dus hoe groter de korrel des te groter is het reinigend effect en de kans op schade. In veel gevallen is de gemiddelde korrelgrootte 0,1 mm tot 0,3 mm. Voor het reinigen van zachte of verweerde materialen is een fijn straalmiddel (kleiner dan 0,2mm) raadzaam.⁵ Het gebruik van zeer fijne straalmiddelen (fijner dan 0,125 mm) geeft bij gelijkblijvende andere parameters niet systematisch de beste resultaten.¹

> vorm straalmiddel, hoekig versus rond. De vorm van het straalmiddel is ook van invloed, zo heeft een rond middel een hamerende werking, wat effectief kan zijn bij harde brosse vervuilingen en heeft een hoekig middel een snijdende werking, wat effectief kan zijn bij zachte taaie vervuilingen.

> soortelijk gewicht straalmiddel

Een relatief zwaar straalmiddel heeft meer kinetisch energie en dus een sterkere inslag dan een licht middel.

2.4 Droogijs stralen.

Droogijs stralen is een vorm van stralen waarbij droogijs, vast CO₂, als straalmiddel wordt gebruikt. Doordat droogijs een zeer lage temperatuur heeft van minus 78°C, is er naast de abrasieve werking ook sprake van 'temperatuurschok'. Daarnaast is er sprake van een mechanisch impact als gevolg van de volumevermeerdering die ontstaat als de vaste CO₂ korrel sublimeren, d.w.z. van vaste vorm overgaan in damp.⁵

Met de temperatuurschok wordt bedoeld op de plotselinge sterke afkoeling van de vervuiling en mogelijk ook het materiaaloppervlak. Dat heeft tot gevolg dat taaie vervuilingen brosser worden waardoor ze beter mechanisch zijn te verwijderen. Denk aan een taai verflaag op de gevel, kauwgom op stoeptegels of kunststof folie op auto's. De thermische spanning of mogelijk ook schuifspanningen die ontstaan tussen vervuiling en ondergrond kunnen ook bijdrage aan het loskomen van de vervuiling



Figuur 10: Straalmachine vullen met droogijs; Natuursteen sokkel met klimoprestanten; sokkel na reinigen met droogijs. Foto's Yves vanhellemont (WTCB)

5

Voor de erfgoedsector kan het vooral nuttig zijn voor het verwijderen van biologische vervuiling, zoals (korst)mossen, uitwerpselen en restanten van klimop zoals hechtwortels en verschillende verfsorten. Deze vervuilingen zijn vaak met gewone straalmiddelen niet of slecht te verwijderen.

Een voordeel tijdens de uitvoering is ook dat er geen straalmiddel achterblijft, indien de afkomende vervuiling geen milieubelasting vormt, zoals bij biologische vervuiling, dan hoeft er niks te worden opgevangen.

Wanneer zeer vochtige ondergronden worden gereinigd die vorstgevoelig zijn, zou schade kunnen ontstaan door bevriezing.

2.5 Peltechniek.

Een peltechniek is in tegenstelling tot voorgenoemde methoden geen abrasieve reiniging. Hierbij wordt een laagvormend product in de vorm van een rubber of kleipasta op de vervuiling aangebracht. Bij opdroging wordt een elastisch vel (bij rubber) of hardere laag (klei) gevormd die de vervuiling vastplakt. Wanneer vel of laag van de ondergrond wordt getrokken komt het vuil mee.

De mechanische werking kan worden aangevuld met een chemische werking indien reinigingsmiddelen worden toegevoegd zoals het complexeermiddel EDTA (Ethyleendiaminetetra-azijnzuur), lees ook 3.5. Indien chemische reinigingsmiddelen worden toegevoegd is het raadzaam de gereinigde ondergrond met een spons en water te wassen.⁸ Als laagvormende materialen kunnen naast latex (rubber) en klei ook polyvinyl alcohol worden gebruikt en andere producten zoals cellulose poeder of carboxymethyl-cellulose.³

Op weinig samenhangende ondergronden kan wel enige schade ontstaan door de methode. Wanneer chemische reinigingsmiddelen worden toegevoegd kunnen ook verkleuringen ontstaan op kwetsbare ondergronden zoals muurschilderingen

Dergelijke producten zijn ontwikkeld voor gebruik in het interieur, o.a. voor het verwijderen van stof en roet. Onder de juiste omstandigheden, m.n. lage luchtvochtigheid, kunnen ze ook buiten worden gebruikt voor bijzondere gevelelementen of beelden ed.

Deze methode heeft overeenkomsten met de complexonpasta's beschreven onder Chemisch reinigen, 3.5; lees ook daar.



Figuur 11: Reinigingsproven met latex, die mogelijk wat EDTA bevat, in de kathedrale basiliek Sint-Bavo in Haarlem. Links: gereinigde en niet-gereinigde muur; midden: het losgetrokken latexvel inclusief vervuiling; rechts: een proefvlak waarbij de geschilderde verpoederde ondergrond wat kleur heeft verloren (op de latex zichtbaar daaronder).

3. Chemisch reinigen

Onder chemisch reinigen verstaan we methoden waarbij men de vervuiling met behulp van 'chemische' middelen (producten) wil oplossen, opweken, omzetten naar andere verbindingen, wil 'los maken' van de ondergrond (zeepachtige middelen) of wil laten afsterven (biociden). Maar ook methoden waarbij niet de vervuiling maar het materiaal van de ondergrond oplost. Chemische middelen kunnen dus zowel inwerken op de vervuiling (principe a) als op de ondergrond (principe b). Onder deze noemer scharen we ook methoden waarbij in feite geen sprake is van chemische reacties in de zin dat er nieuwe verbindingen worden gevormd, zoals bij gebruik van zeepachtige middelen.

In veel gevallen is reinigen met water nodig om reinigingsmiddelen en vervuiling af te voeren. Afkomend water moet in de meeste gevallen worden opgevangen. Welke reinigingsmethode met water nodig is hangt af van de ondergrond, type vervuiling en het gebruikte chemische middel.

Bij chemische middelen is het effect op de vervuiling of op het gevelmateriaal meestal afhankelijk van de inwerktijd. De inwerktijd wordt ook bepaald door manier waarop het middel wordt aangebracht. De benodigde inwerktijd is overigens meestal afhankelijk van de temperatuur, bij hoger temperatuur is de inwerktijd korter.

De wijze van aanbrengen is ook belangrijk als er onder het te reinigen gedeelte een vlak zit dat niet gereinigd moet worden. Voorkomen moet worden dat het onderliggende deel verstoord wordt door druipsporen.

Opties voor aanbrengen zijn:

-In dun vloeibare vorm. Het middel kan wordt opgebracht met een (blok)kwast, via sproeien



Figuur 12: Bij het verwijderen van graffiti zijn dunvloeibare middelen gebruikt zonder het onderliggende materiaal af te schermen.

of spuiten. Sommige middelen kunnen met water worden vermengd en tegen het oppervlak worden gespoten. Dun vloeibare middelen kunnen worden gebruikt bij een korte inwerktijd. -Als ingedikte oplossing (gel), emulsie (crème) of thixotrope stof (dik-vloeibare stof die dunner wordt bij beweging) indien een langere inwerktijd is vereist. Middelen kunnen met een (blok)kwast of (verf)roller worden aangebracht. In sommige situaties wordt, om verdamping van oplosmiddel te voorkomen, het aangebrachte product afgedekt met plasticfolie. Bijvoorbeeld wanneer men dieper ingedrongen graffiti wil verwijderen. -Met behulp van een kompres (poultice), dat is een poreus absorberend materiaal, zoals cellulosevezels of klei. Het product zit in de poultice en wordt capillair opgezogen door het gevelmateriaal zodra de poultice is aangebracht. Ook hierbij kan het effectief zijn om het (in eerste instantie) af te dekken met plasticfolie.

Een algemeen nadeel bij chemische reiniging is dat nadelige effecten of schadeontwikkeling niet direct zichtbaar zijn tijdens of direct na de (proef)reiniging. Residuen van reinigingsmiddelen die achterblijven kunnen ongewenste reactie geven. Alle gevelmaterialen zijn poreus en zuigen water en chemische producten op. Door goed voorbevochtigen van de gevel kan dat overigens sterk worden verminderd. Ook raken producten uitgewerkt, zo zal een zuurproduct reageren met aanwezig kalk (basisch) waarbij een neutraal reactieproduct ontstaat (een al dan niet schadelijk zout).

Bij een mechanisch reinigen met bijvoorbeeld stralen geldt in het algemeen: *what you see is what you get*. De kans op onaangename verrassingen na verloop van tijd is klein.

Ook ogenschijnlijk milde reinigen met bijvoorbeeld een zeep of oppervlaktebevochtigers kunnen een nadelige invloed achterlaten; zo kan het gevelmateriaal een bepaalde periode na de reiniging makkelijker water opnemen.

Productinformatie-samenstelling. De productinformatie van de fabrikanten bedoelt voor marketing vermeldt niet altijd duidelijk wat de samenstelling van een middel is. Een leverancier is echter verplicht een Veiligheidsinformatieblad (Vib) beschikbaar te stellen bij producten met een veiligheidsrisico, zoals chemische reinigingsmiddelen. In het veiligheidsinformatieblad staan wel alle relevante werkzame stoffen benoemd. Het is raadzaam deze te bekijken.

Soorten reinigingsmiddelen/methoden:

3.1 Oppervlakte actieve stoffen.

Een oppervlakte-actieve of grensvlakactieve stof, ook wel tenside genoemd of detergent, tensio-actieve stof of surfactant, is een stof die de oppervlaktespanning van een vloeistof (zoals water) kan verlagen waardoor materialen beter 'bevochtigd' kunnen worden; materialen worden hydrofiel. Denk aan zeep en afwasmiddel. Deze middelen zijn effectief bij het reinigen van oliën en vette vervuilingen. Ze worden altijd in combinatie met reinigen met water toegepast. Dergelijke stoffen worden vaak ook aan samengestelde reinigingsproducten en reinigingspasta's toegevoegd om de effectiviteit van die middelen te vergroten.⁵

Deze stoffen kunnen vervuiling losmaken van de ondergrond en deze min of meer zwevend houden in het water om transport mogelijk te maken.² Ze kunnen onderverdeeld worden in: anionisch, kationisch, niet-ionisch en amfotere producten. Afhankelijk van de toepassing moet voor een of een combinatie van deze soorten worden gekozen. Bij bepaalde soorten natuursteen kunnen bijvoorbeeld alleen niet-ionische worden toegepast.

Na reiniging moet er zeer grondig worden nagespoeld met water. Indien er detergenten achterblijven kan de muur extra water opnemen, de muur wordt hydrofiel.

Niet alle oppervlakte actieve stoffen zijn geschikt. Zo zijn anionische producten, zoals klassieke zepen, en amfotere producten niet geschikt voor poreuze ondergronden. Wel

voor compacte (dichte) materialen zoals sommige natuursteen soorten en geglazuurde materialen. Kationische zijn ook niet geschikt als oppervlakte-actieve stof, wel als biocide zoals quaternaire ammoniumzouten. Voor gevelreiniging zijn vooral niet-ionisch middelen geschikt, voorbeelden daarvan zijn: Alkylpolyglycoether en alkylpolyglycosiden.⁵

3.2 Oplosmiddelen.

Met oplosmiddelen kunnen, zoals de naam al zegt, materialen zoals vervuiling of graffiti, worden opgelost waarna ze afgespoeld kunnen worden of opgezogen met een absorberend materiaal (poultice). Water dat eerder als reinigingsmethode werd beschreven, is ook een oplosmiddel. Het is een methode volgens reinigingsprincipe a. Toch is het gebruik van oplosmiddelen ook risicovol, de opgeloste vervuiling kan ook dieper in de ondergrond dringen of zich over een groter oppervlak verspreiden. Zeker het goed verwijderen van graffiti met een oplosmiddel vraagt specialistisch kennis en ervaring.

3.3 Zure middelen.

Zure reinigingsmiddelen, zoals het zwakke azijnzuur of het sterke waterstoffluoride, kunnen zowel vervuiling als ondergrondmateriaal aantasten (oplossen). Het loskomende materiaal kan vervolgens worden afgespoeld of met een absorberend materiaal worden opgezogen en als dikke substantie worden verwijderd. Afhankelijk van de situatie kunnen zuren dus werkzaam volgens principe a of b.

Zuren tasten kalk(steen)houdende materialen in meer of minder mate aan en de meeste siliciumhoudende materialen zoals zandsteen en baksteen worden niet zo snel aangetast. Echter, anorganische zuren tasten keramiek, glas en glazuurlagen wel aan. Indirect schade kan in een later stadium wel ontstaan door zouten die worden gevormd, dat kan leiden tot een wittige waas of zoutuitbloei. De effectiviteit maar ook de risico's zijn bij sterke zuren aanzienlijk groter dan bij zwakke zuren.

Verschillende soorten zuren kunnen worden gebruikt waarbij het effect zowel afhangt van het type zuur als de zuurgraad (pH-waarde).

Zuren producten, zoals zoutzuur worden (van oudsher) soms gebruikt of cementsluier en kalkaanslag te verwijderen en ook voor verwijderen van zouten zoals sulfaten, chloriden en nitraten.¹⁰ Het kan effectief zijn maar in verband met problemen die later door (chloride)zouten kunnen ontstaan wordt het afgeraden. Dunne cementsluier of kalkafzettingen kunnen soms ook met azijnzuur of citroenzuur worden verwijderd, dan is veel een langere inwerktijd nodig⁵.

Ze kunnen worden ingedeeld in organische- en anorganische zuren.² Organische zuren zijn opgebouwd uit tenminste koolstof, waterstof en zuurstof, dit in tegenstelling tot anorganische zuren die uit andere elementen zijn opgebouwd. Organische zuren zijn vaak relatief zwak, voorbeelden van organische zuren zijn: azijnzuur, citroenzuur, mierenzuur en oxaalzuur. Het grote voordeel van dit type zuren is dat ze geen schadelijke residu achterlaten; het organische anion is biologisch afbreekbaar. Dat is gebleken bij proeven met azijn. Het risico is in het algemeen dus veel kleiner.⁹ Toch kunnen bepaalde organische zuren kalkhoudende ondergronden, zoals bijvoorbeeld beton, ernstig aantasten. Oxaalzuur kan zeer effectief zijn



Figuur 13: Tintverschillen door verschillende inwerktijden met zure reiniging op betonnen gevel. Foto Yves Vanhellmont (WTCB)

bij het verwijderen van roestvlekken.

Anorganische zuren zijn vaak relatief sterk, voorbeelden van anorganische zuren zijn: zoutzuur, salpeterzuur en fluorwaterstofzuur. Fluorwaterstofzuur (waterstoffluoride, HF) en ammoniumwaterstoffluoride (NH_4HF_2) hebben een sterk etsende werking waardoor ze soms effectief kunnen zijn maar verglaasde oppervlakken en keramische materialen sterk worden aangetast. Het voordeel van deze twee zuren is wel dat de zouten die worden gevormd onoplosbaar zijn en dus geen schade geven. Er kan echter wel een witte waas ontstaan.¹⁰ Het gebruik van de hiervoor genoemde anorganische zuren dient vermeden te worden. Gebruik is niet alleen risicovol voor mens en dier maar de zouten die kunnen worden gevormd geven op termijn kans op schade.⁵ Alleen in specifieke situaties kunnen ze effectief en veilig door een specialistische reiniger worden toegepast.

3.4 Basisch middelen.

Met behulp van basische middelen, ook wel alkalische middelen genoemd, zoals natriumhydroxide (caustic soda, NaOH), kaliumhydroxide (KOH) of ammonmia, kunnen organische materialen zoals vetten en oliën worden verzeept waardoor ze makkelijker met water zijn af te spoelen. Ze werken in principe dus volgens principe a. Veel vervuiling is organisch van samenstelling waardoor basische middelen in potentie in veel situaties effectief kunnen zijn; echter, de risico's op schade beperken de toepassingsmogelijkheden. Ze kunnen kalksteenhoudende materialen niet worden aangetast maar siliciumhoudende materialen wel. Daarom is voorzichtigheid geboden bij o.a. baksteen, zandsteen en mortels en zeker geglazuurd of gepolijste oppervlakken kunnen etsen en dof worden.

Basische producten kunnen het best in de vorm van een thixotrope stof worden toegepast of als pasta vermengd met absorberend poeder zoals klei of cellulose. Het is belangrijk om de ondergrond vooraf te bevochtigen om indringing te beperken. Het absorberende materiaal in de pasta kan gevormde zouten opnemen.

Bij toepassing kunnen schadelijke zouten worden gevormd, waarbij kaliumzouten minder schadelijk zijn dan natriumzouten. Er kunnen alkalische carbonaten en sulfaten worden afgezet en met name in sterk poreuze materialen kunnen ze langdurig doorwerken en zeer destructief zijn. Het gebruik van alkalische middelen brengt milieu- en gezondheidsrisico's met zich mee.

Chemisch reinigen met (organische) oplosmiddelen, zure middelen, basische middelen en biociden brengt in het algemeen meer risico's met zich mee dan andere middelen; toepassen vraagt meer kennis en ervaring. Bij gebruik van oppervlakte actieve stoffen en enzymen is dat minder het geval.



Figuur 14: opzetten en vervolgens afdekken met plasticfolie van verfabijt voor proef om verf te verwijderen. (uitvoering Ervas)

3.5 Samengestelde producten, pasta's en afbijt.

Er zijn diverse producten zoals complexonpasta's en afbijtmiddelen die voor specifieke soorten vervuilingen en ondergronden zijn samengesteld.

Complexonpasta's, de werking van deze producten is gebaseerd op een complexeermiddel, ook wel sequestreermiddel genoemd. Ze zijn met name ontwikkeld om onoplosbare kalk- en magnesiumverbindingen in oplossing te brengen of te houden, daardoor wordt tijdens het reinigen het neerslaan van bijv. kalk op ondergronden voorkomen. Ze kunnen mogelijk ook roet, roest en cementsmet verwijderen.¹⁰

Complexonpasta's worden niet gebruikt om volledige gevels mee te reinigen maar om plaatselijk hardnekkige vervuilingen of aanslag te verwijderen.

Complexonpasta's kunnen neutraal, zuur of basisch zijn ingesteld. De meeste complexonpasta's reageren echter basisch. Bekende verbindingen zijn fosfaten maar ook EDTA (Ethyleendiaminetetra-azijnzuur) en NTA (Nitrilotriazijnzuur). Afhankelijk van de samenstelling zouden ze kalkhoudende materialen kunnen aantasten, zoals gepolijst marmeroppervlak.²

Bij product is nabehandeling met stoom of met (warm) water onder druk nodig. Veel complexonpasta's worden geleverd met een filmvormer zodat na droging de restanten van de pasta met daarin geabsorbeerd vuil van het oppervlak kunnen worden getrokken. Dit type producten heeft overeenkomsten met pelmethode onder Mechanische reiniging 2.5, met name wanneer aan die rubber of kleipasta's chemische middelen zijn toegevoegd, toch verschillen ze qua primair werkingsmechanisme.

Afbijt, een groep producten die verfsystemen kan oplossen, losweken of laat opzwellen waardoor ze eenvoudiger verwijderd kunnen worden met reinigingsmethoden met water of mechanische methoden.

Afbijtmiddelen bestaan meestal uit oplosmiddelmengsels, versterkt met bijvoorbeeld organische zuren zoals mierenzuur of basische middelen zoals natronloog of ammonia. Een veel gebruikt bestanddeel is ook Dichloormethaan. Ze hebben meestal een pasteuze of gelachtige consistentie; zeker bij gevels is dat noodzakelijk om te voorkomen dat dunvloeibare middelen onderliggende geveldelen beïnvloeden.

In verband met milieubezwaren zijn meer ander samengestelde producten beschikbaar gekomen op basis van traag verdampende, biologisch afbreekbare oplosmiddelen zoals organische alcoholen of 'natuurlijke' oplosmiddelen zoals terpenen.²

Voor gevels wordt afbijt vooral gebruikt om graffiti te verwijderen. Bij hardnekkige of lastige verfsystemen kan het nodig zijn om proefondervindelijk of middels onderzoek het meest effectieve product te vinden. Afbijt werkt het beste bij synthetische verfsystemen; minerale verven zoals een kalk- of silicaatverf zijn lastig of niet met een afbijt te verwijderen.

Soms zijn op een gevel meerdere type verfsystemen over elkaar aanwezig, zoals een synthetisch verf over een minerale of kalkverf. Dat bemoeilijkt reiniging meestal. In dat geval kan het nodig zijn om verschillende type reinigingsmethoden in te zetten.

Een alternatief voor afbijt kan stralen met droogijs zijn, zie onder mechanische methoden.

3.6 Biociden.

Een biocide is kort gezegd een stof die organismen doodt. In de context van gevelreiniging wordt de benaming 'biocide' vooral gebruikt voor het doden van schimmels, algen, cyanobacteriën, mossen en korstmossen op gevels.

Als meest veelzijdige en efficiënte biocide kunnen producten gebaseerd op quaternaire ammoniumzouten worden genoemd. In het bijzonder de producten van het type BenzAlkoniumChloride (BAC) werken zeer efficiënt in het bestrijden van zowel schimmels, cyanobacteriën en mossen/korstmossen.⁵

Bleekwater werkt ook als biocide maar heeft als nadeel dat zouten in de gevel kunnen gevormd (maar heeft als voordeel dat het biologisch vervuiling ook kan ontkleuren).

Het is raadzaam om de biologisch groei eerst zo veel mogelijk met reinigingsmethoden met

water te verwijderen zodat de biocide effectiever kunnen zijn. Ze hebben een relatief lange inwerktijd die verder toeneemt bij afnemende temperatuur.

Wanneer de organismen zijn afgestorven moeten de restanten worden verwijderd met een reinigingsmethode met water.

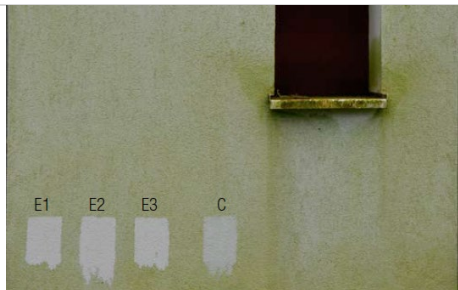
Een probleem is wel dat de biologische groei vrij snel terug kan komen. Voor het regelmatig onderhouden van de gevel zijn bij bepaalde typen vervuilingen enzymen een milieuvriendelijker alternatief.

3.7 Enzymen (bioreinigen).

Biociden zijn schadelijk voor het milieu, producten gebaseerd op enzymen kunnen in bepaalde situaties een goed alternatief bieden. Ze zijn specifiek gericht tegen biologische en atmosferische vervuiling. Enzymen zijn eiwitten die onder andere de bouwstenen en de aanhechting van een biologische vervuiling kunnen afbreken.¹¹

Door onderscheid te maken tussen de verschillende soorten biologische vervuiling kan een optimale reinigingsmethode worden gevonden. De kleur kan helpen om de soorten te onderscheiden. Bij een overwegend groene vervuiling (algen, mossen of korstmossen) kan een behandeling met enzymen effectief zijn. Heeft de vervuiling een donkere kleur dan kunnen cyanobacteriën of schimmels aanwezig zijn; enzymen zouden effectief kunnen zijn bij bacteriën maar niet bij schimmels.¹² Onderscheid maken tussen deze twee is lastig met het blote oog. Het kan wel met microscopisch onderzoek nodig of via een serie praktijkproefjes op de betreffende gevel.

Indien het cyanobacteriën betreft, dan kan men in eerste instantie een enzymatisch product toepassen. Als dat middel onvoldoende effectief blijkt te zijn, dan moet men overgaan op een behandeling met een op quaternair ammoniumzout gebaseerd product (DidecylDimethylAmmoniumChloride of DDAC, dan wel BenzAlkoniumChloride of BAC). In geval van schimmels is het raadzaam om een BAC-gebaseerd quaternair ammoniumzout te gebruiken.¹²



Figuur 15: proeven met drie verschillende enzymgebaseerde producten en een chemisch product (c). Foto WTCB ¹¹

Vanuit het oogpunt van gezondheids- en milieurisico's kan men de producten in onderstaande volgorde uitproberen. Aangezien de gezondheids- en milieurisico's het laagst zijn voor enzymgebaseerde producten en het hoogst voor BAC-gebaseerde producten, is het raadzaam om – indien het type enzymatisch product te overwegen. Wanneer het enzymatisch product onvoldoende effect heeft kan men een DDAC-gebaseerd product gebruiken. Als die middelen ook na herhaaldelijk gebruik niet alle vervuiling of verkleuring laten verdwijnen, kan de lokale toepassing overwegen van een oxiderend behandelingsmiddel op basis van natriumhypochloriet (bleekwater) of waterstofperoxide.¹²

Deze producten werken het best als de hoeveelheid biologische vervuiling al verminderd is. Uit onderzoek is echter wel gebleken dat oxiderende producten aanleiding kunnen geven tot een licht kleurverschil op siliconenharspleisters en tot blijvende vlekken op andere in de gevel verwerkte materialen. Daarom moet de toepassing van oxiderende producten als laatste redmiddel gezien.¹²

Enzymes worden gewoonlijk als vloeibare oplossing aangebracht. Het te behalen reinigingseffect is echter afhankelijk van de vervuilingsgraad. Bij een vervuiling die voornamelijk uit algen en beginnende mosgroei bestaat, is de verneveling en inwerking van het product onder de weersinvloeden voldoende om een goed reiniging te krijgen, naspoelen is dan niet nodig.¹¹

Bij een gevorderde groei van mossen en korstmossen zal, naast de toepassing van het product, een extra reiniging met water onder druk nodig zijn. Door de voorbehandeling met het enzymgebaseerde product kan dit wel bij lagere waterdruk.

De kracht van deze producten zit vooral in het bestrijden van de biologische groei in de beginfase, d.w.z. de vorming van een groenachtige (algen)sluier. Ze kunnen de beginnende biologische groei doden en op natuurlijk wijze laten verdwijnen, zonder dat nog een extra reiniging met water nodig is.⁵

Doordat deze producten aanzienlijk milieuvriendelijker zijn dan biocides en doordat ze de steenachtige ondergrond niet kunnen beschadigen, kunnen ze regelmatig als onderhoudsbehandeling worden gebruikt.

Recent is echter gebleken dat sommige enzymatische producten die op de markt zijn helaas ook biocides bevatten (quaternair ammoniumzout); daarmee vallen ze ook onder de regelgeving voor biocides (Verordening (EU) nr. 528/2012.).⁹ Het is dus raadzaam productinformatie, incl. het veiligheidsinformatieblad, goed te lezen voor gebruik.

4. Fysisch reinigen

In feite zijn alle methoden waarbij de samenstelling van de materie niet verandert fysisch van aard. Qua werkingsmechanismen worden hier methoden onder geschaard die vooral zijn gebaseerd op fysische processen zoals oplossen, verdampen of sublimeren. NEN-EN 17138 plaatst alleen reinigen met laser hieronder.

4.1 Laser.

Vervuiling kan worden verwijderd door het te beschijnen met een geconcentreerde lichtbundel die wordt uitgezonden door een laser. Kort gezegd wordt de vervuiling van de ondergrond losgemaakt d.m.v. thermische expansie en explosieve verdamping. Als gevolg van een verschil in absorptie-eigenschappen van een vuil en schoon oppervlak ontstaat bij donkere vervuiling op een licht ondergrond een regulerend mechanisme.²

Het werkingsmechanisme dat bij de laserreiniging plaatsvindt is fothermisch, fotomechanisch en/of fotochemisch van aard, afhankelijk van de vervuiling en de lengte van de ingestelde laserlichtpuls.⁵ Fothermisch: de vervuiling absorbeert laserstraling, warmt sterk op en zal door de thermische expansie losspringen van de ondergrond. Hoe donkerder een vervuiling, hoe efficiënter de reiniging zal zijn. Fotomechanisch: bij toepassing van zeer korte, doch intense, laserpuls (korter dan een microseconde) wordt een plasma gevormd vlak boven het materiaaloppervlak, door elektronen en ionen die vrijkomen door de intense laserstraal. De microscopische schokgolf die hiermee gepaard gaat zorgt voor een lokale reiniging van het oppervlak. Fotochemisch: de energie van de laserstraal zorgt voor een chemische omzetting van de vervuiling, bijvoorbeeld door verbranding ervan. Afhankelijk van de vervuiling speelt dit effect meestal een rol samen met de twee andere reinigingsmechanismes.

Er zijn diverse parameters in te stellen om tot een optimaal reinigingsresultaat te komen^{5,13}:

- > Golflengte van de laser. Hoe korter de golflengte des te hoger is de energiedichtheid, des te intensiever is de reiniging en des te hoger het risico op schade.

- > De intensiteit van de laserstraal, die logischerwijs de snelheid van de reiniging zal bepalen.

- > Duur van de lichtpuls op een bepaald oppervlak: hoe korter de puls, hoe minder is het fothermische reinigingseffect en hoe sterker het fotomechanische effect. Dit onderscheid is essentieel, aangezien beide methodes een andere effectiviteit hebben, maar ook andere nadelen

- > Grootte van de laserlichtbundel: deze is bij voorkeur zo groot mogelijk om een homogener reinigingsresultaat te krijgen en beter te kunnen doseren. Ervaring wijst uit dat op gebogen oppervlakken (bijvoorbeeld bij beeldhouwwerk) een kleinere lichtbundel betere resultaten geeft.



Figuur 16: Laserreiniging bij het Stadhuis in Leiden. Tijdens reinigen, laserapparatuur en na reiniging (rechtsonder). (uitvoering Venema Restauratie)

Toepassingsmogelijkheden. Door de drie reinigingsmechanismes en de precisie van de methode is het toepassingsgebied van laserreiniging breder dan voorheen. De mogelijkheden variëren van steenachtige gevels, kunstvoorwerpen of het verwijderen van overschilderingen op fresco's.⁵

Qua vervuiling werkt het voor goed bij dunne vervuilingen, zoals: roet, graffiti en bepaalde biologische vervuiling. Ook hout kan worden gereinigd en zelf vernis lagen zijn in principe te verwijderen met een geschikt type laser.

Selectiviteit reiniging. Afhankelijk van de omstandigheden (type vervuiling en type ondergrond) kan de methode zeer selectief zijn, d.w.z dat het in staat is alleen de vervuiling te verwijderen zonder de ondergrond noch de patina te beschadigen.

> Donkere vervuiling op een lichtgekleurde ondergrond is op die manier perfect te reinigen met het fothermische effect. Van zodra de vervuiling weg is, zal de gereinigde lichtgekleurde steen de laserstraal reflecteren en stopt de reiniging automatisch.

> Ook indien de vervuiling niet lichtgekleurd is, of de ondergrond is donkergekleurd, kan toch een hoge mate van selectiviteit tussen vervuiling en ondergrond bereikt worden, doordat de techniek toelaat om zeer lage hoeveelheden vuil te verwijderen, afhankelijk van de ingestelde parameters (golflengte, intensiteit, grootte van de laservlek). Ook dan kan, mits zorgvuldig werk, de ondergrond ongemoeid gelaten worden.⁵

Nadelen van laserreiniging. De methode is arbeidsintensief en daardoor relatief langzaam en kostbaar. Ook de laserapparatuur is kostbaar. Ondanks de hoge selectiviteit van de methode, bestaat er toch een risico op beschadiging van bepaalde ondergronden, in het bijzonder (donker)gekleurde en of gladde gepolijste ondergronden. Laserreiniging kan door chemische omzetting van bepaalde mineralen leiden tot verkleuring van de ondergrond. Zo blijkt soms een verkleuring op mergel te kunnen ontstaan.⁹ De methode vraagt bijzondere veiligheidsmaatregelen en specialistisch opgeleide vakmensen.

Praktijkervaringen in Nederland

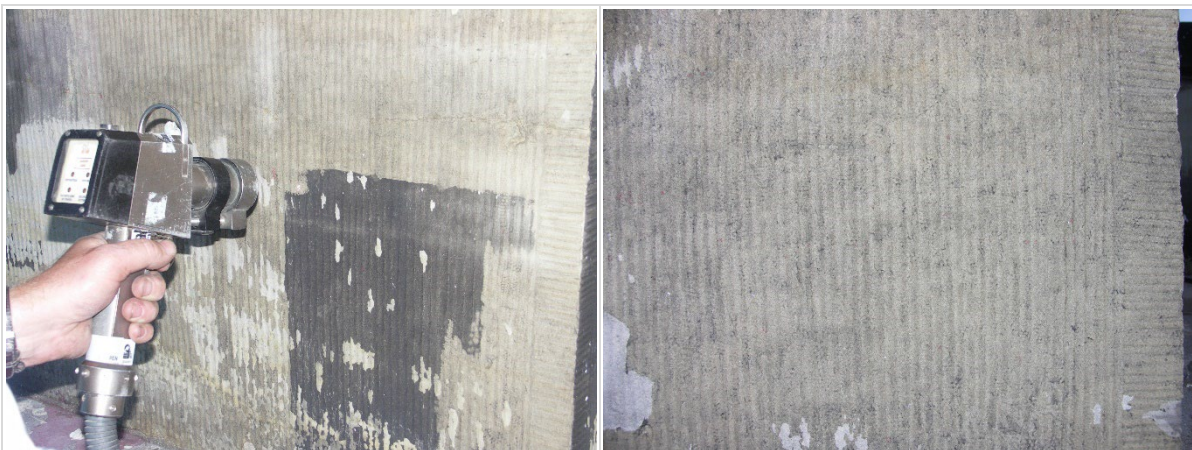
Eerste generatie. Laserlicht wordt al meer dan 25 jaar ook gebruikt voor het reinigen van gevels. In het technische voorschrift van de WTCB uit 1995, TV 196.⁶ wordt de methode al kort beschreven op basis van proeven die zijn uitgevoerd.

Een van de eerste grote gebouwen die in Nederland is gereinigd met laser is het stadhuis in Rotterdam in 2000. Die reiniging verliep niet helemaal volgens plan en uiteindelijk is alleen de voorgevel met laser gereinigd. Het reinigen ging veel langzamer dan gepland en er was discussie over een mogelijk verkleuring van de voorgevel als gevolg van de laserreiniging. Ondanks dat wordt resultaat esthetisch gezien door de meeste mensen gewaardeerd.

In 2007 is ook het stadhuis in Utrecht met vergelijkbare laserapparatuur gereinigd. Die 'eerste generatie' laserreinigingsapparatuur had een andere, kleinere en meer gefocuste, lichtbundel dan waarmee nu door bedrijven wordt gewerkt. Bij de eerste generatie kon door die gefocuste bundel volgens sommigen een kunstmatig ogende uitstraling ontstaan met een licht streepjes of stipfel effect.



Figuur 17: Gevels van het stadhuis in Rotterdam, de voorgevel (rechts) gereinigd met laser is wat geler dan de zijgevel die is gereinigd met een straaltechniek (foto 2009).



Figuur 18: Laserreiniging bij het stadhuis in Leiden. Bij deze 'eerste generatie' apparatuur kon plaatselijk een kunstmatig ogende uitstraling ontstaan.

Tweede generatie. De laatste jaren zijn diverse grote rijksmonumenten succesvol gereinigd met laser, zoals het stadhuis van Leiden in 2020 en het stadhuis van Groningen in 2021. Met

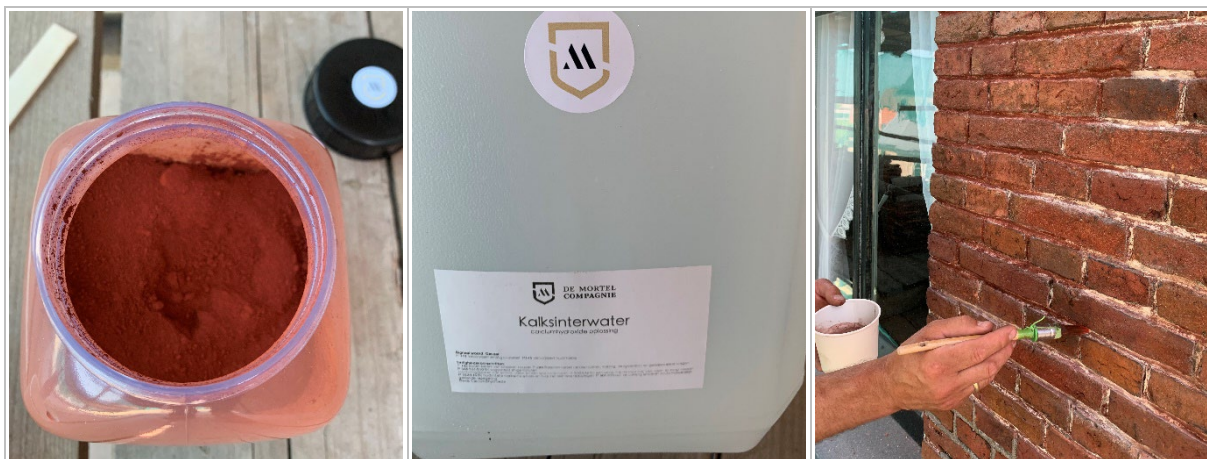
de nieuwe apparatuur kan beter worden afgestemd op ondergrond en vervuiling en er kan sneller mee worden gereinigd. Een belangrijke verbetering is onder andere de vorm van de lichtbundel, die kan op verschillende vormen worden ingesteld, zoals een Lissajousfiguur, die continu van vorm wisselt. Effect daarvan is dat vervuiling egaler wordt verwijderd; er ontstaat geen streepjes of stippeltjes effect meer zoals bij de eerste generatie het geval kon zijn. Een ervaren goed opgeleide reiniger blijkt de mate van reiniging goed te kunnen doseren.

Uitvoeriger informatie is ook te vinden in NEN-EN 16782 (2016).¹³

5. Retoucheren

Storende kleurverschillen, vervuiling of vlekken die op een steenachtige ondergrond aanwezig zijn, kunnen worden gemaskeerd (weggewerkt) met behulp van schilder of spuittechnieken. Het uitgangspunt daarbij is te werken met niet-laagvormende en niet-dekkende technieken en materialen zodat het oorspronkelijke materiaal door de dunne kleurlaag zichtbaar blijft. Het wegwerken of bijwerken van onzuiverheden op gevels of beelden wordt vaak retoucheren genoemd, net als bij schilderijen of het bewerken van foto's, men spreekt ook wel over 'inkleuren' of 'ontstoren' van de gevel.

Bijkleuren kan worden uitgevoerd met kante-en-klare verven, soms ook lazuur of (steen)beits genoemd. Het kan ook worden gedaan met zelf samengestelde middelen die bestaan uit pigmenten die door een bindmiddel zijn gemengd of men brengt eerst pigmenten aan op het materiaal die vervolgens worden gefixeerd met een transparant bindmiddel.



Figuur 19: Bijkleuren (retoucheren) van voegen met ijzeroxide pigment en bindmiddel (kalkwater). (Uitvoering voegbedrijf Heldoorn)

Het wordt ook wel gecombineerd met het vooraf repareren van gaten, beschadigde stenen of oneffenheden met reparatiemortel, al dan niet vooraf op kleur gebracht met alkalibestendige pigmenten.

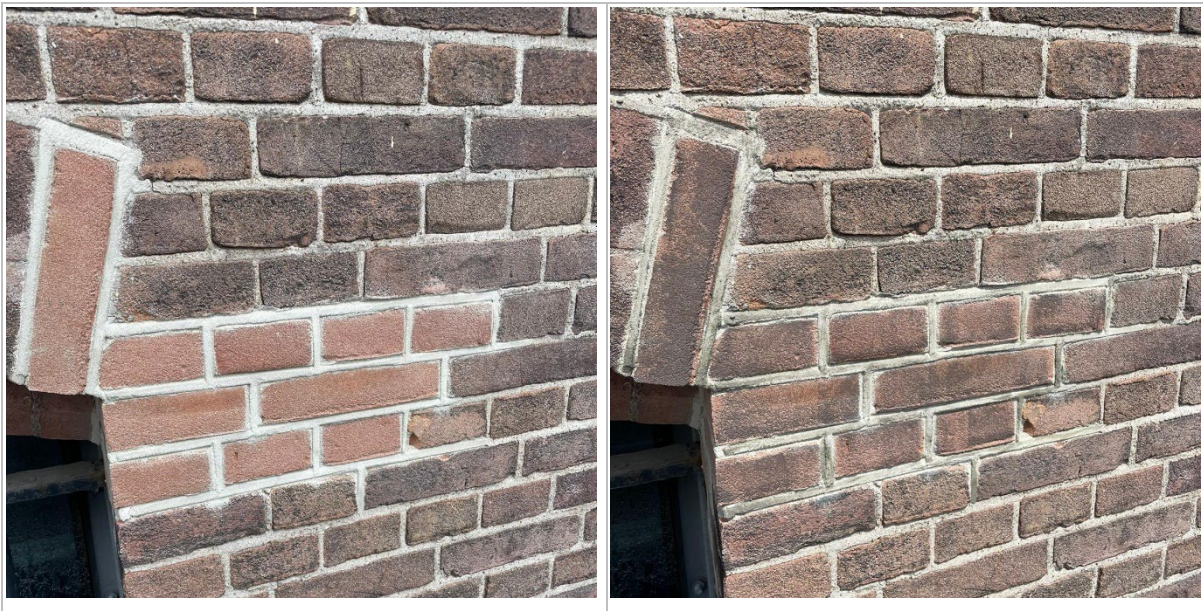
Verf of bindmiddel kunnen met een kwastje, roller worden aangebracht of middels Airbrush. Voor het retoucheren worden verschillende soorten pigmenten of kleurstoffen en verschillende typen bindmiddelen gebruikt. Zo worden lichtechte pigmenten gefixeerd met bindmiddelen op basis van silicaten, zoals kaliwaterglas of silicaatverf.

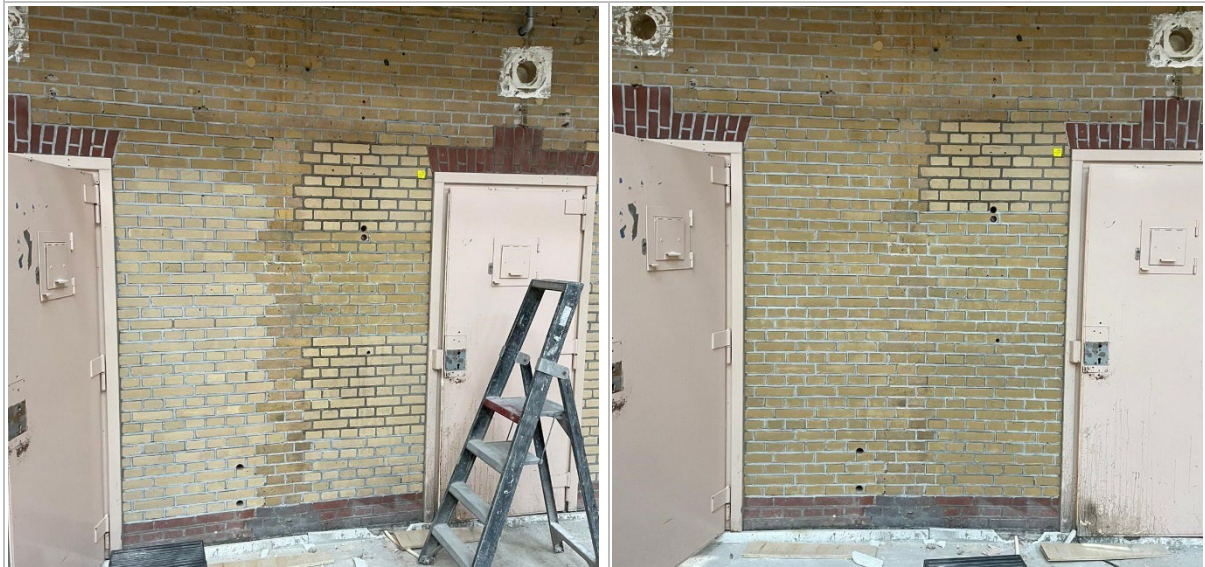


Figuur 20: Zandsteen die is bijgekleurd met een niet-dekkende gespoten laag minerale verf in zandsteenkleur.

Op kalkgebonden ondergronden kan ook worden gewerkt met zogenaamd 'kalksinterwater', dat is een verzadigde calciumhydroxide-oplossing die bij het blussen van kalk wordt verkregen, waaraan anorganisch pigmenten worden toegevoegd.

Een andere techniek is door met krijt de juiste kleur (pigmenten) aan te brengen en deze vervolgens te fixeren daarvan met een kiezelzure ester. Deze techniek is ook toegepast bij bijwerken van de gevels van het Paleis op de Dam in Amsterdam die zijn opgetrokken uit Bentheimer en Obernkirchener zandsteen. Uit proeven voor die toepassing is gebleken dat een dergelijke behandeling op zandsteen de initiële wateropname verminderde maar de droging niet belemmert.¹⁴





Figuur 21: Metselwerk van de koepel in Haarlem. Boven: Om het inboetwerk in de gevel minder te laten storen in het terughoudend gereinigde metselwerk zijn de stenen bijgekleurd. Onder: In het interieur worden kleurverschillen minder zichtbaar gemaakt. Foto's Buro van Stigt (uitvoering Superlook).

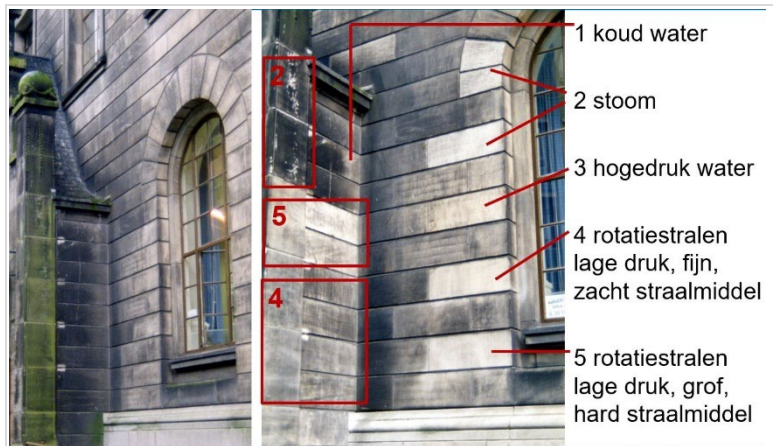
“Kiezelzure esters zijn chemische producten die sinds circa dertig jaar gebruikt worden als steenversteigers. Ze worden ook wel ethylsilicaat genoemd. TEOS (tetra-ethylorthosilicaat) is een bekend voorbeeld. Het gaat om kiezelzuur, met daaraan een organische groep. Bij contact met water in de te behandelen steen valt een dergelijke kiezelzure ester uiteen. Er wordt kiezelzuur gevormd en ethylalcohol, die verdampt. Als het kiezelzuur het water weer afgeeft, ontstaat een silicagel die zich hecht aan het oppervlak en zorgt voor de vorming van een vervangend bindmiddel. Gelet op de aard van dit nieuwe bindmiddel op silicabasis, is de behandeling het meest effectief op materialen die ook silica bevatten zoals zandsteen en baksteen”.¹⁴

Tot besluit

Deze bijdrage gaat alleen in op gevelreinigingstechnieken, dat is maar één onderdeel van het geheel dat bekeken of afgewogen moet worden wanneer men van plan is de uitstraling van een gevel te verbeteren. Andere aspecten zoals de soorten vervuilingen, typen ondergronden en esthetische en waardestellende aspecten, komen aan de orde in andere bijdragen in deze syllabus.

Meestal is niet één techniek overduidelijk de beste, maar zijn er meerdere mogelijkheden waarbij de uiteindelijk keuze wordt bepaald door praktische argumenten zoals beschikbaarheid en kosten of persoonlijke voorkeuren. Een zorgvuldige afwegingen en het laten uitvoeren van proeven zijn belangrijk. Neem als voorbeeld twee grote monumenten die (relatief) kort geleden zijn gereinigd, cq ontstoord. Het paleis op de Dam, opgebouwd uit Obernkirchener en Bentheimer zandsteen en het stadhuis van Leiden opgebouwd uit Oberkirchner zandsteen. Bij het paleis in de zwarte vervuiling onderzocht en bleek die die, kort gezegd te bestaan uit: vliegassen, gips, schimmels, algen en (zwarte) metalen als ijzer, lood en zink. Bij het paleis is uiteindelijk gekozen voor droog microstralen in combinatie met retoucheren en bij het stadhuis voor reiniging met laser. Beide met een mooi eindresultaat.

In het algemeen is bij het reinigen van historische gevel belangrijk om voorzichtig en terughoudend te zijn. Toch kan in sommige gevallen een al te grote voorzichtigheid en een te milde reinigingsmethoden ook leiden tot een ongewenst gevelbeeld, namelijk een gevelbeeld met grotere contrastverschillen. Door een milde techniek, zoals reinigen met water bij lage druk, te gebruiken kunnen licht vervuilde geveldelen redelijk schoon worden terwijl het water bij zwaar vervuilde delen nauwelijks effect heeft. Het is dus zaak om een methode te kiezen die het beste past bij de situatie en de wensen van betrokken partijen. Dat is niet altijd de meest milde reinigingstechniek die er is.

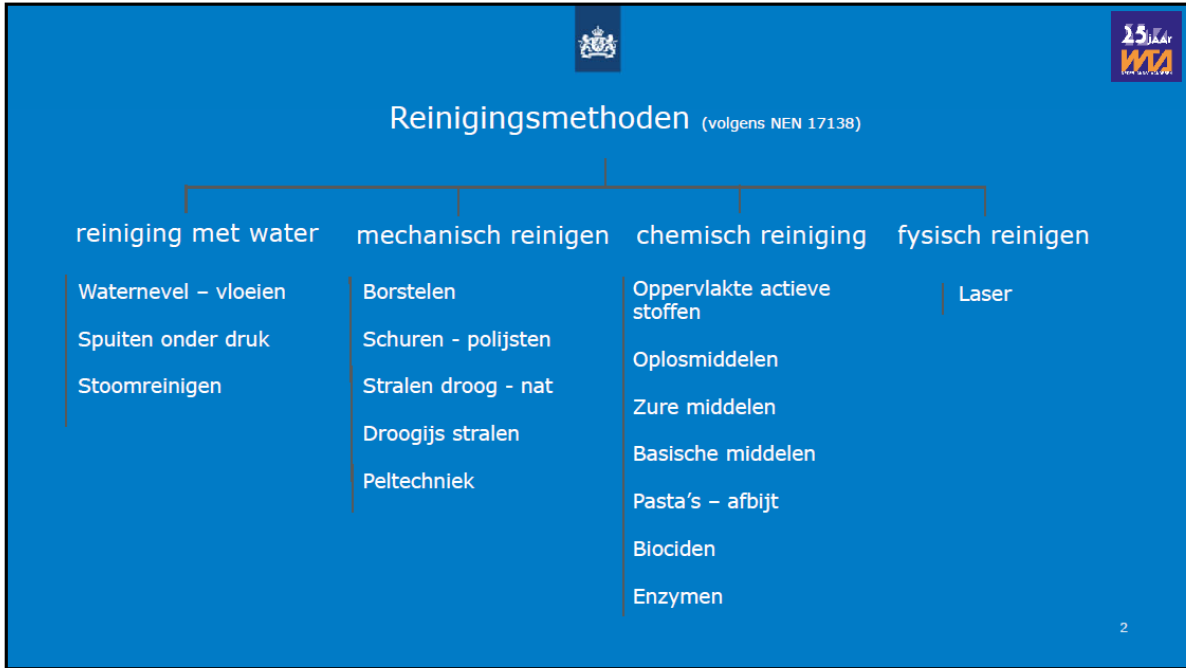


Figuur 22, Proefvlakken van verschillende reinigingstechnieken op de zandstenen gevel van het stadhuis in Rotterdam.

Dankwoord. Met dank aan Yves Vanhellemont van het WTBC in Vlaanderen voor alle verstrekte informatie en het reviewen van deze bijdrage.



Figuur 23. Gevel van de Bijenkorf in Rotterdam. Door de wisselende richting van de machinale frijnslag op de travertijntegels ontstaat bij veroudering een bijzonder vervuilingpatroon. De architect schijnt dit bewust te hebben gedaan¹⁵



Bronnen, Literatuur

¹ Hilde De Clercq, Pierrick de Henau, Eddy De Witte, Rolf De Bruyn & André Pien, Restauratie van buitenmuren, onderzoek door KIK en WTCB, voorjaar 1998

² M. van Hunen, M. van Rooden [et al.]: 'Reinigen van gevels'. In: Praktijkboek Instandhouding Monumenten 4, december 1999.

³ NEN-EN 17138, Conservation of cultural heritage - Methods and materials for cleaning porous inorganic materials, NEN January 2019

-
- ⁴ Vanhellemont, Yves; Willem Van Peer; Nathalie Vernimme, Module Gevelreiniging, opleiding restauratievakman moderne bouwchemie, WTCB/FVB/VIOE
- ⁵ Gevelreiniging, Technische voorlichting, WTCB (2022 in voorbereiding)
- ⁶ Gevelreiniging, Technische voorlichting 197, WTCB, 1995
- ⁷ <https://stonehealth.com/products/doff/>
- ⁸ Gids voor de Restauratie van metselwerk, deel 3 Gevelreiniging; WTCB, 2004
- ⁹ Schriftelijke toelichting Yves Vanhellemont, review april 2022
- ¹⁰ KOMO Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-procescertificaat voor reiniging van gevels van steenachtige materialen, BRL 2826-08, 16-04-2021
- ¹¹ Herreweghe, J. van en K. Dinne, Enzymgebaseerde reiniging van biologisch vervuilde bouwdelen, WTCB-contact, 2016
- ¹² Herreweghe J. van, Reiniging van een ETICS: hoe pak je dat aan? WTCB-Contact, 2021
- ¹³ NEN-EN 16782, Conservation of cultural heritage – Cleaning of porous inorganic materials – Laser cleaning techniques for cultural heritage, NEN, May 2016
- ¹⁴ Nijland Timo G., Reinigen en retoucheren, De restauratie van de zandsteengevels van het Koninklijk Paleis Amsterdam, Bulletin KNOB, 2013
- ¹⁵ Toelichting Hendrik Jan Tolboom (RCE, natuursteenspecialist)