

**KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT  
VOOR NATUURWETENSCHAPPEN**

**INSTITUT ROYAL DES SCIENCES  
NATURELLES DE BELGIQUE**

**ROYAL BELGIAN INSTITUTE OF NATURAL SCIENCES**

**GEOLOGICAL SURVEY OF BELGIUM PROFESSIONAL PAPER  
N.305 - 2009/1**

**3<sup>de</sup> Vlaams – Nederlandse Natuursteendag,  
14 –15 mei 2009, Gent.  
Vergane glorie of glorieus verdergaan?**

**P. JACOBS<sup>1</sup>, V. CNUUDE<sup>1</sup>, J. DEWANCKELE<sup>1</sup>, K. PIETERS<sup>1</sup>,  
R. DREESEN<sup>2</sup>, C.W. DUBELAAR<sup>3</sup>, M. DE CEUKELAIRE<sup>4</sup>, J. ELSSEN<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> UGent, Vakgroep Geologie en Bodemkunde

<sup>2</sup> Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO), Grondstoffen

<sup>3</sup> Deltares/TNO

<sup>4</sup> Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen – Belgische Geologische Dienst

<sup>5</sup> K.U.Leuven, Aard- en Omgevingswetenschappen

(161 bladzijden, 132 figuren, 1 tabel, 11 platen)



## Inhoudstafel

Voorwoord - Veerle CNUUDE	3
Overzicht natuursteengebruik in Oost-Vlaanderen - Marleen DE CEUKELAIRE	5
De Doornikse steen, bouw materiaal sinds de Romeinse periode en een parel tussen de Belgische marmers - Eric GROESSENS	25
Avendersteen - Hendrik TOLBOOM; Michiel DUSAR; Wim DUBELAAR; Roland DREESEN; Jan ELSSEN; Eric GROESSENS & Carolien VAN DER STAR	47
Geodiversiteit weerspiegeld in historische monumenten: Vlaamse natuursteenlandschappen als geotoeristische trekpleister - Michiel DUSAR & Roland DREESEN	79
Wat leren ons de in de steengroeven bewaarde sporen over de ontginningstechnieken in het verleden? - Frans DOPERÉ	101
Waarom een steen (soms) zijn huid verliest - Timo G. NIJLAND; Rob P.J. VAN HEES & Barbara LUBELLI	117
De grenzen aan een consoliderende behandeling - Hilde DE CLERCQ	129
Een nieuwe versie technische fiches voor natuursteen - Veerle BAMS; Fabrice DE BARQUIN & Dominique NICAISE	137
Geïmporteerde natuursteen - Workshop - David LAGROU	145
Ledesteen en alternatieven - Workshop - Marleen DE CEUKELAIRE, Veerle CNUUDE	149
Oost-Vlaamse natuursteen in gebruik – op bezoek in drie Oost-Vlaamse dorpen ten zuiden van Gent - Marleen DE CEUKELAIRE	155

**Omslagillustratie:** Portaal in Ledesteen, Jeugdheem Abdij Affligem (gem. Hekelgem). Foto M. De Ceukelaire.

**Illustratie p. 4:** Groeve Balegem, steenreserves Ledesteen (boven), gezaagde plaat in fossielrijke Vlaamse arduin (onder). Foto's M. Duser.

## Voorwoord

Zowel de historisch veelvuldig gebruikte soorten natuursteen als de recente brede waaier van geïmporteerde natuursteen is van groot maatschappelijk belang in Nederland en België. Een grondige kennis van deze beide soorten natuursteen is noodzakelijk om juiste keuzes te maken zowel inzake instandhouding en restauratie van onze monumenten als bij de keuze van materialen bij nieuwbouwprojecten.

In 2005 werd in Leuven de 1ste Vlaams-Nederlandse Natuursteendag georganiseerd, waarbij het centrale thema Belgische natuursteen was en het gebruik ervan in historische monumenten. Verder werd het systematische vervangen van originele inheemse steen door buitenlandse materialen op deze studiedag kritisch bekeken. In 2007 vond de 2de Vlaams-Nederlandse Natuursteendag plaats in Utrecht, waar wederom een forum werd geboden over de problematiek rond authenticiteit en duurzaamheid bij keuze voor vervangende steen. Op de 3de Vlaams-Nederlandse Natuursteendag te Gent, zullen zowel traditioneel frequent gebruikte natuursteen als de nieuwe geïmporteerde soorten aan bod komen. Een combinatie van inleidende lezingen, workshops, excursie en wandelingen door de historische binnenstad van Gent zal garant staan voor een vruchtbare gedachtewisseling.

Ter gelegenheid van de 3de Vlaams-Nederlandse Natuursteendag zal tevens het boek “Gent steengoed” verschijnen. De auteurs van dit boek zijn afkomstig zowel uit de academische wereld als uit de beleidsondersteunende administratie. Zij hebben er resoluut voor gekozen om hun in de loop der jaren verzamelde kennis te delen met het geïnteresseerde publiek. De toeristische interesse heeft het laatste decennium zeer brede vormen aangenomen, gaande van pure ontspanning tot de dieper gravende beleving van stads- en regiogeschiedenis. Daarbij eist de culturele identiteit van een stad of regio een steeds prominenter rol op. Het wekt dan ook hoegenaamd geen verwondering dat Gent zijn rijke culturele geschiedenis hierbij nadrukkelijk op het voorplan plaatst. Ook het bouwkundig erfgoed hoort hier ongetwijfeld bij gezien zijn grote zichtbaarheid en zijn monumentaal karakter. Een boek dat de Gentse gebouwen, de natuurstenen waaruit ze zijn opgetrokken en hun restauratie in zijn geschiedkundige context plaatste, kon dus ook niet uitblijven. De auteurs van dit boek hebben getracht om de stenen van de Gentse monumenten hun verhaal te laten vertellen aan de geïnteresseerde voorbijganger.

De 3de Vlaams-Nederlandse Natuursteendag wordt georganiseerd door de Universiteit Gent, Geologie en Bodemkunde i.s.m. TNO Bouw en Ondergrond, Deltares/TNO, VITO, KBIN - BGD, K.U.Leuven, RACM, WTCB en FEBENAT.

Dr. Veerle CNUUDE

Postdoctoraal Onderzoeker van het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek - Vlaanderen (F.W.O.-Vlaanderen) aan de Vakgroep Geologie & Bodemkunde van de Universiteit Gent

mede namens het organisatiecomité: P. Jacobs, J. Dewanckele, K. Pieters, R. Dreesen, C.W. Dubelaar, M. De Ceukelaire, J. Elsen,  
en het adviserend comité: P. Jacobs, E. Groessens, R.P.J. van Hees, T.G. Nijland, M. Duser, H. Tolboom, D. Lagrou, H. De Clercq, V. Bams.



## OVERZICHT NATUURSTEENGEBRUIK IN OOST-VLAANDEREN

Marleen DE CEUKELAIRE

*Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen - Belgische Geologische Dienst,  
marleen.deceukelaire@natuurwetenschappen.be*

(18 figuren, 5 platen)

**Samenvatting.** De provincie Oost-Vlaanderen is rijk aan natuursteen, ondanks een ondergrond van losse sedimenten. De aanwezige steenbanken gaven aanleiding tot systematische exploitatie als bouwsteen. Tegenwoordig is de steen meestal terug te vinden als een herinnering aan een verleden in het bouwkundig patrimonium. De vele natuurstenen gebouwen en monumenten vertellen een stukje geschiedenis. Elke steen heeft kenmerken die hun geschikt maakt voor een specifiek gebruik. Het voorkomen is ook streekgebonden. Er wordt vooral aandacht besteed aan de ‘eigen’ Oost-Vlaamse tertiaire bouwstenen en aan de Doornikse kalksteen, die ook in kaart wordt gebracht.

**Sleutelwoorden:** Natuursteen, tertiaire gesteenten.

**Abstract. A survey of East Flemish building stone.** The few stony layers intercalated within an essentially unconsolidated sediment sequence underlying the province of East-Flanders have been systematically and intensively quarried for building stones. Nowadays, the built environment is the best, sometimes only place to view these local stones. They testify of both a long geological past and rich building history. Every rock type possesses characteristics which make it suitable for a particular use. Moreover, occurrence in the built landscape matches the occurrence in the geological substrate and its possible outward move. We therefore pay most attention to the local building stones, originating from the east-flemish subsoil and to the historically significant Tournai limestone.

**Keywords:** Natural stone, building stone, East Flanders, tertiary rocks, regional diversity.

### 1. Inleiding

Niets zo mooi als je eigen dorp, of eigen provincie. Alleen er valt nog zoveel te ontdekken, zoveel schoon achter verborgen hoekjes, zo verrassend in kleine straatjes en steegjes. In de voorbije drie jaar heb ik zeer veel ontdekt, veel natuurschoon, rustige plekjes, leuke mensen maar vooral prachtige natuursteen verwerkt in oude en minder oude gebouwen en monumenten. De tocht is niet af, verre van en ik zal er zeker verder aan werken, van elke gelegenheid gebruik makend. Aangezien de inventarisatie hoofdzakelijk gebeurd is als bijproduct van andere activiteiten is niet alles even intensief gebeurd. Toch denk ik dat het mogelijk is met de eerste resultaten een overzicht te geven van het huidige voorkomen van de ‘traditionele’ natuurstenen in Oost-Vlaanderen.

## 2. Werkwijze

De inventaris is gestart aansluitend op een eigen-initiatiefproject binnen de Belgische Geologische Dienst waar Marian Niclaes een jaar werkzaam was voor het opbouwen van een databank over natuursteen. Het voorbeeld was de inventarisatie van Limburgse monumenten, in een natuursteenatlas publiek gemaakt (Dreesen et al., 2002) en geleidelijk uitgebreid naar aangrenzende gebieden. De materie was me bij de start natuurlijk niet onbekend, maar toch kon ik me geen expert noemen. De basiskennis was aanwezig, de meer specifieke kennis en ervaring werd in de loop van de inventarisatie opgebouwd. Veel door uitwisseling met meer ervaren natuursteenkenners, ook heel wat uit de literatuur en door contact met heemkundige kring en amateur-geologen.

Bij dit werk is de nadruk gelegd op de tertiaire Oost-Vlaamse stenen, in het bijzonder de Ledesteen en de Ieperiaanse steen. Ook veldsteen en ijzerzandsteen worden binnen onze provincie gewonnen en gebruikt. Naast deze “eigen” bouwstenen kunnen we de Brusseliaanse steen, de Gobertangesteent en de Doornikse kalksteen niet negeren aangezien deze historisch veelvuldig werden gebruikt. Andere veel voorkomende bouwstenen zoals de Petit Granit en de Franse witte stenen Massangis, Euville en Savonnière treden meer als vervangproduct op. Deze stenen werden niet systematisch geïnventariseerd of hun ruimtelijke verbreiding nagegaan.

Momenteel is enkel als bouwsteen geïnventariseerd wat nu aanwezig en zichtbaar is. Het is evident dat dit niet steeds de oorspronkelijk gebruikte natuursteen is. Er ging geen bouwhistorisch onderzoek vooraf aan de inventarisatie, al kan dit wel deels afgeleid worden uit de steenkeuze, plaatsing en bewerking. Het loont zeker de moeite het gebruik van de steen te correleren met de bouwfase.

Resultaat is een lijst van onderzochte monumenten met daarbij een opsomming van de erin aangetroffen bouwstenen. Verder wordt ook aangegeven waar die steen zich bevindt in het gebouw of monument en eventueel een beschrijving, aanwezigheid van fossielen, kleur en andere bijzonderheden. Deze gegevens zijn verbonden met een fotodatabank van de Belgische Geologische Dienst.

Voor de verbreidingskaartjes werd gewerkt per deelgemeente. Per gekarteerde natuursteen werd voor elke deelgemeente aangeduid of de steen dominant, veel of zelden voorkomt. Voor “dominant” werd gesteld dat nagenoeg een heel monument opgebouwd is uit die natuursteen, of de steen in meerdere gebouwen veel gebruikt is. “Veel” wil zeggen dat koor, transept, sacristie of een ander belangrijk deel van het monument uit die bouwsteen bestaat. Ook aanwezigheid in raamlijsten, deurlijsten of plint wordt op dezelfde wijze gequoteerd. In een latere fase zal de kartering meer gedetailleerd worden aangepakt. De code “veel” zal dan verder worden opgesplitst zodat duidelijk wordt of het om muren gaat of enkel om afwerking (lijsten, plint, ...). In het geval slechts enkele stenen teruggevonden worden is dit ook nuttig te vermelden, dit wordt dan geklasseerd onder weinig of zelden. Op die manier ontstaan er per gekarteerde natuursteen per deelgemeente 3 categorieën die dan op kaart werden uitgezet.

## 3. Typische macroscopische kenmerken van de gekarteerde natuursteen

Uitvoerige beschrijvingen zijn opgenomen in het boek ‘Gent... Steengoed’ (Cnudde, 2009). Hieronder volgt een samenvatting van essentiële visuele kenmerken.



**Figuur 1.** Ijzervandsteen in de muur van de Sint-Apolloniakerk te Elst (Brakel).

### 3.2. Veldsteen

Veldsteen staat meestal voor groene tot groenblauwe zandsteen, rijk aan glauconiet. Daarbij kunnen verschillende variëteiten onderscheiden worden, volgens hun geologische oorsprong. Cementatie, verkiezeling en verwerking spelen bovendien een grote rol. Op die manier treffen we veldsteen aan van alle schakeringen, van groen tot diepblauw, hard en resistent tot zeer poreus en verweerd (Figuur 2).

### 3.3. Ledesteen

De Ledesteen is een gesteente (zandige kalksteen/kalkhoudende zandsteen) met een bleke, lichtgrijze kleur die bij blootstelling aan het weer in een zeer lichte, okerachtige patina overgaat door oxidatie van glauconiet. Er zijn verschillende typen o.a. de harde 'arduin', met plaatselijk fossielrijke horizonten: foraminiferen (o.a. *Nummulites variolaris*, de genoemde kopspeeldjes), fragmenten van echinodermen, gastropoden en bivalven en de zachtere gelere stenen. Ledesteen met fossielen is gemakkelijk te herkennen. Meer naar Brabant toe komen we meer fossielloze stenen tegen die in een aantal gevallen geleidelijk de kenmerken van de Brusseliaanse steen benaderen (Figuur 3).

### 3.1. Ijzervandsteen (Bergsteen)

Ijzervandsteen bestaat uit zand gecementeerd door ijzerhydroxiden (limoniet) dat zo zijn typische rood- tot roestbruine kleur verkrijgt. Het zand is meestal grofkorrelig. Het formaat van de gebruikte steen kan sterk variëren. In de meeste gevallen is de steengrootte beperkt tot onregelmatige brokstukken; toch komen regelmatig massieve blokken tot 50 cm dik voor. In een aantal gevallen komen silexrolkeien voor in de steen, soms beperkt, soms dominant. Ijzervandsteen rijk aan silexkeien wordt wel eens de 'Poudinge' of Puddingsteen van Ronse genoemd. Verwarring met andere natuurstenen uit de streek is miniem. De opvallende kleur sluit meestal verkeerde determinatie uit (Figuur 1).



**Figuur 2.** Veldsteen in de Sint-Pieterskerk te Kerkem (Maarke-Kerkem) – combinatie van de 'groene' (centraal en onder) met de 'blauwe' variant (bovenaen)



**Figuur 3.** Ledesteen dominant aanwezig in de Sint-Martinuskerk te Lede en detail van de Ledesteen in de Sint-Bavokerk te Mere (Erpe-Mere).

#### 3.4. Ieperiaanse steen



**Figuur 4.** Ieperiaanse steen in de Onze-Lieve-Vrouwabdij te Ninove en detail van van deze steen in de Krepelstraat te Denderwindeke (Ninove).

Kenmerkend voor de Ieperiaanse steen is het meestal massaal voorkomen van fossiele nummulieten. Nummulieten zijn kalkschalige schijfvormige foraminiferen, eencellige organismen die goed gedijden in het Ieperiaantijdperk. Ze komen ook voor in de Ledesteen maar zijn merkkelijk groter in de Ieperiaanse steen. Ze hebben meestal een doormeter van enkele mm tot meer dan 1 centimeter. Indien ze bij het houwen van de steen dwars worden doorsneden, lijken ze op platte rijstkorrels, indien de steen overlangs wordt gehouwen hebben ze het uitzicht van oude muntjes, vandaar de naam. De hoeveelheid nummulieten in de steen varieert sterk : van enkele, soms quasi geen, over laagvormige slieten en dunne bandjes van naast elkaar liggende nummulieten tot nagenoeg een compacte opstapeling van enkel nummulieten. De nummulieten liggen ingebed in een bleke, gespikkelde, fijnkorrelige kalkzandsteen met slecht verkitte zandkorrels. Er zijn dus stenen die ofwel uit kalkzandsteen, ofwel uit nummulietenkalksteen bestaan, maar meestal komen beide vormen samen voor. Die variatie in nummulietgehalte zorgt dan voor een mooi patroon van donkere en lichtere banden op verschillende wijze opgebouwd in de afzonderlijke stenen (Figuur 4). De kleur van deze steen kan variëren van roestbruin over



grijsgroen tot lichtgeel en zelfs helemaal wit. Dit laatste komt enkel voor indien de steen volledig uit nummulieten bestaat. Dit is eerder uitzonderlijk, maar wel aanwezig in het Rabot te Gent. Buiten de nummulietenrijke zones overheerst een bleke groengrijze kleur. Meestal zal de steen een roestbruin patina verwerven. Dit patina is meestal iets donkerder dan bij de Ledesteen, waarmee de Ieperiaanse steen een overlappend areaal deelt, doch dit is geen vaste regel.

### 3.5. Brusseliaanse steen

De Brusseliaanse steen is een zeer kalkrijke witsteen. Deze steen wordt gekenmerkt door een homogeen uitzicht op de meestal glad afgeschilferde oppervlakken. Dikwijls zijn echter op de oorspronkelijke oppervlakken dunne kalkbandjes zichtbaar. Bioturbaties in de Brusseliaanse steen zijn zeer intens met soms totale doorwoeling en structuurloosheid als resultaat. De zandkorrels van de Brusseliaanse steen liggen in een kalkmatrix. Zelden worden macrofossielen opgemerkt (Figuur 5).



**Figuur 5.** Brusseliaanse steen in de Sint-Margrietkerk te Elversele (Temse).

### 3.6. Gobertangestein

De steen van Gobertange (Figuur 6) is een witte, zandhoudende kalksteen bestaande uit een fijne afwisseling van meer zandhoudende en meer kalkhoudende laagjes. De steen heeft een zeer karakteristiek uitzicht: fijne, witte sedimentaire kalkadertjes met grillige verstoringen, wisselen er voortdurend af met lichtgrijze, glauconiethoudende, tamelijk zandige bandjes en vlekken, waarbij bovendien het geheel zichtbaar gebioturbeerd is door één enkel organisme.



**Figuur 6.** Gobertange steen in de Sint-Ursmaruskerk te Baasrode (Dendermonde).



**Figuur 7.** Doornikse steen in de plint van een woonhuis te Ronse.

### 3.7. Doornikse kalksteen

Deze compacte, donkergrijze, fijnkorrelige kalksteen komt algemeen gezien homogeen over, maar bevat fossielresten van crinoïden, schelpfragmenten van brachiopoden, ostracoden, gastropoden, koraalfragmenten, algen en sponssplicula van spirifera (bioclasten) en sporadisch fragmenten van bryozoa. Niet verweerd heeft de steen een lichtgrijze, soms pastelgeel, roze of lichtpaars. Verweerd is hij gekenmerkt door een sterk schilferige structuur (Figuur 7).

## 4. Type monumenten

### 4.1. Historische gebouwen

In de eerste plaats werden de meest ‘opvallende’ monumenten gekarteerd. Dit zijn dan vooral de kerken die elke deelgemeente wel rijk is en als bakens in het landschap gemakkelijk terug te vinden zijn. Naast de kerk ligt meestal een pastorie die in een aantal gevallen ook deels uit

natuursteen bestaat. In vele gemeenten staat in de buurt van de kerk de (gewezen) dorpschool en het (oud) gemeentehuis. Dit zijn gebouwen die dikwijls vrij oud zijn en een en ander vertellen over de bouwgeschiedenis. In de grotere steden zoals Gent, Aalst, Ronse, Oudenaarde zijn heel wat historische gebouwen aanwezig. Deze gebouwen werden niet allemaal systematisch bezocht en gekarteerd. Toch zijn er heel wat in de databank opgenomen en dragen ze bij tot een representatief beeld van het natuursteengebruik in de streek. Op het platteland zijn ook heel wat boerderijen met hoekketting, plint of dorpel in natuursteen (Figuur 8).

Deze gebouwen vindt je meestal niet terug in toeristische brochures en zijn dus enkel door veel ter plaatse te verkennen terug te vinden. Aangezien je er vanuit kan gaan dat boeren niet meteen extra veel geld besteden aan hun steen, leiden we daaruit af dat de gebruikte steen in dit soort gebouwen meer naar lokale ontginningszone zal wijzen dan de natuursteen in rijkere gebouwen waar men geld had om de steen te laten aanvoeren. Ditzelfde geldt waarschijnlijk ook voor veldkapellen. Alhoewel hier toch enige voorzichtigheid geboden is. Zo zou een mooi natuurstenen kapelletje in Ieperiaanse steen al een paar keer ‘verhuisd’ zijn aangezien de pastoor van parochie wisselde en de kapel dan maar liet mee verhuizen. Na een bitsige strijd zou dat kapelletje weer op zijn oorspronkelijke plaats terecht gekomen zijn, maar misschien gebeurde dit ook wel bij andere kleine kapelletjes (mondellinge heemkundige kring Ninove). Kapelletjes van 100 % natuursteen zijn eerder zeldzaam. Meestal gaat het om raamlijsten en/of plint. Toch is de provincie - rijkelijk bezaaid met kapellen - enkele zeer mooie exemplaren rijk in Pollare, Denderwindeke en Nieuwenhove die volledig zijn opgebouwd uit nummulietenkalksteen. Ze dateren uit de tweede helft van de 18e eeuw (Ministerie van Nationale Opvoeding en Nederlandse Cultuur, 1978) (plaat 1).



**Figuur 8.** Gebruik van Ieperiaanse steen als afwerking aan een hoeve te Appelterre (Ninove).

## **4.2. Recentere monumenten**

### **4.2.1. Woonhuizen**

Bouwen in natuursteen blijft een dure aangelegenheid. Toch werden een paar woonhuizen volledig in Ledesteen opgetrokken. Zo ook het woonhuis van de uitbaters van de groeve te Balegem, maar een aantal andere huizen werden ook zo gebouwd (o.a. Geraardsbergse stwg 294 en Heide 4 te Balegem, Wittink 37-39 te Sint-Lievens-Houtem, Leeuwerikstraat te Zottegem en Voshollei te Brasschaat).

Soms worden dorpels, deur- en raamlijsten in ruwe natuursteen (Ledesteen) afgewerkt. Het geeft het gebouw een eigen rustieke uitstraling. Ook bij afwerking en verfraaiing zoals brievenbus of stententuintje wordt de Ledesteen gebruikt (Figuur 9).

Oude natuurstenen plinten worden bij verbouwingen steeds meer en meer in hun oorspronkelijke staat hersteld.

Al deze initiatieven dragen bij tot de herwaardering van de eigen natuursteen in Oost-Vlaanderen.

### **4.2.2. Gedenkstenen en beelden**

De laatste decennia zien we ook vaker grafstenen opduiken in Oost-Vlaamse natuursteen. Traditioneel zijn de meeste stenen gemaakt uit graniet of kalksteen. Hiertussen duiken grafstenen in Ledesteen op. Een mooi voorbeeld staat op het kerkhof van Vlassenbroek, een toeristisch oord in Baasrode. Deze ruwe Ledesteen zit vol fossielen waaronder verschillende haaiantanden. En ook voor onze viervoeters te herdenken wordt regelmatig gebruik gemaakt van een Ledesteen (Plaat 2).



**Figuur 9.** Voorbeelden van gebruik van de Ledesteen bij recente woonhuizen te Landskouer (Oosterzele), Melle, Burst (Erpe-Mere en Balegem (Oosterzele).

Ledesteen krijgt meer en meer aandacht bij het vervaardigen van standbeelden. Doorgaans gaat het om de sokkel, zoals bij “de Romein” te Oosterzele en de “Vier Heemskinderen” te Dendermonde. In een aantal gevallen werd het beeld zelf bijna volledig of gedeeltelijk in Ledesteen vervaardigd zoals bijvoorbeeld te Deinze “Reinaert de Vos” (gedeeltelijk) met de kippen (bijna volledig). Het eeuwenoude christusbeeld “Christus op de koude steen” (Vandeputte, 2007) in de kerk te Zingem is volledig vervaardigd uit Ledesteen. Deze steen is ook veelvuldig aanwezig als “gedenksteen”, zoals rond de schepenbrief van Boechoute, de Steen van Baaigem, de Zuil van Samenhangigheid te Oosterzele, het dorpsplein te Meldert, steen aan de groeve Verlee te Balegem, enz. (plaat 3).



**Plaat 1.**

1. Kapel Sint-Apollonia ten Doorn (1772) te Steenhuize-Wijnhuize (Herzele)
2. Kapel van de 'Wegom van Onze-Lieve-Vrouw van Zeven Weeën' (1768), Denderwindeke
3. Kapel in gevel van huis te Denderwindeke
4. Kapel in tuin Heirebaan Denderwindeke, verplaatste kapel
5. Kapel aan woonhuis te Pollare
6. Kapel aan de sportzaal te Pollare
7. Onze-Lieve-Vrouwekapel (1755) te Nieuwenhove, hoek Damstraat-Hoogstraat
8. Onze-Lieve-Vrouwekapel (1762) te Nieuwenhove, Zijpstraat



**Plaat 2.** Voorbeelden van gebruik Ledesteen bij grafmonumenten.

## 5. Karakteristiek gebruik van de natuurstenen

### 5.1. Algemeen

Welke steen gebruikt werd (of wordt) hangt af van een aantal factoren. Zo zal de beschikbaarheid al een eerste belangrijke reden zijn om al dan niet een natuursteen te gebruiken. Dit argument zal zwaarder doorwegen al naar gelang de draagkracht van de bouwheer en de mogelijkheden tot transport naar de bouwplaats.

Estetisch uitzicht is een andere argument. Gedurende eeuwen waren de meeste gebouwen bepleisterd en was dit argument dus veel minder belangrijk. Het is ook zo dat 'mooi' een relatief subjectief begrip is, en waar de ene een mooie wit beschilderde kerk prachtig vindt, de andere meer houdt van de schoonheid van de natuursteen zelf.

Hardheid en duurzaamheid zijn uiteraard ook belangrijk. Steunberen en plinten moeten steviger zijn dan raamlijsten, een deurdorpel moet slijtvaster zijn dan een vensterdorpel.

### 5.2. In Oost-Vlaanderen

Monumenten volledig in natuursteen zijn vrij goed vertegenwoordigd in onze provincie. Zoals reeds vermeld bestaan er in de buurt van Denderwindeke een aantal veldkapellen uit nummulietenkalksteen (plaat 1), veldkapellen volledig uit andere natuursteen zijn ons niet gekend. Daarnaast zijn er een aantal kerken in Ledesteen ten zuiden van de Schelde (vb. Sint-Martinuskerk te Lede, Sint-Martinuskerk te Burst, Sint-Margrietkerk te Baardegem, Sint-Martinuskerk te Westrem, ...). Gebouwen die nagenoeg volledig uit Brusseliaanse steen bestaan bevinden zich hoofdzakelijk in het noordoosten van de provincie (vb. Beveren, Rupelmonde, Waasmunster). In vele gevallen zijn er relatief grote hoeveelheden vervangstenen zoals Massangis of Luxemburge zandsteen aanwezig (vb. Sint-Martinuskerk te Burst). De Brusseliaanse steen is trouwens ook voor een groot stuk vervangsteen van de Ledesteen. Op die manier zijn verschillende kerkgebouwen een mengeling van Ledesteen en Brusseliaanse steen, eventueel ook Gobertangesteent (vb. Kalken, Schellebelle, Buggenhout). De Ieperiaanse steen is de basis van de kerk te Nieuwenhove, maar dit is eerder een uitzondering. Voor de rest komt deze steen enkel voor in al dan niet grote delen van de kerk en in kapellen. Een mooi voorbeeld van volledige bouw in Doornikse kalksteen vindt men in Semmerzake, maar ook te Sint-Maria-Latem, Afsnee, Petegem-aan-de-Leie en Mariakerke (plaat 4).

In een aantal andere gevallen is het gebouw wel volledig in natuursteen, maar naargelang de bouwperiode een andere steen gebruikt, zoals te Paulatem, waar een zaalkerkje in Doornikse kalksteen werd uitgebreid met een koor in Ledesteen.

In de meeste gevallen zijn grote delen van de kerk gebouwd in of vervangen door baksteen. Een deel van de muur, de toren of het koor zijn getuigen van een natuurstenen verleden. Zo'n toren is dan blikvanger, het koor of een deel van de muur zijn soms een verrassing. Zo zal je bij een bezoek aan de kerk te Uitbergen niet dadelijk vermoeden dat aan de achterkant een mooi natuurstenen koor verborgen zit. In Maarke zie je bij het langsrijden een kerk in hoofdzaak gebouwd uit baksteen. Aan de noordkant (weg van de straat) zit er een prachtige natuurstenen muur met bergsteen, veldsteen en Doornikse kalksteen. Te Zandbergen krijg je als je voor de kerk staat de indruk dat er een volledig natuurstenen toren staat, terwijl enkele de voorzijde uit natuursteen bestaat. In een aantal gevallen zal zo'n muurpartij restant zijn van een oorspronkelijke muur. Op andere plaatsen werd de steen wellicht herbruikt. Te Outer (Figuur 10) bestaat de toren onderaan uit natuursteen, verder naar boven toe werd baksteen gebruikt om op een bepaalde hoogte boven een richel opnieuw natuursteen te gebruiken. Zo ook te Kerkem (Figuur 10) en Nevele, waar de natuursteen in delen tussen de baksteen werd verwerkt.



**Figuur 10.** Gebruik van natuursteen tussen baksteen in de Sint-Amanduskerk te Outer (Ninove) (links) en de Sint-Pieterskerk te Kerkem (Maarke-Kerkem) (rechts).

Bouwwerken na de gotiek maken meestal gebruik van baksteen, gecombineerd met natuursteen voor plinten, lijsten, speklagen en hoekkettingen (Figuur 11). Een zoektocht naar natuursteen loopt sterk samen met bouwkundige en historische opzoekingen. Op die manier zijn werken van geschiedkundigen en heemkundige kringen die op zoek gaan naar hun verleden handige hulpmiddelen en samen werken is zeker de moeite waard.



**Figuur 11.** Natuursteen gebruikt in hoekketting, plint en speklagen in de Sint-Laurentiuskerk te Verrebroek (Beveren) (links) en de Heilig Hartkerk te Moerbeke (rechts).



### 5.3. *Typisch gebruik per steensoort*

Bergsteen komt nooit ‘alleen’ voor. Waar hij gebruikt is maakt hij deel uit van een muurpartij. Soms dominant, maar meestal verspreide stenen samen met veldsteen, Doornikse steen en/of andere natuursteen. Het is duidelijk dat de bergsteen gebruikt is waar hij voorhanden was, en omdat hij moeilijk bewerkbaar was slechts zelden vervoerd naar andere plaatsen. De Puddingsteen vinden we verspreid in de muur, maar ook geconcentreerd als sokkel van een kruisbeeld (vb. Zarlardinghe en Nukerke) (Figuur 12).



**Figuur 12.** “Puddingsteen” aan de kerk te Zarlardinghe (Geraardsbergen) en de kerk te Nukerke (Maarkedal), muur in ijzerzandsteen te Maarke (Maarke-Kerkem).

Er is duidelijk een verschil tussen gebruik van Veldsteen in het noordwesten en het zuiden van de provincie. Net zoals de bergsteen wordt ook de veldsteen hoofdzakelijk gebruikt in muren. In het zuiden eerder beperkt qua hoeveelheid, enkel te Geraardsbergen komen grotere veldsteenoppervlakken voor. In het noordwesten, aansluitend bij West-Vlaanderen is de veldsteen meer aanwezig en/of beter geschikt voor de opbouw van volledige gebouwen (vb. Lotenhulle) want de concurrentie van andere natuustenen was al minder groot in dit steenarme gebied (Figuur 13). Gebruik van veldsteen voor afwerking is zeldzaam.



**Figuur 13.** Veldsteen in de muur van het Algemeen Stedelijk Ziekenhuis te Geraardsbergen en de Heilige Kruiskerkmuur te Lotenhulle (Aalter).



**Figuur 14.** Brusseliaanse steen in de Onze-Lieve-Vrouwekerkmuur te Rupelmonde (Kruibeke)

De Gobertangesteent komt voor bij kleinere muuroppervlakten maar toch ook opvallend meer bij venster- en plintlijsten. Regelmatig ook als losse restauratiestenen tussen Brusseliaanse steen en Ledesteen. Te Mespelare werd de Gobertangesteent ook gebruikt voor tegels voor de kerk (Figuur 15).

De Brusseliaanse steen is wijdverbreid gebruikt, hoofdzakelijk in het steenarme noorden van de provincie. In de meeste gevallen als volle muur, zelden als afwerking, af en toe als plint (Figuur 14). Vele gebouwen die nu nagenoeg hoofdzakelijk uit Brusseliaanse steen zijn opgebouwd, waren oorspronkelijk wellicht gebouwd in Ledesteen.



**Figuur 15.** Tegels in Gobertangesteent voor de Sint-Aldegondiskerk te Mespelare (Dendermonde)

De Ledesteen is kenmerkend voor centraal Oost-Vlaanderen, en werd ook druk verhandeld en verspreid over de regio. Deze steen komt voor in verschillende typen. De robuuste 'arduin'stenen werden gebruikt voor de opbouw van de kerk, de zachtere stenen als afwerking (Figuur 16). Voor de kerk van Paulatem wordt Ledesteen ook gebruikt voor plaveien. Zoals eerder gezegd is Ledesteen ook dankbaar materiaal voor beeldhouwers en kunstenaars.



**Figuur 16.** Ledesteen in de zachtere variant als afwerking bij een boerderij te Moerbeke en de muur van de Sint-Mauritiuskerk te Ressegem (Herzele).



**Figuur 17.** Ieperiaanse steen tussen de Ledesteen als kassei bij een boerderij te Denderwindeke (boven), als plintlijst in de Sint-Bavokerk te Mere (midden) en in de muur van de Sint-Daniëlkerk te Beervelde (Lochristi) (onder),

Ieperiaanse steen is de meest raadselachtige bouwsteen. In Ninove en omgeving is de steen dominant. Ook in de buurt van Aalst en Oudenaarde komt de steen als bouwsteen vrij veel voor. Over de rest van de provincie vinden we in vele gevallen één Ieperiaanse steen per gebouw. Of herkennen we er slechts één? Over het algemeen kan worden gesteld dat de Ieperiaanse steen veelvuldig werd gebruikt voor plintlijsten en raam- en deurlijsten en daarvoor buiten zijn herkomstgebied verhandeld werd. In zeldzame gevallen werden ook kasseien uit harde nummulietenkalksteen gemaakt, zoals bijvoorbeeld aan een boerderij te Nieuwenhove en naast de abdij te Ninove.

De Doornikse kalksteen vinden we dominant terug in Gent, verder ook in de andere steden en gemeenten langs de Schelde, de waterweg waarlangs de steen werd vervoerd. Doornikse steen is gebruikt voor alle toepassingen, volledige gebouwen, dikwijls plinten en vensterdorpels. Ook veel in combinatie met andere gesteenten waarmee ze een mooi patchwork vormen. Deze steen komt ook in verschillende mooie pastelkleuren voor, dikwijls zachtgeel, maar ook mooi roze, ook al is dit een brandmerk. (Figuur 18)



**Figuur 18.** Doornikse steen in de pastelkleurige variant in de Sint-Jan Baptistkerk te Afsnee (Gent) (boven) en de muur van de Onze-Lieve-Vrouw van de Carmelkerk te Berchem (Kluisbergen) (onder).



**Plaat 3.** Voorbeelden van gebruik Ledesteen bij gedenksteden en beelden.

1. Reinaert de Vos te Deinze
2. Kippen bij Reinaert De Vos te Deinze
3. Omlijsting van een replica van de “Schenbrief van Boechoute”, een oorkonde van mei 1249 over de verkoop van de achterliggende akker (oorkonde zelf is verdwenen, de omlijsting in Ledesteen is er gelukkig wel nog)
4. Steen met vogel op rotonde te Balegem
5. Sokkel van het standbeeld van het Ros Beiaard te Dendermonde aan de Brusselse poort
6. Gedenksteen op het kerkplein te Scheldewindeke
7. ‘Japanse tuin’ uit grillige Ledestenen te Wetteren
8. Sokkel van het standbeeld “De Romein” te Sint-Lievens-Houtem, een romeinse legioensoldaat op de Balei in de nabijheid van de oude heirbaan van Velzeke naar Tongeren
9. Steen op het dorpsplein te Meldert, als aandenken aan het werk in en de grote rijkdom van de steengroeven van het dorp



**Plaat 4.**

1. Sint-Martinuskerk te Lede – Ledesteen dominant
2. Onze-Lieve-Vrouw-Hemelvaartkerk te Oudegem (Dendermonde) – Ledesteen dominant
3. Sint-Martinuskerk te Beveren – Brusseliaanse steen dominant
4. Sint-Pieterskerk te Basel (Kruibeke) – Brusseliaanse steen dominant
5. Sint-Niklaaskerk te Sint-Niklaas – Gobertange steen dominant
6. Sint-Pieters-Bandenkerk te Semmerzake (Gavere) – Doornikse kalksteen dominant
7. Sint-Jan de Doperkerk te Nieuwenhove (Geraardsbergen) – Ieperiaanse steen dominant
8. Heilige Kruiskerk te Lotenhulle (Aalter) – Veldsteen dominant

## 6. Verbreidingskaarten

Op basis van de databank werden verschillende kaartjes opgesteld met indicatie van gebruik van de natuursteen. Zoals reeds gezegd werd er onderscheid gemaakt tussen dominant, gewoon en weinig gebruik (plaat 5, resp. rood, geel, groen).

Bergsteen wordt veel gebruikt in de as Ronse-Zottegem. Dit gebied komt nagenoeg overeen met de hoogste delen van het Schelde-Dender Interfluvium. De steen is bijna nooit dominant, met uitzondering van enkele gebouwen of delen van gebouwen. Enkele stenen worden ook verder terug gevonden ten oosten en westen van deze as naar de valleien toe.

De Veldsteen komt vrij veel voor in twee zones. De steen wordt meest gebruikt in het noordwesten van de provincie. In de meeste gevallen is de steen daar opvallend aanwezig, zoals bijvoorbeeld te Lotenhulle en Vinkt.

In het zuiden, van Ronse tot Ninove, is de veldsteen ook gebruikt, maar minder en nooit als dominante steen. Tussen Brakel en Merelbeke zijn sporadisch nog veldstenen terug gevonden.

De Brusseliaanse steen is dominant in het Waasland. Van Lokeren-Lebbeke naar Beveren-Kruike bestaan veel gebouwen nagenoeg volledig uit Brusseliaanse steen. Hiernaast is er ook nog dominant gebruik van deze steen in grotere steden zoals Ronse, Oudenaarde en Gent. Over de hele provincie verspreid komt het gebruik in mindere mate als afwerking voor. De steen werd niet in de provincie zelf ontgonnen, maar aangevoerd naar het steenarme noorden van de provincie Oost-vlaanderen. De aanvoer gebeurde in tegenovergestelde zin van de Doornikse steen, namelijk van Oost naar West.

Dominant gebruik van de Gobertangestein is beperkter. Het bestaat uit een kleine zone rond Sint-Niklaas-Beveren-Kruike. Gebruik van deze steen beperkt zich, met uitzondering van Zottegem en Aalst en een paar uitzonderingen, ten noorden van de Schelde. De steen wordt voornamelijk als afwerking gebruikt. Ook deze steen werd aangevoerd zoals de Brusseliaanse steen, maar is recenter.

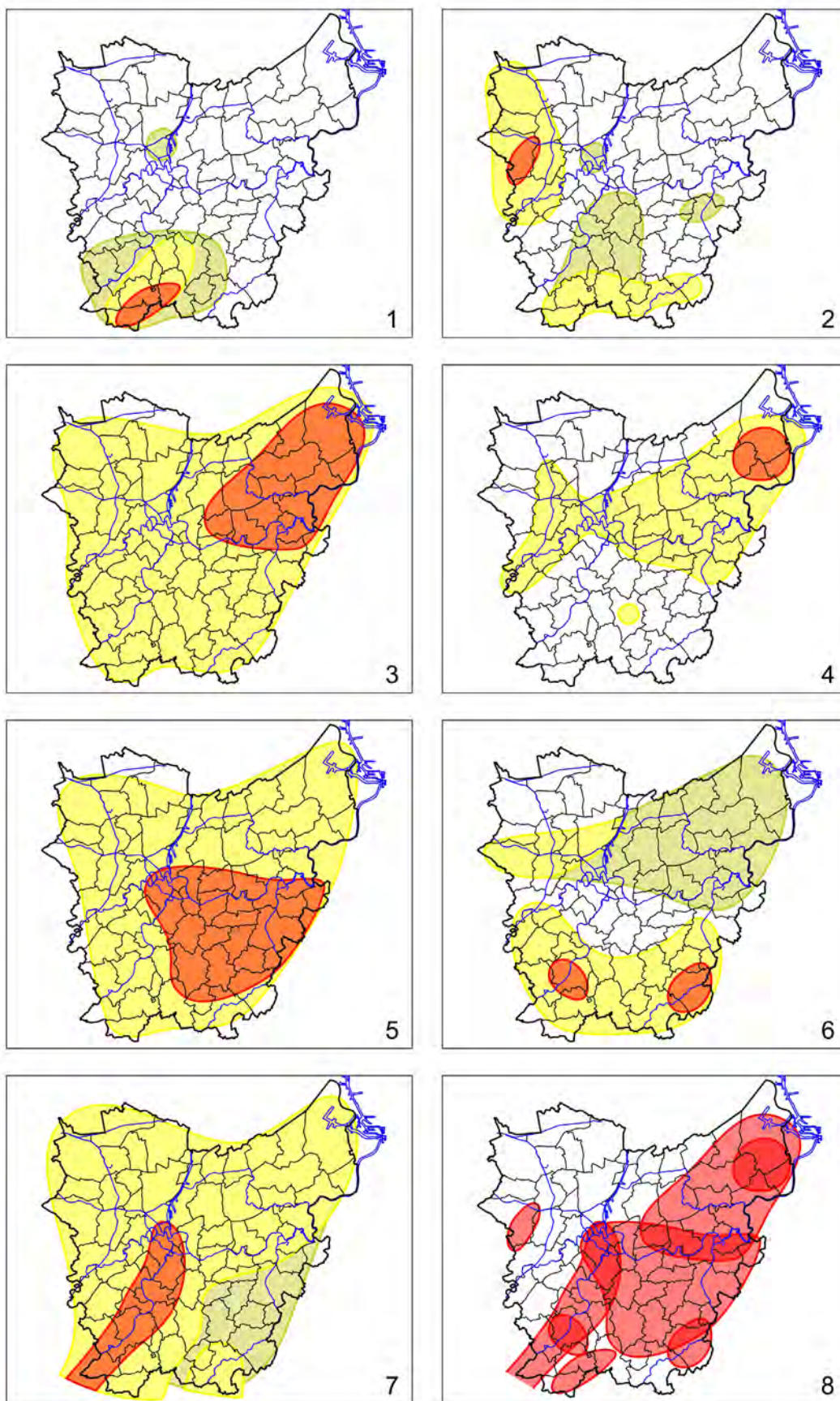
Meest gebruikt als historische natuursteen is ongetwijfeld de Ledestein. In de driehoek Gent-Buggenhout-Zottegem is deze steen sterk dominant. Verder komt de Ledestein veelvuldig voor als afwerking of restant waar deze al vervangen werd door andere steen.

Ook de nummulietenkalksteen (Ieperiaanse steen) vinden we wijd verspreid terug, zij het in veel mindere mate. Het meest dominante voorkomen bevindt zich in de streek van Ninove-Geraardsbergen. Maar ook in Oudenaarde is deze steen veelvuldig aanwezig. Buiten deze twee gebieden vinden we de Ieperiaanse steen veelal aanwezig in de afwerking. In het noordelijk deel van de provincie is de steen meestal in minieme hoeveelheid terug te vinden. Opmerkelijk is wel dat centraal geen Ieperiaan steen werd geïnventariseerd. Dit gebied valt samen met de hoogste concentratie aan Ledestein.

Aangezien de Doornikse steen via de Schelde werd aangevoerd is het evident dat deze steen ook meest gebruikt werd langs de Beneden-Schelde tot in Gent. Vandaaruit zien we verspreiding in de gemeenten langs de Leie. Verder vinden we Doornikse steen verspreid terug ten noorden van de Schelde. In het zuidoosten is het gebruik eerder miniem, met uitzondering van Geraardsbergen.

### **Plaat 5. Gebruik van natuursteen binnen de provincie Oost-Vlaanderen**

1. Bergsteen - 2. Veldsteen - 3. Brusseliaanse steen - 4. Gobertange steen - 5. Ledestein - 6. Ieperaanse steen
7. Doornikse steen - 8. Samenstelling van de gebieden met dominant gebruik



## **7. Besluit**

Oost-Vlaanderen is rijk, rijk aan mooie natuursteen en daar mogen we best trots op zijn. Daarboven is er heel wat diversiteit. De stenen vertellen een verhaal. Gegevens over geologie van de ondergrond, informatie over de geschiedenis van de bevolking. De voorbije jaren is hard gewerkt aan inventarisatie. Veel werk is geleverd op vrijwillige basis. Het werk is nog niet af. In de komende jaren hopen we verder te gaan.

## **Referenties**

Dreesen, R. & Duser, M. & Doperé, F., 2001. Atlas Natuursteen in Limburgse monumenten. Provincie Limburg, 294 p.

Cnudde, V., 2009. Gent.... Steengoed ! Academia press. In druk.

Ministerie van Nationale Opvoeding en Nederlandse Cultuur, 1978. Bouwen door de eeuwen heen, Inventarisatie van het cultuurbezit in België, Provincie Oost-Vlaanderen, Arrondissement Aalst, deel 5n

Vandeputte, O., 2007. Gids voor Vlaanderen. Toeristische en culturele gids voor alle steden en dorpen in Vlaanderen. VTB-VAB. Lannoo, Tielt, 1392 p.



## DE DOORNIKSE STEEN, BOUWMATERIAAL SINDS DE ROMEINSE PERIODE EN EEN PAREL TUSSEN DE BELGISCHE MARMERS

Eric GROESSENS

*Université catholique de Louvain-la-Neuve &  
Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen - Belgische Geologische Dienst,  
eric@groessens.be*

(20 figuren)

**Abstract. Tournai limestone, a building stone since Roman times, unique among the Belgian marbles.** Tournai limestones have been quarried since Roman times. Nowadays, quarrymen distinguish the grey beds quarried below a volcanic ash layer called Gras-délit and the blue beds from above. The Tournai black marble is produced from the blue beds. These limestones occur in the Upper Tournaisian strata (Mississippian) exposed on both sides of the River Scheldt. The general chemical composition of these limestones is close to the ideal Portland Cement and most of the quarries have switched to current production.

After the fall of the Roman Empire; the stone industry disappeared almost completely from our regions. Tournai will be the first city to reopen the quarries in order to build the local cathedral (1110-1171), the main romanesque monument of the country. An important craft industry arose and hundreds of churches and civil buildings in Flanders, the Netherlands, France, Great Britain and farther away are proud of their Tournai marble fonts, tombstones or other architectural elements. The Gothic period contributed to the emergence of other building stones lighter and easier to sculpt. Along the Scheldt River, in Flanders as well as in the Netherlands, the use of Tournai limestones will last longer but the decline will continue and the trade activities will stop at the end of the XVth century. During the reign of Louis XIV, the urban development stimulated the recurrence of Tournai stone as decorative element of the façades. The fashion of whitewashing the buildings which started during the reign of Louis XVI and further increased during the Empire restricted the use of limestone for the basement of local buildings. The reign of the Portland cement could then start.

**Keywords:** Tourmai limestone, black marble, Tournaisian, Portland cement.

### 1. Inleiding

Het grondgebied België produceert sinds tweeduizend jaar een ruim gamma aan bouwstenen. Dit omvat kalksteen, porfier, zandsteen, silex, zand, grind en leisteen. Er is ook een belangrijke productie van marmer en andere siergesteenten. De term “marmer” wordt hier gebruikt in zijn technische en commerciële betekenis, d.w.z. de betekenis die “Jan met de pet” eraan toekent. De geologische definitie van de term, die het gebruik van het woord “marmer” beperkt tot enkel de metamorfe kalkgesteenten, is relatief recent. Hier wordt de term “marmer” dus gebruikt voor gesteenten met een fraai uitzicht, die mooi kunnen worden gepolijst en gebruikt als siersteen, voor meubilair, snuisterijen en beeldhouwwerk. Alle Belgische marmers zijn harde sedimentaire kalkstenen uit het Midden tot Boven Devoon of het Onder Carboon. Dit wil zeggen dat ze zijn afgezet in zee, in een tijdsbestek van 60 miljoen jaar, tussen 390 en 330 miljoen jaar geleden.

Het zijn gesteenten met een lage porositeit, met wisselende intense kleuren, vaak verlevendigd van calcietaders of fossielen, zoals schelpen, koralen, crinoïden en, in het geval van de rode marmers, raadselachtige vullingen die “stromatactis” worden genoemd en die tegenwoordig worden geïnterpreteerd als vage afdrucken van sponzen.

In België werden honderden verschillende soorten marmer ontgonnen. België was tot in het midden van de 20ste eeuw één van de grootste wereldproducenten. De meeste ontginningssites zijn intussen verlaten, enkele werden heropend naar aanleiding van restauratiewerken en sommige zijn nog steeds in bedrijf. Dit is het geval voor de Blauwe Steen, die momenteel bijna de volledige Belgische productie vertegenwoordigt, de Belgische Rode Marmers en de Belgische Zwarte Marmers.

De term “Blauwe Steen” dekt drie verschillende steensoorten: de Blauwe Hardsteen of Petit-Granit, de Maaskalksteen en de Doornikse Steen.

De Petit-Granit wordt vooral in Soignies ontgonnen, maar ook in de provincies Luik en Namen. In Yvoir en Spontin wordt een geologisch oudere variëteit gecommmercialiseerd onder de naam “Petit-Granit du Bocq”.

De Maaskalksteen, uit het Viséaan, omvat drie verschillende soorten: de Steen van Longpré, de Steen van Vinalmont en de eigenlijke Maaslandse Kalksteen.

In Doornik ontgint men in de groeven Lemay, de grijze banken (bancs gris) en de blauwe banken (bancs bleus) (Figuur 1).

Het zijn deze laatsten die, wanneer ze worden gepolijst, mooie zwarte marmers worden (Figuur 2 & 3). De Doornikse kalksteen en de Petit-Granit hebben ongeveer dezelfde ouderdom. Ze werden beide afgezet in het Tournaisiaan.

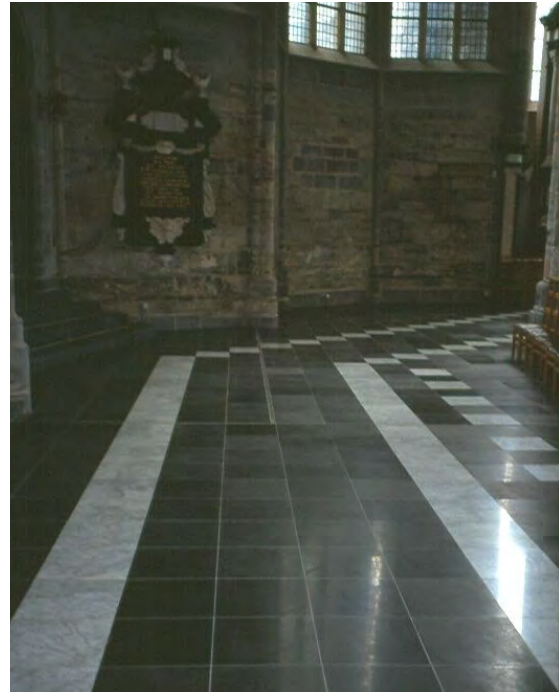
De termen Devoon, Carboon, Tournaisiaan, Viséaan verwijzen naar geologische tijdvakken. De referentiestandaarden van deze tijdeenheden werden oorspronkelijk gedefinieerd in Doornik (Tournai), Visé, enz., hun naam verwijst naar deze plaatsen. Alle geologen over de hele wereld



**Figuur 1.** Lemay-groeve in Vaulx-lez-Tournai. De blauwe banken.



**Figuur 2.** Gent, St.-Niklaaskerk



**Figuur 3.** Gent, St.-Niklaaskerk vloer in zwart marmer van Doornik (restauratie rond 1980)

gebruiken de term “Tournaisiaan” voor de periode die loopt van 359 miljoen jaar geleden tot 345 miljoen jaar geleden en de term “Viséaan” voor het interval 345 tot 328 miljoen jaar geleden. Doornikse steen verwijst dus niet enkel naar de “steen die wordt gevonden in de ondergrond van Doornik”, maar naar een gesteente van 359 tot 345 miljoen jaar oud,

Na dit geologische intermezzo, merken we op dat, gezien de hoge bevolkingsdichtheid van België, bijna alle harde gesteenten die aan de oppervlakte komen, in het verleden werden ontgonnen en aan talrijke dorpen historische stadskernen hun specifieke karakter en originaliteit hebben gegeven (Figuur 4). Een inventaris van de traditionele bouwstenen van Wallonië werd in 1996 uitgegeven door het Ministerie van Waalse Gewest (De Jonghe et al, 1996).

Het Europese architectuurpatrimonium bevat talrijke voorbeelden van het gebruik van materialen van bij ons, die vaak in kleuren van rood, blauw en zwart, harmonieus samengaan met de lokale witte steen. Steen is een zware grondstof, wat zijn historische verspreiding beperkt. Het transport verliep meestal over waterlopen, eerder dan over land. In België stromen de rivieren over het algemeen van Zuid naar Noord, wat, gedeeltelijk althans, een verklaring geeft voor de verspreiding van onze grondstoffen naar Nederland, Engeland en de Scandinavische landen.

## 2. De Doornikse steen in zijn stratigrafisch kader

De Doornikse steen is een kleilig-kiezelige, fossielhoudende, fijnkorrelige kalksteen met een natuurlijke kleur die varieert van grijs tot zwartachtig grijs. Hij dateert uit het Boven Tournaisiaan. Op basis van een studie van kernboringen kon F. Larangé et al. (1998) de biostratigrafische en sedimentologische eigenschappen van de Doornikse kalksteen en de onderliggende en afsluitende lagen beschrijven.

De onderliggende lagen bekend als Kalkschiefers van Orient, werden in detail beschreven dank zij de diepboring Tournai door de Belgische Geologische Dienst in 1954-1960. Deze boring ging doorheen het Boven en Midden Devoon, bereikte op een diepte van 1245 m het Siluur en werd gestopt op 1271 m in de Caledonische sokkel van het Massief van Brabant. De Belgische

Geologische Dienst ondernam in 1961 een bijkomende diepboring Vieux-Leuze, die in juli 1962 een einddiepte van 1536 m bereikte (Coen-Aubert et al, 1980).

Deze boringen gingen, voor het eerst in België, doorheen lagen van anhydriet (calciumsulfaat) en bevestigden het bestaan van bijna 300 m sedimenten uit het Midden en Onder Tournaisiaan onder de Kalksteen van Doornik. Sommigen geloofden inderdaad dat de banken van de groeve van Orient de basis van het Tournaisiaan in deze streek vertegenwoordigden. Het werk van F. Larangé et al. toonde aan dat de chronologische basis van het Viséaan tijdvak, als deze al voorkomt in het Doornikse, zich minstens zeer hoog in de Kalksteen van Warchin of eerder nog in de bovenliggende dolomieten van Pecq moet bevinden.

De winningen van Doornikse kalksteen strekten zich uit ten zuidoosten van Doornik, langs de beide Scheldeoevers. Als natuursteen wordt hij momenteel enkel geëxploiteerd door de S.A. Carrière Lemay in Vaulx. Op een kalksteenafzetting die verscheidene honderden meters dikte bereikt wordt slechts een vijftiental meter kalksteen ontgonnen als natuursteen. Deze ontginning gebeurt boven en onder een referentiehorizont "Gras-délit" bestaande uit een wijdverbreide dunne kleiband ontstaan als een afzetting van vulkanische assen van onbekende oorsprong.

De banken van de Formatie van Vaulx en van Chercq, die onder dit Gras-délit liggen, zijn de zogenaamde « Gris ». Ze zijn bestand tegen vorst en worden gebruikt voor buitenwerk. De banken van de Formatie van Antoing en van Calonne, die boven het Gras-délit liggen, zijn de zogenaamde « Bleus » verzacht tot zwart. Ze zijn weinig of niet bestand tegen vorst en worden over het algemeen gebruikt voor binnenwerk. Deze steen die zich goed laat bewerken en behouwen, werd vroeger «Marbre de Calonne» genoemd. Van deze steen spreken we, wanneer we het hebben over het «zwart marmer van Doornik ».

Onder invloed van de weersomstandigheden krijgt de Doornikse steen een bleekgrijze patina, soms met een beige-geelachtige schijn, die hem onderscheidt van de andere blauwe stenen (Figuur 5). Deze kleur is het gevolg van oxidatie van organisch materiaal en pyriet dat in kleine hoeveelheden



**Figuur 4.** Doornik, St.-Jacobskerk – Typische transitie Romaans-Gothiek

en fijn verspreid in de grondmassa aanwezig is. De gemiddelde chemische analyse van de Doornikse kalksteen toont een calciumcarbonaatgehalte tussen 75 en 90 %, een siliciumgehalte tussen 7 en 20 %, een aluminiumgehalte tussen 0,5 en 1,5 %, en een magnesiumcarbonaatgehalte tussen 1 en 2 %. Bijna alle banken bevatten een beetje pyriet en organisch materiaal. Het relatief lage gehalte aan calciumcarbonaat (de Petit-Granit en de Vinalmont hebben een gehalte van respectievelijk meer dan 96 en 99 %) is het logische gevolg van de aanwezigheid van siliciumdioxide dat onder de vorm van zeer kleine korreltjes van stofafmetingen verspreid in het gesteente voorkomt.

Door zijn chemische samenstelling bevat de Doornikse kalksteen, in wisselende verhoudingen naar gelang van de geëxploiteerde banken, alle nodige elementen om er een Portland cement van uitzonderlijke kwaliteit uit te halen.

Veel banken van de Doornikse kalksteen zijn niet bestand tegen vorst. In het verleden heeft



**Figuur 5.** Doornik, St.-Jacobskerk - Typische verwerking van de Doornikse kalksteen

men niet altijd aandacht geschonken aan dit fenomeen, wat in bepaalde gebouwen tot vorstschade heeft geleid.

Tegenwoordig worden alleen nog de «gris», die vorstbestendig zijn, en de «bleus», die weinig vorstgevoelig zijn als natuursteen geëxploiteerd (zie TV 163 van het WTCB, 1986).

### **3. Oprichting van het Tournaisiaan als geologisch tijdperk**

In 1832 onderscheidt André-Hubert Dumont in wat men later de Kolenkalk ging noemen, een lagere etage en een hogere etage. In 1856 meldt hij dat de lagere etage overeenkomt met het kalkgesteente van Doornik en de hogere etage met de het kalkgesteente van Visé. Met A.H. Dumont was de superpositie van de twee etages wel vastgelegd, maar enkel op basis van het geometrische argument. Het paleontologische argument ontbrak nog: deze leemte werd vanaf 1842 gevuld door L.G. De Koninck, die een reeks monografieën publiceerde over de verschillende fossielengroepen. De gangbare benamingen Tournaisiaan en Viséaan verschijnen pas in 1882 bij de publicatie van de geologische kaart van Edouard Dupont.

Doornik mag er ook trots op zijn, dat het de abt (d'Everange) de Witry (1719-1791) de gelegenheid bood, in 1777 een scriptie voor te stellen aan de "Académie impériale et royale des Sciences et Belles-lettres de Bruxelles" over « les fossiles du Tournais et des pétrifications en général, relativement à leur utilité pour la vie civile » (de fossielen van de Tournais en versteningen in het algemeen, met betrekking tot hun nut voor de maatschappij). Deze scriptie is wereldwijd de eerste publicatie over de Kolenkalk.

#### 4. De komst van de Romeinen

De funderingen van monumenten, de marmerfragmenten en de mozaïeken, die men regelmatig aantreft bij opgravingen, getuigen dat er in deze ver vervlogen tijd al een flink aantal steenlagen werden ontgonnen. De Romeinen openden of heropenden steengroeven en exporteerden deze kostbare materialen naar de uithoeken van hun rijk. F. Braemer, specialist op dit gebied, toonde in talrijke publicaties aan dat “het Scheldebekken blijkbaar een bevoorrechte plaats toekende aan de grondstoffen uit de provincie België, met name de “zwarte steen”, evenals een aantal “marmers” en de kalksteen uit de streek van Philippeville, die zich konden verspreiden over de rivieren van het Maasbekken en het Scheldebekken” (1982) en inderdaad, het lijkt geen twijfel dat, sinds de eerste eeuw van onze tijdrekening, de rode Belgische marmers en de zwarte marmers van Doornik en Namen al werden ontgonnen, gezaagd en gepolijst. Zoals Paul Rolland in 1944 schreef, is de Doornikse Steen al gekend sinds het bouwen met duurzame materialen in onze streken werd ingevoerd, dit wil zeggen: sinds de Romeinse Tijd. Door opgravingen heeft men kunnen vaststellen dat hij in Doornik zelf werd gebruikt in funderingen en in vestingmuren, monumenten of huizen, die soms terug te voeren zijn tot het midden van de eerste eeuw.

We kennen talrijke voorbeelden van het gebruik van natuursteen en marmers in de Gallo-Romeinse tijd. Behalve de marmers die, met uitzondering van de Petit-Granit, bijna allemaal werden ontgonnen, behoren de gesteenten die werden gebruikt in de bouwkunst, in grafzuilen en in de beeldhouwkunst, over het algemeen tot drie categorieën:

de Doornikse kalksteen

de Maaskalksteen

de witgelige Jurakalksteen uit de Gaume of uit het Département de la Meuse.

Al rond 1084 had de monnik Hariulf de aandacht getrokken op de aanwezigheid van Doornikse steen in de muren van de vestingwerken van het Laat-Romeinse Rijk in Oudenburg, tussen Brugge



**Figuur 6.** Aardenburg (Zeeland) – Romeins fort

en Oostende (Figuur 6). Latere opgravingen brachten 2 tot 2,5 meter dikke muren in Doornikse steen aan het licht. Het waardevolle getuigenis van Hariulf wordt als volgt weergegeven door L. Nys (1993) : « ...citant les fameuses « pierres noires » de l’antique « castellum » d’Oudenburg, récupérées sous les comtes Arnould le Vieux et Baudouin de Lille, aux Xe et XIe siècles, pour servir à la construction de plusieurs monuments à Bruges » (“... vermeldt de vermaarde “zwarte stenen” van het oude “castellum” van Oudenburg, gerecupereerd onder de graven Arnold de Oude en Boudewijn van Rijsel, in de 10e en 11e eeuw, om te dienen voor de bouw van verschillende monumenten in Brugge”). Gelijkaardige vestingwerken zijn te zien in Aardenburg in Nederland.

Amand (1984) schrijft: « avant le milieu du premier siècle après J.C., des prospecteurs parcouraient le bassin calcaire du Tournaisis pour en localiser les bancs les plus accessibles: des traces de leurs recherches ont été repérées à Tournai et à Bruyelle. Ces prospecteurs venus sans doute de Rhénanie où, l’extraction du tuf était

pratiquée sur une vaste échelle depuis longtemps, acquirent bien vite une bonne connaissance du bassin carrier calcaire. » (Voor het midden van de eerste eeuw na Chr. doorkruisten prospectoren het kalksteenbekken van het Tournaisiaan om er de meest toegankelijke banken te lokaliseren: sporen van hun onderzoek werden teruggevonden in Doornik en in Bruyelle. Deze prospectoren kwamen waarschijnlijk uit het Rijnland, waar al sinds geruime tijd op grote schaal vulkanische tufsteen werd ontgonnen, en ze verwierven al snel een goede kennis van het kalksteenbekken.)

Bij de opgravingen van een Romeinse villa in Basse-Wavre, die wordt beschouwd als de belangrijkste in België, werden er monsters van diverse marmers, waaronder Belgische marmers, beschreven door X. Stainier (1905). Ik kon de Romeinse villa “Les Machenées” in Philippeville in 1990 bezoeken. De schitterende kelders zijn opgetrokken in perfect gevierkante blauw-zwarte kalksteen van lokale oorsprong, uit esthetische overwegingen afgewisseld met lijsten in kalktuf (lokale variant van travertijn. De travertijn werd omwille van zijn lichtheid en zijn bewerkbaarheid gebruikt voor de deurlijsten en de ingangen van de kelder. In een andere villa, die van Matagnella-Petite, kan men een wasruimte in gepolijst rood marmer zien.

We vermelden eveneens de rijke verzameling fragmenten die werden ontdekt in de villa van Echternach (Bintz et al., 1981) en ook het plaveisel dat de magnifieke mozaïeken omlijst, die in 1994 in Vichten (Groothertogdom Luxemburg) werden ontdekt en vervolgens opgegraven door de archeologische dienst van het Musée National d’Histoire et d’Art (Krier en Reinert, 1995). In deze twee voorbeelden werd het Zwarte Marmer van Namen – een specifiek niveau binnen de Maaskalksteen - gebruikt. Deze Maaskalksteen is ook geschikt voor de fijne beeldhouwkunst. De Romeinen gebruikten hem ook voor grenspalen, grafzuilen en altaren.

Men moet soms opletten met overhaaste conclusies.

Zo zijn sommige van de altaren die in Zeeland langs de zee werden opgericht uit dankbaarheid voor de bescherming die de godin Nehalennia bood aan de handelaars die naar Engeland reisden, uitgevoerd in een blauwe steen die werd beschreven als Doornikse steen. De godin Nehalennia is ons bekend sinds 1647. Tijdens een storm werden er een veertigtal monumenten door de zee op het strand van Domburg geworpen, en hieronder bevonden er zich 28 die aan deze, tot die tijd onbekende, godin waren gewijd. Deze monumenten werden in 1809 « geschonken » aan Lodewijk Bonaparte, de koning van Holland, maar deze gift werd niet veronachtzaamd en de sculpturen geraakten geleidelijk aan in verval. Bovendien brandde de kerk van Domburg, waar ze voorlopig waren ondergebracht, in 1848 af, waarbij de monumenten werden vernield of zwaar beschadigd. In 1970 werden er vier fragmenten bewerkte steen met inscripties aangetroffen in de netten van een kotter, die op 25 meter diepte werkte langs het Zeelandse eiland Noord-Beveland in de « Schaar van Colijnsplaat », een vaargeul in de Oosterschelde. Terug in de haven bracht de schipper het Rijksmuseum van Oudheden te Leiden op de hoogte. Onmiddellijk werd er een grondig onderzoek uitgevoerd en in vier weken tijd werden er 200 fragmenten, waaronder 80 volledige altaren, teruggevonden. Er werden ook talrijke diverse fragmenten van steenachtige materialen, dakpannen, enz. opgevist, wat het bestaan doet vermoeden van een heiligdom dat volledig aan Nehalennia is gewijd. De toewijzing van deze monumenten in zwarte kalksteen aan ateliers uit Doornik bleek ongefundeerd; het zwarte marmer kwam uit Namen en dateerde uit het Midden Viséaan.

Deze vergissing leidde tot een andere misser: het landschap van Zeeland zag er in de Romeinse tijd grondig anders uit dan nu en bijgevolg lieten de wetenschappers in hun reconstructie van de (paleo-) geografische kaart van deze streek in de eerste eeuwen van onze tijdrekening, de Schelde daar stromen, waar ze eigenlijk de Maas hadden moeten doen stromen. (Anderson & Groessens, 1996)

Men moet erkennen dat het zelfs voor de gewaarschuwde specialist erg moeilijk, zonet onmogelijk is, de verschillende soorten zwart marmer te onderscheiden, vooral als ze heel zuiver zijn en van

dezelfde geologische ouderdom. Dit probleem wordt natuurlijk nog groter door het feit dat men zich meestal moet beperken tot een louter visueel onderzoek van het voorwerp (wat in Leiden niet het geval was).

In Soignies, op zo'n honderd meter van de "Petit-Granit"-steengroeve Gauthier & Winqz, één van de belangrijkste en oudste van het land, vindt men in archeologische opgravingen: tufsteen uit het Landenaan, dolomiet uit het Viséaan en crinoïdische kalksteen. Het gaat hier niet om de "Petit-Granit", maar om een stratigrafisch oudere kalksteen. Deze kalksteen dagzoomt onder de vorm van alternerende decimeterdikke banken, gescheiden door schieferlagen, wat de ontginning vergemakkelijkte en waardoor de ontdekking van blokken in de omringende velden dagelijkse kost was.

De term Petit-Granit klinkt vandaag zo vertrouwd, dat men zou gaan denken dat hij al sinds het begin van de ontginning in gebruik is. In feite dateren de oudste sporen van dit woord uit de periode die onmiddellijk voorafgaat aan het Eerste Keizerrijk. In die tijd begon men dit materiaal te polijsten en te verkopen in Parijs, het handelscentrum voor marmer (Groessens, 1993). Tot voor die tijd noemde men het « pierre à chaux bleue noirâtre » (zwartachtig blauwe kalksteen), « pierre dure » (hardsteen), Lapis Suillus of « pierre-porc » (varkenssteen), deze laatste vanwege de geur die vrijkomt door het H<sub>2</sub>S dat de steen vrijgeeft wanneer hij wordt verbrijzeld.

## 5. Middeleeuwen

Met de val van het Keizerrijk verdween de steenindustrie uit onze streken. F. Tourneur (2005) meldt dat de bewaarde merovingische stenen voorwerpen (5e-8e eeuw) van tweeërlei aard zijn: grafvondsten en monumentale fragmenten. Bijna al deze voorwerpen zijn vervaardigd in witte Jurassische steen van de bovenloop van de Maas. Hij wijst erop dat deze voorkeur voor witte steen niet noodzakelijk betekent dat de blauwe steen in deze periode niet werd ontgonnen, maar vooral dat de steenhouwers liever met een zachter en hanteerbaarder materiaal werkten.

Er bestaan enkele voorbeelden in blauwe steen die het vermelden waard zijn:

- Keizer Karel de Grote schonk een epitaf ter nagedachtenis van paus Adrianus I, gestorven in 795, dat in de narthex van de Sint-Pietersbasiliek in het Vaticaan wordt bewaard. De historische context situeert het ontwerp aan het hof van Karel de Grote in Aken, terwijl de uitvoering wordt gesitueerd "in Francia", wat niet erg nauwkeurig is. In 2002 kon men, door het plaatsen van een bouwsteiger, analyses uitvoeren en voor het gebruikte materiaal een Naamse oorsprong (Maassteen, Viséaan) voorstellen. (Story et al, 2005). De lokalisatie van de steenhouwerswerkplaats blijft problematisch.

- Een ander voorbeeld van het gebruik van onze steen is te vinden in het Cour-le-Roi in Compiègne. Deze constructie dateert uit de Karolingische tijd en herbergt een aantal kwaliteitsmarmers in gevarieerde kleuren. (Petitjean, M.1994). De zwarte marmers zijn afkomstig uit nabijgelegen steengroeven in Bavay en waarschijnlijk Doornik. De productiegebieden van de edele gesteenten in de Hoge Middeleeuwen zijn weinig gekend. Het is niet mogelijk vast stellen of de marmers van de opgravingen in Compiègne in toenmalige steengroeven werden ontgonnen of dat ze werden gerecupereerd uit Gallo-Romeinse gebouwen.

A. Salamagne (1992), die de archieven van de Noord-Franse steden heeft uitgeplozen, vond voor de Middeleeuwen enerzijds de lokale steengroeven rondom de verschillende steden Valenciennes, Cambrai, le Quesnoy en Avesnes, en anderzijds twee productiecentra in het Zuiden van Henegouwen: de Ostrevant (witte steen en 'Oosterbant' zandsteen), en de Avesnois in het Oosten van het graafschap (blauwe steen). « L'ouest du Hainaut comme le Douaisis, bénéficiaient encore de l'apport d'autres bassins carriers, celui de Tournai-Antoing au XII-XIVe siècle, celui d'Ecaussinnes à partir du XIVe siècle. Cet apport de pierres de bassins carriers distants de plus de 40 km. fut en fait permis par l'utilisation des voies d'eau, l'Escaut et la Scarpe pour l'exportation de la pierre de Tournai à Valenciennes et Douai, la Haine et l'Escaut pour l'exportation de la pierre



d'Ecaussinnes à Valenciennes où elle était déchargée pour être convoyée par voie de terre jusqu'au Quesnoy. » (Het Westen van Henegouwen, zoals de Douaisis, profiteerde nog van de aanvoer uit andere bekkens, dat van Doornik-Antoing in de 12de-14de eeuw en dat van Ecaussinnes vanaf de 14de eeuw. Deze aanvoer uit bekkens die zich op meer dan 40 km afstand bevonden, werd eigenlijk mogelijk door gebruik te maken van de waterwegen, de Schelde en de Scarpe voor de export van de Doornikse steen naar Valenciennes en Douai, en de Haine en de Schelde voor de export van de steen van Ecaussinnes naar Valenciennes, vanwaar hij over land zijn weg verder zette naar le Quesnoy.)

P. Rolland (1944) merkt op dat de Frankische tijd in Doornik geen monumenten, noch belangrijke documenten heeft achtergelaten: een tekst vermeldt enkel een wederopbouw van de kathedraal rond 850. Daarna schijnt de Pre-Romaanse tijd, volgens de opgravingen van 1941, het gebruik van de Doornikse steen te hebben hernomen in de Romaanse bisschoppelijke omwalling. Maar dit materiaal is dan minder goed bewerkt en variabler in zijn afmetingen. Rolland constateert dezelfde nonchalance in de eerste gekende bouw van de kerk van Saint-Brice (rond het jaar 1000?) .

Wanneer men geen rekening houdt met omstreden referenties, kan men stellen dat Doornik de eerste exploitatiezetel was, die de fakkel van het edele steenwerk overnam. J.Cl. Ghislain stelde in 1987 dat de ontginning van de ruwe steen in het Doornikse, die minstens teruggaat tot de 2de eeuw van onze tijdrekening, de eerste aanzet was tot een aanzienlijke bedrijvigheid in de Middeleeuwen, die op haar beurt aan de oorsprong ligt van onze industrie van de diverse soorten, vaak bewerkte, later gesculpteerde, blauwe steen. Henri Laurent stelde voor Doornik vast, dat de handel in steen de weg moet hebben geëffend voor de textielhandel. Naast de ambachtelijke fabricatie, die van de 11ste tot de 13de eeuw veelzijdig en grootschalig was, kende vooral Doornik in de 12de eeuw een zeer belangrijke en veelbelovende artistieke productie. Deze hing nauw



**Figuur 7.** Kathedraal van Doornik (1110-1171)



**Figuur 8.** Doopvont van OLV-kerk van Dendermonde (12e eeuw)

samen met de weelderige bouwswerf van de Romaanse kathedraal (1110-1171), het voornaamste gebouw uit de Middeleeuwen in België, met een aanzienlijke internationale uitstraling (Figuur 7). In de categorie van de doopvonten werden de Doornikse exemplaren in zwart “marmer”, soms uitbundig versierd, maar van ambachtelijk niveau, vereerd met zowat de belangrijkste bestellingen van de Champagne tot in Engeland.

De Doornikse doopvonten zijn talrijk in België (Figuur 8). Ook heel wat Engelse kathedralen en gebouwen zijn de trotse bezitters van doopvonten in zwart marmer van Doornik (Lincoln, Winchester, Southampton, East Meon, St Mary Bourne, Thornton Curtis, Ipswich, Boulge etc...). Hetzelfde geldt voor Frankrijk (Figuur 9). We vermelden die van de kathedraal van Châlons-sur-Marne; van Tréport, in Haute Normandie; van Chérenge et Haumont in het departement Nord; van Vermand in de Aisne; van Vimy in Pas-de-Calais en van le Neuville-sous-Corbis in het departement van de Somme, om slechts enkele voorbeelden te noemen (J.Cl. Ghislain, 1987).

Er bestaan ook talrijke grafstenen in Doorniks zwart marmer. We vermelden die van Sint Alena in Vorst (Brussel) (Figuur 10), de grafsteen van bisschop Nigel in de kathedraal van Ely in Engeland, en vooral die van Blanca van Castilië, die in de rekeningen van de provoostambten en baljuwschappen van Frankrijk (1255) wordt vermeld onder de rubriek “aankoop van een grafsteen voor de koningin” (Figuur 11). Deze gisant (liggend grafbeeld) werd in 1804 overgebracht van de ruïnes van de abdij van Maubuisson naar de kathedraal van Saint-Denis bij Parijs. Behalve voor deze echte kunstwerken werd de Doornikse steen, waarschijnlijk omwille van zijn decoratieve zwarte kleur, ook gebruikt voor pilaren, pilasters, deurlijsten, sluitstenen, kapitelen, enz., in talrijke Romaanse gebouwen in heel Europa (Canterbury, Saint Denis bij Parijs, enz.). Rond dezelfde periode zochten ambachtslui in andere streken van het land naar gelijkaardige materialen die geschikt waren voor de beeldhouwkunst. Steengroeven werden geopend of heropend in de Maasvallei of in andere streken. Het is niet verwonderlijk dat de steenhouders uit het Naamse zich

meteen bij deze beweging aansloten en zich soms zichtbaar lieten inspireren door het Doornikse voorbeeld.

Rolland (1944) wijst er ook op dat de Doornikse steen kon profiteren van gunstige omstandigheden, uiteraard dank zij de Schelde en haar bijrivieren, ertoe bijdroegen dat hij niet alleen zijn rol kon spelen in de bouw van een hele rits parochiekerken en privé-huizen in Doornik zelf, maar ook een sterke uitstraling kreeg naar buiten toe, als drager, in heel Vlaanderen, van het Doornikse architecturale gedachtegoed.

« Ces contingences sont tout d'abord d'ordre religieux et, à ce propos, il faut compter, dans une certaine mesure, le lieu de pèlerinage célèbre et régulièrement visité que revêt la cité épiscopale au moins depuis 1091 (...) Mais il faut signaler surtout le fait qu'en 1146 Tournai recouvre un évêque personnellement distinct de celui de Noyon.» (Deze omstandigheden waren eerst en vooral van religieuze aard en hier moet men, in zekere mate, er rekening mee houden dat de bisschopsstad sinds 1091 een beroemde en veelbezochte bedevaartsplaats was. (...) Maar



**Figuur 9.** Kathedraal van Laon (Frankrijk) - Doopvont



**Figuur 10.** Vorst (Brussel) – Graf van de Heilige Alene (12e eeuw)



**Figuur 11.** St.-Denis (Parijs) - Grafsteen van Blanca van Castilië (1255)

vooral moet men aangeven dat Doornik in 1146 opnieuw een eigen bisschopszetel kreeg, onafhankelijk van Noyon.)

« Si l'on passe aux contingences d'ordre purement matériel, on constate que Tournai augmente le nombre de ses avantages en disposant précisément à cette époque d'un stock inépuisable de matériaux de construction de première qualité, d'agents d'exportation très actifs et d'architectes renommés.». (Wat betreft de omstandigheden van zuiver materiële aard, stelt men vast dat Doornik zijn troeven vermeerderde door precies in deze tijd te kunnen beschikken over een onuitputtelijke voorraad bouw materiaal van de beste kwaliteit, zeer actieve exportbeambten en befaamde architecten.)

Vlaanderen, de belangrijkste klant, was toen de rijkste regio van het Westen geworden. De steengroeven van Doornik leverden zo de stenen voor talrijke gebouwen, zoals, om alleen maar enkele Gentse voorbeelden te noemen, het Gravensteen, gebouwd in 1180, en het Spijker aan de Graslei langs de Leie, beide opgetrokken in Doornikse steen (Figuur 12-13). De kerk van Onze-Lieve-Vrouw van Pamele (13e eeuw) in Oudenaarde, een typisch voorbeeld van de Scheldegotiek, getuigt van het belang van de rivier voor het transport.

De Doornikse steen werd ook in het oostelijke deel van Vlaanderen ingevoerd. Mechelen (Sint-Rombouts, Brusselse poort, figuur 14) en vooral Leuven (Onze-Lieve-Vrouw ten Predikheren, Sint Gertrudis) leveren de opvallendste voorbeelden voor de 13de eeuw en het begin van de 14de eeuw.

Ook in het buitenland tooit de Doornikse steen talrijke gebouwen. Rijsel is de voornaamste klant maar behoorde toen nog tot Vlaanderen. Ook vermeldenswaard zijn Lewes en Canterbury in Engeland en Saint-Denis bij Parijs in Frankrijk. Door archeologisch onderzoek dat sinds 1973 door Michaël Wyss wordt uitgevoerd in de directe omgeving van de basiliek van Saint-Denis weten we dat dit materiaal sinds de Karolingische tijd werd ingevoerd. Het diende met name



**Figuur 12.** Gent, Gravensteen (1180)

voor de uitvoering van flankerende colonnetten en van sierlijsten, zoals in Canterbury. Hun beperkte afmetingen doen vermoeden dat deze elementen afkomstig zijn van kleine monumenten en liturgische inrichtingen. In de bevloering moeten mozaïektegels in zwarte steen samen met andere sierstenen zijn gebruikt. In de basiliek van Saint-Denis werd de Doornikse steen toegepast in de westgevel, die werd ingewijd in 1140. Aan weerszijden van het roosvenster tooien twee lagen in afwisselend witte en zwarte stenen twee blindnissen met rondboog. Andere beeldhouwde stukken tonen aan dat de Doornikse ateliers hun aandeel hadden in de vroegste gotische kunst. Twee gefragmenteerde kapitelen zijn versierd met grote gladde bladeren en voluten op de hoeken. Op de onderste voetring van een sokkel staan er nog vier in zwak reliëf beeldhouwde steenhouwersmerken.

Vanuit stilistisch oogpunt sluiten deze werken aan bij de Doornikse beeldhouwkunst van de 12de eeuw (M. Wyss, 2005).

Een inventaris van de middeleeuwse steengroeven in de Tournaisis, van de ambachten in de steenbewerking, en een lijst van de steenhouwers, de beeldhouwers of imageurs en de graveerders, werden samengesteld door Ludovic Nys (1992 en 1993).



**Figuur 13.** Gent, Graslei, de Spijker (12e eeuw)



**Figuur 14.** Mechelen, Brusselsepoort (14e eeuw)

De Doornikse steen (en later de andere soorten blauwe steen) was dus, gedurende de hele Romeanse periode, het belangrijkste duurzame bouw materiaal in het Westen van het land. In de valleien van Samber en Maas, en vooral in de Luikse regio, was de Carboonzandsteen, traditioneel bekend als de kolenzandsteen het favoriete materiaal. Vermelden we bijvoorbeeld de kerk van Saint-Barthélémy (12de eeuw) en de magnifieke kapitelen in fijn gebeeldhouwde kolenzandsteen, die bij de opgravingen op de Place Saint-Lambert in Luik werden ontdekt.

In de gotische periode verschenen er nieuwe, lichtere materialen, die een fijner beeldhouwwerk toelieten, wat een noodzakelijke eigenschap was voor de bouw van onze kerken en belangrijkste stadhuisen. In het Westen was het vooral de Ledesteen of Balegemse steen (Midden Lutetiaan) die werd gebruikt; in het Oosten deden de architecten een beroep op de tufsteen van Lincet (Thanetiaan) of op Maastrichtersteen. Jammer genoeg hebben deze witachtige kalkgesteenten te lijden van de luchtvervuiling en werden ze gaandeweg (zoals men kan zien in het stadhuis van Brussel) vervangen door andere materialen zoals de Gobertangesteent of Brusseliaan-zandsteen (Onder Lutetiaan), vooral tot aan het einde van de 19de eeuw, en door “Franse steen” bij de latere restauratiewerken.

De Doornikse steen bleef echter, in de steden in de omgeving van het Scheldebekken, één van de bevoorrechte bouwmaterialen. Noordnederlandse bouwheren kwamen zich van oudsher in onze streken, en dan vooral in Doornik, bevoorraden. (Leiden in 1412; Deventer, in 1470 en 1488; Zwolle, in 1490 en Utrecht, sinds 1487, voor de bouw van de kathedraal...). Utrecht wordt doorsneden door de Oude Rijn, wat dus bevorderlijk is voor het gebruik van vulkanische tufsteen, basalt en zandsteen uit Duitsland. Toch zijn zowel in de Sint-Pieterskerk (11de eeuw) als in de oude kathedraal, zware grafstenen en sarcofagen vervaardigd uit Doornikse steen. Een opmerkelijk werkstuk is het grafmonument van bisschop Guy d’Avesnes, gestorven in 1397, in de kathedraal. Voor het plaveisel van de Buurkerk werden er « 500 blaue doornicx steen » besteld. De oude brug van het stadhuis was in Doornikse steen, later vervangen door Vinalmont-steen.



**Figuur 15.** Belfort van Doornik, het oudste van België – 12e eeuw



**Figuur 16.** Belfort van Gent (13e-14e eeuw)

Volgens P. Rolland (1944) ging het met de Doornikse steen buiten zijn ontginningsstreek vanaf de 14de eeuw bergaf en overleefde hij nauwelijks het tweede kwart van de 15e eeuw. We hebben hierboven al aangehaald dat hij minder geschikt was voor gotische gewelven. Een tweede reden voor deze teloorgang was de overweldigende introductie op de markt - vanaf het einde van de Gotiek, maar vooral in de Renaissance - van een nieuw materiaal: de Petit-Granit, die in die tijd de Pierre des Ecaussinnes werd genoemd.

Sinds de Middeleeuwen wordt dit materiaal verhandeld tot ver buiten de grenzen van de streek waar het wordt geproduceerd. Men weet bijvoorbeeld, dankzij de archieven, dat de Petit-Granit van Ecaussinnes (arduin van Scharchines) werd al gebruik in de Basiliek van Halle tussen 1385-1400 (M. Franssen, 2007) en in 1441 voor de bouw van het belfort van Brugge en dat er in 1465 Petit-Granit werd geleverd voor het stadhuis van Damme. De boekhouding van de bouw van de Sint-Katelijnekerk van Mechelen vermeldt in 1473 de “goede steen van Ecaussinnes (goeden sausin en steenen), etc.

## **6. De Renaissance, of de glanstijd van de rode en zwarte marmers, maar niet die van Doornik**

De Italiaanse Renaissance gaf een nieuwe impuls aan de marmerindustrie: onze zwarte en rode marmers werden toen uitgevoerd om in heel Europa talrijke monumenten te sieren. Tijdens de Italiaanse Oorlogen (1498-1559) werden de Franse adel en het koningshuis geconfronteerd met de fascinerende decoratieve inrichting van de Italiaanse paleizen. Terug thuis, begonnen ze hun kastelen en domeinen op te smukken met marmers van overal.

De vraag naar onze marmers vertienvoudigde, vooral wat betreft de Zwarte en de Rode Marmers. Men moet weten dat de specialiteit van België ontegensprekelijk het zwarte marmer is. Deze marmer, of liever deze marmers werden, en worden nog steeds, zeer naar waarde geschat in het buitenland. Hun reputatie hebben ze te danken aan hun zuiverheid en homogeniteit. Alle zwarte

marmers die ooit in België werden ontgonnen, bevinden zich in Paleozoïsche lagen: het Marmer van Golzinne (door de marmerhandelaars Marbre noir de Mazy of Noir belge genoemd) uit het Frasniaan; de marmers van Dinant (en van Denée), van Theux en van Basècles, die alle vier tot het Onder Viséaan behoren en het Marbre à carreaux de Namur uit het Midden Viséaan, dit wil zeggen dat deze laatste soort afkomstig is uit bepaalde banken binnen de Maaskalksteen.

Het Zwarte Marmer van Dinant deelt met zijn equivalent van Theux de eer van het hoogst aangeschreven te staan onder de zwarte marmers. Dat er eertijds een zeer bloeiende exploitatie was, getuigen de talrijke verlaten steengroeven in de onmiddellijke omgeving van deze stad, evenals in Denée en in Furfooz (Groessens, 1994, 1997).

Het is natuurlijk een illusie te hopen dat men oude schriftelijke sporen van het gebruik van het marmer zal terugvinden; men moet dus zijn toevlucht nemen tot de kunstwerken die tot bij ons zijn geraakt.

Courajod (1901) geeft in zijn lezingen aan het Louvre verscheidene voorbeelden en preciseert dat sinds de 14de en 15de eeuw, de rijken en machtigen hofkapellen oprichtten, en kloosters of kanunnikencolleges stichtten, om voor hen te bidden op hun graf. De minder rijken hadden dezelfde smaak en dezelfde ideeën. Nog tijdens hun leven verzekerden ze zich van een waardig of fatsoenlijk graf in een kerk en voor de decoratie wendden ze zich tot de fabrieken van kant-en-klare grafstenen. Er waren er voor de bisschoppen, voor de priesters, voor de monniken, voor de minder belangrijke ridders. Er waren gegraveerde platen in steen, in marmer en in koper, van alle afmetingen, naar ieders gading, steenhouwers, steenbakkers, etc. Hij benadrukt ook: “l’importation d’une nature première spéciale (le marbre noir) coïncidait aussi avec la présence de nombreux artistes flamands à Paris, dans ce Paris, où je vous ai nommé plusieurs carriers et sculpteurs de la vallée de la Meuse et des vallées voisines. Avec la pierre, en effet, étaient arrivés ceux qui la convoyaient et après ceux-ci, ceux qui l’avaient déjà travaillée ou qui devaient la travailler sur place”. (De invoer van een speciale grondstof (het zwarte marmer) viel ook samen met de aanwezigheid van talrijke Vlaamse kunstenaars in Parijs, in datzelfde Parijs, waar ik u al verschillende steenhouwers en beeldhouwers uit de Maasvallei en de naburige valleien heb genoemd. Met de steen waren inderdaad ook diegenen aangekomen, die hem transporteerden, en na hen volgden diegenen die hem al hadden bewerkt of die hem ter plaatse moesten bewerken.) Wat betreft de zeldzame geschreven bronnen, moeten we vermelden dat Szmydki (1999) in de « Archives générales du Royaume » documenten heeft teruggevonden die aantonen dat onze marmers naar alle uithoeken van het continent werden uitgevoerd. Zo vroeg koning Christian IV van Denemarken een paspoort voor zijn heraut Joan de Mariembourg, opdat deze voor de koninklijke begraafplaats van Roskilde rood marmer van Ranstt (Rance) en van Charlemont (Givet), zwart marmer van Dinant (Dinant), vierhonderdduizend escaglies (leien) en « 100 piéts de pierre de Namur » (100 voet Naamse steen) zou meebrengen. Opvallend is dat de koning 30 keer meer zwart marmer van Dinant dan marmer van Namen, van mindere kwaliteit, bestelt. Szmydki ontdekte ook dat koning Sigismund III in 1619 via zijn metselaar Willem Martens dezelfde marmers bestelde voor de bouw van het koninklijk paleis van Warschau. De hoeveelheden zijn natuurlijk belangrijker, aangezien het hier gaat om vijfduizend voet Naamse blauwe steen.

Er bestaan ook voorbeelden van “bestelbons” die tot bij ons zijn geraakt. Dit is het geval van de bestelbon voor de befaamde grafmonumenten van de hertogen Filips de Stoute en Jan zonder Vrees, aan de hand waarvan we de geschiedenis kunnen doen herleven: Le 10 avril 1385. “Le duc étant à Arras, le 10 avril, envoya Jean de Manreville, son valet de chambre, à Dinant pour acheter une grande pierre et plusieurs autres petites pour faire son tombeau et luy fit donner 340 l., tant pour son voyage que pour l’achat et la voiture de ladite pierre de Dinant à Dijon”. (Op 10 april 1385, terwijl de hertog zich in Arras bevond, stuurde hij zijn kamerheer Jean de Manreville



naar Dinant om er een grote steen en verscheidene kleinere stenen voor zijn grafmonument in ontvangst te nemen en liet hij hem 340 pond overhandigen, zowel voor zijn reis als voor de ontvangst en het transport van de stenen van Dinant naar Dijon.) Deze magnifieke monumenten zijn nog altijd te bezichtigen in het museum van Dijon. Hetzelfde geldt voor het grafmonument van Karel IV en zijn echtgenote Jeanne d'Evreux (+ 1370), dat in het Louvre wordt bewaard.

Vervolgens zag men in elke kerk van enig belang mausolea of andere grafmonumenten in zwart marmer verschijnen (Figuur 19). De aard van het gebruikte materiaal verklaart dit: het zwarte marmer, versierd met een ornament in messing, in wit marmer, in albast of in witte Avendersteen, was inderdaad uiterst geschikt voor de vervaardiging van grafmonumenten. Verder gebeurde de ontginning van marmer in platen, wat bepalend was voor het gebruik ervan: de oudste en belangrijkste toepassing van dit gesteente vindt men precies in de grafzerken. Dit basiselement in de grafkunst ontwikkelde zich in de loop van de volgende eeuwen en werd soms een echt architecturaal en sculpturaal kunstwerk. Het was ook onder de vorm van een eenvoudige plaat of een zorgvuldig opgebouwd en ingelijst geheel dat het marmer van Dinant in het 16de-eeuwse Parijs werd gewaardeerd.

Ook weelderigheid van de barok vond zijn uitgelezen materialen in België: de rode en zwarte marmers waren volkomen geschikt om uitdrukking te geven aan de smart en het drama van de Spaanse adel, die in die tijd over onze provinciën heerste. De meeste Brusselse kerken werden verfraaid met gedenktekens en andere imposante monumenten. De Sint-Ursula-kapel, opgericht door de familie von Thurn und Tassis (1690) in de Onze-Lieve-Vrouw-ten-Zavelkerk, is een bezoek zeker waard.

De koren van onze oude kathedraal werden verlevendigd met prachtige altaren en de hoofdbeuk van talrijke religieuze gebouwen werd afgesloten door een doksaal waarvoor de ambachtsslui elkaar en zichzelf overtroffen. De kathedraal van Doornik werd opgeluisterd met een hoofdaltaar (1750) in grijsgeaderd wit marmer van Carrara en rode marmers in diverse schakeringen afkomstig



**Figuur 17.** Doornik, Rijselplaats (16e-17e eeuw)

uit de steengroeven in en rond Rochefort (Nys & Verheyden, 1992). Het doksaal, van de hand van de beeldhouwer Cornelis Floris de Vriendt, is een meesterwerk van de Antwerpse Renaissance, uitgevoerd in polychrome marmers – waaronder zuilen in marmer van Rance – en rijkelijk versierd met beeldhouwwerk.

Met de grote stadsontwikkeling, onder Lodewijk XIV, dook de Doornikse steen opnieuw massaal op in het stadsbeeld, en gaf aan de stad het typische karakter, dat ze zou bewaren tot aan de tweede wereldoorlog (Figuur 17). Volgens Rolland bestond de betekenis van de Doornikse steen erin, de horizontale cordonlijsten verticaal te doorsnijden, om aldus een ruitpatroon te tekenen, door middel van de vensterstijlen in de vorm van rustieke pilasters, dieperliggende voegen, muurankers, etc.

Het is pas met de invoering van het stucwerk onder Lodewijk XVI en de verspreiding hiervan tijdens het Empire-tijdperk, dat de rol van de



**Figuur 18.** Lessines Hôpital Notre-Damme de la Rose (16e-17e eeuw)

Doornikse steen als één van de beste materialen van de lokale architectuur was uitgespeeld, behalve dan voor de ondermuren.

Het portlandcement en het kalksteengruis konden hun heerschappij vestigen. De Doornikse steen verdween totaal uit het gamma beschikbare materialen. Zo moest men bijvoorbeeld een beroep doen op Petit-Granit voor de restauratiewerken van de kathedraal en op Zandsteen van de Oosterbant, een variant van Landeniaankwartsiet, om een middeleeuws aspect te geven aan het Gravensteen in Gent.

Gelukkig hebben de steengroeven die de naam dragen van Michel Lemay een twintigtal jaren geleden, op zijn initiatief, de prestigieuze traditie van de bewerking van de Doornikse steen weer opgenomen, met het oog op de restauratie van de Sint-Michielskerk in Gent en van andere monumenten, zoals de kathedraal van Brussel, waar de bevloering werd gerestaureerd.

## 7. Besluit

Sinds de eerste eeuw werd er in Doornik steen ontgonnen. De Romeinen voerden deze steen uit naar de verste uithoeken van hun Rijk om er hun vestingwerken mee op te richten, hun gebouwen te verfraaien en hun altaren, grenspalen en andere monumenten te vervaardigen.

Na een inzinking van enkele honderden jaren, dook de steenbewerking weer op, eerst in Doornik, en vervolgens ook elders. Omdat de Doornikse steen niet zo goed beantwoordde aan de eisen van de gotische kunst, verdween hij weer, om zijn eerste plaats binnen de groep van de blauwe steen af te staan aan een nieuwkomer: de Petit-Granit. De Renaissance en vooral de Barok droegen bij aan de triomf van onze zwarte en rode marmers. De Doornikse steen kon niet profiteren van deze opleving. Daarna richtten de steengroeven van Doornik zich meer op de fabricatie van cement. Een twintigtal jaren geleden, naar aanleiding van restauratiewerken, kwam er een heropleving van

de Doornikse steen, die sindsdien een nieuwe markt kon opbouwen binnen onze bouwmaterialen (Figuur 20).

### Dankwoord

Een franstalige versie werd gepubliceerd in de Revue trimestrielle de la Société Tournaisienne de Géologie, Préhistoire et Archéologie, vol X, n°7; mars 2008 (éd. Marianne Delcourt-Vlaeminck). Hij werd in het Nederlands omgezet met de hulp van K. Wuyts en herlezen door M. De Ceukelaire en M. Dusar. Ook een bijzondere dank aan M. De Ceukelaire voor meerdere foto's.



**Figuur 19. Versailles** – Cour des Marbres, gerestaureerd rond 1990 met Carrara marmer, zwart marmer van Doornik en blauwe hardsteen uit de groeven Gauthier-Winkz van Soignies. Zuilen van rood marmer van Rance geplaatst door LeVau om het kasteel van Lodewijk XIII (1631) te decoreren.



**Figuur 20. Brussel** – Administratief gebouw (circa 1980) in blauwe banken van de Lemay-groeven.

### Bibliografie

AMAND, M., 1984. L'industrie, la taille et le commerce de la pierre dans le bassin du Tournaisien à l'époque romaine. *Revue du Nord*, 260: 209-219.

ANDERSON, F. & GROESSENS, E., 1996. The Black Altars of Nehalennia. *Oudheidkundige Mededelingen uit het Rijksmuseum voor Oudheden te Leiden*, 76: 129-138.

BINTZ, J.; GROESSENS, E. & VANDENVEN, G., 1981. A propos des marbres de la Villa romaine d'Echternach. In: Metzler J., Zimmer J. & Bakker L. (ed.), *Ausgrabungen in Echternach*. Publications du Ministère des Affaires Culturelles & Ville d'Echternach (Luxembourg): 145-152.

BRAEMER, F., 1986. Répertoire des gisements de pierres ayant exporté leur production à l'Époque romaine. Collection du Comité des Travaux Historiques & Scientifiques, 2 (Grenoble): 287-328.

BRULET, R. & COULON, G., 1977. La nécropole gallo-romaine de la rue Perdue à Tournai. Publications Historiques & Archéologiques de l'Université catholique de Louvain, VII, 152 p.

CAMERMAN, Ch. & ROLLAND, P., 1944. La pierre de Tournai. Son gisement, sa structure et ses propriétés, son emploi actuel (Camerman). Son emploi dans le passé (Rolland). Mémoires de la Société belge de Géologie, Paléontologie & Hydrologie, N°1, 115p.

Centre Scientifique et Technique de la Construction (C.S.T.C.), 1996. La Pierre de Tournai. Annexe 1 de la Note d'information technique 163, 12 p.

COEN-AUBERT, M. ; GROESSENS, E. & LEGRAND, R., 1980. Les formations paléozoïques des sondages de Tournai et de Leuze. Bulletin de la Société belge de Géologie, 89: 241-275.

DE JONGHE, S.; GEHOT, H.; GENICOT, L.Fr.; WEBER, Ph. & TOURNEUR, F., 1996. Pierres à bâtir traditionnelles de la Wallonie. Manuel de terrain. Ministère de la Région Wallonne, DGRNE, Namur, 261p.

de WITRY (abbé Louis-Hyacinthe d'Everlange-Witry), 1777. Mémoire sur les Fossiles du Tournaisis, et les pétrifications en général, relativement à leur utilité pour la vie civile. Mémoires de l'Académie impériale et royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles, t.3, 1780 : 15-44.

DUBELAAR, W.; NIJLAND, T.G. & TOLBOOM, H.J., red., 2007. Utrecht in steen – historische bouwstenen in binnenstad. Matrijs, Utrecht, 192 p.

FRANSSENS, M., 2007. Le "Petit-granit" dans la basilique St Martin à Halle. Stad Halle, Restauratie St-Martinusbasiliek fase VII-VIII-IX, 298 p.

GHISLAIN, J.Cl., 1987. La cuve baptismale romane de Wauthier-Braine. Annales du Cercle d'Histoire et de Folklore de Braine-le-Château, 7: 89-106.

GHISLAIN, J.Cl., 1988. Les fragments de fonts baptismaux romans tournaisiens de Kontich et de Hove. Baukunst des Mittelalters in Europa. Ed. J. Much, Stuttgart: 693-710.

GROESSENS, E., 1981. L'industrie du marbre en Belgique. Mémoires de l'Institut géologique de l'Université de Louvain, 31: 219-253.

GROESSENS, E., 1982. Les fouilles de la Coulbrie. Campagne 1982: analyse des matériaux de fondations. Bulletin du Cercle Archéologique du Canton de Soignies, 57: 45-46.

GROESSENS, E., 1994. L'exploitation et l'emploi du marbre noir de Dinant sous l'Ancien Régime. 119e Congrès national des Sociétés Historiques et Scientifiques, Amiens: 73-87.

GROESSENS, E., 1997. Le marbre noir. In «Boiseries et marbres sculptés en Namurois». Musée des Arts du Namurois, Monographie n°13 : 67-73.

GROESSENS, E., 2005. Les Marbres de Flandre et du Hainaut à Versailles. In: Marbres des Rois, Splendeurs des pierres ornementales, XVIIe et XVIIIe siècle, Versailles, 2003. Les Echos de la Société d'Histoire régionale de Rance, 356: 6-23.

GROESSENS, E., 2008. Exemples d'extraction et d'approvisionnement des chantiers en Belgique aux époques antique et médiévales. Actes de Colloque «Pierres du patrimoine européen; économie de la pierre de l'Antiquité à la fin du XVIIIe siècle en Europe», Château-Thierry 2005. Collection du Comité des Travaux historiques et scientifiques: 275-283.

GROESSENS, E., 2008, La pierre de Tournai, un matériau de choix depuis le période Romaine et un des fleurons parmi les autres marbres belges. Revue trimestrielle de la Société tournaisienne de Géologie, Préhistoire et Archéologie, Vol. X n°7 : 197-216.

GROESSENS, E. & BRODKOM, F., 1998. La Pierre de Tournai. Dossier Lumière des Cathédrales. Revue «Louvain», 94: 28-30.

KRIER, J. & REINERT, F., 1995. Homère et les neuf muses de Vichten. Dossiers de l'Archéologie, 5 : 71-73.

LARANGE, F.; GEROME, J-P.; GROESSENS, E. & HIBO, D., 1998. Révision biostratigraphique du calcaire de Tournai. Annales de la Société Géologique du Nord, t. 6, 2e série : 87-94.

LERICHE, M., 1927. La pierre d'Avesnes ("Avendersteen") dans les anciens monuments de la Belgique. Bulletin de la Société belge de Géologie, 37: 65- 71.

MAESSCHALCK, A. & VIAENE, J., 1996. Le maître des ouvrages, Mathieu de Layens et l'ancien comté du Hainaut. Actes du X<sup>e</sup> Colloque International de Glyptographie du Mont-Sainte-Odile (France) du 4 au 9 juillet 1996. Centre International de Recherches Glyptographiques: 309-370.

MARTIN, J., 1969. La villa Romaine de Basse-Wavre. Wavrensia, XVIII, n°5: 145-146.

MORTELMANS, G., 1969. L'étage Tournaisien dans sa localité-type. Comptes-rendus du 6<sup>e</sup> Congrès international de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, Sheffield, 1967, Vol.1: 19-44.

MORTELMANS, G., 1973. Evolution paléoécologique et sédimentologique du Calcaire de Tournai: quelques lignes directrices. Bulletin de la Société belge de Géologie, 82: 141-180.

NYS, L., 1992. Les carrières de Tournai au XIIIe, XIVE et XVe siècle. 117e Congrès national des Sociétés historiques et scientifiques, Clermont-Ferrand: 183-192.

NYS, L., 1993. La Pierre de Tournai, son exploitation et son usage aux XIIIe, XIVE et XVe siècle. Art et Histoire, Louvain-la-Neuve, 8, 411 p.

NYS, L. & VERHEYDEN, O., 1992. A la convergence des industries d'Art montoise, tournaisienne et dinantaise : la maître-autel de la cathédrale Notre-Dame de Tournai (1725-1727). Mémoires de la Société royale d'Histoire et d'Archéologie de Tournai, t.VII : 69-137.

PETITJEAN, M., 1994. La Cour-le-Roi et la place du marché des Carolingiens à nos jours (Compiègne). Musée Antoine Vivenel, Compiègne, 61 p.

SALAMAGNE, A., 1990. L'approvisionnement et la mise en oeuvre de la pierre sur les chantiers du sud des anciens Pays-Bas méridionaux (1350-1550). 115ème Congrès national des Sociétés historiques et scientifiques, Avignon: 79-91.

STAINIER, X., 1905. Les Marbres rencontrés dans la Villa Belgo-Romaine de Basse Wavre. *Annales de la Société d'Archéologie de Bruxelles*, 19: 324-326.

STORY, J.; BUNBURY, J.; FELICI, A.C.; FRONTEROTTA, G.; PIACENTINI, M.; NICOLAIS, C.; SCACCIATELLI, D.; SCIUTI, S. & VENDITTELLI, M., 2005. Charlemagne's Black Marble: the origin of the epitaph of pope Hadrian I. *Papers of the British School at Rome*, vol. LXXIII: 157-190.

SZMYDKI, R., 1999. Netherlandic stone- masons engaged by Sigismundus III (in the first quarter of the 17th Century). *Kronika Zamkowa, The Castle Chronicle, Warsaw*, 2: 38p.

SZMYDKI, R., 2000. Spanish - Netherlandish marbles in the Royal Castle of Warsaw during the reign of Sigismund III. *Kronika Zamkowa, Arx Regia, Warsaw*, 20: 5- 17.

TOURNEUR, F., 1999. Le travail de la pierre. *Mosa Nostra, La Meuse mérovingienne, de Verdun à Maastricht (Ve-VIIIe siècles). Les Cahiers du Patrimoine, Namur*, 28: 56-57.

TOURNEUR, F., 1999. La diffusion de la pierre le long de la Meuse au Haut Moyen Age. In : *Commerce et économie le long des voies d'eau à l'époque mérovingienne. Mosa Nostra, Bulletin de Liaison n°23*: 51-54.

TOURNEUR, F. 2004. Pierres mérovingiennes en Wallonie et flux mosans. *Archéologie (Etudes et Documents, Division du Patrimoine)*, 10: 287-299.

WYSS, M.; BLANC, A. & GROESSENS, E., 2008. Témoignages de l'importation du Calcaire de Tournai à Saint-Denis. Actes de Colloque «Pierres du patrimoine européen; économie de la pierre de l'Antiquité à la fin du XVIIIe siècle en Europe», Château-Thierry 2005. *Collection du Comité des Travaux historiques et scientifiques*: 81-87.

## AVENDERSTEEN

Hendrik TOLBOOM<sup>1</sup>, Michiel DUSAR<sup>2</sup>, Wim DUBELAAR<sup>3</sup>, Roland DREESEN<sup>4</sup>, Jan ELSSEN<sup>5</sup>, Eric GROESSENS<sup>2</sup>, Carolien VAN DER STAR<sup>6</sup>

1. Rijksdienst voor Archeologie, Cultuurlandschap en Monumenten, *h.tolboom@racm.nl*
2. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen – Belgische Geologische Dienst *michiel.dusar@natuurwetenschappen.be*, *eric.groessens@sciencesnaturelles.be*
3. Deltares Utrecht, *wim.dubelaar@tno.nl*
4. Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, *roland.dreesen@vito.be*
5. Katholieke Universiteit Leuven, Departement Aard- en Omgevingswetenschappen, *jan.elsen@ees.kuleuven.be*
6. Artesis Hogeschool Antwerpen, Koninklijke Academie voor Schone Kunsten Antwerpen, Opleiding Conservatie / Restauratie, *carolina.vanderstar@artesis.be*

(30 figuren)

**Summary.** Avesnes stone ('Avendersteen'). A peculiar type of historical building stone, originating from the north of France but initially part of the Low Countries, is highlighted: what kind of material it is, where it is coming from, where it has been used and what we can do to preserve these examples. There exist few documents on the use of Avesnes Stone in the Low Countries. For a long time in the Netherlands the stone was not recognized at all. There wasn't even a clear name for this material and up till now no definition. After research it became evident that this type of stone was a very important natural building material, especially for sculptures, and that it has been used for a long time, in spite of the fact that it hardly withstands our climate. From the past, different treatments are known to protect the stone against weathering and research is still going on how to conserve cultural heritage made of Avesnes stone. Material investigation and registering examples of its use are of common interest to geologists, conservation workers and art historians. The characteristics of the stone have their influence on the object which is made out of it. Valuation and conservation is impossible without being familiar with these characteristics.

**Keywords:** Avesnes stone, Lézennes stone, Cretaceous chalk, underground quarry, sculpture, conservation.

**Résumé:** La Pierre d'Avesnes. La composition, l'origine, l'utilisation et les possibilités de restauration de la pierre d'Avesnes (Avendersteen) étaient généralement inconnues et le nom pratiquement tombé dans l'oubli ou souvent utilisé sans fondements. Pourtant, cette pierre crayeuse originaire du Hainaut – Artois (pierre d'Avesnes sensu stricto) et de la Flandre française (Pierre de Lézennes) a été largement utilisée en Belgique et aux Pays-Bas. Il s'avère que la pierre d'Avesnes, incorporant également la pierre de Lézennes d'âge et de composition similaire, a été utilisée surtout pour la sculpture et ceci pendant plusieurs siècles. Cette utilisation s'éteignit au 19<sup>ième</sup> siècle quand les problèmes de durabilité étaient devenu trop évident. Plusieurs traitements ont été appliqués pour protéger cette pierre contre les intempéries. Leur étude est en cours afin de garantir au mieux la conservation du patrimoine culturel sculpté dans cette pierre. Cette étude placée dans son contexte géologique est destinée aux géologues, aux professionnels de la conservation et aux historiens d'art. Les caractéristiques géologiques limitent le format et les formes de la sculpture façonnée dans ce matériau. La conservation et la réintégration des sculptures restaurées dans leur cadre original ou un cadre muséologique ne sont pas réalisables sans bonne connaissance de ces caractéristiques géologiques.

**Mots-clés:** pierre d'Avesnes, pierre de Lézennes, Crétacé, craie, carrière souterraine, sculpture, conservation.

## 1. Inleiding

Onder de Avendersteen wordt een aantal witte, fijnkorrelige natuursteensoorten begrepen uit het Krijt van Noord-Frankrijk. De steen werd ontgonnen gedurende een periode van ongeveer 500 jaar, van ca 1400 tot 1900. Naast de minder frequent voorkomende toepassing als gevelbekleding en paramentsteen, hoofdzakelijk in de onmiddellijke nabijheid van het ontginningsgebied, is Avendersteen vooral gebruikt voor beeldhouwwerk. Er is dan ook nog een relatief groot aantal voorbeelden van de toepassing van deze steen aan te treffen in sculpturaalwerk in het noorden van Frankrijk, in België en in Nederland.

Doordat het materiaal al meer dan een eeuw niet meer als bouwsteen wordt ontgonnen, is ook de kennis van deze natuursteen op de achtergrond geraakt. In het overzicht van de belangrijkste natuursteensoorten in Nederlandse monumenten (Slinger et al. 1980) wordt de steen zelfs niet expliciet meer genoemd. In België is na de publikatie van Leriche uit 1927 recentelijk in de Kluwer serie van natuursteenfiches een uitgebreid artikel over de kenmerken van de Avendersteen verschenen (Dusar et al. 2008).

Vanuit de conserveringssector en de restauratie in België en Nederland bestaat een grote, en groeiende interesse om meer te weten te komen over de specifieke eigenschappen van het materiaal, het verweringsgedrag en de mogelijkheden ter conservering van de Avendersteen. In dit artikel presenteren wij, naast de geologische geschiedenis van het gesteente, een overzicht van de huidige kennis aangaande bovengenoemde aspecten. Tevens wordt een aanzet gegeven tot een overzicht van enkele belangrijke toepassingen van de Avendersteen in onze monumenten.

## 2. Herkomstgebieden en naamgeving

De benaming Avendersteen (Leriche 1927) is een typisch Vlaamse naam die in Franse vertaling (Pierre d'Avesnes) niet op gelijkaardige wijze wordt gebruikt. De naam Avendersteen wordt zonder onderscheid gebruikt voor alle krijtachtige steensoorten die uit het noorden van Frankrijk (dat deel dat vroeger tot de zuidelijke Nederlanden behoorde) afkomstig zijn (Fig. 1). Het gaat hier wel om steensoorten die onderlinge verschillen kunnen vertonen, uit te onderscheiden regio's afkomstig zijn en die uit verschillende geologische tijdperken dateren. De Avendersteen *sensu stricto* is afkomstig uit het Scheldebekken (Hainaut – Cambrésis - Artois) en werd ondergronds gewonnen bij de plaats Avesnes-le-Sec. De steen stamt uit dezelfde geologische laag als de steen van Valenciennes, Hordain of Cambrai (Kamerijk).

De steen van Lézennes, ook wel bekend als de steen van Loos, is afkomstig uit de omgeving van Rijsel (Lille) in het Leie-Deule-bekken (Flandre). Loos en Lézennes zijn thans opgenomen in de stedelijke agglomeratie van Lille.

Over deze zogenoemde 'Vlaamse' Avendersteen, of steen van Lézennes, is weinig bekend. Visuele verschillen tussen beide steensoorten zijn niet groot (Fig. 2-3). De steen van Lézennes is witter en bevat een iets hoger gehalte aan krijtkalk; de Avendersteen uit het Scheldebekken bevat naast het dominerende calciumcarbonaat ook korrels van glauconiet, detritische kwarts en ook partikels en knollen van calciumfosfaat.

Tot nader orde wordt de benaming Avendersteen voor beide steensoorten gebruikt. De lezer weze dus gewaarschuwd dat Avendersteen nu eens op alle krijtstenen betrekking kan hebben, dan weer op de Turoonkrijtstenen of de krijtlagen gewonnen langs de Schelde of ten slotte als herkomstbenaming voor exploitaties binnen de gemeente Avesnes-le-Sec wordt gebruikt.

In de 19de eeuw is een naamsverwarring ontstaan door omwisseling tussen de stad Avesnes-sur-Helpe in het Franse deel van Henegouwen en het vergeten dorp Avesnes-le-Sec in het Schelde-bekken. Om de verwarring compleet te maken: de blauwgrijze Carbonische kalksteen



uit de omgeving van Avesnes-sur-Helpe wordt ook wel steen van Avesnes genoemd (Tolboom & Dubelaar 2009). De naam Avesnessteen is dus te mijden.



**Figuur 1.** Overzicht van de staatkundige toestand van de Nederlanden in de 16e eeuw (de Zeventien Provinciën) met ligging van de voorkomens van de Steen van Lézennes en de Steen van Avesnes-le-Sec. Gewijzigd naar Luyks, T., 1954, Cultuurhistorische Atlas van België. Elsevier.



**Figuur 2 en 3.** Romaanse toren en detail parentment van de Sint-Mildredakerk te Izenberge. Avendersteen oorspronkelijk massief gebruikt voor de Romaanse klokkentoren. De toren werd in 1949 kort na de tweede wereldoorlog volledig afgebroken en met de oorspronkelijke stenen als buitenparentment tegen een binnenparentment in gele baksteen heropgebouwd. Deze Romaanse toren werd bij Koninklijk Besluit beschermd in 1938 en behoort tot de oudst gekende toepassingen van krijtsteen in de Zuidelijke Nederlanden. Foto's Jan Elsen.

### 3. Geologie

#### 3.1. Stratigrafie

Alle Avenderstenen komen uit het Boven Krijt. De 'Artesische' Avendersteen (Avendersteen *sensu stricto*) is van Boven Turoon ouderdom (ca 90 miljoen jaar) en vormt de krijtachtige top van een mergelige afzetting. De 'Vlaamse' Avendersteen (steen van Lézennes) is van Coniacien ouderdom (ca 87 miljoen jaar) en vormt de compacte en glauconiethoudende basis van een dik pakket brokkelig wit 'Senoonkrijt'. Om het wat complexer te maken werd in de 'Artesische' exploitaties van Avendersteen ook de basislaag van het Coniacien ontgonnen, die gekenmerkt wordt door een groter aandeel glauconiet. Wanneer hierna over ontginningen van Turoon krijtlagen wordt gesproken moet men daarbij gebeurlijk ook de basislaag van het Coniacien rekenen.

Turoon en Coniacien zijn opeenvolgende geologische tijdperken, maar de afzettingen uit beide tijdperken worden gescheiden door een belangrijke tektonische opheffing tot in continentaal milieu, totdat door zeespiegelstijging het mariene milieu weer de bovenhand kreeg.

De als bouwsteen ontgonnen lagen Avendersteen behoren dus tot twee verschillende fasen in de aardgeschiedenis maar vertonen een grote convergentie in gesteentesamenstelling, waardoor niet geheel toevallig in de veel dikkere gesteenteopvolging een laagpakket met vergelijkbare eigenschappen voorkwam.

De ontgonnen Turoon en Coniacien krijtlagen zijn geografisch gescheiden. De 'Artesische' Avendersteen is een onderdeel van de uitgestrekte krijtafzettingen, van Normandië tot de Champagne langs de noordrand van het Bekken van Parijs. De 'Vlaamse' Avendersteen dankt zijn voorkomen aan de opwelling van de Mélantois, een oost-west gerichte anticlinale structuur tussen Doornik en Rijsel die de zuidelijke afgrenzing vormt voor het 'Belgische' of zuidelijke Noordzeebekken.

De krijtpakketten bestaan uit een cyclische opeenvolging van vaag afgelijnde decimetersdikke banken. De Limburgse krijtstenen (Maastrichter steen of 'mergel', Kunrader kalksteen) zijn veel

jonger dan de Avendersteen (ca 67 miljoen jaar) en dateren uit het Maastrichtien. Limburgse en Haspengouwse steensoorten met gelijkaardige kenmerken zijn de 'bakovensteen' afkomstig uit het Gulpens Krijt en het fosfaatkrijt van Laat-Campanien ouderdom.

Tijdsequivalenten uit het bekken van Bergen (Mons) zijn de niet als bouwsteen ontgonnen 'craie à silex cornus' of Haine-Saint-Paul en Hautrage-à-silex of Esplechin Formaties voor de 'Artesische' Avendersteen, en het groene krijt van de Maisières Formatie voor de 'Vlaamse' Avendersteen (eveneens voor de toplaag van de 'Artesisch' Avendersteen) (Robaszynski et al., 2001). Anderzijds is het veel jongere en meer geelgekleurd fosfaathoudend krijt van Ciply-Malogne van Maastrichtien ouderdom als zeer lokale bouwsteen gebruikt in het overgangsgebied tussen de stad Bergen en de Borinage.

### 3.2. Afzettingsgeschiedenis

Krijtlagen zijn soms honderden meters dik en komen over grote delen van Europa en Noord-Amerika voor. Overal in België en Nederland werden Krijtlagen afgezet, maar in de Ardennen zijn ze door oplossing en erosie verdwenen en in Vlaanderen en Nederland (met uitzondering van het gebied in het zuiden van Limburg) worden ze door jongere lagen afgedekt.

Het Krijttijdperk (145 tot 65 miljoen jaar oud) kenmerkt een periode met sterke spreiding van de continenten en daaraan gekoppelde hoge zeewaterstanden (veel ondiepe zeeën) en hoge temperaturen (broeikaseneffect). Kalkwierproductie wordt in dergelijke omstandigheden opgedreven omdat hierdoor overvloedige hoeveelheden van het broeikasgas CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer worden verwijderd en geneutraliseerd door carbonaatvorming.

Krijt is een typevoorbeeld van een zuiver kalkgesteente dat vrijwel volledig bestaat uit ontelbare aantallen kalkplaatjes van marien plankton, in het water zwevende eencellige wieren of coccolieten. De coccolieten bouwen bolvormige schaaltes op die aan het gesteente een hoge microporositeit verlenen. Hierdoor is het gesteente ook sterk hygroscopisch en plakt daarom ook aan de tong. Krijtlagen ontstaan door accumulatie van bezinkende kalkplaatjes na iedere jaarlijkse algenbloei. De lagen zijn afgezet in een zee die minstens enkele tientallen meters diep was, met een zeebodem onder de golfbasis, zodat er geen duidelijk gescheiden sedimentlagen werden gevormd. De zeebodem was nog zuurstofhoudend en werd doorwoeld door gravende en kruipende organismen (bioturbatie). Op de zeebodem en in de waterkolom leefden nog andere diergroepen (zoals weekdieren en vissen) waarvan de fossielresten ook in de Avendersteen terug te vinden zijn. Glauconiet werd gevormd langs de binnenkant van bolle kalkschaaltes in de door rottende organismen zuurstofarme zeebodem, waardoor een typisch ronde tot niervormige korrelvorm ontstond. In het sediment werden nadien de glauconietkorrels geconcentreerd in de graafgangen, een zeer kenmerkend fenomeen van de Avendersteen.

### 3.3. Visuele kenmerken

Avendersteen bestaat uit fijnkorrelig grijswit krijt, dikwijls met zwak afgetekende lichtgrijze vlekken (bioturbaties), doorspikkeld met fijne groene tot zwarte korrels (ca 0,1 mm groot) die meestal vlekvormig verdeeld aanwezig zijn. Fijne fossielresten komen regelmatig voor. Met de hand lens of loep zijn de donkergroene tot zwarte glauconietkorrels en de bruine fosfaatkorreltes meestal goed zichtbaar en hierdoor kan de steen van gewoon pleister onderscheiden worden.

De kleur wordt meer geel wanneer er bruine fosfaatkorrels in voorkomen. Bij buitengebruik wordt de steen licht geelachtig, onder invloed van historische behandelingen. Oranjebruine roestvlekken zijn in feite oxidatiesporen van pyrietinsluitels en mogen niet verward worden met een roestkleurige sluier die op sommige stenen is nagelaten door vroegere behandlungsproducten. De Avendersteen is meestal licht vettig waardoor raspen en schaven snel verstopt kunnen raken. Het harde onverweerde krijt breekt volgens een onregelmatig, fijnkorrelig breukvlak, dat echter bij bewerking een gladde textuur kan krijgen door het pletten en verdichten van de buitenste krijtkorrelaag.

In vergelijking met de klassieke Vlaamse witstenen uit het Eoceen, zoals de steen van Gobertange en de Ledesteen, is Avendersteen fijnkorreliger, zachter en van zuiverder kalksamenstelling. De steen is echter vele malen makkelijker te bewerken dan genoemde andere stenen en het beeldhouwwerk kan veel fijner zijn in detail. Het bioturbatiepatroon (lichtgrijze ronde tot ovale vlekken) is soms enigszins vergelijkbaar met dat van de Gobertangesteent. Het patina van de Gobertangesteent is evenwel witter en de witte mergelige laminaties, in de vorm van fijne parallelle uitgeëtste lijntjes (houtnerftextuur) zijn karakteristiek voor deze kalksteen. De Zuid-Limburgse Kunradersteen (NL) vertoont ook bioturbaties maar de patina is geler en de steen bevat regelmatig oxidatievlekken.

De Limburgse mergelsteen of Maastrichtersteen is weliswaar ook een steen van Krijtouderdome, maar is doorgaans geler, korreliger en grof poreus. De fijnste kwaliteiten, heerd en Roosburgblok laten zich nochtans goed bewerken voor sculpturale toepassingen. Avendersteen is dan ook in Limburg niet doorgedrongen.

Een betere vergelijking is mogelijk met de bakovensteen en het fosfaatkrijt uit de Zuid-Limburgse krijtlagen of met de krijtsteen van Ciply-Malogne in het bekken van Bergen (Mons). Deze Belgische krijtstenen zijn slechts op beperkte wijze en zeer lokaal gebruikt, vermoedelijk door concurrentie met beter gewaardeerde bouwstenen uit dezelfde regio's (Dusar & Dreesen 2007).

In het zuidwestelijk aansluitend gebied van Picardië en Normandië komen meer ondergrondse, steevast verlaten krijtgroeven voor, waar vergelijkbare krijtstenen werden gedolven als bouwsteen. Deze stenen zijn vaak witter door het lager glauconietgehalte en zijn soms licht verkiezeld.

Avendersteen was kwalitatief alleen ondergeschikt aan albast, een fijnkristallijne gips-steen, die in het hoogtij van het gebruik van Avendersteen vooral uit Engeland (Nottingham) werd aangevoerd en voor het fijnste, niet dragende beeldhouwwerk werd gebruikt. Het Engelse albast is zeer glad van oppervlak, doorschijnend, kleurloos tot wit met aders van lila of een beigebruine tot donkerbruine bijkleuring (Firman 1984. Dubelaar 1998). Albast kan alleen voor binnenbeelden worden gebruikt, daarom werd Avendersteen relatief snel populair: een steen voor gedetailleerd beeldhouwwerk in buitensituaties.

Door de onbekendheid met het materiaal is de Avendersteen in Nederland in het verleden wel verward met de kalkzandsteen van de Baumberge, uit het Krijtbekken van Münster. Geologische ontstaanswijze en uiterlijke kenmerken verschillen zodanig dat een geoefend oog de Avendersteen wel van de Baumberger weet te onderscheiden (Nijland et al.2007. Tolboom & Dubelaar 2009). Wat vooral ontbreekt bij de Baumberger zijn de bioturbaties en op het breukvlak zijn duidelijk glinsteringen waarneembaar van de kwartskorrels in de steen; het breukvlak voelt ook scherper aan. Verder heeft de steen echter een vergelijkbare kleur, tekening en zelfs verweringskleur.

### 3.4. *Microscopisch onderzoek*

#### 3.4.1. Avendersteen sensu stricto

Avendersteen sensu stricto (Fig. 4-5) is opgebouwd uit een zeer fijnkorrelige, poreuze carbonaatmatrix (fijnkorrelig calciet of calciumcarbonaat, ook micriet of microspariet genoemd, met een gemiddelde korrelgrootte kleiner dan 10 micrometer) waarin zeer talrijke microfossielen voorkomen. De micrietmassa heeft een hoge capillaire porositeit, hetgeen kan worden aangetoond door de sterke impregnatie ervan met fluorescerend hars. De waargenomen microfossielen behoren hoofdzakelijk tot de groep van foraminiferen, eencellige mariene organismen met een geperforeerd kalkschaaltje. De foraminiferen bouwen huisjes van calciumcarbonaat die bestaan uit verschillende holle kamertjes (meerkamerige of z.g. pluriloculaire foraminiferen). Hun diameter varieert van 10 tot 120 micron. Vermits deze holle kalkhuisjes een zeer belangrijk onderdeel zijn van het materiaal, leveren zij dan ook een belangrijke bijdrage tot de macroporositeit (hier als

intragranulaire porositeit identificeerbaar) en het hieruit voortvloeiende hygroscopische karakter van de steen.

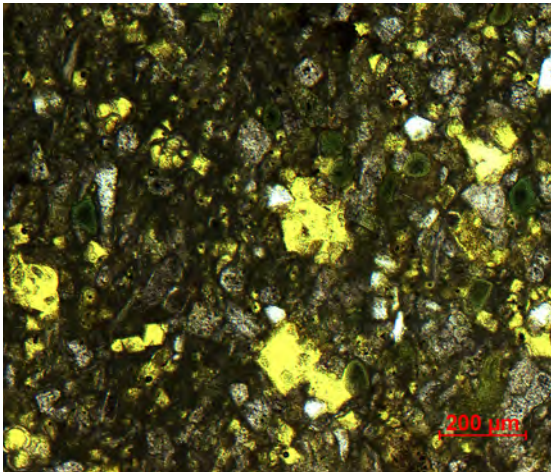
Petrografisch kan het gesteente als een zeer fijnkorrelige bioklastische wackestone geklasseerd worden. Lokaal, bijvoorbeeld in bioturbaties of in coprolietische clusters (concentraties van uitwerpselen), worden packstone- tot grainstone-achtige texturen waargenomen. Deze zijn opgebouwd uit bioklasten, glauconiet en detrietische kwartskorrels. Dit detrietisch kwarts komt algemeen verspreid voor in de kalksteenmatrix als hoekige korreltjes van silt en fijn zand.

Behalve foraminiferen zijn ook nog andere resten van organismen met kalkschaal herkenbaar: talrijke kleine fragmenten (zogenoemde bioklasten) van stekelhuidigen (zee-egels of zeelelies), fragmenten van zeer dunne schelpen, inoceramiden (dikschalige schelpen), schelpkreeftjes (ostracoden) en sponsnaalden. De biologische oorsprong van de meeste organogene fragmenten is echter moeilijk te achterhalen. De onderlinge verhouding van de bioklasten kan sterk verschillen van bank tot bank.

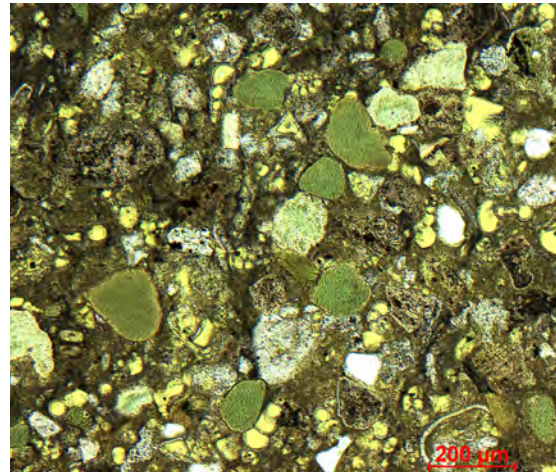
De aard van deze microfossielen, zoals bepaalde specifieke soorten van foraminiferen, (o.a. Globotruncana) laat reeds toe het gesteente te identificeren als een kalkig afzettingsgesteente van vermoedelijke Turoon (Krijt) ouderdom.

Naast het dominerende calciumcarbonaat (matrix en microfossielen) is er in de matrix ook een niet onbelangrijk percentage aan korrels aanwezig, met een andere chemische samenstelling, voornamelijk glauconiet en in mindere mate calciumfosfaat.

Glauconiet is een complex ijzerrijk mineraal behorende tot de phyllosilicaten, in de vorm van matgroene korrels van de zandfractie, die enkel in zee (mariene milieus) gevormd worden. Bij oxidatie wordt het een bron voor limoniet en andere ijzer(hydr)oxiden (roest). Glauconietkorrels komen verspreid of geconcentreerd voor in de kalkmatrix: het zijn steeds goed afgeronde,



**Figuur 4.** Microscopische opname van een met fluorescerend hars geïmpregneerd slijpplaatje in doorvallend licht. Poreuze kalksteen met bioklastische wackestone/packstone textuur, met nauwelijks herkenbaar fijn fossilgruis (o.a. kleine foraminiferen, prismatische doorsneden van gefragmenteerde schelpen van grote pelecypoden), groene glauconietkorrels, hoekige zandkorrels (wit, transparant) en een opvallende secundaire porositeit (geaccentueerd door geel hars). Deze laatste wordt veroorzaakt door oplossing van de prismatische fragmenten van bioklasten. Monster uit Avesnes-le Sec Foto Roland Dreesen.



**Figuur 5.** Microscopische opname van een met fluorescerend hars geïmpregneerd slijpplaatje in doorvallend licht. Poreuze bioklastische kalksteen met wackestone/packstone textuur. Opvallend zijn de grote glauconietkorrels. Bij de bioklasten zijn de grote glauconietkorrels het opvallendst. Lokaal zijn bruine fosfaatkorrels herkenbaar. Hoekige witte korrels zijn zandkorrels (silt tot fijn zand). Opake korrels (zwart) zijn ijzerrijke sulfiden. Primaire intragranulaire porositeit is opvallend (holle foraminiferen) maar ook de secundaire porositeit is belangrijk door oplossing van bioklasten. Fragment van kraagsteen van het stadhuis te Leuven. Foto Roland Dreesen.

eivormige of gelobde, licht verweerde, soms licht geoxideerde, korrels met een diameter die varieert van 40 tot 600 micrometer, al naar gelang de steenbank. Sommige glauconietkorrels zijn gedeeltelijk tot volledig verkiezeld. Andere korrels vertonen bovendien een zeer dunne korst of film van calciet (een z.g. “superficial ooid”). Deze kunnen bij verwerking, door blootstelling aan vochtige lucht, gaan oxideren en gele tot bruine verkleuringen van de witte krijtmassa met zich meebrengen.

Opake mineralen, zoals sulfiden, komen algemeen en verspreid voor als zeer fijne korreltjes en als onregelmatige clusters in de kalksteenmatrix en in bioklasten als opvulling van intragranulaire holten, bijvoorbeeld de kamertjes van foraminiferen.

Calciumfosfaat komt verspreid voor als volledig afgeronde korrels of als zeer onregelmatige hoekige gesteentefragmenten. In het eerste geval betreft het gerolde visbeentjes of vischubben, met een karakteristieke zeefstructuur (beenweefsel). In het andere geval betreft het fragmenten van versteningen, dit wil zeggen met fosfaat doordrongen en hierdoor verhard krijtgesteente waarin kleinere glauconietkorrels en foraminiferen opgesloten zijn. De grootte van de waargenomen fosfaatkorrels in het microscopisch preparaat, varieert van 50 tot 750 micrometer.

De porositeit van het gesteente wordt toegewezen aan drie fenomenen: enerzijds de (intergranulaire) capillaire porositeit van de micrietmassa, anderzijds de intragranulaire porositeit van de kalkige microfossielen, en tenslotte een secundaire porositeit (beperkt) ontstaan door oplossing van calciumcarbonaat. Lokaal worden inderdaad grotere holten geobserveerd, die verband houden met het mogelijk oplossen van calciumcarbonaat-cement (microspariet) en/of van bepaalde bioklasten. In het bijzonder geldt dit de prismatische tot rhomboëdrische fragmenten van weekdieren zoals dikschalige tweekleppigen (inoceramiden). Anderzijds werden ook verdichtingen van de poreuze structuur waargenomen door de aanwezigheid van calcietcement, vooral in de buurt van concentraties van fragmenten (bioklasten) van stekelhuidigen.

Met behulp van automatische beeldanalyse van de matrix werd de macroporositeit, dit is de microscopisch zichtbare porositeit, kwantitatief gemeten: deze bedraagt hier gemiddeld 5,8 %. Deze kan ook nog hoger worden in de zones met belangrijke secundaire porositeit. De totale porositeit is echter nog veel hoger door de bijdrage van de capillaire porositeit; door het gebrek aan metingen zijn van de capillaire porositeit geen waarden bekend.

### 3.4.2. Steen van Lézennes

De steen van Lézennes is opgebouwd uit een zeer fijnkorrelige, poreuze carbonaatmatrix waarin talrijke microfossielen voorkomen. Het is een zeer zuiver kalkgesteente, sporadisch komen er glauconiet en kwartskorrels voor. Petrografisch kan het gesteente als een zeer fijnkorrelige, bioklastische wackestone-packstone geklasseerd worden (Fig. 6-7).

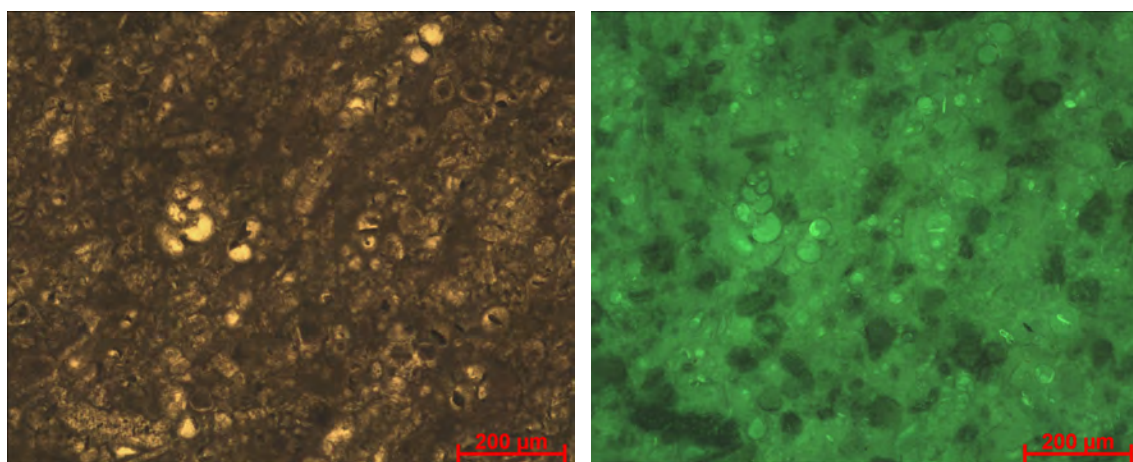
Als bioklasten zijn foraminiferen dominant aanwezig samen met wat schelpen van bivalven en kleine dunne schelpjes, typisch voor ostracoden. Verder worden sporadisch kleine crinoïde- en koraalfragmenten en enkele ammonietschelpen waargenomen.

De micrietmassa heeft een hoge micro-porositeit die zichtbaar wordt onder fluorescerende belichting met de optische microscoop. Verder wordt ook een intragranulaire porositeit van de kalkige microfossielen waargenomen (moldic porosity) en kleine rechthoekige tot ruitvormige holtes die kunnen wijzen op mogelijk oplossen van de oorspronkelijk aanwezige carbonaatcementen en/of van bepaalde bioklasten (prismatische fragmenten van dikschalige schelpen zoals Inoceramus).

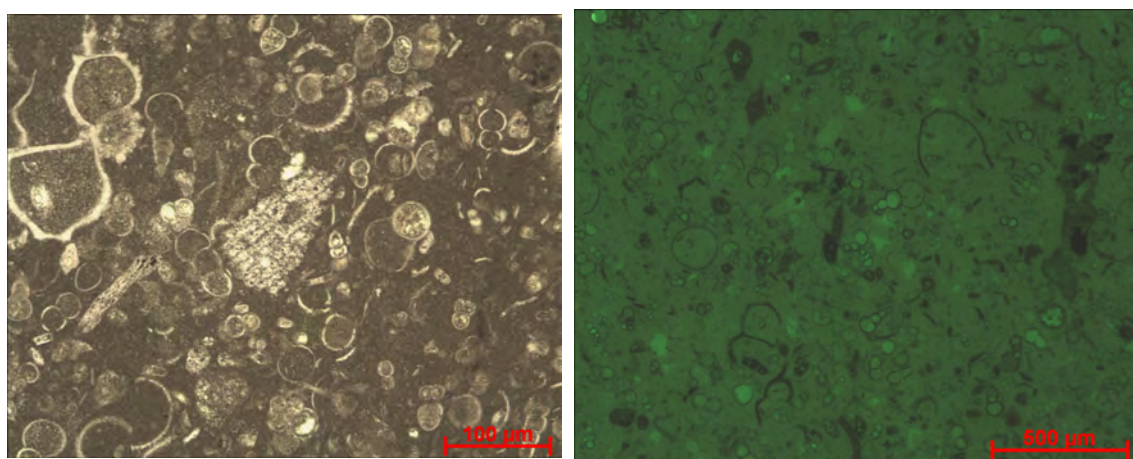
#### 4. Winning

De band tussen de Vlaamse naam ‘Avendersteen’ en zijn geografische oorsprong, de plaats Avesnes-le-Sec (dus niet de stad Avesnes-sur-Helpe in het Franse deel van Henegouwen), is lange tijd in het ongewisse gebleven. Historisch onderzoek van transacties voor levering en plaatsing van de steen in historische monumenten, o.a. het stadhuis van Leuven heeft in de 20ste eeuw geleid tot eenduidige identificatie (Maesschalck & Viaene, 1979, 1997; Maesschalck et al., 1998). Daarmee is het herkomstprobleem echter verre van opgelost. Talrijke ondergrondse groeven voor bouwsteenwinning zijn eeuwenlang in gebruik geweest in de krijtlagen van de Regio Nord – Pas-de-Calais (oorspronkelijk Flandre-Artois en Hainaut) (Bivert, 1988, 1999).

De winning was ondergronds en gebeurde onder de verantwoordelijkheid van de grondeigenaar. Behoudens enkele hellende gangen langs de Scheldevlakte werd de afzetting bereikt door een



**Figuur 6.** Microscopische opname van een slijpplaatje gemaakt uit de bouwsteen van de toren van de Sint-Mildredakerk te Izenberge (Steen van Lézennes), genomen met gewoon licht en parallelle polars (foto 6A) en met fluorescerende belichting (foto 6B). Op foto 6A bemerken we de zeer fijnkorrelige carbonaatmatrix met talrijke microfossielen, voornamelijk foraminiferen. De micrietmassa heeft een hoge micro-porositeit die zichtbaar wordt onder fluorescerende belichting (foto 6B). Foto's Jan Elsen.



**Figuur 7.** Microscopische opname van een slijpplaatje gemaakt uit de bouwsteen van de kerk van Lézennes (Steen van Lézennes), genomen met gewoon licht en parallelle polars (foto 7A) en met fluorescerende belichting (foto 7B). Op foto 7A bemerken we een fijnkorrelige carbonaatmatrix met talrijke microfossielen, voornamelijk foraminiferen. De micrietmassa heeft een hoge micro-porositeit die zichtbaar wordt onder fluorescerende belichting (foto 7B). Foto's Jan Elsen.

verticale schacht te graven door de afdekkende leemlaag, gebeurlijk ook door de Landeniaanse klei of tuffeau, tot een diepte van 12-15 m onder de oppervlakte, naargelang de dikte van de krijtlaag en de stand van het grondwater (Fig. 8). Afdekkende loess en klei waren belangrijk om de onderliggende krijtlagen te beschermen tegen aantasting door zuur percolatiewater en tegen epikarst (wat als gevolg zou hebben dat de kalksteen gedeeltelijk in oplossing gaat en dat het bovenvlak door depressies, dolines, wordt vervormd en dat een regelmatige winning van steen met constante kwaliteit wordt geschaad).

In de omgeving van Rijsel werd de schacht dan verbreed in de krijtlaag. Zo ontstond een flesvormige holte, catiche genaamd. De gewonnen stenen werden van hieruit naar boven getakeld. Bij grootschalige exploitaties werd een regelmatig patroon van catiches aangelegd. De catiches waren verbonden door horizontale galerijen in de te winnen krijtlaag. Na uitputting van de lokale krijtlaag – door het bereiken van de eigendomsgrenzen of een redelijk werkafstand t.o.v. de centrale schacht - werd de flessenhals bovenaan de catiche met sluitstenen afgesloten en werd de schacht verder opgevuld zodat het land zijn oorspronkelijke bestemming terug kon krijgen. De winning werd dan voortgezet vanuit een andere schacht. Catiches waren vooral populair in de 18de-19de eeuw. Oudere, Middeleeuwse exploitaties waren veel chaotischer en verliepen volgens de kamer en pijler methode.

Bij winning van Avendersteen sensu stricto, bijv. in Avesnes-le-Sec, werd het systeem van de catiches niet ingevoerd en bleef de ontginning volgens de kamer en pijlermethode (Fig. 9). Ook hier waren de vroegste Middeleeuwse winningen meer chaotisch. Mettertijd ontstond een groot netwerk van galerijen door het verbinden van de aangrenzende ontginningen.

De hoeveelheid pijlers was allicht voldoende om de veiligheid tijdens de afbouw te garanderen maar is onvoldoende om het gangenstelsels grote duurzaamheid te verlenen. Grote delen zijn inmiddels



**Figuur 8.** Twaalf meter diepe toegangspuit tot de Fosse Leroy te Avesnes-le-Sec. (Foto Michiel Dusar)



**Figuur 9.** Kamer en pijler afbouwmethode volgens regelmatig patroon met rechte gangen (vermoedelijk 18de – 19de eeuws). Dwarsgangen opgevuld met afvalmateriaal dat tot 80 volumepercent kon bedragen. Fosse Leroy te Avesnes-le-Sec. (Foto Michiel Dusar)



ingestort, opgevuld, afgesloten van de buitenwereld of ontoegankelijk om veiligheidsredenen. Slechts een miniem deel van de ondergrondse groeves is nog onder voorbehoud te bezichtigen.

De afbouw gebeurde in verschillende stappen (Fig. 10):

- eerst werd een 10 cm brede voeg uitgehakt onder en boven de steen op een afstand die afhankelijk was van de homogeniteit en bedding van de steen. Dit bepaalde dus de dikte van het blok, wat ongeveer ging tot 40 cm.
- vervolgens werden smallere verticale voegen uitgehakt op een afstand die overeenkwam met de grootste lengte van de blokken. Er zijn uit de 16de eeuw beelden bekend van 160 cm; later worden de blokken korter.



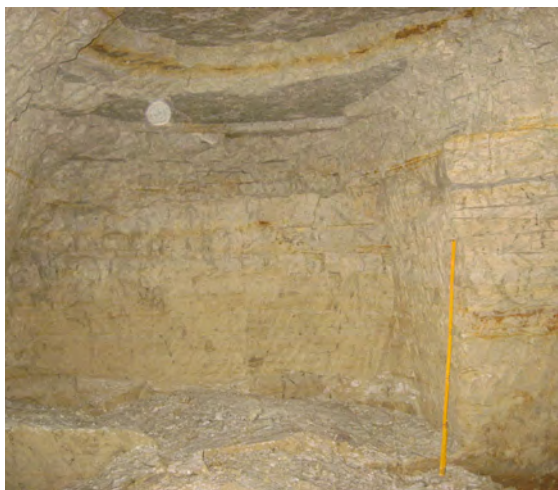
**Figuur 10.** Pijlerwand met haksporen en ingehakte grensvlakken tussen de blokken (parpaings). Fosse Leroy te Avesnes-le-Sec. (Foto Michiel Dusar)



**Figuur 11.** Blokbrekers in een krijtsteengroeve in Noord-Frankrijk, vermoedelijk rond 1900. Foto uit Bivert 1988.



**Figuur 12.** Achtergebleven blokken in een groeve in de omgeving van Avesnes-le-Sec. Foto uit Bivert 1988.



**Figuur 13.** Doorsnede door het zichtbare deel van het Turoonkrijt met glauconietrijke laag aan de top en opgevulde, niet zichtbare basis; met onduidelijke laagvlakken en roestverkleuring volgens opstijgende vocht grenzen. Meterschaal ca 150 cm. Fosse Leroy te Avesnes-le-Sec. (Foto Michiel Dusar)



**Figuur 14.** Bovenste laag van de ontginning in groen glauconietrijk krijt met fosfaatknolletjes en talrijke bioturbaties, als bovenste bank van het ontgonnen Turoonkrijt, door een hardground (tun) gescheiden van het bovenliggende Coniacienkrijt. Fosse Leroy te Avesnes-le-Sec. (Foto Michiel Dusar)

- dan werd met behulp van wiggen de blok losgebroken van de achterwand. De aldus verkregen dieptemaat van de blokken lag omstreeks de 35 cm.
- ten slotte werden de blokken ontdaan van zachte lagen en op maat gekapt. De witte krijtstenen van Lézennes werden 'blancs caillots' (witstenen) genoemd.

De groeven leverden maatstenen ('carreaux', 'boutisses', 'plancques'). De fijne afwerking en het sculptuurwerk gebeurden in ateliers, waarvoor 'pierres crues' werden geleverd (Fig. 11-12).

In Lézennes was in 1673 de standaard blokmaat 45 x 22,5 x 17,5 cm voor de aanleg van de fortengordel van Vauban. In Avesnes-le-Sec werd bij recent bezoek aan de Fosse Leroy een achtergebleven blok opgetakeld met afmeting 30 x 19 x 13 cm.

Door het uitgraven van de blokken ontstonden gangen met breedtes van 2 tot 3 m en een hoogte van meerdere meters, afhankelijk van de dikte van de bruikbare steen. Het Turoonkrijt uit de omgeving van Avesnes-le-Sec en Valenciennes (Avendersteen sensu stricto) werd ondergronds gewonnen uit een laag van 4 tot 6 m dikte (Fig. 13). De laag met goede bouwsteenkwaliteit was echter minder dan 2 m dik. Het glauconietgehalte neemt duidelijk af van onder naar boven in dit krijtpakket. Het ontgonnen krijtpakket wordt afgesloten door een compacte steenbank, die voldoende stevig is om als dak te dienen voor de onderliggende uitgraving en zelf nog deels ontgonnen te worden. Deze hardground, bekend als 'Tun supérieur' bestaat uit sterk gebiotubeerde, met bruine calciumfosfaatknollen aangerijkte, intens groengespikkelde, glauconietrijke krijtsteen (Fig. 14). Hierdoor kan de 'Artesische' Avendersteen dus blokken van verschillend uitzicht en kwaliteit opleveren. Deze lagen waren in 2008 nog toegankelijk in een ondergrondse kalksteengroeve 'Fosse Leroy', gelegen in het veld langs de rue Gabriel Péri zuidelijk van het centrum van Avesnes-le-Sec.

Het Coniacienkrijt van Lézennes en Loos bereikt een dikte van 8 à 12 m.

Gruis en steenafval werden gebruikt om niet meer functionele zijgangen op te vullen of om gangen op te hogen (bijv. voor de latere champignon- of chicoreikweek). Dakbreuken stortten puinkegels van bovenliggende materialen ( hoofdzakelijk leem) uit en onderbreken in aanzienlijke mate de verbindingsmogelijkheden tussen de gangenstelsels. In Lézennes blijken de middeleeuwse ontginningen veel stabiel te zijn dan de 17de – 18de eeuwse ontginningen. Vermoedelijk werkten de middeleeuwers langer vanuit dezelfde put en waren ze dus voor hun eigen veiligheid

minder geneigd tot rooibouw (mededeling J.R. Mossmann, Service Géologique Régional Nord-Pas de Calais, F-59260 Lézennes).

De groeves van Avesnes-le-Sec waren reeds in volle expansie in de 15de eeuw - 4 hectaren waren reeds geëxploiteerd omstreeks 1470 – om dan continu te verlopen minstens tot 1598. Ook nadien werd er steen gewonnen, bijvoorbeeld voor het nieuwe kasteel van 1788. In 1876 werde er nog vergunningen toegekend aan de laatste vier ‘maîtres carriers’ – steenhouwers (Bivert, 1988, 1999).

Toezicht op de groeves wordt uitgeoefend door de S.D.I.C.S. (Service Départemental d’Inspection des Carrières Souterraines, met zetel in Douai voor het Département du Nord, die ook het departement Pas-de-Calais bedienen. Vanaf 2009 wordt dit toezicht afgestoten voor Avesnes-le-Sec. Daarmee dragen de grondeigenaars de verantwoordelijkheid voor schade en ongevallen. Het is dus een maatregel die niet bevorderlijk is voor behoud en ontsluiting van het ondergronds patrimonium.

In de gemeente Lézennes poogt het Comité de la Pierre een deel van deze catiches als historisch erfgoed te bewaren, ook al is het oorspronkelijk uitgebreide netwerk dat zich tevens onder de aangrenzende gemeenten Hellemmes en Villeneuve d’Ascq uitstreckte goeddeels verdwenen.

## 5. Van groeve naar bouwplaats

De Avendersteen sensu stricto komt uit het Scheldebekken, niet alleen uit Avesnes-le-Sec maar ook uit Hordain, Masnières, Honnecourt-sur-Escaut, La Selle te Neuville, Valenciennes, enz. De steen bekend als steen van Valenciennes, naar de laatste overslaghaven op de Schelde voor transport in noordelijke richting (Vlaanderen, Brabant, Zeeland, Holland) kon zowel van ter plaatse (meer beperkte productie van ‘bonne pierre’) als van verder uit het zuidwesten komen. Waarschijnlijk is ook een deel van de productie van Avesnes-le-Sec verhandeld als Pierre de Hordain, omdat deze laatste plaats een gunstiger handelspositie op de Schelde bezat in vergelijking met het enkele kilometers van de Schelde verwijderde Avesnes-le-Sec. De plaatsaanduidingen Hordain en Avesnes-le-Sec slaan dus op stenen uit dezelfde afzetting, die in uitgestrekte ondergrondse groeves tussen beide plaatsen ontgonnen werd. In het gebied tussen Valenciennes en Cambrai (Avesnes-le-Sec en Hordain) werden krijtlagen zonder silex ontgonnen. In de Cambrésis ten zuiden van Cambrai (Kamerijk), tussen Honnecourt en Marcoing, bevatten de krijtlagen silexknollen en silex-banken en marcasietknollen. Marcasiet is een zeer reactieve (t.t.z. verweringsgevoelige) mineraalvariant van pyriet met dezelfde chemische formule (FeS<sub>2</sub>). Deze steen zou echter niet naar noordelijke gebieden getransporteerd zijn.

De steen uit de directe omgeving van Rijsel werd gewonnen te Lézennes en te Loos-lés-Lille. Ook de steen van Lézennes is vermoedelijk massaal naar het noorden getransporteerd ; in Nederland komt de naam ‘steen van Loos’ incidenteel in de archieven voor. Alhoewel de laatste steen afkomstig is uit jongere, meer zuivere krijtlagen is het zeer moeilijk op basis van historische documenten of beschrijvingen de gesteenten uit beide herkomstgebieden uit elkaar te houden. De ondergrondse groeven van Hordain (carrières des Câtiches) zijn verlaten in 1863.

De laatste, dan reeds anekdotische productie uit de groeven van Avesnes-le-Sec voor restauratie van de St.-Pierrekerk te Douai dateert van 1903. Bouwsteenproductie uit de groeven van Lézennes verminderde eveneens sterk in de 19de eeuw, omwille van de verhoogde concurrentie met industriële baksteen, al werd tot omstreeks 1890 nog krijt gewonnen voor de aanmaak van kalk.

Er zijn thans al geruime tijd (meer dan een eeuw) geen actieve steengroeves meer. Avendersteen is daarmee een echt historische bouwsteen geworden. De meest betekenisvolle inspanning om Avendersteen terug in het daglicht te plaatsen heeft zich in Leuven voorgedaan. In 1998, 550 jaar na de eerste steenlegging van het stadhuis van Leuven, werd deze gebeurtenis herdacht op

initiatief van de bouwhistorici Viaene en Maesschalck. Op symbolische wijze werd het transport van de bouwstenen overgedaan, op een 220 km lange tocht per platbodems via Valenciennes, Doornik, Oudenaarde, Gent en Temse vanuit Avesnes-le-Sec. De lokale gemeenschap aldaar was geheel onwetend over de grote verspreiding en de vermaardheid van haar bouwsteen. Daarnaast werd een groot blok Avendersteen vanuit de steengroeve aangevoerd en toevertrouwd aan een beeldhouwer die er een herdenkingsstekst in heeft aangebracht en de ontvoering van Europa heeft afgebeeld. Hetzelfde gebeurde met een blok Ledesteen. Daaruit bleek dat de bewerking van de Avendersteen minstens tweemaal vlugger verliep. Waarmee is aangetoond dat de keuze voor de zachte steen de bouwtijd en de loonlast van het stadhuis tot 10 jaar heeft teruggebracht. De herdenkingssteen prijkt nu middenin de binnentuin van het Leuvense stadhuis (persoonlijke mededeling Viaene & Maesschalck).

## 6. Gedrag

### 6.1. Duurzaamheid

#### 6.1.1. Sterkte en vorstgevoeligheid

Er zijn zeer weinig gegevens beschikbaar over de sterkte-eigenschappen van het materiaal. Camerman (1961) geeft 80 kg/cm<sup>2</sup> als waarde van de druksterkte.

Het relatief harde grijze krijt ontgonnen te Avesnes-le-Sec bevat zowel weervaste als vorstgevoelige banken, zonder dat in detail bekend is hoe het onderscheid vroeger gemaakt werd en hoe dat nu te maken zou zijn (Leriche 1927). Vorstgevoeligheid heeft vooral te maken met het percentage en de vorm van de poriën, en met de verdichting (graad van cementatie). Schadepathologieën kunnen dus sterk variëren, van steen die nauwelijks verweert tot steen die verpoedert (Fig. 15-16). Mengeling van beide kwaliteiten heeft in het verleden tot tal van discussies en processen geleid.

De sterke verschillen in verwerking worden verklaard door verschillen in hardheid en geschiktheid van de verschillende banken in de groeve. Hoewel het ongetwijfeld correct is te veronderstellen dat de onderste banken uit de groeve compacter zijn dan de bovenliggende, is er waarschijnlijk ook een onderscheid op kleinere schaal binnen iedere opeenvolgende laag, op decimeters tot meterschaal: de onderkant van iedere laag is compacter dan de bovenkant, met geleidelijke overgang binnen de laag. Indien dit het geval is heeft iedere steen een goede kant en een kwade kant, bovenop het probleem van plaatsing volgens groefleger. Anderzijds zijn de meest compacte banken ook de meest onzuivere en gespikkelde, door het voorkomen van talrijker glauconietkorrels. Deze onzuiverheden in het krijt zullen op termijn, bij vernatting en oxidatie, ook verweringsbevorderend werken.

#### 6.1.2. Weerstand tegen luchtverontreiniging

Avendersteen is als een krijtgesteente door het behoud van de oorspronkelijke, kristallijne structuur en de microporositeit (teweeggebracht door de holle coccolietenschaaltjes), bij afwezigheid van merkelijke herkristallisering of natuurlijke compactie tijdens de gesteentevorming, een zeer reactief gesteente. Krijt is sterk vatbaar voor zuren, die van buiten naar binnen de steen zullen aantasten door oplossing van calciumcarbonaat. Onbeschermde stenen krijgen daarom snel een meelzakvorm.

### 6.1.3. Patina

Strikt genomen krijgt Avendersteen geen patina. Bij droge condities in interieuren zal de steen een dofwit uitzicht behouden, al dan niet gevlekt naargelang de oorspronkelijke textuur en samenstelling. Bij buitengebruik zal de steen een gelige kleur krijgen die geen oppervlakkig patina is maar in de steen doordringt naarmate de oxidatie dieper reikt. Deze verkleuring hoeft geen kwaliteitsverlies te betekenen maar kan de voorbode zijn van verdere chemische aantasting. Gebruik van behandelingsproducten op basis van oliën hebben ook tot een mosterdgele verkleuring geleid.

### 6.1.4. Onderhoud, reiniging en conservering

Guicciardini (1613, p. 533) loofde de Avendersteen als de best bewerkbare Henegouwse steen waarvan de duurzaamheid verzekerd werd door hem in te strijken met lijnolie, vernis of andere mengsels, die een stevige schil teweegbrachten waardoor de steen weerstand bood aan storm, regen en vriesweer.

Oppervlaktereiniging kan men doen door microzandstralen en bij verlies van cohesie wordt een consolidatie uitgevoerd met ethylsilicaat of kiezelzuurester. Deze consolidant is commercieel verkrijgbaar als actieve component in bijvoorbeeld tetraethylorthosilicaat, tetraethylsilicaat, of tetraethoxysilane. De oppervlakte van de steen wordt hiermee bestreken, gesprayed, dan wel geïnjecteerd. Deze behandeling dient, in buitensituaties, elke 10 jaar herhaald te worden.

In Nederland heeft men de steen met succes geconsolideerd door volledige doordrenking met acrylhars. Aan de NH kerk te Vught zijn ongeveer 15 jaar geleden een aantal, deels sterk verweerde reliëfs aan de buitengevel van het koor op deze wijze behandeld en sindsdien is de toestand stabiel. Gezonde of geconsolideerde steen wordt best behandeld door te verven met een waterdicht verfsysteem. Buitengebruik zonder regelmatige behandeling en jaarlijks inspectie heeft weinig zin; daarvoor zijn deze krijtstenen te vorstgevoelig. In dat geval is systematische vervanging door andere steensoorten met een vergelijkbare neutraal-witte kleur en gemakkelijke bewerking een redelijke optie.



**Figuur 15 en 16.** Overzicht ingangspartij (15) en detail van de pilaster rechtsonder (16) van het voormalig Ursulinenklooster in Mons (Bergen ). Gevel opgebouwd uit Avendersteen. Stenen die oppervlakkig behandeld zijn en een harde korst gekregen hebben zullen bijzonder gevoelig worden voor snelle afbrokkeling en verpulvering wanneer nieuwe beschermstoffen op de oude worden aangebracht en het product niet meer doordringt (getuige de bruinverkleurde afbrokkelende buitenlaag). Bij waterinfiltratie achter de harde korst ontstaat een oplossingszone die de binding van de korst teniet doet zodat de steen op korte tijd kan eroderen en een amorf uitzicht krijgt. Foto's van Jan Elsen.

## 6.2. Vervangende steensoorten

Avendersteen wordt niet meer ontgonnen. Er bestaat geen vervangsteen die in zich alle visuele en gebruikskennmerken van Avendersteen verenigt. In het verleden werd hij voor buitengebruik voornamelijk vervangen door Euvillesteen, die echter wel heel duidelijk verschilt van uitzicht en textuur. Bij de restauratie van de stadhuisbeelden te Leuven in 1875 werd Rochefortsteen gebruikt (in Nederland beter bekend als Anthéor), vermoedelijk afkomstig uit het dorp Crazannes (Charente-maritime) en van vergelijkbare ouderdom als de Avendersteen. In Frankrijk werd de Avendersteen bij vroegere restauraties vervangen door roomwitte hol-oölietische Savonnières uit de Maasvallei en meer recent door krijtachtige witstenen van Thénac (dept. Charente-maritime) of Migné, vroeger bekend als Château-Gaillard (dept Vienne). Pierre de Lens (cf. Oorlogsmonument Stationsplein Leuven, Vanhellemont 2004) wordt gebruikt in omstandigheden waarbij in vroegere eeuwen Avendersteen zou worden voorzien. Huidige restauraties in Avesnes-le-Sec, bijv. van het oud gemeentehuis maken gebruik van de grofkorrelige Lutetienkalksteen van St. Maximin, een tijdsequivalent van de Ledesteen met het uitzicht van de ‘Brabantse arduin’, afkomstig uit de streek ten noorden van Parijs.

In Nederland is de steen lange tijd gehouden voor Baumberger steen en vandaar dat dit materiaal ook vaak gebruikt is als vervangend materiaal bij restauraties. Het grafmonument van Van Sasbout, toegeschreven aan Colijn de Nole, in de Arnhemse Eusebiuskerk is deels vervangen met Baumberger. Beelden aan de voorgevel van de St.Lambertuskerk in Veghel, een ontwerp van P.J.H. Cuypers, waren van Avendersteen en zijn vervangen in 1988 in Muschelkalksteen. Een niet zo voor de hand liggende keuze, als men niet bedenkt dat er indertijd grote zorgen waren over de duurzaamheid van zachte kalkstenen uit Frankrijk. Twee beelden op het graf van Cuypers in Roermond waren van Avendersteen en verkeerden in een zeer slechte staat. Ze zijn in 2004 gereconstrueerd in Portland kalksteen, type basebed, een steen die wat eigenschappen betreft dichter bij de Avendersteen komt, zij het dat het harder is en bleker van kleur.

## 7. Toepassing

De grootste populariteit van Avendersteen viel in de 15de tot de 17de eeuw, vanaf het hoogtepunt van de gotiek tot de annexatie van de zuidelijke Nederlanden bij Frankrijk. Nadien bleek het gebruik ingeperkt door de nieuwe staatsgrens en werd bijvoorbeeld steen van Lézennes massaal ingezet bij de gordel van versterkingen die door Vauban werd gebouwd om de wingewesten voor Frankrijk te consolideren.

### 7.1. In het herkomstgebied

Avendersteen werd massaal gebruikt in het herkomstgebied, vooral de Douaisis, de Cambrésis en de omgeving van Lille (Rijsel), als bouwsteen, parement of gepolychromeerde steensculptuur. Het is vooral in deze laatste functie dat de steen een grote faam heeft verworven en tot ver buiten zijn herkomstgebied werd aangewend. In het algemeen werd Avendersteen gebruikt in combinatie met andere steensoorten als parementsteen maar vooral voor beeldhouwwerk. Het meest kenmerkend voor de zuidelijke Nederlanden was de polychrome combinatie tussen blauwe steen en witsteen, die vanaf het vroegste begin van de gotische bouwstijl tot stand is gekomen. In het herkomstgebied is dit de combinatie Avendersteen en Oosterbant zandsteen (Grès d'Ostrevent) (Fig. 17).

### 7.2. België

Dank zij de fijnkorrelige textuur en de zachtheid van het krijt is Avendersteen op onnavolgbare wijze gebruikt. De steen is makkelijk te hakken of te kappen, óók met houtgereedschap. Ondanks de zachtheid van de steen zijn de gebeeldhouwde vormen scherp en zeer kleine details kunnen goed gekapt worden, zowel convexe- als concave vormen. De eerste gedocumenteerde aanwijzingen

voor gebruik van Avendersteen dateren van omstreeks 1400 en komen van Brugge, St.-Omer en Rijsel (Lille).

Uit de 14de eeuw zijn beelden en gewelven bewaard gebleven in de Kathedraal van Doornik (MONUMAT, databank van de BRGM, Orléans) (Fig. 18). In de O.L.Vrouwbasiliek te Halle, bevinden zich 14de-eeuwse gepolychromeerde beelden in het zuidportaal. In de Ter-Duinenabdij van Koksijde bevinden zich binnensculpturen van Avendersteen waarvan de herkomst niet duidelijk is. Het timpaan afkomstig uit de kerk van Bornem en bewaard in het Jubelparkmuseum te Brussel, gedetermineerd als Avendersteen door C. Camerman zou zelfs van gallo-romeinse oorsprong kunnen zijn (Tollenaere 1957).

In de kunstgeschiedenis van de Lage Landen komen buitenbeelden van Avendersteen veelvuldig voor. Bekend zijn de beelden en nissen aan de voorgevel van het stadhuis van Leuven uit 1448 (Maesschalck & Viaene 1997. Maesschalck et al. 1998) (Fig. 19). Adriaan Bommenee maakt in zijn testament van rond 1750 melding van de Gotische sculpturen van het stadhuis van Veere (NL). Hij weet te vertellen dat de 'Lavendersteen' werd gebruikt voor beeldhouwwerk in de 14de, 15de en 16de eeuw (Gerhardt 1988). In de catalogus Laet gotische beeldhouwkunst staan verscheidene sculpturen uit de 15de eeuw en begin 16de eeuw, waarbij het materiaal meestal wordt betiteld als 'witte steen'.

Een madonna van een Brusselse beeldhouwer uit de abdij van Tongerlo (1422) is vervaardigd uit Avendersteen in één steenvolume van rond de 160 cm. In het begin van de 16de eeuw maakt Mechelse beeldhouwer Michiel IJsewijnz een serie van zeven beelden van de Heren en Vrouwe van Veere voor het stadhuis aldaar. Tot verbazing van Bommenee werden de objecten verguld en polychroom afgewerkt. IJsewijnz leverde overigens in die tijd ook voor drie pond per stuk de vijf en twintig gravenbeelden aan de lange gevel van het stadhuis en vleeshuis in Middelburg.

Deze IJsewijnz was getrouwd met een van de dames uit het architectengeslacht Keldermans, die ook de bouw van beide stadhuizen leidden.



**Figuur 17.** Avendersteen in speklagen afgewisseld met 'trois rouges' (drie rijen baksteen voor een laag natuursteen) op een ondermuur van Oosterbant zandsteen (grès d'Ostrevent of Landenienzandsteen). St.-Gery kerk te Maing, grenzend aan Avesnes-le-Sec. Foto Michiel Dusar.



**Figuur 18.** Portaal van de kathedraal van Doornik met beelden van Avendersteen uit de 14e eeuw. Foto Eric Groessens.



**Figuur 19.** Lapidarium op de zolder van het Stadhuis Leuven met beelden uit opeenvolgende restauratiefasen; de grote beelden vermoedelijk in steen van Hordain. Foto Michiel Dusar.

De sculpturen van de heren en vrouwen van Veere werden uit één steenvolume gekapt. De steen is rond de 160 cm hoog, waarbij gedacht werd aan het boren van afwateringskanalen in de concave vormen (daar waar het hemelwater in zou blijven staan). Duidelijk objecten dus die waren bedoeld voor het exterieur.

Andere toepassingen aan het exterieur zijn te vinden in Brussel op de Grote Markt, waar Avendersteen is gebruikt voor de voorgevels van verschillende huizen (Kruiwagen, Zak, Brouwers). In Oudenaarde is de steen gebruikt aan het oorspronkelijk stadhuis (1525).

Antwerpen heeft binnen de leien ( het grondgebied binnen de 16de eeuwse omwalling: de Spaanse veste) in de gevels veel sculpturen in steenachtige materialen en natuursteen, waaronder ook Avendersteen. Het gaat vrijwel altijd om Mariabeelden én ongeveer 100 huisaanduidingen. Deze huisaanduidingen hebben veelal een picturaal reliëf in combinatie met een cartouche en letters. Een goede inventarisatie van deze huisaanduidingen en de gebruikte steensoort bestaat nog steeds niet. Onder de authentieke gevelstenen behoort die van Den Grooten Donderclood aan de Steenhouwersvest. Deze is gemaakt van Avendersteen, en verkeert in een zeer slechte toestand. Van de 300 Madonna's die er waren tegen het einde van de 18de eeuw zijn er nog zo'n 165 over. De staande of zittende Maria's bevinden zich doorgaans in een nis aan de gevel. Soms met het Kind Jezus op de arm, soms staand voor haar. Soms zijn de Madonna's gemonteerd op een pompzuil.

Jacob Van der Sanden (1726-1799), vanaf 1757 secretaris van de Teeken-academie beschreef in zijn handschrift over de beeldende kunsten en kunstenaars het Oud Konsttooneel van Antwerpen, enkele van deze beeldhouwde objecten op de gevels, gerelateerd aan kunstenaars, maar pas in de 19de eeuw werden de Madonnabeelden voor het eerst geïnventariseerd.

Volgens de cijfers in het Madonnaboek (2002) staan in het Antwerpse binnen de Leien nog zo'n 10 17de-eeuwse Mariabeelden, bijna 40 18de-eeuwse en ongeveer 60 19de-eeuwse beelden. Dan zijn er een zestigtal beelden 20ste en zelfs 21ste-eeuwse. Sommigen zijn replica's van een ouder beeld, maar meestal zijn het nieuwe beelden op een nieuwe gevel.

In de loop van de tijd zijn vele Madonna's verhuisd. Zeker in de Franse periode (1796-1814) waren deze religieuze uitingen verboden en werden daarom door de wijkbewoners verborgen, om na 1814, eventueel gerestaureerd, weer op de gevel gezet te worden. In 1859 werd in de Lange Winkelstraat een Avenderstenen Treurende Maria of bedrukte Moeder geplaatst, die eerder die eeuw gevonden was bij graafwerken. Vermoedelijk was het begraven in de Franse Tijd (ca. 1797), om een vernietiging van het beeld te voorkomen. In de 18de eeuw heeft het beeld, gelet op de thematiek, waarschijnlijk deel uitgemaakt van een Calvarie. Deze Bedrukte Moeder werd vóór terugplaatsing in 1859 door beeldhouwer Goemans gerestaureerd; ze was door de be- of opgraving waarschijnlijk gebroken. In ieder geval bleven vijf grote Avenderstenen fragmenten over, die met gips en metaal aan elkaar werden gezet, waarna de linkerarm werd bijgemaakt. Gips werd gebruikt als lijm voor het aan elkaar zetten van steenvolumes én als restauratiemateriaal. De hechting van gips op Avendersteen is goed. De ontbrekende vormen werden in klei geboetseerd en met gips gemouleerd. Deze restauraties zijn altijd losse passtukken, die met een bot dan wel metalen dook aan de Avendersteen werden gezet, verlijmd aan het breukvlak met gips.

Het is vanaf de straat overigens nauwelijks zichtbaar van welk materiaal de Antwerpse Madonna's gemaakt zijn. De meeste sculpturen werden om de paar jaar voorzien van een nieuwe verflaag waardoor ook de oorspronkelijke drie-dimensionale vorm niet goed meer zichtbaar zijn. Pas als er van een object een deel afgebroken is wordt het materiaal steen, hout of terracotta zichtbaar. Een oorspronkelijke stenen Maria van Jacob Van der Neer de Oude uit 1742 werd in de 20ste eeuw vervangen door een houten kopie, die op zijn beurt aan het eind van de 20ste eeuw werd vervangen voor een afgietsel in polyester, in de volksmond Maria Polyestra.



Toepassingen van Avendersteen aan het exterieur zullen voor een groot deel verloren zijn gegaan door verwerking. Verscheidene interieurstukken van dit materiaal zijn daarentegen goed bewaard gebleven.

Twee Mechelse beeldhouwers, Frans Mijnsheeren en Jan Wisschavens staan bekend als de makers van het koordoksaal of oxaal in de St./Gummariskerk te Lier. Het is gemaakt tussen 1536 en 1538 in de gotische traditie met Avendersteen en blauwe steen van Ecaussinnes. Een eveneens schitterend gedetailleerd oxaal uit het begin van de 16e eeuw bevindt zich in de Onze-Lieve-Vrouwekerk van Aarschot. Ook hier is het beeldhouwwerk van Avendersteen. Verder kan genoemd worden het Keizer-Karel-doksaal (1531) in de Basilique St.-Materne te Walcourt en het koordoksaal in de St. Pieterskerk te Leuven (1490). Bovendien bevindt zich in laatstgenoemde kerk een model van Avendersteen voor de toren van het zuidertransept, vervaardigd door Joost Metsys tussen 1524 en 1530.

Een ander belangrijk interieurstuk in de 16de eeuw is de sacramentstoren. In de St.-Leonarduskerk in Zoutleeuw staat het indrukwekkendste voorbeeld. De zuilvormige 18 meter hoge toren, telt negen verdiepingen en bevat ongeveer tweehonderd beeldjes met taferelen uit het Oude en het Nieuwe Testament. Dit juweel is gemaakt in Avendersteen door Cornelis Floris in 1552 en enkele jaren geleden nog geconserveerd. Het staat overigens sinds de helft van de 19de eeuw in plaaster in het Victoria and Albertmuseum; bij gelegenheid van het 50-jarig bestaan van de Belgische staat werd het monument geheel gedemonteerd en meerdere malen afgegoten. Een ingreep waarvan het monument nu nog de littekens draagt. De afgietsels werden vervolgens aan verschillende landen cadeau gedaan. Er zijn verspreid over Vlaanderen meerdere 16de- eeuwse sacramentstorens, zij het meer bescheiden van opzet. Zoals in de St.-Martinuskerk in Aalst, met zeer fijn beeldhouwwerk in Avendersteen.

In de St.-Michielskerk te Brussel is het tabernakel in de Sacramentskapel (1534-1539) eveneens van Avendersteen.

Duidelijk is dat de opsomming van de toepassing van de Avendersteen lang niet volledig is en door nader onderzoek zal het aantal toepassingen en lokaties vermoedelijk nog sterk worden uitgebreid. Belangrijke productiecentra waren Antwerpen, Mechelen en Brussel. Ook binnen het graafschap Henegouwen, de Frans Belgische grensstreek, zijn verscheidene retabels en afzonderlijke beelden gemaakt in Avendersteen. Mons werd een centrum van beeldhouwkunst onder artistieke invloed vanuit Brussel vanaf het midden van de 15de eeuw (Steyaert 1994, p.121- 122). In deze centra werd onder andere beeldhouwwerk gemaakt voor opdrachtgevers in het huidige Nederland, hoewel dit tijdens de tachtigjarige oorlog bemoeilijkt zal zijn.

### 7.3. Nederland

Het gebruik van de Avendersteen in het zuiden van het huidige Nederland begint even vòòr 1500. Veel van deze stukken zijn inmiddels verdwenen, maar uit geschreven bronnen is bijvoorbeeld bekend dat in de Pieterskerk te 's-Hertogenbosch een oksaal van Avendersteen heeft gestaan. Ook aan het oksaal dat voor de brand in 1584 stond in de huidige St.Janskathedraal in 's-Hertogenbosch is Avendersteen verwerkt.

In de Nieuwe Kerk in Delft bevindt zich in de zuidwand van het schip een reliëf dat van Avendersteen is gemaakt en dat vermoedelijk dateert van rond 1500. Ook in de Grote Kerk van Goes bevindt zich in de oostelijke wand van het noordertransept een reliëf van Avendersteen. Het gaat hier om een zogenoemde 'Gregoriusmis' en het reliëf zou dateren uit de 15de eeuw.

In de Grote Kerk van Breda bevinden zich enkele zeer belangwekkende grafmonumenten (o.a. dat van Engelbrecht I en Van Renesse) die zijn gemaakt van Avendersteen (Fig. 20). Bij de restauratie in de jaren 1990 werd nog vermoed dat de steen afkomstig was uit het Krijt van de Baumberge bij Münster in Westfalen, maar nadere analyse heeft uitgewezen dat het hier om Avendersteen gaat (Tolboom & Dubelaar 2009). Recent onderzoek heeft ook uitgewezen dat de toevoegingen aan



**Figuur 20.** Kenmerkend voor de Avendersteen zijn de graafgangen opgevuld met grijsgroene glauconietkorrels. Monument van Engelbrecht van Nassau in de Grote Kerk te Breda. Foto Hendrik Tolboom.

het monument voor Engelbrecht I tijdens de restauratie onder leiding van P.J.H. Cuypers (1861-1864) door de beeldhouwer Louis Royer zijn gemaakt van Avendersteen.

De grafmonumenten van Joost van Sasbout (ca 1550) in de Eusebiuskerk te Arnhem (Fig. 21) en graaf Reinoud III en gemalin in de kerk van Vianen, alsmede het oksaal in de Cunerakerk te Rhenen worden toegeschreven aan Colijn de Nole. Colijn de Nole was afkomstig uit Kamerijk (Cambrai) en had zich gevestigd in Utrecht (Schulte 1994). Aan het oksaal in de Cunerakerk is Avendersteen toegepast in combinatie met Bentheimer zandsteen. De steenkeuze lijkt ingegeven



**Figuur 21.** Arnhem, Eusebiuskerk. Epitaaf van Joost van Sasbout van omstreeks 1550. Avendersteen, onderdelen vervangen in Baumberger steen. Foto Hendrik Tolboom.

te zijn door de functie en de daarmee samenhangende positie van het werk. In de onderste zone van het oksaal is gebruik gemaakt van zandsteen, de hoger gelegen, meer fijn bewerkte delen, zijn gemaakt van Avendersteen. Dezelfde combinatie van materialen is gebruikt bij het oksaal (begin 16de eeuw) in de Onze-Lieve-Vrouwekerk van Aarschot: Bentheimer zandsteen onder en Avendersteen boven. Een ander werk van De Nole, de schouw van het stadhuis te Kampen is bedekt door een laagje verf, maar in ieder geval een deel van deze schouw is uitgevoerd in Avendersteen. Mogelijk is het onderste deel van de schouw van Baumberger en zijn de meer rijk gedetailleerde delen van Avendersteen. De combinatie van Avendersteen en Baumberger kan, met name in Utrecht, op meerdere plaatsen worden opgemerkt. Utrecht was een belangrijke handelspost en stapelplaats van natuursteen en beide materialen waren waarschijnlijk tegelijkertijd beschikbaar voor beeldhouwers. In de Dom van Utrecht zijn beide gesteenten rond 1500 toegepast aan de Grafleggingsgroep: Avendersteen voor het lichaam van Christus en de iets hardere

en meer stootvaste Baumberger voor het onderliggende, dragende beeldhouwwerk. Bij de deuroplijsting in het koor van de Janskerk in Utrecht zijn de stijlen van Baumberger en is de toog van Avendersteen.

Ook op andere plaatsen in Midden- en Oost-Nederland is ooit Avendersteen toegepast en dat heeft alles te maken met de betrokkenheid van Zuid-Nederlandse beeldhouwers. Omstreeks 1550 vonden er werkzaamheden plaats aan de fortificaties in Gelderland. In Groenlo wordt daarvoor vanuit Utrecht onder meer het wapen van Karel V in Avendersteen aangeleverd. Het wapen werd geplaatst in een poort en de werkzaamheden werden gecoördineerd door Andries en Mercelis Keldermans (Rijksarchief Gelderland, vr. meded. J. Soentgenrath).

De originele beelden van het stadhuis te Veere zijn vrijwel zeker van Avendersteen. Dit is niet verwonderlijk gezien de nauwe architectonische verwantschap van dit stadhuis met de laat-middeleeuwse stadhuizen in België.

De grootste hoeveelheid aan het exterieur verwerkte Avendersteen is aangetroffen aan de St.Janskathedraal in 's-Hertogenbosch. Het lijkt er op dat deze steen nog op zijn oorspronkelijke plek zit en uit de bouwtijd van de kerk dateert (begin 15e eeuw) hetgeen, gezien de vele restauraties, op zich al bijzonder is te noemen. Er zijn leveringen bekend van Avendersteen door Mattheus de Layens aan de bouwloods van de St.Janskathedraal in Den Bosch (Peeters 1985).

In de bouwloods van de St.Jan wordt een groot aantal restanten beeldhouwwerk bewaard waarvan vrijwel vaststaat dat het om stukken Avendersteen gaat. Zo is een aantal tentoongestelde luchtboogfiguren gemaakt van een verder niet nader aangeduide kalksteen. Naar alle waarschijnlijkheid zijn deze figuren van Avendersteen. Dit geldt ook voor de tentoongestelde fragmenten van de steunberen met beeldhouwwerk van de O.L.V. Broederschapskapel.

Aan het exterieur van het koor van de Lambertuskerk te Vught zijn de zeven reliëfs aan de buitenzijde van het koor gemaakt van Avendersteen. Het gaat om passievoorstellingen die vermoedelijk zijn vervaardigd in de eerste helft van de 16de eeuw. De reliëfs zijn in 1990 volledig doordrenkt met acrylhars om verder verval tegen te gaan (Fig. 22).

Verder is in Amsterdam beeldhouwwerk van Avendersteen bekend van drie reliëfs bij de ingang van het Burgerweeshuis (Joost Jansz Bilhamer, 1581), thans het Amsterdam Historisch Museum. Het middelste reliëf is vervangen, het origineel reliëf bevindt zich thans in de entree van het museum. Het kleinere reliëf rechts is enkele jaren geleden gerestaureerd. De steen is voorzien van een dikke laag verf. Onder deze laag had de steen op een aantal plaatsen zijn samenhang verloren. Waar gaten vielen in de verflaag is de onderliggende steen aangevuld met een reparatiemortel en afgewerkt met een nieuwe verflaag.

De toepassing van Avendersteen neemt rond 1600 af, allicht door oorlogsomstandigheden (o.a. blokkade van de haven van Antwerpen in 1589 door de Spaanse vloot), maar de steen wordt in de 17de eeuw nog wel gebruikt door beeldhouwers uit de zuidelijke Nederlanden. Als Artus Quellinus tussen 1648 en 1655 in Amsterdam het beeldhouwwerk voor het interieur (Burgerzaal) van het stadhuis maakt, benut hij volop Avendersteen. Het is vooral gebruikt voor festoenen en voor het uitvoeren van beeldhouwwerken die vervolgens gemarmerd werden. Het materiaal zelf is dan aan het zicht onttrokken.

Er werden in de achttiende en negentiende eeuw ook beelden besteld in Belgische ateliers door Nederlandse opdrachtgevers. Henry Hope bestelde voor zijn paviljoen Welgelegen in Haarlem beelden bij de Brusselse beeldhouwer Gilles Lambert Godecharle. In 1789 werden ze geplaatst en daar staan ze nog steeds. De reliëfs en de beelden aan de gevel zijn vermoedelijk allemaal uitgevoerd in Avendersteen. Vrijwel al deze werken zijn inmiddels vervangen door replica's van andere materialen, maar de twee beelden tussen de gekoppelde zuilen van 'Contemplatio' en 'Meditatio' zijn nog de originelen. Ze zijn van Avendersteen, maar het materiaal is moeilijk terug

te vinden onder de dikke laag verf en reparatie met gips en allerhande mortels. Ook deze beelden zijn buiten niet meer te handhaven.

Vrij bijzonder is ook de beeldengroep aan de Sint Martinuskerk te Westwoud. De westgevel van deze kerk, die werd ontworpen door architect Molkenboer kort na 1850, werd opgesierd door drie beelden van de Antwerpse beeldhouwer J.de Cuyper uit 1851. De beelden stellen de heiligen Petrus, Martinus en Paulus voor. Op dit moment verkeren de beelden in een buitengewoon slechte staat (Fig. 23). Ze zijn tamelijk hoog (ongeveer 2,5 meter) en uit meerdere blokken steen samengesteld. De blokken zijn aan elkaar verbonden middels een soort kalkmortel (of gips?) en ijzeren doken. De doken zijn gaan roesten en drukken de beelden nu kapot. In 2008 zijn de beelden van de gevel gehaald en opgeslagen, in afwachting van financiële middelen voor de restauratie. Het blijkt dat de verflaag wel degelijk de steen beschermt tegen verwerking; op den duur echter dringt er door scheurvorming (craquelé) in het verfpakket toch vocht binnen en verweert de steen alsnog. En, gezien het vochtvasthoudend vermogen van het materiaal, vermoedelijk ook relatief snel. De beelden zijn waarschijnlijk van begin af aan voorzien van een kleur. De verflaag is met de jaren steeds dikker geworden. In steden als Antwerpen, waar veel beelden op de straathoeken gemaakt zijn van Avendersteen, is deze behandeling heel gewoon (zie § 7.4).

Tegen het einde van de negentiende eeuw is Avendersteen in Nederland door de bekende architect P.J.H.Cuypers onder andere toegepast in Veghel, waar de beelden aan de westgevel van de RK kerk alle uitgevoerd waren in Avendersteen. De beelden waren aan het einde van de vorige eeuw sterk verweerd en zijn vervangen door nieuwe exemplaren. Het Mariabeeld op het monument van Engelbrecht I in de Grote Kerk te Breda is ook een negentiende-eeuwse toepassing van Avendersteen.

Op het graf van Cuypers in Roermond is eveneens Avendersteen aangetroffen. Twee van de vier beelden op het graf zijn gemaakt van Avendersteen. Ook deze beelden verkeerden in 2003 in een slechte staat, zodat ze niet langer gehandhaafd konden worden. Cuypers zal zo ongeveer de laatste geweest zijn die deze vermaarde steen heeft gebruikt.



**Figuur 22.** Vught, NK kerk. Deze passievoorstelling van Avendersteen uit het begin van de 16e eeuw is recentelijk geheel doordrenkt met metamethylacrylaat (Jbach-methode) om verder verval te stoppen. Foto RACM.



**Figuur 23.** Westwoud, RK kerk. Dit beeld van de heilige Martinus uit 1851 gemaakt door de Antwerpse beeldhouwer J.de Cuyper, aan de westgevel van de kerk verkeert in erbarmelijke staat door opengebarsten verflagen en vervolgens roestende verankeringen. Foto Hendrik Tolboom.

#### 7.4. Restauratie

##### 7.4.1. Verbindingen

De maten van blokken Avendersteen zijn beperkt. Er is nog te weinig onderzoek gedaan naar het verband tussen tijd én het formaat van de gekozen steen. Het steenvolume voor de 16de eeuwse buitensculpturen lijkt in ieder geval groter van afmeting dan de meest 18de eeuwse Madonna's van Avendersteen, die uit één steenvolume zijn gemaakt. De 16de eeuwse volumes variëren en gaan tot 160 hoogte. De 18de eeuwse volumes hebben doorgaans dezelfde maat: een hoogte van 100 cm, een breedte van 35 tot 40 cm en een diepte van rond 25 cm. Grotere Madonna's uit de 18de eeuw die aan de gevel hangen en in de studio Steen van de opleiding Conservatie / Restauratie in Antwerpen werden gerestaureerd zijn in Bentheimer zandsteen gemaakt.

Groter 19de eeuws beeldhouwwerk in Avendersteen is veelal samengesteld uit meerdere steenvolumes. De Antwerpse beeldhouwers De Boeck en Van Wind assembleerden vaker meerdere steenvolumes; de Antwerpse gebroeders De Cuyper ook, zoals zichtbaar in hun beelden in het Noord Hollandse dorp Westwoud. Grotere stukken Avendersteen waren vermoedelijk veel duurder, dus assemblage drukte de kosten. De kosten van de tegenwoordige restauraties van dit soort geassembleerde objecten zijn daarentegen veel hoger. Door corrosie met bijbehorende uitzetting van het metaal barst de Avendersteen in vele stukken. Bommenee's aanbeveling om steenvolumes Avendersteen aan elkaar te zetten met pleister en doken van schapenbeenderen te gebruiken werd in de 19de eeuw niet opgevolgd (Gerhardt 1988).

##### 7.4.2. Verwering

De meeste Madonna's zijn op de rug ingekapt. Vaak in een V-vorm, soms in een trapezeachtige vorm. Hierdoor wordt het object lichter. Bovendien voorziet een vierkant gekapt gat in de steen een plaats voor een bronzen oog, bevestigd met kalkmortel, waardoor het beeld via een haak in de muur tegen de gevel vastgezet wordt. Door de ingekapte vorm is er meer ruimte voor bevestiging. In de gevel is dan meestal ook een console voorzien, waarop het beeld, met een ongeveer zeven cm. dikke aangekapte voetplaat, staat. Eventueel is onderin de voetplaat een kruis gekapt om het object met mortel vast te zetten op een console, dan wel een waterpomp (meestal in blauwe hardsteen). Het is ook juist de aangekapte voetplaat waarop de gevelbeelden staan, die verweerd en afgebroken is. Als de bijbehorende console uit een andere steensoort bestaat, ligt daar vaak het probleem. Zeker bij blauwe hardsteen consoles blijft regenwater op de sokkel staan en doordrenkt het onderste gedeelte van de Avendersteen. Vrieskou zorgt voor barsten (vorstspleten) in de aangekapte voetplaat.

De objecten zijn bijna altijd voorzien van afwerkingslagen. Daarover is Bommenee in 1750 helder; de steen 'wilt wel gedeckt werden voor de lugt met olyverf' (Gerhardt 1988). De schade die aangericht wordt aan de Avendersteen in de buitenlucht is duidelijk. De steen verweert en verzandt erg snel en van het gebeeldhouwde oppervlak blijft weinig over (Fig. 24).

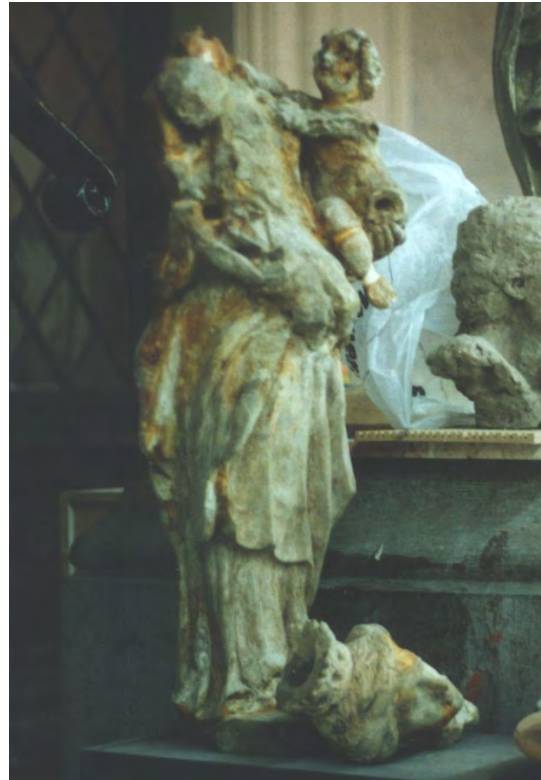
In de studio Steen, aan de opleiding Conservatie/ Restauratie binnen de Koninklijke Academie voor Schone Kunsten van Antwerpen (Artesis Hogeschool Antwerpen) worden met enige regelmaat Avenderstenen Madonna's gerestaureerd. Hiervoor wordt samengewerkt met de vzw Voor Kruis en Beeld, die zich inzet voor de restauratie van de Antwerpse Madonna's.

##### 7.4.3. Behandeling

Zwaar verweerd beeldhouwwerk kan soms niet worden gerestaureerd en teruggeplaatst. Het origineel wordt dan gekopieerd, hetzij door moulage hetzij door het beeld na te hakken. De Madonna die staat op de Lange Ridderstraat, hoek Munststraat in Antwerpen was zowel zwaar verweerd, als zwaar gerestaureerd met een te groot hoofd en een te lang beentje van het Kind, uitgevoerd in cement. Corrosie van het metaal was een van de oorzaken van vele breuken (en



**Figuur 24.** Maria met Kind. Ingekapte rug met bronzen oog en vele gecraqueleerde verflagen. Hoek Paradijsstraat, Antwerpen. Foto Studio Steen, Antwerpen.



**Figuur 25.** Maria met Kind. Object na consolidatie. Een aantal losse onderdelen zijn vastgezet met kalkmortel. Lange Ridderstraat, hoek Muntstraat, Antwerpen. Foto Studio Steen, Antwerpen.

verdwenen breukstukken) en cementen aanvullingen overlapte veelal de originele beeldhouwde vorm, vaak wel zo'n twee centimeter. De aangekapte voetplaat van het object was deels weg. De meeste verflagen waren al weg, dan wel volledig gecraqueleerd. En het object leed aan verzanding. Om een dergelijk kwetsbaar beeld van de gevel te halen wordt het eerst omwikkeld met chloorvrij toiletpapier, bespoten met water en voorzien van een gipslaag. Hierdoor kan de gebroken en verzande steen van de gevel gehaald worden zonder dat nog meer originele beeldhouwde fragmenten verloren gaan.

Archiefonderzoek naar het pand leverde geen informatie op over de sculptuur, laat staan de beeldhouwer. Oude foto's lieten alleen het gerestaureerde object zien. Microscopisch onderzoek lieten ongeveer 13 monochroom witte en grijzere verflagen zien, met een roze gekleurde impregneringslaag, op de Avendersteen. De dertien verflagen wijzen op een decapering van het object. Voor een buitenbeeld uit de 18de eeuw blijken dit zeer weinig lagen verf (Fig. 25).

De originele beeldhouwde steen werd gebruikt als uitgangspunt voor de kopie. Verflagen dan wel restauraties werden verwijderd na consolidatie met ethylsilicaat. De historie van het object, met zijn cementen aanvullingen, werd derhalve niet gerespecteerd. Door het weg halen van de aanvullingen kwam wél veel beeldhouwkundige informatie tevoorschijn. Op het ruïneuze beeld werden tijdelijke aanvullingen geboetseerd, nadat op de Avendersteen een buffer was gezet als bescherming van de steen tegen olie uit de plasticine. Via overgebleven beeldhouwde vormen in het origineel, zoals het aanhechtingspunt van de dikke teen van het Kind konden vormen terug geboetseerd worden; het cementen hoofd diende als uitgangspunt voor een verkleinde geboetseerde versie. Deze uiteindelijk hypothetische vorm werd direct aan de Avendersteen gemouleerd en in een natuurlijke hydraulische kalkmortel met chamottegranulaat via estampage of stampen aangebracht. Na volledige carbonatatie van de kalkmortel werd het object monochroom

wit geschilderd. Het originele ruïneuze beeld, ontdaan van de tijdelijk plastische aanvullingen, wordt nog altijd bewaard, samen met het cementen hoofd, een mooi pedagogisch voorbeeld van de verwerking van Avendersteen. De gemaakte estampagemal is niet behouden gebleven. Een tweede of meerdere (kalk)mortel exemplaren kunnen niet gemaakt worden (zie fig. 26).

#### 7.4.4. Hypothetische plastische aanvullingen

Hypothetische plastische aanvullingen werden uitgevoerd op een Maria met Kind op schape, een uiterst zeldzame uitbeelding binnen het Antwerpse Madonnaoeuvre. Het object zou vernield zijn door een vliegende bom. Op dit object werden over de 30 lagen min of meer witte en grijze monochrome verflagen aangetroffen, met veel craquelures. Ook hier kleurde een impregnatie laag de steen ongeveer 0,5 cm roze. Deze impregnatie laag, vermoedelijk lijnolie waardoor de steen harder zou worden en beter bestand was tegen de vries/dooi cycli, is op elke Avendersteen terug te vinden. In een artikel uit 1934 noemt E.H. ter Kuile het gebruik van olie ter bescherming van buitengevel in Avendersteen van het stadhuis van Leuven. Maar al in de 16de eeuw wordt over deze praktijk melding gemaakt.

Ook hier werden plooiavallen en andere lacunes alleen vanuit de schade in het object gereconstrueerd. Er werden geen voorbeelden gevonden via foto's gravures of ander 2D materiaal. Tot onze grote verbazing kreeg de studio Steen, nadat het object was gerestaureerd, een bericht van het provinciaal museum Sterckshof, dat in de kelders een soortgelijk marmeren exemplaar was gevonden, een binnenbeeld. Hierdoor bleek 'onze' hypothetische herstelling zeker niet slecht, het marmeren exemplaar was overigens duidelijk kwalitatief beter gebeeldhouwd: het Avenderexemplaar bleek een kopie. De aloude vraag of de hypothetische plastische aanvullingen ethisch verantwoord zijn kon hier positief worden bevestigd. In de Antwerpse Madonnacollectie is in de Lange Nieuwstraat één voorbeeld te vinden van alleen conservatie van de (houten) drager, zonder plastische aanvullingen. Van het Kind ontbreekt de rechterarm en linkerhand. De polychromie is na zorgvuldig onderzoek volledig gereconstrueerd. Mocht dit concept worden doorgetrokken naar alle te restaureren Madonnabeelden in Avendersteen dan kunnen veel van deze objecten niet meer buiten worden opgehangen én raken vele andere Madonna's behoorlijk 'gehandicapt' (Figs. 27-28).

#### 7.4.5. Behoud van historie

Over het behouden van de materiële historie van de objecten zijn de volgende twee Antwerpse sculpturen een voorbeeld. Bij de Madonna Stijfselrui (na restauratie daar geplaatst) werd geconstateerd dat zowel delen van het hoofd van Maria als van het Kind en een aantal andere aanvullingen al eerder gerestaureerd werden met gips. Deze werden integraal gemouleerd en uiteindelijk in natuurlijke hydraulische kalkmortel geëstampd of gestampt. Hierbij werd dus de vormtaal van de oude restauraties gerespecteerd, alleen werd het vervangen in een meer compatibel materiaal.



**Figuur 26.** Maria met Kind. Afgietsel in kalkmortel. Lange Ridderstraat, hoek Muntstraat Antwerpen. Foto Studio Steen, Antwerpen.



**Figuur 27.** Madonna met schaap. Wit marmeren exemplaar. Provinciaal Museum Sterckxhof, Antwerpen. Foto Studio Steen, Antwerpen.



**Figuur 28.** Madonna met schaap. Avendersteen exemplaar met plastische aanvullingen in natuurlijke hydraulische kalk. Kanonstraat, hoek Meistraat, Antwerpen. Foto Studio Steen, Antwerpen.

In de overblijfselen van de verdwenen voetplaat werden nog punten van een maansikkel gevonden. Daardoor rees het vermoeden dat deze Madonna op een wereldbol stond. Helaas kon de vorm niet terug gebracht worden wegens ontbreken van verdere gegevens betreffende de vormgeving. Ook in vergelijkend onderzoek naar staande Maria's op wereldbollen werden niet genoeg passende gegevens gevonden om over te gaan op een reconstructie van betreffend onderdeel.

Soms zijn er objecten waarvan wél bekend is wie de beeldhouwer is geweest. Daarbij kunnen afgebroken delen, vaak eindvormen als handen, of ploovallen, wél in een welbepaalde vorm worden aangevuld, omdat een combinatie kan worden gemaakt van aanduidingen van vormen in het beschadigde beeldhouwwerk zelf, en gelijkende vormen in ander beeldhouwwerk van dezelfde beeldhouwer. Ook oude foto's, gravures van het betreffende object helpen mee om richting te geven aan de plastische aanvulling, waardoor de originele weergave van het object beter benaderd kan worden.

#### 7.4.6. Verflagen

In de restauratie van buitenbeelden wordt veel aandacht besteed aan onderzoek van de afwerkingslagen. In de eerder genoemde Madonna van de Stijfseelrui werden alle aangebrachte verflagen ooit verwijderd, vermoedelijk in het kader van een restauratie. Bij de verwijdering werd de Avendersteen ook beschadigd. Bij de recente restauratie werden allerlei oppervlaktebeschadigingen in de steen gevonden die zich niet lieten duiden als kasporen binnen het beeldhouwwerk. Vermoedelijk werd het pakket verflagen er af gehaald met een mes.

Op de Madonna van de Paradijsstraat werden meer dan vijftig verflagen geconstateerd; een verpakkend met grote craquelures door spanningsverschillen en buitenomstandigheden. Hierdoor



laat zo'n pakket op veel plaatsen volledig los van de Avendersteen, vaak met een holte van 0,1 tot 0,5 cm tussen steen en verfpakket waardoor de eerste, originele lagen verf, op vele plaatsen niet behouden kunnen blijven. Deze madonna had in de 33ste laag een gouden hand gekregen.

De hoeveelheid verflagen en de samenstelling daarvan geven een indicatie over de ouderdom van het sculptuur. Zoals op een andere Maria waar de aanwezigheid van ongeveer 30 lagen zuivere loodwitverflagen duiden op verflagen van vóór 1843 (ontstaan van zinkwit). Via EPMA werd vastgesteld dat het zinkwit werd gebruikt vanaf één derde van de dikte van het hele verfpakket van 110 lagen, vanaf de 33e laag. Ook oudere restauraties kunnen door het tellen en analyseren van verflagen zowel boven als onder de aanvulling soms worden geduid. De rechterhand van dit Mariabeeld, een oude restauratie in gips, had tussen het origineel en de gerestaureerde hand een verfpakket. Bij onderzoek hiervan werd de opeenvolging van een aantal zuivere loodwitlagen vastgesteld zoals op de rest van het Mariabeeld. De hand bleek een toevoeging van vóór 1843. Een middel- en wijsvinger werden met mortel gerestaureerd. Aan de hand van het aantal verflagen onder de mortel en de aanwezigheid van zinkwit in de verflagen werd de restauratie gesitueerd in de tweede helft van de 19e eeuw.

Algemeen voor buitensculpturen met veel verflagen kan worden gesteld dat het onderzoek en verwijderen van een pakket verflagen tot een gedefinieerde laag veel tijd kost, ook omdat de verflaag door de enorme craquelures erg lacunair is en bij verfpakketten omringd door lacunes de gedefinieerde laag opnieuw bepaald moet worden. Voorts is het nodig het pakket onder de microscoop te verwijderen, juist om de eerste originele lagen te bewaren. Daarna wordt de steen gereinigd en eventueel ontzout. De lacunes in de verf worden daarna geretoucheerd, op kleur van de bovenste verflaag (vaak de derde of vierde laag). Daarna wordt het geheel vernist met een matte vernis met UV filter. Deze vernis is makkelijk verwijderbaar als een nieuwe bescherm laag met UV filter moet worden aangebracht. Door originele lagen loodwitverf te behouden krijgt het object een genuanceerd wit grijs aspect. Dit verschilt in belangrijke mate van sculpturen waarbij een geheel nieuwe monochrome afwerkingslaag wordt aangebracht in silicaatverf of olie verf (Figs. 29-30).



**Figuur 29.** In de craquelures van het verfpakket zet zich op de steen vuil af. Madonna, Paradijsstraat Antwerpen. Foto Studio Steen, Antwerpen.



**Figuur 30.** Microscopische opname van doorsnede van het verfpakket; links: stratigrafie op verflagenpakket; rechts: doorsnede van verflagenpakket. Madonna Paradijsstraat Antwerpen. Foto Studio Steen, Antwerpen.

#### 7.4.7. Monitoring

Algemeen zou voor gerestaureerde buitenbeelden (in Avendersteen) een monitoringssysteem moeten worden voorzien, bijvoorbeeld via een organisatie als Monumentenwacht. Vroegtijdig ingrijpen kan immers verdere schade voorkomen. Belangrijk allereerst is de controle van de architectuur,

(verstopte dakgoten) en conditie van de luifel en console (corrosie) waarbij ook stofophopingen, en vogelnestjes verdwijnen. De toestand van de beschermingslagen moet worden gecontroleerd op beschadigingen zoals barsten en materieverlies. Voor deze conditierapportages zou het bekend moeten zijn met welke materialen eerdere en latere restauratie zijn gedaan. Rapportages van de huidige restauraties zijn daarin van het grootste belang.

## 8. Besluit

De auteurs van dit artikel hebben zich ten doel gesteld om de Avendersteen onder aandacht te brengen. Waar de steen uit bestaat, waar hij gewonnen wordt, waar hij is gebruikt en wat men kan doen om deze toepassingen te behouden.

Over het gebruik van Avendersteen in de Lage landen is tot nu toe maar weinig gepubliceerd. In Nederland is de steen zelfs lange tijd niet onderscheiden en gehouden voor andere gesteenten. Er bestond zelfs geen eenduidige naam voor het materiaal. Ook aan een duidelijk definitie ontbrak het tot nu toe. Uit onderzoek is gebleken dat de steen een belangrijk materiaal was, met name voor sculpturen en dat het lange tijd gebezigd is. Ondanks het feit dat het materiaal slecht bestand is tegen ons klimaat. Uit het verleden zijn verschillende behandelingen bekend, om de steen te verduurzamen en ook tegenwoordig wordt nog verder gezocht naar een manier om cultureel erfgoed van Avendersteen te behouden voor de toekomst.

Het onderzoek naar deze steen en de toepassingen ervan levert niet alleen gegevens op die interessant zijn voor geologen, maar ook voor restauratoren en kunsthistorici. De eigenschappen van de steen zijn van invloed op de vormgeving van hetgeen ervan gemaakt is. Waardering en conservering van dit cultureel erfgoed kan niet plaatsvinden zonder kennis van de steen.

**Verantwoording.** De Auteurs zijn Uitgeverij Kluwer (Mechelen) zeer erkentelijk voor de toestemming om de oorspronkelijke tekst gepubliceerd in het Handboek Onderhoud, Renovatie, Restauratie (De Naeyer et al. 2008) ten behoeve van dit artikel te mogen gebruiken.

Wij danken de heer Philippe Gayot, Conservateur des Musées, Communauté d'agglomération de la Porte du Hainaut, F-59135 Wallers-Arenberg voor zijn medewerking bij de afdaling in de groeves te Avesnes-le-Sec en voor zijn acties om de herinnering aan dit patrimonium in het herkomstgebied levend te houden. Prof. em. Francis Robaszynski, Faculté Polytechnique de Mons, gaf raad over de stratigrafische ouderdom. Wij danken in het bijzonder het echtpaar Jos en Alfonsine Viaene – Maesschalck (Holsbeek) voor het relaas van hun gedreven onderzoek van de historische bronnen en de band die zij wisten te leggen tussen groeve en monument voor het Leuvense Stadhuis. Meerdere personen droegen door hun werk bij tot het tot stand komen van dit overzicht: arch. D. Vanhove voor de restauratie van de Sint-Mildredakerk te Izenberge, Heuvelland in 2007; diverse auteurs van de vzw Voor Kruis en Beeld i.s.m. de Erfgoedcel Antwerpen voor het historisch onderzoek van de Madonnabeelden in de Antwerpse binnenstad in 2002; Ann Tanti voor de restauratie in de Lange Nieuwstraat te Antwerpen in het kader van haar opleiding aan de restauratieopleiding van La Cambre, Brussel; Jerry Driesen, student Ba 2007/'08, opleiding C/R studio Steen, Artesis Hogeschool Antwerpen voor eigen telling van huisaanduidingen in het Antwerpse.

## 9. Literatuurlijst

BIVERT, B., 1988. Les souterrains du Nord – Pas de Calais. © Bernard Bivert, Cuincy. ISBN 2-950-2930-0-X. 358 p.

BIVERT, B., 1999. Les souterrains du Nord. Nord Patrimoine Editions. 175 p.

CAMERMAN, C., 1961. Les pierres naturelles de construction. Annales des Travaux Publics de Belgique, 1960/61 N. 4, 52 p.

DELATTRE, C. ; MÉRIAUX, E. ; WATERLOT, M. & MARLIÈRE, R., 1973. Guides Géologiques Régionaux. Région du Nord : Flandre Artois Boulonnais Picardie Bassin de Mons. Masson & Cie, éditeurs. 176 p.

DE NAEYER, A.; DE WITTE, E.; DREESEN, R.; DUSAR, M.; ELSSEN, J. & GROESSENS, E., 2008. Technische fiches van natuursteen gebruikt in België (Avendersteen). Kluwer Documenta. Handboek Onderhoud, Renovatie, Restauratie. Aflevering 34, Februari 2008. II.3. Bouwmaterialen. Natuursteen: 105-124.

DUBELAAR, C.W. 1998. Albast. Literatuurstudie naar het voorkomen en de winning van albast uit Midden-Engeland en onderzoek naar de herkomst van enkele 16e en 17e eeuwse Nederlandse albasten sculpturen op basis van vergelijkende geochemische analyse. TNO rapport NITG 98-263-B.

DUSAR, M. & DREESEN, R., 2007. Stenen uit het Mergelland. In: Nijland, T.G. (red.), Authentiek duurzaam / Duurzaam authentiek. Proceedings 2<sup>o</sup> Vlaams-Nederlandse Natuursteendag. Delft/ Utrecht: 47-87.

FIRMAN, R.J., 1984. A geological approach to the history of English alabaster. *Mercian Geologist*, 9, 3, 161-178.

GERHARDT, M I. (red.), 1988. 'Het testament van Adriaan Bommenee'. Werken uitgegeven door het koninklijk zeeuwsch genootschap der wetenschappen 4.

GUICCIARDINI, L., 1613. Beschrijvinghe van alle de Nederlanden anderssins ghenoeemt Neder-

Duytslandt. Willem Blaeu, Amsterdam.

KUILE, E.H. ter, 1934. Afwerking van gebouwen in vroeger tijd. Bulletin KNOB, vierde serie

LERICHE, M., 1927. La pierre d'Avesnes ("Avendersteen") dans les anciens monuments de la Belgique. Bulletin de la Société belge de Géologie, 37. 65-71.

MAESSCHALCK, A. & VIAENE, J., red., 1979. Mensen en bouwkunst in Boergondisch Brabant. Het stadhuis van Leuven. Arca Lovaniensis 6 : 9-255.

MAESSCHALCK, A. & VIAENE, J., 1997. Le maître des ouvrages, Mathieu de Layens et l'ancien comté du Hainaut. Actes du X<sup>e</sup> Colloque International de Glyptographie du Mont-Sainte-Odile (France) du 4 au 9 juillet 1996. Centre International de Recherches Glyptographiques, 10: 309-370.

MAESSCHALCK, A.; VIAENE, J. & VIAENE, B., 1998. De bouw van het stadhuis te Leuven in de 15e eeuw. Een ooggetuigenverslag. Elektronische publicatie van de Stichting Jan Speelberch, vzw (Holsbeek).

Mairie de Lézennes, le Comité de la Pierre, 2001. Les carrières souterraines de Lézennes: un site géologique et historique remarquable. [www.lezennes.com/moteur.htm](http://www.lezennes.com/moteur.htm) [consultatie 01-2009]

NIJLAND, T.G., DUBELAAR, W. & H.J. TOLBOOM, 2007. De historische bouwstenen van Utrecht. In : Dubelaar, W. (red.) Utrecht in steen. Historische bouwstenen in de binnenstad. Utrecht. p. 31-110. .

PEETERS, C. 1985. De St.Janskathedraal te s'-Hertogenbosch. uitgever ?

ROBASZYNSKI, F.; DHONDT, A.V. & JAGT, J.W.M., 2001. Cretaceous lithostratigraphic units (Belgium). In: Bultynck & Dejonghe, eds., Guide to a revised lithostratigraphic scale of Belgium. Geologica Belgica 4/1-2 : 121-134.

SALAMAGNE, A., 1991. L'approvisionnement et la mise en oeuvre de la pierre sur les chantiers du sud des anciens Pays-Bas méridionaux (1350-1550). In : Carrières et constructions en France et dans les pays limitrophes. Actes du 115e Congrès National des Sociétés Savantes, Avignon, 9-12 avril 1990 Paris, Editions du Comité des Travaux historiques et scientifiques, Colloque 7: 79-91.

SALAMAGNE, A., 1993. La fourniture et la mise en oeuvre de la pierre sur les chantiers du Hainaut méridional, du Cambrésis et du Douaisis (XIIe-XVIe siècles) : état de la question et problématiques. Centre International de Recherches Glyptographiques. Actes du VIIIe Colloque International de Glyptographie d'Hoepertingen, 29.6-4.7.1992 : 363-390.

SALAMAGNE, A., 1994. Production et commercialisation de la pierre dans les Pays-Bas méridionaux (Hainaut-Cambrésis, Douaisis et Tournaisis) au Moyen Age. 119e Congrès National des Sociétés d'Histoire Scientifique, Amiens 1994. Carrières et Constructions III : 87-101.

SCHERFT, P. e.a., 1988. Het 'Testament' van Adriaan Bommenee. Praktijkervaringen van een Veerse Bouw- en waterbouwkundige uit de 18e eeuw. Koninklijk Zeeuwsch Genootschap der Wetenschappen, Middelburg.

SCHITTEKAT, P., 1966. Trésors sous le sable. Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. 131 p.

SCHULTE, A.G., 1994. De Grote of Eusebiuskerk in Arnhem. Utrecht.

STEYAERT, J.W., TAHON-VANROOSE, M. & BLOCKMANS, W., 1994. Laat-gotische beeldhouwkunst in de Bourgondische Nederlanden. Gent.

TOLBOOM, H.J. & C.W. DUBELAAR, 2009. Avendersteen. In : Bulletin KNOB (in voorbereiding).

TOLLENAERE, L., 1957. La sculpture sur pierre de l'ancien diocèse de Liège à l'époque romane. Publication extraordinaire de la Société Archéologique de Namur, Ed. Duculot.

VANHELLEMONT, Y., 2004. De restauratie van het Martelarenmonument te Leuven. WTCB-Dossiers 2004/2 nr 1, 4 p.



## **GEODIVERSITEIT WEERSPIEGELD IN HISTORISCHE MONUMENTEN: VLAAMSE NATUURSTEENLANDSCHAPPEN ALS GEOTOERISTISCHE TREKPLEISTER**

Michiel DUSAR<sup>1</sup> & Roland DREESEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen - Belgische Geologische Dienst, Brussel, michiel.dusar@natuurwetenschappen.be*

<sup>2</sup> *VITO, Grondstoffen, Mol, roland.dreesen@vito.be*

(4 figuren, 2 fotoplatten)

**Samenvatting.** Het bouwkundig erfgoed in Vlaanderen vertoont een grote verscheidenheid aan streekeigen natuurstenen wat wijst op maximale benutting van het lokale potentieel aan stenige bouwmaterialen. De grote variabiliteit in uitzicht en duurzaamheid van de natuursteen verwijst naar verschillende gebeurtenissen in de geologische geschiedenis. Natuurstenen zijn aldus dragers van geodiversiteit. Zij zijn van uitzonderlijk belang wanneer zij de enige informatiebron over hun geologische oorsprong zijn, wanneer natuurlijke voorkomens van die steensoort uitgeput of niet meer bekend zijn. Hun regionale spreiding is een weerspiegeling van het geologisch substraat en van oude transportroutes. Zo kunnen van oost naar west en van zuid naar noord verschillende natuursteencombinaties herkend worden die in natuursteenlandschappen gegroepeerd kunnen worden en het bouwkundig erfgoed typeren. De relatie geologisch substraat – gebruik als bouwsteen is het duidelijkst bij de oudste gebouwen en vervaagt naarmate de technische vooruitgang en verruiming van transportcapaciteit exploitatie en gebruik zal beperken tot enkele hoogwaardige producten. Met de globalisering verliest natuursteen zijn betekenis als verwijzing naar lokaal landschap en geschiedenis. Geologische monumentenroutes, eventueel gekoppeld aan groeventochten, vormen een aanvulling op cultuurhistorische of bouwhistorische gidsen, waarin de beschrijving van de natuursteen maar summier aan bod komt. Zij ondersteunen het belang van authenticiteit in het monumentenbeheer maar vormen terzelfdertijd een mogelijkheid voor geologische ontdekking in een geurbaniseerde omgeving.

**Sleutelwoorden:** geo-erfgoed, streekeigen natuursteen, stedelijke geologie.

**Abstract.** *Geodiversity as an intrinsic property of historical monuments: geotouristical value of historical building stone landscapes in Flanders.* Northern Belgium (Flanders) consists of generally unconsolidated Mesozoic to Cenozoic strata, practically devoid of exposure. However, most cohesive rocks have been intensely quarried for local use as building stone and the link between the built environment and the geological substrate is evident. The Meso-Cenozoic consolidated beds possess highly variable lithological and petrophysical properties, contributing to the geo-diversity. Buildings containing particular stone types, of which natural outcrops or quarries are no longer known, can be regarded as artificial or virtual quarries. The distribution of historical building stones in the monuments is clearly related to their exploitation areas: cultural diversity follows geo-diversity. Most stone types only occasionally used as building material are not recorded beyond the area of their natural occurrence, whereas stone types of more commercial value extend from stone-rich to stone-poor areas, mostly going downriver. The regional distribution of different stone types allows to define natural stone landscapes which generally consist of one dominant stone type with associated stone types of lesser importance but equally characteristic. The only way to preserve the building stone is to increase public awareness and to provide access to information on the indigenous historical stone types. This public awareness can be triggered by setting up geological walking trails and biking routes, where natural and cultural history are combined in the stories told by the natural stones of a monument.

**Keywords:** geoheritage, local building material, urban geology.

## 1. Inleiding

In tegenstelling tot Wallonië, waar overwegend oude en harde gesteenten aan de dag treden en er een levendige bouwsteenindustrie bestaat, rust Vlaanderen op overwegend jongere, niet-verharde afzettingen, die onder slib en bodem verborgen blijven: vandaar dat de Vlaamse bouwen restauratiesector minder geconnecteerd is met de onderliggende geologie. Ondanks grote verschillen tussen Vlaanderen en Wallonië in het geologische landschap en de wijze waarop daar nu mee wordt omgegaan, werden overal, zelfs in Vlaanderen, harde of coherente steenbanken intensief ontgonnen als lokale bouwsteen, waardoor er in beide landsgedeelten toch een sterke historische band bestaat tussen het bouwkundig erfgoed en het geologische substraat.

Waar niet voorbijgegaan kan worden aan het gegeven dat natuursteen sterker vertegenwoordigd is in het Waalse bouwkundig erfgoed en trouwens dominant aanwezig is in de mooiste Waalse dorpen ([www.pbvw.be/](http://www.pbvw.be/)), bezit het Vlaamse bouwkundig erfgoed toch specifieke kenmerken in zijn natuursteengebruik.

Vooreerst worden de Vlaamse monumenten vooral gekenmerkt door de z.g. witstenen, roomkleurige tot geelgroene, zachte kalkrijke stenen van relatief jonge Meso-Cenozoïcum ouderdom (minder dan 80 miljoen jaar oud). In Wallonië, en zeker vanaf de Hene - Samber – Maas as, domineren grijs getinte, harde gesteenten die van hogere Paleozoïsche ouderdom zijn (meer dan 300 miljoen jaar oud). Witstenen verlichten een gebouw, oude gesteenten geven een indruk van soliditeit. In vergelijking met de volledig verharde oudere Paleozoïsche rotsformaties, die daardoor meer homogene natuurstenen produceren, werden de jongere Meso-Cenozoïsche steensoorten onder variabele omstandigheden versteend, waardoor ze meer heterogeen van uitzicht en kwaliteit zijn. Textuur en structuur van een natuursteen vertellen veel over het milieu waarin hij is ontstaan; omgekeerd is dit ook bepalend voor de verdere evolutie van de steen. Witstenen zijn daarom onvoorspelbaar en verrassend veelzijdig.

## 2. Geodiversiteitswaarde van natuurstenen monumenten

Natuurstenen aanwezig in historische gebouwen bezitten cultuurhistorische erfgoedwaarde als verwijzing naar het tijdperk waarin het monument werd opgericht of naar de mensen die de steen en het gebouw hebben vormgegeven (bijv. Doperé, 1997, 1998; Maesschalck et al., 1998). Bovendien dragen de meest bekende bouwstenen, zoals de Ledesteen, de Diestiaan-ijzerzandsteen of de Doornikse steen, bij tot de faam van de plaats of de streek waar zij gewonnen werden en zijn de locaties van vroegere groeven voorwerp van heemkundige studies en streektoerisme (bijv. De Smet et al., 2003; De Wint et al., 1983; Vermoesen, 2003; RLNH, 2007; Groessens, 2008). De invloed van materiaalkenmerken op de technische uitvoering, en daarmee ook een streekgebonden verankering van de architectuur, wordt erkend (bijv. Camerman & Rolland, 1944; Doperé et al., 2003). Natuursteen bepaalt architecturale trends: zo kan men in Vlaanderen natuursteen-gerelateerde stijlen onderscheiden, waaronder de Demergotiek (ijzerzandsteen), de Brabantse gotiek (Ledesteen), de Scheldegotiek (Doornikse steen), de Maaslandse gotiek (Maastrichtersteen) en de Maaslandse renaissance (Maaskalksteen en Maastrichtersteen) (bijv. Doperé et al., 2003; Spijkerboer, 2001). Natuurstenen zijn daarmee een visueel sterke component die de ‘geest van een plek’ gestalte geven (English Heritage, 2000).

Natuurstenen dragen niet alleen cultuurhistorische of bouwhistorische betekenis maar ook een natuurhistorische. Natuurstenen in monumenten vormen een geosite ‘op verplaatsing’, een virtuele groeve. Geosites (of geotopen) zijn onderdelen van een landschap die de geschiedenis van de aarde weergeven en getuigen van gefossiliseerd leven, gewezen ecosystemen en klimaat. Zij tonen geodiversiteit, m.a.w. verschillende soorten van gesteenten en gesteentevormende processen (biologische accumulatie, sedimenttransport, fysicochemische of diagenetische reacties,



bergvorming, bodemvorming, verwerking en erosie, ...) die de vele interacties en evolutie van het systeem Aarde illustreren. Een geosite is een versteend archief, een venster op een of meerdere gebeurtenissen in de geschiedenis van de Aarde (Ellis et al., 1996). Geosites met een nuttige grondstof, als bouwsteen bijvoorbeeld, bezitten ook een culturele component. Zij getuigen van menselijke arbeid, gaande van opsporing en selectie, mijnbouw, de afwerking door steenhouwers en het ontwerp van de bouwmeesters (cf. supra). Daarmee zijn ze onvervangbare schakels voor een beter begrip van de geologische opbouw en de menselijke geschiedenis.

Natuurstenen zijn evengoed als natuurlijke ontsluitingen of steengroeven voorbeelden van geodiversiteit. Zij vormen een getrouwe weergave van de geologische processen die tot vorming van harde banken hebben geleid. Door het effect van eeuwenlange blootstelling aan weer en wind (differentiële verwerking), zullen steenkenmerken zoals sedimentaire structuren, mineralen en fossielen zelfs beter gecontrasteerd in gebouwen of monumenten ontsloten zijn. Voor geodiversiteitsexpressies die in de natuur niet meer voorkomen zijn het zelfs onmisbare ankerpunten. Behoud van oorspronkelijke diversiteit in natuursteen is daarmee ook een - soms essentiële - bijdrage tot geoconservatie, het behoud van geodiversiteit tot lering van de huidige en toekomstige generaties. Uit een systematische inventarisering van natuursteen in historische monumenten in de provincie Limburg (Dreesen et al, 2001; Dreesen & Dusar, 2005) bleek dat hoofdzakelijk in Romaanse gebouwen zeldzame soorten natuursteen bewaard zijn gebleven, terwijl hun natuurlijke ontsluitingen of historische ontginningsplaatsen inmiddels lang verdwenen of vergeten zijn. Verlies of vervanging komt dan neer op verdwijning, zoals een diersoort die uitsterft. Deze gebouwen zijn dus unieke locaties, als stille getuigen van vergane en veelal onbekende glorie. De natuursteendiversiteit die ze bevatten heeft voldoende zeldzaamheidswaarde om beschermd en bewaard te worden voor de toekomst.

Dit is geen vanzelfsprekende opdracht. Behoud van historische natuursteen is weliswaar in het streven naar authenticiteit als norm verheven: "A monument is inseparable from the history to which it bears witness and from the setting in which it occurs. The moving of all or part of a monument cannot be allowed except where the safeguarding of that monument demands it or where it is justified by national or international interest of paramount importance." (Art. 7, Charter van Venetië, 1964). De praktijk is wel even anders geweest: gemakzucht, duurzaamheidsoverwegingen en vooral prijs deden grijpen naar (ingevoerde) standaard-vervangstenen. Karel Breda hekelt zo het 'Massangitis' tijdperk, de systematische vervanging van diverse witstenen (maar evengoed de vroegere vervangstenen) door een voordien amper bekende Franse natuursteensoort (Breda, 2005). Maar evengoed hadden wij 100 jaar eerder reeds kunnen spreken van 'Euwillitis'. Het feit dat er nog zoveel sporen van oorspronkelijk natuursteengebruik bewaard zijn gebleven hebben wij feitelijk te danken aan de omgekeerde toepassing van diezelfde praktische overwegingen: in vorige eeuwen was het gemakkelijker en goedkoper te recycleren dan over verre afstand aan te voeren (Dusar, 2005).

Ondanks goede basisprincipes blijft de diversiteit aan streekeigen producten onder druk staan. Veel stenen in onze historische monumenten zijn immers eeuwenoud, aangetast door verouderingsprocessen maar niet noodzakelijk versleten. Ouderdom neemt de volheid weg van de steen, laat krassen en littekens na, en doet de behoefte aan remediërende behandelingen stijgen. Onvoldoende kennis van de intrinsieke eigenschappen van een steen leidt onvermijdelijk tot ondoordachte of te harde ingrepen. Zo worden kolonisaties door algen, mossen en lichens vaak als onaanvaardbaar beschouwd, terwijl ze bepaalde gevoelige steensoorten (bijvoorbeeld kalktuf) juist beschermen tegen meer agressieve vormen van aantasting zoals sulfatatie. Tekenen van verval worden enkel geapprecieerd in zuidelijke toeristische oorden, maar worden vanuit een overdreven netheidsyndroom niet geduld in eigen land: 'de schoonheid van het verval heeft de toekomst. Wie aan progressieve ruimtelijke ordening wil doen, moet sommige plekken en gebouwen simpelweg

met rust laten' (Co Verdaas, 2007). Zo oogt een meelzak verweringsvorm, typisch voor Ledesteen of Brusseliaanse steen nogal rommelig en wordt al snel vervangen door een nieuwe steen met regelmatige vlakken en scherpe hoeken, bij voorkeur in Massangis. Het opruimen van oude stenen, die dikwijls de hoogste geodiversiteitswaarde bezitten, gaat onverminderd voort.

### 3. Historische evolutie

Alhoewel het gebruik van natuursteen als bouwmateriaal reeds door de Romeinen werd geïntroduceerd, dateren de oudste nog functionele gebouwen uit de 10e eeuw. Vanaf dan bestaat er een continu register van monumenten gebouwd in natuursteen. Het gebruik van natuurlijke bouwstenen en vervangstenen werd sterk bepaald door hun beschikbaarheid, bestaande technologieën, transportmogelijkheden en modetrends in de architectuur. Er is ook een duidelijke evolutie in de tijd merkbaar van het lokale, zelfs anekdotische gebruik van een breed spectrum steensoorten van heterogene kwaliteit, naar het gebruik van een kleiner aantal soorten die van meer constante kwaliteit zijn en een grotere homogeniteit vertonen.

De band met de lokale ondergrond is overal in Vlaanderen het duidelijkst in de oudste monumenten, die de grootste variatie aan steensoorten en daarmee ook de hoogste geodiversiteit vertonen. Wij mogen ervan uitgaan dat de middeleeuwen zeer goed wisten wat er allemaal in de bodem aanwezig was en dat een materiaal ontgonnen en gebruikt werd wanneer het daartoe enigerlei geschikt werd bevonden, m.a.w. zij maakten optimaal gebruik van wat de natuur te bieden had; indien een materiaal bruikbaar was als bouwsteen zullen zij het opgespoord en ontgonnen hebben. Opvallend is dat deze gedomineerd werden door zandrijke gesteenten, met één grote uitzondering, de Doornikse kalksteen. De gotische monumenten tonen een overgang van solide maar stugge zandrijke gesteenten naar 'witstenen', zachte en beter bewerkbare kalkstenen (kalkzandstenen en kalkarenieten). De renaissance, barok en classicistische monumenten vallen op door het toenemend gebruik van harde kalksteensoorten ('blauwe hardstenen'). Het verbeterde transportnetwerk en de modernisatie teweeggebracht door de industriële revolutie van de 19e eeuw openden nieuwe ontginningsarealen die de steenindustrie geleidelijk aan zijn gaan monopoliseren. Hierdoor verdwenen lokale bouwstenen van de markt met als gevolg dat de variëteit aan natuurlijke bouwmaterialen en hun relevantie als indicator van lokale geodiversiteit werd afgevlakt. Desondanks was het herkomstgebied van natuurstenen in 1950 nog niet groter dan in de Romeinse tijd.

De geografische verspreiding van de natuurlijke steensoorten in historische monumenten is door klassieke transportroutes (voornamelijk waterwegen) duidelijk verbonden met hun ontginningsareaal dat de streekgebondenheid van dit patrimonium onderlijnt. Gesteentetypes die slechts occasioneel werden gebruikt als bouwmateriaal vindt men niet buiten hun natuurlijk voorkomingsgebied terug. Anders is het gesteld met steensoorten van grotere commerciële waarde: deze kennen een uitbreiding vanuit de steenrijke naar steenarme regio's. Deze beweging gaat voornamelijk stroomafwaarts, van het heuvelachtige land met goede toegang tot de ondergrond naar het waterrijke laagland dat zijn stenen zelf moest maken of van elders halen. Heuvelachtige streken zijn immers zwaar bevoordeeld. Niet alleen komen zij meer in het zuiden voor waar oudere, dus over het algemeen ook hardere gesteenten dagzomen, maar door het groter hoogteverschil wordt een superpositie van meerdere gesteentesoorten boven de grondwatertafel aangetroffen, allemaal factoren die de kans op aanwezigheid van goede natuursteen bevorderen. Door differentiatie in natuursteenvoorkomens en transportroutes worden natuursteenlandschappen afgebakend waarvan de typologie bepaald wordt door één dominante, wijd verhandelde regionale steensoort in combinatie met meer gelokaliseerde steensoorten die commercieel minder belangrijk waren maar even karakteristiek zijn.

Na 1950 sloeg de mondialisering toe en is de band van het gebouw met het omgevend landschap vervaagd wat materiaalgebruik betreft. Dit gaat gepaard met een verschuiving in het gebruik van natuursteen, van constructief naar decoratief. Natuursteen vormt nu de bekleding van het gebouw, waardoor belangstelling eerder uitgaat naar materialen met hoge dichtheid en lage onderhoudsbehoefte die in dunne platen kunnen verzaagd worden, de facto naar granietachtige gesteenten. Anderzijds worden lokale natuurstenen, met name de blauwe hardstenen en de harde zandstenen uit Wallonië bij de herinrichting van stads- en dorpskernen en de aanleg van straatmeubilair uit de markt geprijsd door import uit lageloonlanden. Lage vrachtkosten vormen een bijkomende stimulans voor intercontinentale handel. De meest exotische materialen kunnen op iedere willekeurige plaats aangetroffen worden, waardoor zij van enige betekenis ontdaan worden en tot banalisatie van het kunstwerk leiden, ondanks de ogenschijnlijk toegenomen geodiversiteit: dezelfde steensoorten komen immers over de gehele wereld voor. Het is dus niet zozeer een Vlaams probleem, maar wel de globalisering die een bedreiging vormt voor de regionale geodiversiteit en die in de nieuwbouw onomkeerbaar lijkt.

#### **4. Het historische aanbod, een breed spectrum met wisselende geodiversiteitswaarde**

Commerciële overzichten van historische natuurstenen bestonden reeds op het einde van de 19de eeuw; lithologische geïnspireerde overzichten zijn opgemaakt door A.I.Lg. (1947), Gulinck (1949), Camerman (1961), Slinger et al. (1980), Dejonghe et al. (1996), Dreesen et al. (2001), Duser et al. (2009). De geodiversiteitswaarde heeft dan weer te maken met variabiliteit, specificiteit, kwetsbaarheid en verwijzing naar het gebruik. Deze laatste aspecten worden hier nader belicht (zie ook fotoplatten 1-2).

##### ***4.1. De hoofdrolspelers, lokale bouwstenen met commerciële uitstraling en onderschat geodiversiteitsbelang***

De witstenen (Gobertangesteent, Ledesteent, Ieperiaanse steent, Lincent tufsteent, Maastrichtersteent), vuursteent en diverse zandsteensoorten (ijzerzandsteent, veldsteent, kwartsiet) werden op grote schaal ontgonnen en vermarkt. De courante witstenen (Gobertangesteent, Brusseliaanse steent, Ledesteent) vonden hun weg tot in de Noordnederlandse provincies, maar kenmerken door massaal gebruik vooral het herkomstgebied.

De gewezen steengroeven zijn van geologisch, archeologisch of biologisch belang. De winning van sommige soorten gebeurde ondergronds, met als resultaat uitgebreide ondergrondse gangenstelsels die deels op tot heden zijn bewaard. Denken we maar aan de toeristische mergelgrotten in het Mergelland (Belgisch en Nederlands Limburg) waar Maastrichtersteent gedolven werd of aan de “catices” in het noorden van Frankrijk voor de winning van Avendersteent. De enkele toegankelijke groeves zijn echter onvoldoende om het gehele gamma natuurstenen voor te stellen. Vele ondergrondse ontginningen hadden weinig of geen duurzaamheidswaarde, zoals de verticale schachten en kamers voor de extractie van de Gobertangesteent en de tufsteent van Lincent, of van een deel der Brusseliaanse stenen en vuurstenen. Van Ieperiaanse steent is in het geheel niet geweten op welke wijze hij ontgonnen werd, onder- of bovengronds. In alle gevallen zijn instortingen niet denkbeeldig. Dergelijke incidenten verschaffen soms een onverwachte inkijk in oude exploitaties (Duser & Lagrou, 2000; Van Den Eeckhaut et al., 2007). Bovengrondse uitbating van Ledesteent, ijzerzandsteent, veldsteent lieten sporen achter in het landschap zoals prospectieputten, holle wegen en graverijen (ook veldsteent geschikt als bouwsteent kwam waarschijnlijk ook uit groeves, in tegenstelling tot wat zijn naam laat vermoeden). Die verlaten groeves zijn intussen geëvolueerd naar waardevolle natuurgebieden of heringericht als stort of woningpark. Er is groeiende belangstelling in het behoud van steengroeven die een verhaal



kunnen vertellen over mens en landschap (of beter gezegd, die ingeschakeld kunnen worden in de landschapsbeleving en versterking van streekidentiteit, RLNH, 2007).

Natuurstenen gehouwen of gezaagd uit deze steensoorten vertonen daarenboven een breed gamma van textuurkenmerken, of in geologische terminologie "facies", te wijten aan intrinsieke verschillen tussen opeenvolgende steenbanken, laterale wijzigingen in afzettingsmilieu of verticale verschillen binnen éénzelfde steenbank in korrelgrootte en diagenese. Zo kan de fossielvoering opvallende verschillen vertonen. Andere verschillen zijn van mineralogische aard zoals variaties in het gehalte aan de donkergroene glauconietkorrels, de verhouding kwarts/calciet en de korrelgrootteverdeling. Verschillen kunnen ook van diagenetische aard zijn, zoals aantal en grootte van de poriën, aanwezigheid van kiezel- of kalkcement of wisselende verhoudingen van beide. Ledesteen is soms rijk aan kleine nummulieten (Pl. 1 foto's 5, 7) en kalkkokerwormen (Pl. 1 foto 2), soms aan afdrukken van slakkenhuisjes (gastropoden van het 'turritella'-type, Pl. 1 foto's 3-4), soms aan oesterschalen. Ledesteen kan grof (tot max 1-2 mm) of meer fijnkorrelig bioklastengruis bevatten, al dan niet voorzien zijn van nesten in melkkwarts-granule. Ieperiaanse steen kan zeer rijk zijn aan grote platte nummulieten die gehele compacte steenbanken kunnen opbouwen of die enkel als dunne laagjes of losse slierten in minder compact kalkzand voorkomen (Pl. 1 foto's 6, 8). Maastrichtersteen is naargelang zijn herkomst rijk aan zee-egels (Pl. 2 foto 6) of aan kalkkokerwormen en oesters (Pl. 1 foto 1). Dezelfde fossielen kunnen voorkomen in de begeleidende kiezelrijke gesteenten silex (Pl. 2 foto 5) en tauw. Tufsteen van Lincet kan al dan niet een opstapeling van holle kiezelsponsnaaldjes vertonen. Diestiaan-ijzerzandsteen kan doorwoeld zijn door kluwen van wormgangen, en al dan niet limonietconcreties met holle kern in wisselende maten en concentraties vertonen (Pl. 2 foto's 1-2). Visueel onderscheid tussen Brusseliaanse steen en Gobertangesteent is gebaseerd op het overvloedig voorkomen van ronde zandgevulde graafgangen van een kreeftje, die de regelmatige kalklaminaties (eikenhout textuur) verstoren in deze laatste steensoort. Mineralogische en diagenetische kenmerken laten toe om Brusseliaanse steen en Ledesteen van elkaar te onderscheiden of verschillende types van veldsteen en Ledesteen te herkennen. Analoge mineralogisch-diagenetische verschillen wijzen ook op het bestaan van verschillende duurzaamheidstypes bij ijzerzandsteen maar een deugdelijke verklaring hiervoor is nog niet gevonden. Al deze geodiversiteitsvariëaties hebben invloed op kleur, hardheid, verwerking, of op het algemeen uitzicht van de steen, en zo ook van het gebouw. Die variabiliteit tussen de bouwstenen is beduidend groter dan wat kan worden waargenomen in de resterende groeves, zo ze nog bestaan (bijv. Tiense kwartsiet en veldsteen met sporen van doorworteling en/of wortelhout, Pl. 2 foto's 3-4).

#### <- Fotoplaat 1

Foto 1. Sibbesteen vol kalkkokerwormen, restauratiemateriaal voor Maastrichtersteen in de Landscommanderij Alden-Biesen (foto R. Dreesen).

Foto 2. Ledesteen met nest van kalkkokerwormen. Barokke St.-Annakerk Bottelare (foto R. Dreesen).

Foto 3. 'Vlaamse arduin', blauwachtige Ledesteen vol holtes nagelaten door opgeloste schelpen, waarvan de buitenafdruk goed waar te nemen is ('turritella'). Vervangsteen uit groeve Verlee te Balegem (foto R. Dreesen).

Foto 4. 'Vlaamse arduin' met kleine nummulieten en 'turritella' afdrukken. Gotisch deel van St.-Michielskerk Hekelgem, zonder merkbaar kwaliteitsverlies t.o.v. groevefrisse steen (foto M. Duser).

Foto 5. Plintlijst in Ledesteen met kalkkokerwormen en serpula, op Doornikse steen. Classicistische St.-Amanduskerk Gavere (foto M. Duser).

Foto 6. Plintlijst in nummulietenkalksteen (Ieperiaanse steen) tussen bergsteen. Gotisch deel St.-Apolloniakerk Elst (Oost-Vlaanderen) (foto M. Duser).

Foto 7. Ledesteen met regelmatige stratificaties, gevolgd door slierten van kleine nummulieten. Gotisch deel van St.-Michielskerk Hekelgem (foto M. Duser).

Foto 8. Ieperiaanse steen met schuine gelaagdheid en afgesneden nummulietenkalksteenlaag Gotisch deel St.-Apolloniakerk Elst (Oost-Vlaanderen) (foto M. Duser).



#### 4.2. De mindere goden, om te koesteren als bronnen van geodiversiteit

Weinig voorkomende natuursteensoorten zoals kalktuf, ijzeroer, schilfersteen, Potamideskalksteen, tauw of zoetwaterkwartsiet hebben een zeer nauwe band met de ondergrond waarop ze worden aangetroffen. Het gaat hier over gesteenten die maar uit één geologische bron bekend zijn (bijv. schilfersteen of Potamideskalksteen), als nevenproduct van kalksteen- of vuursteenwinning werden gevonden (tauw), als getuigensteen zijn achtergebleven en daarenboven moeilijk bewerkbaar zijn (zoetwaterkwartsiet), of delicaat in behandeling zijn (zoals kalktuf en ijzeroer die wel over een groter areaal kunnen worden gevormd maar nog moeten verharderen na extractie). Ze zijn evenwel erg typerend voor een bepaald gebied en/of bouwperiode. Zij vertegenwoordigen afwijkende families van gesteenten als resultaat van geologische processen die niet bij de vorming van de witstenen te berde komen. Zo zijn de zoetwaterkwartsieten het resultaat van plotse zeespiegelwijzigingen en klimaatfluctuaties en van hieruit voorkomende bodemvormingsprocessen (kiezelrijke duricrusts, n.l. silcretes). Potamideskalksteen is een ongeloofwaardig gesteente, een mergelige schelpenlaag (coquina) die op de steile hellingen van Vliermaal (Vochtig Haspengouw) in een beperkt aantal blokken weervast blijkt te zijn. Tauw ligt op het front tussen verkalking en verkiezeling, een front dat aangetrokken werd door poreuze fossielgruislagen die daarmee ook goed bewaard werden. Schilfersteen is het resultaat van oeroude geologische processen zoals bergvorming en metamorfisme, misschien banaal in oude bergmassieven zoals Schotland of Bretagne, maar heel uitzonderlijk voor Vlaanderen. Zo is er één plek in het Pajottenland waar dit metamorf gesteente aan de dag treedt terwijl het elders ook wel voorkomt maar dan wel op honderden meters diepte (net zoals de Limburgse Carboonzandstenen uit het Luikse komen waar de steenkoollagen aan de dag treden, terwijl dezelfde gesteenten in Limburg zelf ook voorkomen maar dan op honderden meters diepte en er in de steenkoolmijnen tijdelijk ontsloten werden). Omgekeerd zijn kalktuf en ijzeroer geologisch gezien uiterst jonge gesteenten (max. 10 000 jaar oud) die uit een bio-geologisch proces neerslaan. Verder uitgroeien tot bouwsteenkwiteit was evenwel enkel mogelijk in een pristiene omgeving zonder ecosysteemverstoring door de mens, meteen een duidelijke vingerwijzing naar de grote impact van onze maatschappij op de natuur. Beide steensoorten kunnen ook nog een ander verhaal vertellen: ijzeroer als materiaal dat de moderne landbouwcultuur in de Kempische beekvalleien in de weg stond en opgeruimd moest worden maar nog een bestemming kreeg als ijzererts, kalktuf dat het Romeinse travertijn zeer nabij staat en door de Romeinen hier integraal afgegraven werd zodat voorkomens in latere gebouwen wijzen op spolia, gebruik van Romeinse bouwvallen als een secundaire steengroeve, als een tussenstap tussen de natuurlijke afzetting en de virtuele steengroeve die het huidige monument voorstelt (Bleus, 1984).

#### <- Fotoplaat 2

Foto 1. Diestiaan-ijzerzandsteen met grillige, deels uitgeholde limonietconcreties. Romaanse toren St.-Pieterskerk Pellenberg (foto M. Dusar).

Foto 2. Diestiaan-ijzerzandsteen met plaatvormige limonietconcreties met harde kristallijne wand. Gotische ondermuur St.-Willibrorduskerk Meldert (Limburg) (foto M. Dusar).

Foto 3. Tiense kwartsiet met uitgeholde wortelsporen en versteend hout van wortelstokken. Romaanse toren St.-Jan de Doperkerk Binkom (foto M. Dusar).

Foto 4. Grofkorrelige door glauconiet donkergespikkelde veldsteen met bleekgele mergelige vlekken en holle buisjes vermoedelijk ontstaan als wortelsporen. Gotisch deel St.-Apolloniakerk Elst (Oost Vlaanderen) (foto M. Dusar).

Foto 5. Sillex met steenkern van grote zee-egel van Hemipneustes type. Romaanse St.-Pieterskerk Kortesseem (foto R. Dreesen).

Foto 6. Maastrichtersteen, type kannerblok, met doorsnede van grote Hemipneustes zee-egel en talrijke zee-egelfragmenten. Classicistische parementsteen St.-Quintinuskerk Zonhoven (foto R. Dreesen).

Foto 7. Pouillenay-steen opgebouwd uit stapeling van crinoïden-stengellidjes. De aanwezigheid van grote vijfhoekige stervormige Pentacrinus doorsneden katen toe het onderscheid temaken met Euvillesteen. Neoclassicistische pastorie Noorderwijk (foto M. Dusar).

Foto 8. Savonnières-steen bestaande uit een netwerk van kalkneerslag en –cement rond inmiddels opgeloste oölietkernen en schelpfragmenten. neoclassicistisch oud gemeentehuis Dessel (foto M. Dusar).

Maaskeien vormen zowat de enige inheemse natuursteensoort waarvoor er “onbeperkt” vervangmateriaal beschikbaar is uit de grindgroeven in de Maasvallei of het Kempisch Plateau. Maaskeien zijn onverslijtbaar maar onhandig in gebruik en derhalve vatbaar voor vervanging. Maaskeien in monumenten zijn dus kwetsbaar; echter bieden zij weinig geodiversiteitsmeerwaarde. Ook deze situatie kan keren na stopzetting van de grindwinning en vergroening van het landschap.

#### ***4.3. De hardsteenconnectie, Vlaanderen als aanhangsel van de Waalse geodiversiteit***

Paleozoïsche harde kalksteen (blauwe hardsteensoorten zoals Maaskalksteen, Doornikse steen en Petit Granit) en harde zandsteen (zoals Famenniaanzandsteen) komen niet voor in de ondergrond van Vlaanderen, tenzij op grote diepte. Zij behoren tot de belangrijkste bouwstenen van Wallonië en werden op grote schaal gebruikt Vlaanderen en Nederland. Waar de Romeinen reeds handel dreven in Maaskalksteen en Doornikse steen, hebben Famenniaanzandsteen of Petit Granit de concurrentie pas overvleugeld dankzij de industriële revolutie. Met name Petit Granit is de typische steensoort van de Belgische natiestaat, markant aanwezig in het straatbeeld, ongeveer zoals Ledesteen dé Vlaamse steensoort was, althans in zijn kerngebied, tijdens het hoogtij van de Middeleeuwen. De Maaskalksteen is dan weer kenmerkend voor het Maasbekken, tot in Limburg en Haspengouw toe. De anekdotische voorkomens buiten dit kerngebied onderstrepen juist de wezenlijke bijdrage van deze steen tot het 17de – 18de eeuwse straatbeeld.

Deze wijdverbreide steensoorten zijn zelf divers in facies en kunnen zo bijdragen tot de toename van de geodiversiteit in het Vlaamse gebouwenpatrimonium. Wanneer ze echter ingezet worden als vervangsteen gaan ze eerder diversiteitsverschrompelijk werken. Van deze gesteenten bestaan nog groeven, zij het voor de productie van granulaat of cement. Monumenten zijn niet essentieel voor het behoud van de steen, zeker in Vlaanderen niet, maar bieden wel optimale observatiemogelijkheid.

De Maaskalksteen vertoont het breedste spectrum aan karakteristieke sedimentaire structuren en fossielen, met verschillende faciëstypes die dankzij differentiële verwerking (verschillen in oplosbaarheid) goed te herkennen zijn. De meest opvallende voorbeelden zijn de stromatolieten en de oölietische kalkzanden. Zo stellen witgepatineerde mooi gegolfde kalklaminaties of -bandjes stromatolieten voor die verwijzen naar de constructieve rol van primitieve organismen (blauwgroenwieren) in de samenstelling van de dampkring. Deze organismen zijn quasi identiek aan de eerste levensvormen op aarde (zo'n 3,5 miljard jaren geleden). Viskuitvormige oölieten en knolvormige oncolieten, die vaak met kriskrasgelaagdheid zijn afgezet, hebben de ondiepe tropische kalkzandafzettingen van de Bahama-eilanden als recent analoog. Opvallende zwarte lenzen of knollen onderbreken soms het egale en gladde oppervlak van de Maaskalksteen: chert is het resultaat van een bio-geochemisch verkieselingsproces, vergelijkbaar met dat van vuursteen in krijt.

Petit Granit of Belgische Blauwe Hardsteen komt dan weer uit meer homogene afzettingen, ook al is er een subtiel onderscheid tussen de verschillende bekkens (Henegouwen, centrale Condroz, Ourthe en Amblève). Mechanische bewerkingen zoals boucharderen, frijnen, zoeten of polijsten, brengen verschillende kleurtinten in de blauwe hardsteen naar boven terwijl blootstelling aan weer en wind een patina laat ontstaan. Dit patina laat toe om de Doornikse steen, Maaskalksteen en Petit Granit vrij eenvoudig van elkaar te onderscheiden. Zo valt in talrijke monumenten de sluipende verdringing van diverse kalksteensoorten (Devoonkalksteen op kop) door het succesproduct Petit Granit des te pijnlijker op.

#### ***4.4. Invloed van de oosterburen, van meer cultuurhistorisch dan natuurhistorisch belang***

Duitsland heeft sinds de Romeinse tijd zandstenen en vulkanische gesteenten geleverd. Vulkanische tufsteen en basaltlava uit de tot voor kort (ca 10 000 jaar) vulkanisch actieve Eifel, leveren vlot bewerkbare bouwstenen in vergelijking met de veel oudere Belgische porfier, nochtans topklasse als kassesteen. Dit zijn geologisch zeer interessante gesteenten, verrijkend voor de geodiversiteit.



Het Vlaamse register van Duitse vulkanische steen en zandsteen is echter beperkt in vergelijking met dat van Nederland en dus weinig typerend. Zandstenen werden maar zelden als bouwsteen of parementsteen gebruikt, bijv. het koninklijk Paleis op de Meir te Antwerpen. Ze werden meestal ingezet als restauratiesteen, vooral daar waar de restauratie het Germaans (Rijnlands) karakter van het gebouw kon versterken, maar dan wel ten koste van de oorspronkelijke materialen. In vergelijking met Nederland is Vlaanderen dus weinig gemerkt door Duitse steensoorten, met uitzondering allicht van de basalten molenstenen.

#### ***4.5. Invloed van de zuiderburen, eerder verdringend dan geodiversiteitsbevorderend***

Savonnières en Jaumont zijn twee steensoorten uit noordoost Frankrijk die reeds in Romeinse tijden bekend waren en nog door Merovingers en Karolingers werden geapprecieerd. Het zijn dan ook homogene, gemakkelijk bewerkbare en lichte stenen, dank zij hun opbouw uit holle oölieten. Nadien verdwenen de Franse stenen van de markt tot een eind in de 19de eeuw (Avendersteen wordt hier niet bij de Franse stenen gerekend: tijdens zijn productie en commercialisatie was dit een Zuidnederlandse steen). Hun (her)introductie op de bouwmarkt was een antwoord op de slechte reputatie van de streekeigen witsteen die van de Vlaamse markt verdween (met uitzondering van de Maastrichtersteen die weinig beïnvloed werd door modetrends). Anderzijds vroeg de 19de-vroeg 20ste eeuwse vernieuwing van het gebouwenpark om grote hoeveelheden bleke kalksteensoorten, dikwijls te combineren met Petit Granit. Franse stenen bleken een oplossing met wisselend succes. Tientallen, dikwijls moeilijk te onderscheiden soorten en ondersoorten werden gebruikt, nieuwe soorten worden nog steeds aangevoerd, afhankelijk van de markt. Aanvankelijk was er een duidelijke dominantie voor de Euville (Pl. 2 foto 7), gevolgd door Savonnières (Pl. 2 foto 8). Die soorten zijn intussen weer van het voorplan verdwenen dat nu ingenomen wordt door Massangis (of Vaurion), een tot de 70er jaren nauwelijks gebruikte steensoort. Deze hoofdsoorten vertegenwoordigen goed van elkaar te onderscheiden gesteentetypes met geheel verschillende afzettingssomstandigheden en korrelsamenstelling. Desondanks brengen deze vervangstenen de geodiversiteit weinig baat omdat op de eerste plaats de bestaande, veel uniekere diversiteit aan streekeigen stenen teloor gaat.

#### ***4.6. Globalisering, sterilisering van geodiversiteit***

Het verschijnen op de markt van goed ogende maar vooral goedkopere alternatieven voor blauwe hardsteen en zandsteen dreigt te leiden tot een verdere verschraling van de geodiversiteit in Vlaanderen. Dit proces komt vooral in Wallonië hard aan en leidt intussen tot controverse. De verdringing die reeds met Petit Granit was ingezet gaat onverminderd voort en treft nu ook de Famenniaanzandsteen, de klassieke breuksteen met breed kleurenspectrum die nu door Indische zandsteen uit de markt is geprijsd.

Tegelijk zijn de exotische producten een nieuwe bron van geodiversiteit. Zo is de Chinese blauwe hardsteen opgebouwd uit accumulaties van grote concentrisch gebande kalkbolletjes of oölieten die goed afsteken tegen een bleke achtergrond. De Chinese steen is niet meer weg te denken uit ons straatbeeld en zijn oölietische textuur zal op gladde, gezoete oppervlakken iedere waarnemer opvallen. Vietnamese blauwe hardsteen bestaat uit een mengelmoes van diverse steensoorten, waaronder grofkorrelige kalkconglomeraten met grote crinoïden en echte metamorfe marmers. Een staalkaart van geodiversiteit ligt op het Stationsplein te Leuven. Juist omwille van de afwijkende textuur is het echter niet aangeraden deze steensoorten in te zetten als vervangsteen in monumenten.

## 5. De natuursteenlandschappen van Vlaanderen

### 5.1. De trends

Vlaanderen - en Brussel - kennen meer dan 50 historische natuursteensoorten en nog meer variëteiten die van elkaar verschillen in geografische spreiding, gebruik in de tijd en toepassing in het gebouw (Dusar et al., 2009; Fig. 1-4)). De eerste factor is de geologie, de aanbodzijde die maakt dat steenrijke gebieden ook een rijker natuursteengebouwenpatrimonium bezitten. Een tweede factor is het landschap, ontwikkeld op eenzelfde geologisch substraat, dat zowel voor een goede verdeling van de natuursteen in zijn kerngebied zorgt en het transport naar andere regio's leidt (geografische streken en bevaarbare waterwegen zijn hierbij belangrijker dan politieke afbakeningen). Een derde factor is de verhandelbaarheid, of de steen voldoende robuust en toch gemakkelijk bewerkbaar is en in voldoende hoeveelheid kan worden geproduceerd, en die bepaalt of de steensoort een hoofdrolspeler of een nichespeler wordt. Een vierde factor is de technologie, die leidt tot beperking in de materiaalkeuze, waardoor steeds minder steensoorten die van steeds verder komen op de markt verschijnen.

Als gevolg van dit samenspel van diverse invloeden valt vooreerst op dat er van zuid naar noord een selectieve uitdunning in het natuursteenlandschap gaat optreden; de lokale nichespelers verdwijnen, de commerciële hoofdrolspelers blijven maar worden steeds spaarzamer tussen de baksteen ingezet. Concurrentie en combineerbaarheid spelen een rol. Ledesteen is erin geslaagd om Ieperiaanse steen, waarvan de nummulietenrijke variëteit nochtans superieur is, terug te dringen tot binnen de grenzen van zijn herkomstgebied. Het is niet duidelijk waaraan dit comparatief succes van Ledesteen te danken is: grotere productie, constantere kwaliteit, of gewoon beter management. Natuurstenen kunnen ook in symbiose met elkaar voorkomen. Zo verdragen de dominante, doch poreuze Maastrichtersteen en ijzerzandsteen de aanwezigheid van amper verweerbare silex, respectievelijk ijzeroer, als vochtwerende ondermuur.

Verder is er een verschuiving in natuursteengebruik van oost naar west: Limburg is het territorium van de Maastrichtersteen, Brabant van de Gobertange en Brusseliaanse steen, Oost-Vlaanderen van de Ledesteen. Dit is natuurlijk te eenvoudig gesteld maar zet wel de grote lijnen uit (cf. Gulinck, 1949). Maastrichtersteen kan uitzonderlijk buiten zijn territorium voorkomen, maar blijkt dan zijn voorkomen te danken aan een Limburgs architect. Echter hoe ouder het gebouw, hoe meer kans dat de geografische verspreiding aansluit bij het herkomstgebied en geen uitschieters kent. De natuursteenlandschappen zijn het zuiverst voor romaanse gebouwen en gaan mettertijd vervagen. In de natuursteenlandschappen zullen ook overlappingsen optreden, vooral daar dan waar een rijk aanbod voorhanden is, en gaten voorkomen waar geen enkele natuursteensoort als dominant bestempeld kan worden. Dominantie is een rekbaar begrip. In tegenstelling met Wallonië waar nog gehele dorpen in natuursteen zijn opgetrokken, blijkt in Vlaanderen het gebruik meer beperkt tot de monumenten. Het aandeel natuursteen t.o.v. baksteen blijkt ook vanaf de oudste monumenten stelselmatig te dalen. Romaanse of vroeggotische monumenten zijn met andere woorden echte goudmijnen voor de geodiversiteit. Al onze historische stadscentra zijn evenwel nog rijk aan steen maar niet noodzakelijk met even grote diversiteit. Er is ook steeds voorzichtigheid geboden bij toewijzing van een natuursteen aan een bepaalde periode of bouwstijl. Slechts weinig monumenten zijn gaaf overgeleverd uit de oorspronkelijke bouwtijd door verwaarlozing, brand, storm of oorlog: verbouwing en restauratie compliceren het beeld maar laten doorgaans enige sporen van het oude natuurstenen landschap.

### 5.2. Natuursteencombinaties per provincie

West-Vlaanderen blijkt een baksteenland, zonder dominante aanwezigheid van natuursteen, die doorgaans moest ingevoerd worden. De Westhoek wordt gekenmerkt door het gebruik van Bergsteen (zeer uitgesproken in het Heuvelland), Ledesteen en Oosterbant zandsteen. Het centrum en noorden worden gekenmerkt door invoer uit alle richtingen (met vulkanische tufsteen

uit het Rijnland) als aanvulling op de lokale Veldsteen. De Leievallei verschilt niet veel van de Scheldevallei en vormt al de overgang naar de Oostvlaamse provincie.

Oost-Vlaanderen is rijker aan steen. Het kerngebied van de Ledesteen ligt in het centrale en oostelijke deel van de provincie: hier is Ledesteen zo sterk dominant dat andere steensoorten weinig kans krijgen; elders in de provincie blijft Ledesteen aanwezig. Ieperiaanse steen domineert de zuidelijke Dendervallei met een kleine externe vlek richting Oudenaarde – Kortrijk. In de buurt van Geraardsbergen (zuidelijke Dendervallei) duiken oude steensoorten op (bijv. porfier). Doorheen de provincie loopt een band van Doornikse steen met de Schelde als aanvoerroute. Ten noordwesten van deze band is Veldsteen de enige inheemse bouwsteen. Het Waasland, zonder eigen natuursteen, wordt gedomineerd door Brusseliaanse steen met ook Gobertangesteent. De aanvoerroutes van Doornikse steen en Brusseliaanse steen snijden dus elkaar. Het zuidelijk gedeelte van de Vlaamse Ardennen is een patchwork gebied van Bergsteen, Ledesteen, Ieperiaanse steen, Doornikse steen en Veldsteen.

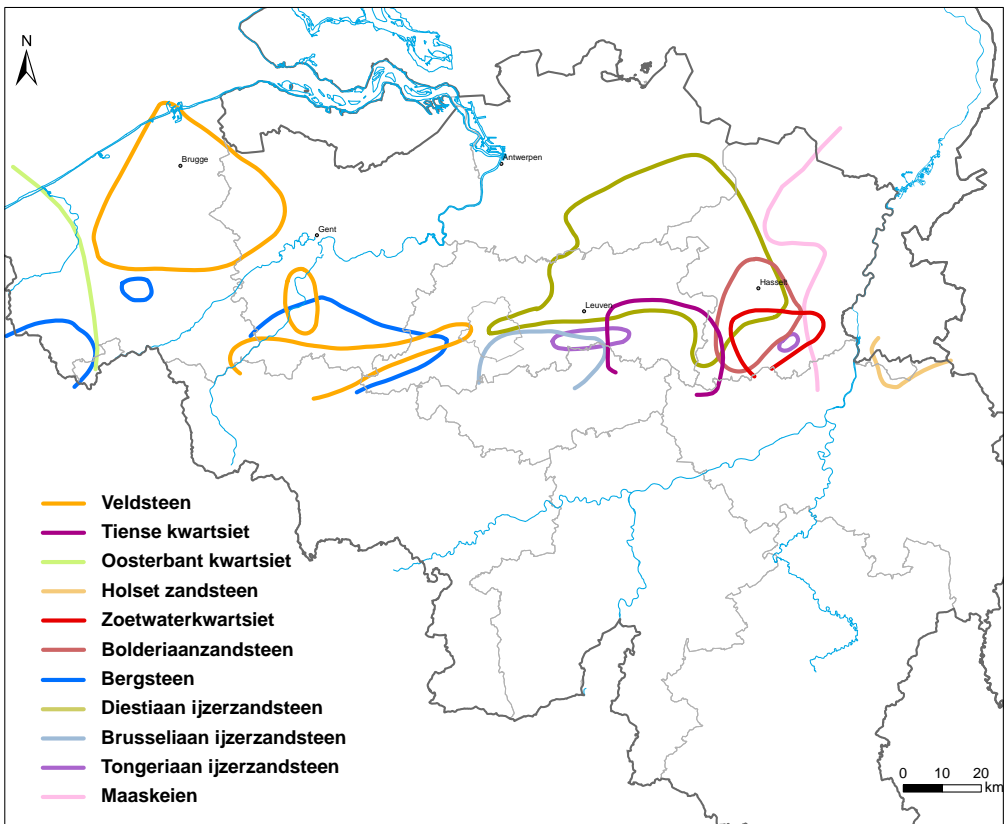
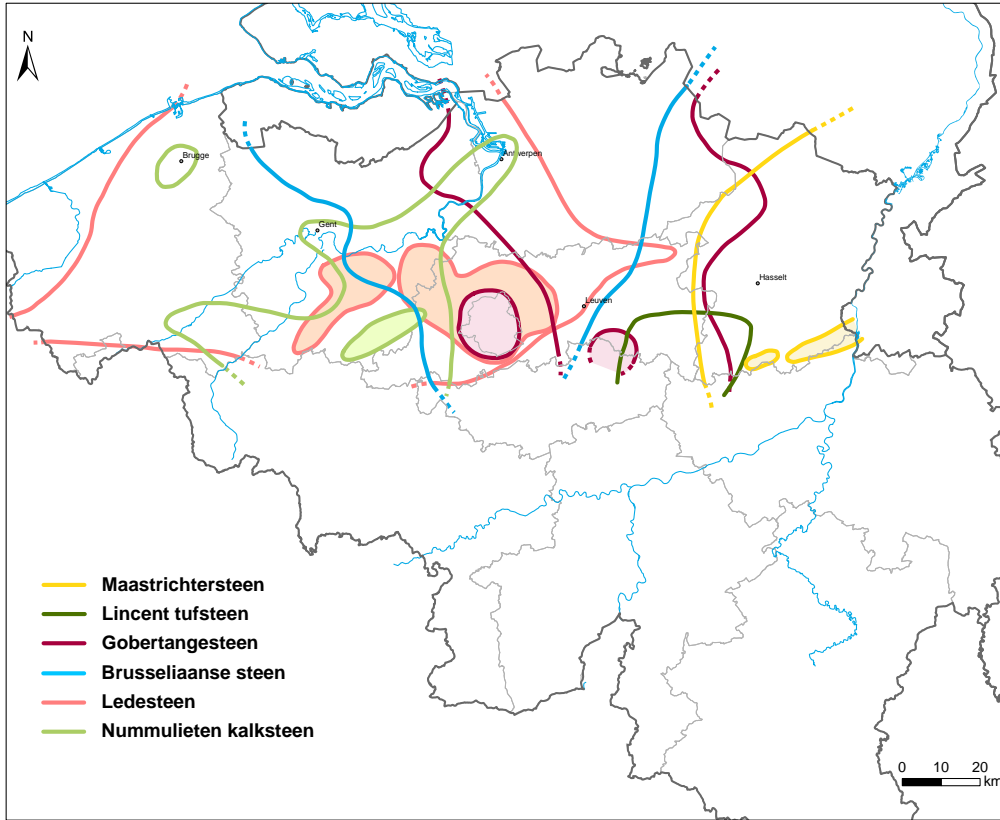
Antwerpen is net als West-Vlaanderen steenarm en zo overwegend baksteenland. Toch is witsteen (zowel Brusseliaanse steen als Ledesteen en een groot aandeel recentere Gobertangesteent) er dominant aanwezig in de stadskernen Antwerpen en Mechelen.

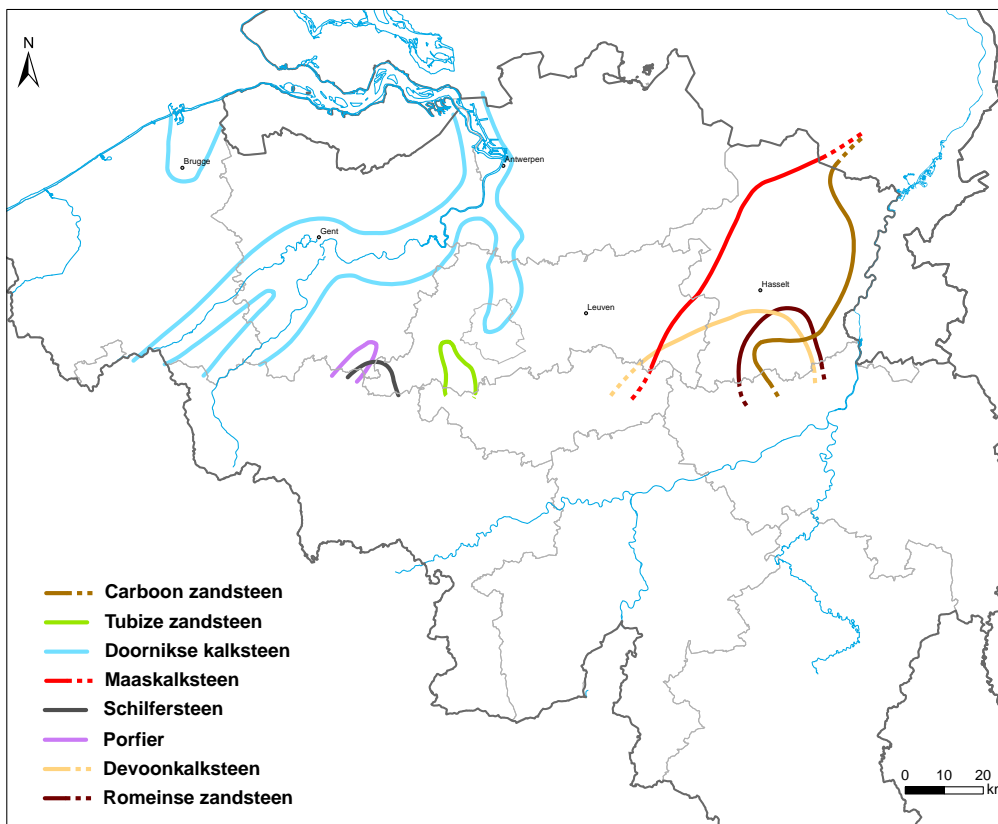
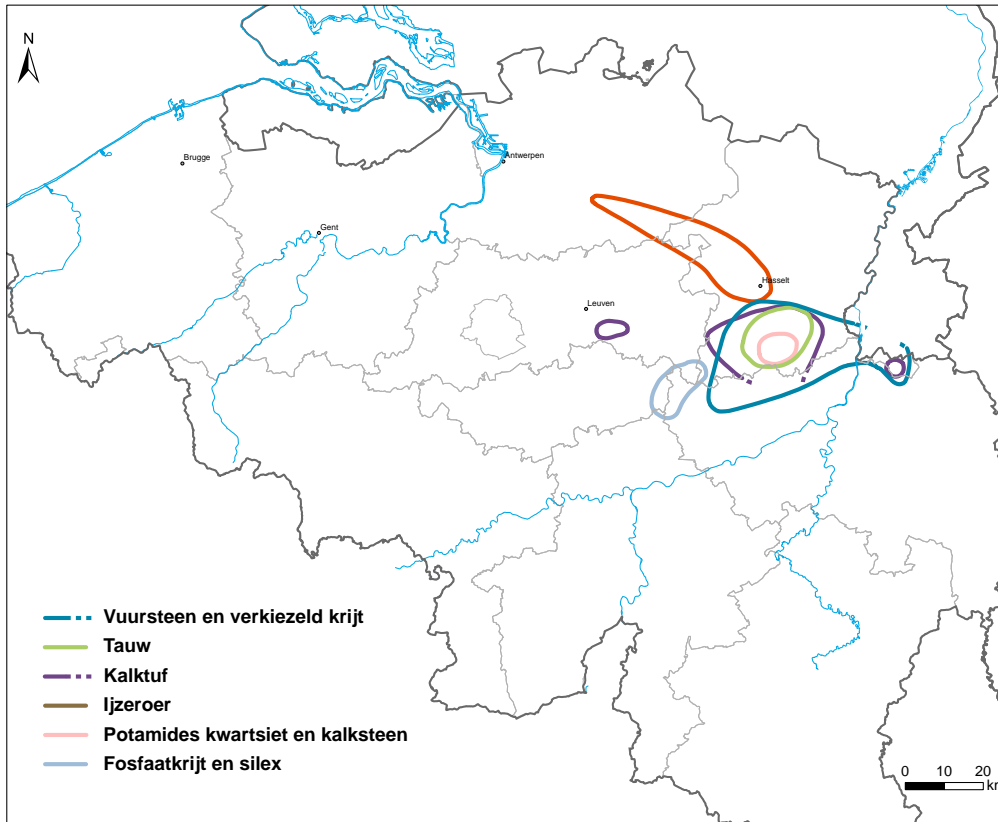
Het zuidwestelijk deel tot Antwerpen – Lier – Herentals sluit aan op het Vlaamsbrabantse kerngebied van de Brusseliaanse steen, gelegen ten zuiden van Mechelen. Brusseliaanse steen komt er voor in combinatie met de Lakense variant van Ledesteen. De centrale en oostelijke Kempen kennen geen dominante steensoort: Gobertange komt er voor samen met ijzerzandsteen en Brusseliaanse steen. Het zuidoostelijk deel met de Zuiderkempen, Demer- en Netevallei, ten oosten van Mol - Herentals – Haacht sluit aan op het Hageland en wordt gekenmerkt door Diestiaan ijzerzandsteen met lokaal ijzeroer.

De as van Doornikse steen zet zich voort langs de Schelde met een uitstulping richting Mechelen tot Brussel. Deze transportroute liep nog verder door naar Zeeland. Er bestaat net als in West-Vlaanderen ook een noordelijke connectie, met tentakels tot Antwerpen en Mechelen, gekenmerkt door aanvoer van Duitse stenen (Bentheimer, vulkanische tufsteen). Antwerpen was tijdens de Renaissance het centrum voor de eerste grootschalige introductie van Petit Granit.

Vlaams Brabant wordt gedomineerd door witstenen, met opeenvolgend van oost naar west Gobertangesteent, Brusseliaanse steen, Ledesteen, maar vormt toch het meest complexe natuurstenen landschap in Vlaanderen. Ten westen van Halle – Brussel – Vilvoorde komt Ledesteen voor in de faciesvariatie die de Dendervallei typeert. Tussen Brussel en Leuven en noordwaarts naar Mechelen domineert Brusseliaanse steen met de Lakense variant van Ledesteen en is er ook aanwezig als rustieke steen in de vernaculaire architectuur. Tussen Tienen en Leuven domineert Gobertangesteent, met sporen van oud gebruik van Ledesteen in de Dijlevallei. In de zuidelijke Dijlevallei tussen Leuven en Waver verschijnen de Brusseliaanse en Tongeriaanse ijzerzandsteen, naast Gobertangesteent. In het zuidoostelijk gelegen Getebekken domineert de combinatie Tiense kwartsiet en Lincet tufsteen met Gobertangesteent, versterkt met uit het zuiden aangevoerde Maaskalksteen en Devoonkalksteen. Zeer lokaal ten zuiden van Landen verschijnt fosfaatkrijt. Het Hageland en dan vooral de centrale as Aarschot –Diest dankt zijn identiteit aan de Diestaan-ijzerzandsteen. In de zuidelijke Zennevallei, in Halle en omgeving, duiken de paleozoische stenen op: Tubizezandsteen van dichtbij, Petit Granit van iets verderaf. Het zuidelijk Pajottenland ten slotte is terug wat meer patchwork gebied, met een lokale invulling van schilfersteen in Herne.

Limburg wordt met uitzondering van de noordwestelijke rand gedomineerd door Maastrichtersteen die vrij nauwkeurig de vroegere grens van het Graafschap Loon volgt. Het kerngebied ligt tussen Tongeren en Maastricht in het grensoverschrijdende Mergelland, waar samen met de Maastrichtersteen ook silex opvallend aanwezig is, zelfs in de vernaculaire





**Figuur 1-4.**

Verspreidingskaartjes van historische bouwstenen in Vlaamse monumenten. Voor de meest voorkomende soorten is onderscheid gemaakt tussen het kerngebied, met dominant gebruik, en het buitengebied, met significant dus geen anekdotisch gebruik.

architectuur. In het Maastrichtersteengebied is er geen overlapping met de typische Vlaamse en Brabantse witstenen zoals Ledesteen of Gobertange (tenzij in recente constructies). Het uiterste westen van de provincie behoort tot het Hageland, het zuidwesten tot het Getebekken. In het Maastrichtersteengebied komen deelgebieden voor, gekenmerkt door secundaire steensoorten. Maaskeien verwijzen uiteraard naar het Kempisch Plateau en het Maasland, ooit het thuisland van de bijna verdwenen Caboonzandsteen. Diestiaan-ijzerzandsteen, ijzeroer en Bolderiaan zandsteen kenmerken het Demerbekken. Het gebied met de grootste natuursteen-geodiversiteit in Vlaanderen is het patchwork areaal van Vochtig Haspengouw, gecenterd rond Borgloon met bovenop de gebruikelijke combinatie van Maastrichtersteen en silex van het Mergelland nog kalktuf, vulkanische tufsteen, Romeinse zandsteen, tauw en zoetwaterkwartsiet. De Voerstreek onderscheidt zich in het Mergelland door veelvuldig gebruik van verkiezeld krijt en een grotere penetratie van paleozoïsche gesteenten die hier en in onmiddellijke omgeving (Val Dieu) aan de dag treden.

## **6. Geo-toeristische initiatieven: respect door kennis, conservatie door respect**

### ***6.1. Verschillende doelgroepen***

Natuurstenen vormen de meest zichtbare dragers van het geologisch erfgoed in de bebouwde omgeving. Door vervaging van de landschapsgrenzen, uitschakeling van natuurlijke afwatering en vergroening van lokale landschapselementen is het platteland al lang geen uitgelezen bron meer voor primaire informatie over de onderliggende geologische structuur, wat het belang van de weliswaar artificiële stedelijke geologie als aanschouwelijke informatiebron alleen maar doet toenemen (Bennett et al., 1996). Tegelijk zijn het bouwstenen van het cultuurhistorische erfgoed. Deze dubbele betekenis weerspiegelt zich in initiatieven tot toeristische valorisatie die kunnen uitgaan van twee alternatieven: de natuursteen als onderdeel van een bouwwerk of als bron van geodiversiteit.

De eerste benadering is cultuurhistorisch en leidt van monument tot monument, daarbij het gamma aan natuursteen presenterend in de volgorde waarin zich dat op het gevolgde parcours aandient. Dit is erg praktisch bij het uitwerken van de routes maar biedt geen geordend overzicht op de steensoorten. Oudere cultuurhistorische en toeristische gidsen bevatten summiere of zelf onjuiste gegevens over de natuursteen, onder andere door veelvuldig gebruik van de term (kalk)zandsteen voor alle witstenen, en beperken zich tot de simpele vermelding van de naam. Cultuurtoeristische gidsen zijn doorgaans goed gedocumenteerd over de bouwgeschiedenis maar zijn meestal niet gefocust op de bouwsteen (bijv. Bergmans et al., 2004, of goede uitzondering op deze regel in Buyle et al., 2004). Geologische natuursteenbeschrijvingen die visuele herkenning toelaten zijn een antwoord op het succes van becommentarieerde thematische stadswandelingen. Dit is een fenomeen dat de laatste jaren opgang maakt, enkele pioniers niet te na gesproken (Dubelaar, 1984). Doelgroep voor dit type van gidsen is het goed opgeleide maar niet gespecialiseerde publiek. De besproken natuursteen moet wel goed zichtbaar, bereikbaar en herkenbaar zijn om de interesse op te wekken voor de aard- en bouwgeschiedenis. Bewoners en toeristen zullen leren dat geodiversiteit een waardevol erfgoedelement is waarzonder de zo zeer geapprecieerde historische steden veel van hun authenticiteit zouden verliezen.

De tweede benadering is natuurhistorisch en vertrekt van een systematische inventarisatie met terugkoppeling naar het kunstwerk. Dit leidt tot een beter begrip en onderscheid tussen de veelheid aan natuursteensoorten, zeker voor de historische streekeigen producten, maar is minder praktische als handleiding onderweg. Combinaties zijn mogelijk met een petrografisch overzicht volgens een systematische steenclassificatie, gevolgd door een doorgaans summiere beschrijving waar die stenen terug te vinden zijn (bijv. Verhofstad & Van den Kompel, 2006 dat het midden houdt

tussen een handboek voor petrografie en een gids voor natuursteen). Dergelijke beschrijvingen richten zich meer op de ‘rockhound’, de amateur-geoloog. Andere beschrijvingen beperken zich tot de historische bouwstenen en/of tot regionaal relevante bouwstenen. Ze zijn meer gericht op erfgoeddeskundigen maar spreken evenzeer een breder publiek aan van natuurliefhebbers en van belangstellenden in het architecturale primonium.

### **6.2. Natuursteen in geologische fiets- en wandelroutes**

Didactische geologische stadswandelingen waarbij natuursteen in het gebouw centraal staat, onderlijnen de hechte band tussen ondergrond en cultuurlandschap. Reconstructies van oeroude landschappen en klimaatsveranderingen van de regio, maar evenzo de historische context en materiële evolutie van het gebouw kunnen zo, via het verhaal dat achter elke steen steekt, aanschouwelijk worden voorgesteld. Zij vinden hun oorsprong in geologische excursiegidsen die gericht zijn op natuurgebieden, geoparken en geologische erfgoedsites in buitengebied. Voorbeelden van stadsgidsen zijn wereldwijd terug te vinden en gegidste wandelingen zitten in de lift, zoals blijkt uit bijvoorbeeld de “Balades géologiques” in Frankrijk, “Cities in Stone” reeks in de UK (<http://www.thematic-trails.org/cities-stone.htm>), Nottingham als geo-centrum in Engeland (Horton & Lott, 2005), on-line natuursteenwandelingen in grote steden (Building stones of Washington walking tour: <http://pubs.usgs.gov/gip/stones/tour.html>) of de “Gesteinskundliche Stadtbummel” in het centrum van Berlijn (Schroeder, 2005), of korter bij huis, de natuursteenontdekkingstochten in Amsterdam, Maastricht en Utrecht (Dubelaar, 1984; Dubelaar et al, 2006, 2007; van de Linden et al., 2006).

In vergelijking met de initiatieven in de buurlanden is Vlaanderen aan een inhaalbeweging toe. Leuke Vlaamse initiatieven zijn de geologische stadswandelingen van Leuven (Gullentops & Bouckaert, 1992; Elsen et al., 2005), Maaseik (Keijers, 1999), Sint-Truiden (Dusar et al., 2003; Dreesen, 2007) en Gent (in druk). De provincie Limburg lanceerde een initiatief van Geologische Fietsroutes waarbij de aandacht van de geïnteresseerde fietser wordt geleid naar het voorkomen en gebruik van streekeigen bouwmaterialen in de historische monumenten langs de fietsroute (Barbier, 2006; Vanholst et al., 2009).

### **6.3. Natuursteeninventarisaties**

Natuurstenen kunnen worden benaderd als geologische objecten met erfgoedwaarde, afkomstig uit een geologische laag, ontgonnen en toegepast in bouwwerken. De band tussen groeve en gebruik is in sommige gevallen duidelijk, ook al is die intussen niet meer actief en is ook de band tussen groeve en restauratiebehoefte in veel gevallen helaas gebroken. Vandaar het gemak waarmee vervangsteen wordt geïmporteerd. Die band in ere houden (zoals voor Maastrichtersteen) of terug herstellen (zoals voor Ledesteen met de groeve Balegem) is een dringende vereiste om de authenticiteit tijdens de restauratie een kans te geven (Goossens, 2008; Elsen & Laga, 2008, naar het voorbeeld van Breda, 2005), in navolging van groevetochten in een tijd dat ontsluiting van het geologisch substraat nog geïntegreerd was in het landschap (bijv. Gulinck, 1944; De Smet et al., 2003). Een voorbeeld van een geïntegreerde benadering van een natuursteen in al zijn facetten bestaat voor het Franse tijdsequivalent van de Ledesteen (Merle, 2008).

Het volstaat echter niet dat welbekende relaties tussen groeve en natuursteen de nodige aandacht krijgen. Er zijn veel meer soorten en variëteiten van natuursteen die in de schaduw blijven. Een systematische inventarisatie is derhalve gewenst, uitgaande van monumenten die in de kijker worden geplaatst (bijv. Dreesen, 1998, 2008) of van studies van een of andere steensoort (bijv. Fobe, 1990). De auteurs van deze bijdrage inventariseerden gedurende meer dan 10 jaar het voorkomen van natuursteen in de historische monumenten van Vlaanderen. Steensoort na steensoort rees zo de geodiversiteit die Vlaanderen in zijn bouwkundig patrimonium rijk is. Uit een eerste grondige inventaris van natuursteen in de historische gebouwen van de provincie Limburg (Dreesen et al,

2001) waarbij ruim 35 verschillende steensoorten werden beschreven, kwam reeds de sterke band naar boven, die er bestaat tussen de natuursteen of het bouwwerk dat ermee is opgetrokken en het omgevende landschap (en zijn ondergrond) als bron of transportweg voor het materiaal. In het vervolg hierop, een inventarisering van natuursteen in Vlaanderen (Dusar et al, 2009), worden in totaal 51 verschillende steensoorten, met nog veel meer variëteiten, beschreven die in Vlaamse (en Brusselse) historische gebouwen goed herkenbaar en op bereikbare plaatsen, voorkomen. De natuurstenen worden benaderd als geologische objecten met erfgoedwaarde en op een systematische en rationele wijze ontleed. Het is een ijkpunt voor een grondige inventarisatie van onze natuurstenen, die best een duwtje in de rug mag krijgen van de erfgoedbeheerders. Het wordt een vertrekpunt voor de speurtocht naar broodnodige reserves aan degelijke restauratiestenen en wie weet zelfs voor nieuwbouw. Voor sommige natuursteensoorten zoals de ijzerzandsteen moet de kennis van materiaaltechnische eigenschappen en hun relatie met de groeve vrijwel terug van nul af opgebouwd worden, maar deze informatie is hoogdringend: gebouwen stellen hun instorting niet uit wegens administratieve of budgettaire vertragingen.

Er bestaan nog belangrijke lacunes in onze kennis over de ontginbare reserves aan natuursteen in Vlaamse bodem en over de restauratiebehoefte van de sector. Nieuwe beleidsinstrumenten zoals het bijgestuurde Oppervlaktedelfstoffenplan van Vlaanderen (zie hoofdstuk 9, actiepunt 22 in: <http://www.lne.be/themas/natuurlijke-rijdommen/pdf-oppervlaktedelfstoffenplannen/09.Knelpunten.pdf>) en ad hoc initiatieven volgend op aanbevelingen in de onderzoeksbalans van het Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed (VIOE) (zie <http://www.onderzoeksbalans.be/>) kunnen hierin verandering brengen.

## 7. Besluit

Onze monumenten in steen vertellen niet alleen een verhaal over technisch vernuft, artistieke belevenis en religieuze impulsen, maar ook over verdwenen landschappen en klimaatsveranderingen uit het verre verleden. Inventarissen van de grote verscheidenheid aan natuursteensoorten en –variëteiten kunnen inspiratie bieden voor geo-toeristische ontdekkingstochten langs cultuurhistorische monumenten en helpen om de vele natuurstenen landschappen te ontdekken die gestalte geven aan de Vlaamse identiteit. Natuurstenen geven vorm en kleur aan ons bouwkundig patrimonium en dragen zo bij tot de uitstraling van onze historische steden, bij bezoekers en bewoners. Als onze mensen zich ervan bewust worden dat de stenen in de monumenten waarvan zij houden ook een naam en een geschiedenis hebben, dan zal dit zeker bijdragen tot respect voor dit patrimonium en tot een breed draagvlak voor de noodzakelijke acties tot behoud en herbestemming. Het voorkomen van zeldzame, lokaal ontstane steensoorten, waarvan de natuurlijke ontsluitingen of verlaten groeven niet langer bekend zijn, is vaak beperkt tot historische gebouwen: deze monumenten kunnen beschouwd worden als stille getuigen van vergane steenglorie en ze kunnen als een soort van virtuele steengroeven fungeren, waar de “verdwenen” steensoorten tegen verdwijning beveiligd zijn en toegankelijk blijven. Bij gebrek aan natuurlijke ontsluitingen is het rijke bouwkundig erfgoed in Vlaanderen zo de voornaamste drager van geodiversiteit. Natuursteenbeschrijving en natuursteenroutes kunnen een nog niet ten volle geëxploiteerde bijdrage leveren tot de (geo-)toeristische ontsluiting van het cultuurhistorische erfgoed en bijkomende aanmaningen tot behoud van zijn authenticiteit.

Geodiversiteit is echter kwetsbaar, een kenmerk dat gemeen is met biodiversiteit. Zeldzaam geworden oude steensoorten worden, uit onwetendheid of onverschilligheid, verwijderd en verdwijnen steevast uit ons patrimonium. Wildvreemde producten vervangen als goedkoop alternatief inheemse producten die eeuwenlang de tand des tijd hebben getrotseerd. Intussen is door een verbetering van de luchtkwaliteit het gevaar op sulfatatie voor de hiervoor sterk gevoelige historische steensoorten (zoals de witstenen) sterk gedaald, zodat streekeigen materiaal



best terug kan worden ingezet bij harde restauraties. De beste manier om deze negatieve trend te keren bestaat erin enerzijds het grote publiek bewust te maken van dit onvermoede patrimonium en anderzijds de restauratiesector ervan te overtuigen dat er nog toekomst is voor de streekeigen natuursteensoorten.

Dankwoord. Marleen de Ceukelaire is onze gids geweest in Oost-Vlaanderen en een bron van informatie over de historiek van de Oostvlaamse stenen.

## 8. Referenties

A.I.Lg., 1947. Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège. Congrès 1947. Section Géologie, 424 p.

Barbier, J., 2006. Geologische fietsroute Halen. LIKONA, Provinciaal Natuurcentrum, Provincie Limburg, ISSN 0788-8495, 64 p.

Bennett, M.R.; Doyle, P.; Larwood, J.G. & Prosser, C.D., eds., 1996. Geology on your Doorstep. The role of urban geology in earth heritage conservation. The Geological Society, 270 p.

Bleus, J., 1984. 7500 jaar Bouwkunst in Limburg. Syndikale kamer van de Bouwnijverheid van Limburg, Hasselt, 243 p.

Bergmans, A., Buyle, M., Coomans Th., Doperé, F., Maesschalk, A., Van Uytven, R., Verpoest, L. & Viaene, J., 2004. Brabantse bouwmeesters. Het verhaal van de Gotiek in Leuven, Provincie Vlaams Brabant, Leuven, 56 p.

Breda, K., 2005. De "carrière" van een architect. In: Lagrou, D. & Dreesen, R., red. Eerste Vlaams-Nederlandse Natuursteendag - Belgische natuursteen in historische monumenten en hun vervangproducten bij restauratie in België en Nederland. VITO 2005/MAT/P/004, 5 p.

Buyle, M., Doperé, F. & Van Uytven, R., 2004. Brabantse bouwmeesters. Het verhaal van de gotiek in de Getestreek, Provincie Vlaams Brabant, Leuven, 52 p.

Camerman, C., 1961. Les pierres naturelles de construction. Annales des Travaux Publics de Belgique 4 : 52 p.

Camerman, C. & Rolland, P., 1944. La pierre de Tournai. Mémoires de la Société belge de Géologie NS in 4° N° 1: 115p.

De Jonghe, S.; Géhot, H.; Genicot, L.Fr.; Weber, Ph. & Tourneur, F., 1996. Pierres à bâtir traditionnelles de la Wallonie. Manuel de terrain. Ministère de la Région Wallonne. Direction Générale des ressources naturelles et de l'Environnement, Jambes. D/1996/5322. 261 p.

De Smet, L.; Devos, P.; Eeckhout, W. & Nijs, R., 2003. Balegemse steen. Vier aspecten: Balegemse steen in context / De Balegemse steen / Balegemse steen door de eeuwen heen / De Balegemse steen wordt nog steeds ter plaatse bewerkt. Provincie Oost-Vlaanderen, 33 p.

De Wint, B.; Sienaert, R.; De Vuyst, J. & De Boeck, D., 1983. Steenberg te Bambrugge. Mededelingen van de Heemkundige Kring van Erpe-Mere 23-1: 1-10.

Doperé, F., 1997. Données nouvelles pour l'interprétation du vocabulaire des signes utilitaires sur le grès calcaireux dans l'architecture gothique brabançonne. Actes du Xe Colloque International de Glyptographie du Mont-Sainte-Odile (France): 153-196.

Doperé, F., 1998. L'extraction, la taille et la mise en oeuvre du calcaire gréseux de Gobertange au Moyen Age. Bulletin de la Commission royale des Monuments, Sites et Fouilles, 16.1: 45-96.

Doperé, F. ; Klinckaert, J. ; Minnen, B. ; Van der Eyken, M., 2003. Verhalen uit de late Middeleeuwen. Bouwen met ijzerzandsteen in de Demerstreek. Vlaams-Brabant, Brabantse Bouwmeesters, 40 p.

Dreesen, R., 1998. Herkomst en karakteristieken van de natuursteen gebruikt in en om de kasteelhoeve van Wideux, in: Stenen en Heren van Wideux, Regionaal Landschap Herk en Mombeek: 5-19.

Dreesen, R., 2007. Natuursteen in en om de Begijnhofkerk. In: Het hof van Agnes – Bezoekersgids voor het begijnhof van Sint-Truiden en zijn kerk. Provincie Limburg, 164-183.

Dreesen, R., 2008. Gebruik en herkomst van natuursteen op het begijnhof, in: Coomans, TH. & Bergmans, A. (eds): In zuiverheid leven. Het Sint-Agnesbegijnhof van Sint-Truiden, Relicta Monografieën 2: 139-154

Dreesen, R. & Duser, M., 2005. Overzicht van de Belgische natuursteensoorten in historische monumenten in Vlaanderen. In: Lagrou, D. & Dreesen, R., red. Eerste Vlaams-Nederlandse Natuursteendag - Belgische natuursteen in historische monumenten en hun vervangproducten bij restauratie in België en Nederland. VITO 2005/MAT/P/004. 1-27

Dreesen, R. & Duser, M. & Doperé, F., 2001. Atlas Natuursteen in Limburgse monumenten. Provincie Limburg, 294 p.

Dubelaar, C.W., 1984. Steenrijk Amsterdam, een geologische stadswandeling. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Uitgave 35, 93 p.

Dubelaar, W., Kipp, F., Nijland, T.G., Tolboom, H.J. & De Vries, D.J., 2007. Utrecht in steen. Historische bouwstenen in de binnenstad. Uitgeverij Matrijs 192 p.

Dubelaar, W., Kisters, P. & Jagt, J., 2006. Maastrichter steen. Een wandeling langs natuursteen in de binnenstad van Maastricht. TNO Bouw en Ondergrond & Natuurhistorisch Museum Maastricht, 14 p.

Duser, M., 2005. Een inleiding tot de workshop 'Keuze voor historische of vervangsteen'. In: Lagrou, D. & Dreesen, R., red. Eerste Vlaams-Nederlandse Natuursteendag - Belgische natuursteen in historische monumenten en hun vervangproducten bij restauratie in België en Nederland. VITO 2005/MAT/P/004. 6 p.

Duser, M. & Dreesen, R., 2007. Stenen uit het Mergelland, in: Nijland, T.G. (ed.) Authentiek duurzaam/Duurzaam authentiek. Proceedings van de 2e Vlaams-Nederlandse Natuursteendag, Utrecht. TNO Delft/Utrecht, ISBN 978-90-5986-228-9: 47-87

Duser, M., Dreesen, R. & De Naeyer, A., 2009. Natuursteen in Vlaanderen, versteend verleden. Kluwer, ISBN: 978-90-4652-367-4 (in press).

Dusar, M., Dreesen, R. & Nicolaï, J., 2003. Stenen van ver of dichtbij. Hun bijdrage tot de opbouw en het uitzicht van Sint-Truiden. Open Monumentendag Vlaanderen, Dienst voor Toerisme, Sint-Truiden: 15-25.

Dusar, M. & Lagrou, D., 2000. Een grot in Vlaanderen. Instortingsholte te Hoegaarden-Hoksem. Spelerpes, nr 90: 37-38.

Ellis, N.V. (ed.) ; Bowen, D.Q. ; Campbell, S. ; Knill, J.L. ; McKirdy, A.P. ; Prosser, C.D. ; Vincent, M.A. & Wilson, R.C.L., 1996. An Introduction to the Geological Conservation Review. GCR Series No. 1, Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, 131 p.

Elsen, J.; Derez, M.; Van Lierop, J.; Mellaerts, D., 2005. Stenen wandeling in het historische stadscentrum van Leuven. In: Lagrou, D. & Dreesen, R., red. Eerste Vlaams-Nederlandse Natuursteendag - Belgische natuursteen in historische monumenten en hun vervangproducten bij restauratie in België en Nederland. VITO 2005/MAT/P/004. 19 p.

Elsen, J. & Laga, P., 2008. Excursienota's van de groeventocht naar Gobertingen en Balegem. ICOMOS contact 21 nr. 2: 18-23.

English Heritage, 2000. Power of Place. The future of the historic environment. Power of Place Office, London, 48 p.

Fobe, B., 1990. Voorkomen, samenstelling en gebruik van de Balegemse steen. Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie 99: 167-170.

Goossens, M., 2008. Groeventocht 'In het spoor van Cornelis Floris'. deel 1 Gobertingen en Balegem. ICOMOS contact 21 nr. 2: 16-18.

Groessens, E., 2008. La Pierre de Tournai, un matériau à choix depuis la période romaine et un des fleurons parmi les autres marbres belges. Société Tournaisienne de Géologie, Préhistoire et Archéologie, X-7 : 197-216.

Gulinck, M., 1944. Geologische uitstappen naar Oosterzele - Balegem - Bambrugge op zondag 15 augustus en zaterdag 25 september. Biologisch Jaarboek Dodonaea 11: 45-60.

Gulinck, M., 1949. Oude natuurlijke bouwmaterialen in Laag- en Midden-België. Technisch-Wetenschappelijk Tijdschrift 18-2: 25-32.

Gullentops, J. & Bouckaert, J., 1992. Geologische wandeling door Leuven. Dienst Toerisme, Leuven, 48 p.

Horton, A. & Lott, G., 2005. Building stones of Nottingham. Mercian Geologist 16 (2): 115-126.

Keijers, F., 1999. Steengoed Maaseik. Stad Maaseik, Dienst voor Toerisme, 45 p.

Maesschalck, A.; Viaene, J. & Viaene, B., 1998. De bouw van het stadhuis te Leuven in de 15e eeuw. Een ooggetuigenverslag. Elektronische publicatie van de Stichting Jan Spielberch, vzw (Holsbeek).

Merle, D., coord., 2008. Stratotype Lutétien. Collection Patrimoine géologique. Publications scientifiques du Muséum & Editions Biotope & BRGM Editions, 288 p.

RLNH, 2007. Groeves met een ijzer-sterk verhaal. De ijzerzandsteengroeves van het Hageland. Regionaal Landschap Noord-Hageland, 43 p.

Schroeder, J., 2006. Naturwerksteine in Architektur und Baugeschichte von Berlin. Gesteinskundliche Stadtbummel zwischen Alexanderplatz und Grossem Stern. Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 6, Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V., Berlin, ISBN 978-3-928651-12-9, 276 p.

Slinger A., Janse H. en Berends G., Natuursteen in monumenten, Rijksdienst voor Monumentenzorg, Bosch & Keuning, Baarn, 1982, 120 p.

Spijkerboer, G., 2001. Scheldegotiek. Europese bibliotheek, 144 p.

Van Den Eeckhaut, M.; Poesen, J.; Dusar, M.; Martens, V. & Duchateau, Ph., 2007. Sinkhole formation above underground limestone quarries: A case study in South Limburg (Belgium). *Geomorphology* 91: 19–37.

Van der Linden, Th., de Jong, S., Dubelaar, W. & Hooghart, H., 2006. Stenen rond de Dom. Een stadswandeling langs 2000 jaar natuursteen als bouw materiaal. TNO Bouw en Ondergrond, 7 p.

Vanholst, A., Voordeckers, B., Dreesen, R., Pacque, L. & Snellinx, Z., 2009. Geologische fietsroute Herk & Mombeek. LIKONA, Provinciaal Natuurcentrum, Provincie Limburg (in druk).

Verhofstad, J. & Van den Koppel, J., 2006. De geologische stad – steeds natuursteen. Nederlandse Geologische Vereniging, 260 p. ISBN 978-90-806769-3-0.

Vermoesen, B., 2003. De zandsteengroeven van de abdij Affligem. Open Monumentendag Vlaanderen 2003.

## WAT LEREN ONS DE IN DE STEENGROEVEN BEWAARDE SPOREN OVER DE ONTGINNINGSTECHNIEKEN IN HET VERLEDEN?

Frans DOPERÉ

*Onafhankelijk onderzoeker middeleeuwse architectuur, Leopoldvest, 22, B-3300 Tienen*

(17 figuren)

**Samenvatting.** De ontginningstechnieken in de middeleeuwse steengroeven verschilden niet zo sterk van die welke in de Griekse en de Romeinse tijd in gebruik waren. Sporen van middeleeuwse steengroeven werden recent ontdekt in de droge gracht van drie middeleeuwse burchten in de Belgische Maasvallei, nl. de burchten van Poilvache, Logne en Château-Thierry. Twee ontginningstechnieken werden daarbij toegepast. In de gracht van de burchten van Poilvache en Logne en ook in de ondergrondse groeve van de Grands Malades te Namur werden de blokken van de aanpalende rots losgemaakt door het uithakken van een aantal spiegaten met trapeziumvormige doorsnede vanaf de oppervlakte van de te ontginnen steenbank. Daarin werden op gelijkmatige wijze ijzeren spieën gedreven tot het blok loskwam. Tegelijk werden ook een aantal horizontale spiegaten aangelegd om het blok los te maken van de onderliggende rots. In de gracht van de burcht Château-Thierry werden de te ontginnen blokken eerst afgelijnd door diepe smalle sleuven, die werden uitgehouwen met een speciaal type houweel, de escoude (Fr.). Waarschijnlijk werden ze daarna ook met ijzeren spieën van de onderliggende rots losgemaakt, maar daarvan werden geen sporen teruggevonden. Het aantal spiegaten op eenzelfde lijn was in deze middeleeuwse groeven steeds erg klein, wat meer dan eens voor gevolg had dat het te ontginnen blok zich op een nogal willekeurige wijze van de rots afsplitste zodat er achteraf correcties nodig waren op de rotswand.

**Sleutelwoorden:** steengroeve, middeleeuwen, burcht, Maasvallei.

**Summary. What can be learned about historical quarrying techniques from traces left in the quarries?** The extraction techniques in medieval quarries did not differ considerably from those in use in Greek and Roman times. Traces of medieval quarries were recently discovered in the dry ditches of three medieval castles in the Meuse-valley in Belgium, i.e. the castles Poilvache, Logne and Château-Thierry. Two quarrying techniques were in use. In the ditch of the castles Poilvache and Logne and also in the quarry of the Grands Malades in Namur the stone blocks were split from the adjacent rock by cutting of a number of trapezoidal sockets starting from the surface of the exploited stone bank. Iron wedges were driven in those sockets causing a very similar tension in each socket until the stone-block separated itself from the rock. At the same time horizontal sockets were also cut to split the stone-block from the rock below. In the ditch of castle Château-Thierry the blocks to be extracted were first separated laterally from the rock by small grooves which were incised in the upper surface of the stone bank with a special type of pickaxe (Fr. escoude). Probably thereafter these stone-blocks were split from the rock below with iron wedges but no traces of this have been found. The number of sockets in these medieval quarries was usually quite limited which very often caused an irregular splitting of the stoneblock from the rock frequently necessitating a corrective cutting of the irregularities on the vertical quarry-wall.

**Keywords:** quarrying techniques, medieval castle, Meuse valley.

## 1. Inleiding

De landelijke architectuur, en het gewone metselwerk in het bijzonder, weerspiegelen over het algemeen op een vrij directe wijze de plaatselijke geologische ondergrond (Dreesen et al., 2001). Dat is niet zo verwonderlijk omdat de lokaal ontgonnen stenen materialen het grote economisch voordeel hebben dat ze beschikbaar zijn op korte afstand van de werf en dat de transportkosten daardoor zeer laag kunnen gehouden worden. Deze vaststelling is natuurlijk ook van toepassing op de middeleeuwse burchten die werden gebouwd op de rotsen van de Maasvallei waar de stenen sokkel in vele gevallen ook de stenen leverde voor het metselwerk door het openen van kleine plaatselijke steengroeven (Samson), door het uithakken in de rots van de burchtgracht (Château-Thierry, Ecaussinnes-Lalaing, Franchimont, Logne en Poilvache) of eenvoudig door het afvlakken of het uithakken van de rotsachtige ondergrond (Logne en Montaigle).

Andere typen van stenen bouwmaterialen die van verder moesten worden aangevoerd werden vaak gereserveerd voor specifieke architecturale details zoals de omlijstingen van deuren en vensters of de schouwen. Deze van ver aangevoerde stenen materialen werden in recente tijden steeds vaker gebruikt en dit fenomeen bereikt vandaag ongehoorde proporties door de globalisatie van de handel in stenen materialen (Dreesen et al., 2001; De Jonghe, 1996).

Het algemene uitzicht en de kwaliteit van het metselwerk van een burcht houdt sterk verband met de kwaliteit van de beschikbare stenen in de ondergrond. Het gewone metselwerk van de burcht van Franchimont werd opgetrokken met schollen Famenniaan zandsteen (psammiet van de Condroz) die in de burchtgracht werden ontgonnen (Tourneur, 1997). De gedolomitiseerde rotsen van de burcht van Montaigle waar de gelaagdheid vertikaal staat, vergemakkelijkt de erosie en het splijten van de kalksteen. Dat verklaart ook waarom het gewone metselwerk van deze burcht in klein onregelmatig verband werd gemetseld. Het gewone metselwerk van de burcht van Ecaussinnes-Lalaing is opgetrokken met schollen afkomstig van de gestratificeerde kalksteen van de formatie van Lalaing (Hennebert & Eggermont, 2002). De petit granit, die van iets verder kwam, werd gereserveerd voor de hoekkettingen, de omlijstingen van de vensters en de deuren en de schouwen en dit vanaf de 13de eeuw (Doperé, 2005).

De stenen van het metselwerk in kalksteen in middelgroot of groot verband van de burchten van Château-Thierry, Logne en Poilvache werden voor een groot gedeelte uit de toekomstige grachten van deze burchten ontgonnen (Doperé & Tilmant, 2007).

Het is dus belangrijk om de steengroeven op te sporen die die bouwmaterialen zouden kunnen geleverd hebben en ook om na te gaan of er nog ontginningssporen uit de middeleeuwen zijn overgebleven. Eén van de belangrijkste problemen is het feit dat deze sporen meestal grotendeels verdwenen zijn, enerzijds omdat de ontginningsswerken vaak op dezelfde plaats werden voorgezet en anderzijds ook omdat oude groeven of verlaten delen van groeven progressief met afval worden opgevuld. Anderzijds is het ook zo dat bepaalde rotsformaties zeer slecht de sporen van de ontginningen bewaren. De zandsteen waarin de grachten van de burcht van Franchimont werden uitgehouwen kunnen de ontginningssporen moeilijk bewaren omdat dit materiaal zeer gemakkelijk klieft. De erosie en vooral de gemakkelijke fracturatie van de kalksteen van de sokkel van de burcht van Montaigle verklaart wellicht waarom ook daar geen ontginningssporen worden teruggevonden. De gestratificeerde kalksteen in de gracht van de burcht van Ecaussinnes-Lalaing laat ook niet toe om de sporen van de extractie van de ruw gekloven schollen te bewaren; de sporen van het gebruik van de zwaaispits (klein houweel met twee puntvormige uiteinden) die bewaard bleven op de buitenste grachtwand zijn niet het gevolg van de ontginning van deze lagen maar eerder van de uiteindelijke afwerking van de grachtwand na zijn uitgraving (Doperé, 2005). De sporen van de ontginning in de groeven van petit granit in de omgeving van het kasteel zijn waarschijnlijk verdwenen tengevolge van de steeds verdergaande ontginning van de 16de tot de eerste helft van de 20ste eeuw (Baguet, 1985). Daartegenover staat echter wel dat de opgravingen in de grachten van de burchten van Poilvache, Logne en Château-Thierry voor het eerst in

België toegelaten hebben om ontginningssporen te bestuderen in steengroeven die met zekerheid opklimmen tot de middeleeuwen.

## 2. De ontginning in de steengroeven

### 2.1. De ontginning van bouwstenen in de gracht van middeleeuwse versterkingen

#### 2.1.1. De gracht van de burcht van Poilvache (Yvoir)

Poilvache (Yvoir) is de eerste castrale site in België waar duidelijke sporen van steenontginning werden aangetroffen in de kalksteenlagen van de gracht voor de ingang. Deze gracht werd in 2000-2001 blootgelegd door de Service de l'Archéologie du Ministère de la Région wallonne en province de Namur. Volgens de beschikbare historische gegevens werd deze versterking waarschijnlijk opgericht tijdens het eerste kwart van de 13de eeuw. In juli 1199 werd in Dinant een verdrag gesloten waarbij voorlopig een einde kwam aan het conflict dat was ontstaan in de nasleep van de woelige troonsopvolging van graaf Hendrik de Blinde. Dat verdrag regelde de verdeling van het Naamse territorium en Poilvache werd waarschijnlijk opgetrokken ter verdediging van het grondgebied dat toen door de Luxemburgers was verworven. Het dendrochronologische onderzoek op één van de balken teruggevonden in de noordelijke omheiningsmuur van het stadsgedeelte leverde als veldatum voor de boom 1216-1226 (Hoffsummer, 2003). De oudst bekende vermelding van de versterking dateert van 1228 en een eerste beleg wordt vermeld in 1238. De site kende een belangrijke ontwikkeling tijdens de tweede helft van de 13de eeuw en zal tijdens de 14de eeuw aan het graafschap Namen worden aangehecht. In 1421 werd dit graafschap verworven door Philips de Goede, hertog van Bourgondië. Vanaf 1429 werd de versterking in orde gezet om een beleg te kunnen weerstaan. In 1430 werd zij niettegenstaande alles toch aangevallen door de prins-bisschop van Luik en zijn bondgenoten die haar daarna ontmantelden. Daarna werd Poilvache definitief verlaten (Antoine, 1997).

De droge gracht vóór de ingang en vóór de oostelijke walmuur van de burcht werd uitgegraven in de lagen van de Viseaan kalksteen (Figuur 1).



**Figuur 1.** Burcht van Poilvache (Yvoir). Algemeen zicht op de gracht vóór de ingang en vóór de oostelijke walmuur naar het noorden met de ontginningsfronten (Foto P. H. Tilmant).

De helling van de lagen is georiënteerd van west naar oost zodat de binnenzijde van de gracht wordt gevormd door de natuurlijke helling van de lagen. De Noordertoren werd zoals de andere gebouwd na de noordelijke en de oostelijke walmuren. Hij werd gedeeltelijk gebouwd op de binnenste grachthelling. Om die reden werd ook een klein gedeelte van de blokken van de eerste laag van de toren schuin gekapt (Tilmant, 2006). De buitenzijde van de gracht is praktisch verticaal en ontstond, eerst door de ontginning van de opeenvolgende steenlagen en daarna door de finale afwerking met de zwaaispits waarvan de sporen zichtbaar blijven op de verticale grachtwand. De ontginningsfronten van de lagen van de binnenste grachthelling in de vorm van “trappen” werden bij de stopzetting van de ontginningsactiviteiten met de zwaaispits afgestompt teneinde de toegang tot de walmuren te bemoeilijken. Deze gracht bleef immers altijd droog. Onderaan de oostelijke walmuur werden halve spiegaten met trapeziumvormige doorsnede teruggevonden, die een duidelijke aanwijzing vormen voor een steenontginningsactiviteit op het ogenblik dat de gracht van de burcht werd uitgehouwen, waarschijnlijk tijdens de eerste helft van de 13de eeuw (Figuur 2).

In deze spiegaten werden ijzeren spieën gedreven voor de gecontroleerde klieving van de steenlagen tot bruikbare bouwstenen. De gemiddelde afmetingen van deze trapeziumvormige spiegaten zijn als volgt: breedte aan de bovenkant van de te ontginnen steenlaag: 17.4 cm; breedte onderaan: 11.1 cm; diepte: 13.5 cm. Het merendeel van deze gehalveerde spiegaten zijn vertikaal aangebracht op de rand van verlaten ontginningsfronten. Slechts twee bevinden zich in horizontale positie en werden uitgehakt om de steenlaag erboven los te maken. Dat betekent dus dat men de blokken losmaakte van de rots door een aantal spiegaten vertikaal in het oppervlak te



hakken en daar dan ijzeren spieën in te drijven. De natuurlijke gelaagdheid van de kalksteen maakte het minder noodzakelijk om veel spiegaten in horizontale richting uit te hakken. Op de binnenwand van verschillende spiegaten zijn schuine strepen bewaard die zijn ontstaan door het uithakken ervan met een kleine zwaaispits (Fr.: mortaisoir). Op de verticale buitenwand van de gracht zijn een tiental verticale spiegaten bewaard gebleven. Het is interessant om te noteren dat op één uitzondering na het merendeel van de spiegaten op relatief grote afstand van elkaar liggen en ook vaak geïsoleerd zijn, dit in contrast met de dicht bij elkaar aangebrachte spiegaten van de Romeinse steengroeven in de streek van Nîmes (Frankrijk) (Bessac & Vacca-Goutouli, 2002 ; Bessac, 2002) (Figuur 3).

De in de gracht van Poilvache bewaarde sporen geven mogelijk geen volledig beeld meer van de echte ontginningsactiviteit, waarbij stenen voor de bouw van de burcht werden geproduceerd, maar vooral van de allerlaatste afwerking toen men

**Figuur 2.**

Trapeziumvormig spiegat in de oostelijke gracht van de burcht van Poilvache. Men ziet in werkelijkheid slechts de achterste helft van dit spiegat omdat de voorste helft samen met het ontgonnen steenblok is afgesplitst. De schuine strepen zijn de sporen van een kleine zwaaispits (Fr.: mortaisoir) waarmee het spiegat werd uitgehouwen (Foto F. Doperé).





**Figuur 3.** Romeinse steengroeve Mathieu van Bois des Lens (Fr.) met een reeks horizontaal aangelegde trapeziumvormige spiegaten en de schuine lijnen op de verticale wanden veroorzaakt door het gebruik van een houweel (Fr.: escoude) bij het uithouwen van de kleine sleuven tussen de te ontginnen steenblokken (Opgraving J.-C. Bessac; foto F. Doperé).

de gracht de gewenste vorm gaf. De talrijke natuurlijke barsten in de kalksteenlagen verklaren mogelijk ook waarom het aantal spiegaten eerder beperkt kon blijven. Het feit dat deze spiegaten ook voorkomen op de normaal onzichtbare zijden van de gehouwen stenen bewijst duidelijk dat men van de uitgraving van deze gracht gebruik heeft gemaakt om er ook de stenen te ontginnen die nodig waren o.a. voor de opbouw van de paramenten van de torens.

#### 2.1.2. De gracht van de burcht van Logne (Vieuxville)

De 12de-eeuwse overblijfselen van de burcht van Logne bestaan uit een min of meer trapeziumvormige omheiningmuur met een grote rechthoekige kelder die op de zuidwestelijke hoek van het plateau in de rots werd uitgehouden (Hoffsummer et al., 1987). In de 13de of de 14de eeuw werd een nieuw langwerpig rechthoekig paleis gebouwd op de plaats van de zuidwestelijke omheiningmuur van de vorige burcht. Tijdens het laatste kwart van de 15de eeuw werd de ganze burcht aangepast aan de artillerie door de toevoeging van halfcirkelvormige torens, een caponnière en een kazemat aan de binnenzijde van de gracht, evenals van een grote barbacane juist buiten de gracht recht tegenover de ingang. De burcht werd gebouwd op de top van een anticlinaal van kalksteen waarvan de plooingen zuidoost/noordwest georiënteerd zijn. De lagen staan er praktisch verticaal onder de grote barbacane, maar als gevolg van een breuk in de gracht zijn zij praktisch horizontaal met een lichte helling naar het zuidoosten onder het grootste deel van het kasteel. De gracht werd uitgegraven tussen de noordwestelijke muur van de burcht en de barbacane, waardoor een grot werd vernield die door haar aanwezigheid juist op deze plaats waarschijnlijk de uithouwingswerken van de burchtgracht aanzienlijk heeft vergemakkelijkt. De detailmorfologie van de nu nog overblijvende rotspartijen wijzen erop dat er op deze plaats tenminste tijdelijk een steengroeve heeft bestaan.

Over de ontginningstechniek van bouwstenen konden belangrijke gegevens worden bekomen op de rots onder de kazemat bij de noordelijke hoek van het kasteel [Figuur 4].

Op de rand van de “trap” in de rots die leidt naar de noordoostelijke gracht bevinden zich drie zeer grote trapeziumvormige verticale spiegaten. De lengte aan de oppervlakte van de steenbank bedraagt telkens meer dan 40 cm en de diepte meer dan 25 cm. Deze spiegaten liggen trouwens



**Figuur 4.** Burcht van Logne (Vieuxville). Algemeen zicht op de burchtgracht naar het oosten op de plaats waar de ontginningssporen werden waargenomen (Foto F. Doperé).



**Figuur 5.** Horizontaal uitgehouwen spiegelat in de gracht van de burcht van Logne (Foto F. Doperé).

aan de basis van het ontstaan van de nu zichtbare « trap ». Een vierde spiegelat, rechts van de drie eerste werd horizontaal uitgehouwen, precies op de plaats van een styloliet in de kalksteenrots [Figuur 5] .

De groeewerker heeft dus blijkbaar getracht om een blok los te maken door op één ijzeren spie te slaan, met de hoop dat de zwakkere lijn van de styloliet over een voldoende lengte zou loskomen. Dat mislukte echter en veroorzaakte enkel de beschadiging van de “trap” op deze plaats. Hoger op de rots bevindt zich nog een ander groot vertikaal spiegelat en daaronder een klein met een lengte aan de oppervlakte van 6.5 cm. De drie eerste resulteerden klaarblijkelijk in het correct loskomen van de steen. In de andere gevallen is het klieven van de steenbank onvolledig gebeurd zodat de bodem van de spiegelaten intact bewaard bleef. Dat liet toe om gedetailleerde waarnemingen te doen naar het type werktuig dat werd gebruikt om ze uit te hakken. In één geval

kan men in de diepte van het spiegelat de aanwezigheid vaststellen van parallelle streepjes van 1 cm die loodrecht georiënteerd zijn op de binnenwanden. Deze sporen en de totale breedte van 2 cm onderaan wijzen erop dat het spiegelat werd uitgehouwen met een soort zwaaispits waarvan de snede op de uiteinden een breedte had van 1 cm [Figuur 6] .

Boven op de reeds hoger vermelde « trap » bevindt zich een lineair tracé van 2 cm breed gerealiseerd met hetzelfde type werktuig [Figuur 7] .

Het gaat hier om een oppervlakkig tracé waarschijnlijk bedoeld als aanzet om een nieuw groot spiegelat uit te houwen met de bedoeling nog andere stenen uit dezelfde bank te ontginnen. Het schijnbare gebrek aan logica in de verspreiding van de spiegelaten lijkt erop te wijzen dat de sporen die vandaag bewaard zijn niet zozeer wijzen op een zuivere ontginning, maar eerder het finale stadium weergeven toen de gracht aan de kant van de burcht zijn definitieve vorm kreeg. Op deze site komen eveneens twee bouwstenen voor waarop halve spiegelaten bewaard zijn gebleven. Eén werd gebruikt als latei boven de vierkante evacuatieopening van de latrines van het paleis van de 13de of 14de eeuw. Het is merkwaardig dat beide spiegelaten zich op de zichtbare kant van de latei bevinden. De afmetingen van die spiegelaten variëren veel minder dan de spiegelaten die in de gracht voorkomen en ze zijn ook kleiner (lengte aan de oppervlakte: ca. 8 cm, lengte op het diepste punt: 6.5 cm, diepte: 11 cm). Dit laat waarschijnlijk toe om te besluiten dat deze kleinere spiegelaten klassiek waren voor de ontginning van bouwstenen terwijl de grotere waarschijnlijk eerder werden aangebracht wanneer men snel de algemene vorm van de gracht ging afwerken. Dit laatste wordt bevestigd door de aanwezigheid van gelijkaardige grote spiegelaten in de in de rots uitgehouwen kelders in de zuidoostelijke helft van de burcht van de 12de eeuw (?) [Figuur 8] .

### 2.1.3. De gracht van de burcht Château-Thierry (Dinant)

De site van de burcht Château-Thierry (Dinant) wordt voor het eerst vermeld in 1260. Aan deze burcht werd echter nog geen grondige archeologische studie gewijd. Deze burchtsite blijkt



**Figuur 6.** Gehalveerd groot spiegelat met op de bodem twee parallelle sporen van 1 cm breed veroorzaakt door een kleine zwaaispits (Fr.: mortaisoir) aan de binnenzijde van de gracht van de burcht van Logne (Foto F. Doperé).



**Figuur 7.** Aanzet voor het uithouwen met een kleine zwaaispits (Fr.: mortaisoir) van een niet gerealiseerd groot spiegelat in de gracht van de burcht van Logne (Foto F. Doperé).



**Figuur 8.** Willekeurig in de rots gehouwen grote spiegaten in de kelder van de burcht van Logne (Foto F. Doperé).



**Figuur 9.** Houweel met twee kleine sneden (Fr.: escoude) voor het uithouwen van de kleine sleuven tussen de te ontginnen steenblokken in de romeinse steengroeve van L'Estel bij de Pont du Gard in Nîmes (Fr.) (Opgraving J.-C. Bessac; foto F. Doperé).

niettemin de resten te bevatten van een vierkante toren bij de ingang, kelders, waarschijnlijk onder de verdwenen grote zaal, cirkelvormige torens uit de 13de eeuw, andere torens en kamers uit de 16de eeuw. De gracht die werd uitgegraven bij de ingang in de Viséaan-dolomiet laat op eerder uitzonderlijke wijze toe om de sporen van de ontginning van de opeenvolgende steenbanken te volgen. Het is momenteel echter nog niet mogelijk om de precieze datum te bepalen van de uitgraving van de gracht in zijn huidige vorm. Voor de extractie van de steenblokken uit elke bank werden de grenzen van de blokken vastgelegd door het uithouwen van smalle sleuven met behulp van een houweel met twee kleine sneden (Fr. escoude) (Bessac, 1999) [Figuur 9] .

Op de relatief vlakke bodem van de gracht bleef het onderste deel bewaard van sommige van die smalle sleuven [Figuur 10] . De licht schuine wanden van de gracht vertonen bovendien de sporen van de opeenvolgende banken die ontgonnen werden [Figuur 11] .

De schuine striaties op de wanden zijn het gevolg van het uithouwen van de smalle sleuven met de escoude [Figuur 12] . In tegenstelling met de grachten van Poilvache en Logne zijn hier geen trapeziumvormige spiegaten gevonden.



**Figuur 10.** Spoor van een smalle sleuf voor de ontginning van steenblokken op de bodem van de gracht van de burcht van Château-Thierry (Dinant) (Foto F. Doperé).



**Figuur 11.** Sporen van de opeenvolgende ontgonnen steenbanken in de gracht van de burcht Château-Thierry (Foto F. Doperé).



**Figuur 12.** Schuine lijnen veroorzaakt door het houweel (Fr.: escoude) tijdens het uithouwen van de kleine sleuven tussen de rotswand en de te ontginnen blokken in de gracht van de burcht Château-Thierry (Foto F. Doperé).

## 2.2. De ontginning in de ondergrondse steengroeven : de kalksteengroeve van de Grands Malades te Beez (Namur) (Robinet & Doperé, 2004)

In de 14de eeuw bezat het gasthuis van de Grands Malades de « falises en herbatte » (Borgnet, 1849). Pas in 1516 verschijnt de eerste vermelding van een steengroeve op die plaats, de zgn. steengroeven van de Grands Malades. Jammer genoeg is er weinig informatie voorhanden over hoe de ontginning er precies verliep, noch over de juiste datum van de ontginningsporen, die vandaag in de ondergrondse groeven nog zichtbaar zijn. Anderzijds weten we wel dat de extractie en de commercialisatie van steen en zwart marmer twee van de belangrijkste economische activiteiten waren van de stad Namur vanaf de middeleeuwen tot het begin van de 20ste eeuw (Groessens, 2001).

De ontginning van de ondergrondse kalksteenbanken werd zo georganiseerd dat men op min of meer regelmatige afstand van elkaar brede pijlers liet staan om het plafond van de uitgehouwen zalen te ondersteunen. Het grootste gedeelte van de oppervlakte van deze ondergrondse steengroeven bestaat dus uit grote door pijlers ondersteunde ruimten. De ontginning in de vorm van galerijen was er minder frequent (Bessac, 1999). De sporen van de ontginning van kalksteen en zwart marmer zijn zeer talrijk op de pijlers en de wanden van de drie ondergrondse zalen. Zoals in de grachten van de burchtsites komen ook hier meerdere trapeziumvormige spiegaten voor. Deze spiegaten werden altijd uitgehouwen vanaf de oppervlakte van de te ontginnen bank. Na het losmaken van het te ontginnen steenblok met ijzeren spieën werd de rotswand vlak gemaakt met de zwaaispits teneinde daarna de steenlaag eronder op dezelfde wijze te kunnen ontginnen. Dit laatste correctief werk liet talrijke schuine groeven achter op de rotswand. De reden waarom de rotswand nog na het loskomen van de blokken moest worden vlakgemaakt is te wijten aan een onregelmatige splijting tengevolge van de grote en variabele intervallen tussen de spiegaten. De steengroeve van de Grands Malades is een zeldzaam voorbeeld waar de sporen van de ontginning van de steenblokken zeer goed bewaard zijn gebleven. Jammer genoeg is het op dit ogenblik nog niet mogelijk om die sporen correct te dateren.

## 2.3. De ontginning in de groeven van Maastrichtersteen

In het Maasland, en meer specifiek in de wijde omgeving rond Maastricht, tussen Tongeren en Valkenburg, komen een groot aantal ondergrondse groeven voor waar zeker sedert de middeleeuwen Maastrichtersteen als bouwsteen werd ontgonnen. Ter plaatse spreekt men meestal



**Figuur 13.** Maastrichtersteen: groeve Lacroixberg te Zussen. Gang met posterieure ontginningsfronten onder oudere ontginningszijwanden. Merk de horizontale sporen tegen het plafond veroorzaakt door de hak waarmee de te ontginnen blokken of sjtolen oorspronkelijk werden losgemaakt van het plafond (Foto F. Doperé)



**Figuur 14.** Maastrichtersteen: groeve Lacroixberg te Zussen. Gebogen lijnen op het plafond van de voormalige ontginningsfronten, veroorzaakt door de hak, waarmee de te ontginnen blokken of sjtolen van het plafond werden losgehakt (Foto F. Doperé).

van “mergelgroeven” of zelfs van “mergelgrotten”. In de loop der tijden zijn aldus uitgebreide gangenstelsels ontstaan, die meestal een dambordplan vormen. Bij praktisch alle grote ontginningen is het mogelijk om verschillende zones te isoleren waarvan de oriëntatie van de respectievelijke grondplannen onderling afwijkt. Dit is een eerste criterium dat kan worden gebruikt om zones chronologisch van elkaar te onderscheiden hoewel het dan nog zeer de vraag blijft welke zone de oudste is en welke nadien is ontstaan en hoeveel tijd nadien? Wel is het zo dat over het algemeen beschouwd de ontginningsfronten die het verst verwijderd zijn van de ingangen, de oudste zijn. Een tweede belangrijk criterium is de vaststelling dat de vloer van de gangen in de loop der tijden werd uitgediept zodat op een bepaald punt de oudste ontgonnen niveaus steeds de bovenste zijn [Figuur 13].

Een aantal gedateerde inscripties op de wanden kunnen ook wel zekere chronologische aanwijzingen geven, maar dan nog gaat het vaak om opmetingen met de bedoeling om twee ontginningszones van elkaar te onderscheiden. In die gevallen is het dus mogelijk dat de data werden aangebracht op ontginningsfronten die anterieur zijn. Voorzichtigheidshalve stelt men dan beter dat de gedateerde inscripties een datum ante quem kunnen opleveren voor de betrokken ontginningsfronten.

De ontginning zelf gebeurde op het uiteinde van een doodlopende gang. De stenen werden als blokken uit de blinde achterwand gehakt en gezaagd. De oudste ontginningen zijn gekenmerkt door waaiervormige sporen op het plafond en op de achterwand, afkomstig van het gebruik van een soort hak, waarmee men de blokken aan de bovenkant en aan de achterkant loshakte [Figuur 14].

Later gebruikte men daarvoor een scherpe stootbeitel, die dan weer korte en rechte steeksporen achterliet. De zijanten werden meestal met een grote zware en grofgetande zaag losgemaakt. Volgens de zgn. Sibbermethode begon de blokkbreker in de rechter of de linker bovenhoek langs het plafond een horizontale gleuf weg te steken met de zware stootbeitel. Deze eerste gleuf werd 83 cm diep en 5 cm hoog over een breedte van één meter uitgestoken. Daarna werd een tweede gleuf, nu vertikaal, langs de zijkant gemaakt. Dit gebeurde door afwisselend te zagen en met de beitel

uit te diepen tot op kniehoogte. Dit gaf het ontstaan aan een typisch patroon van afwisselende driehoekige structuren op de zijwand [Figuur 15] .

De derde gleuf werd op gelijkaardige wijze vertikaal aan de andere kant van het eerste blok gezaagd en gekapt tot op de vloer. Zo'n uit te breken blok noemde men de sjtool. Er werden verschillende sjtolen uit zo'n achterwand gebroken. Om de eerste sjtool verder vrij te maken werd nog een onderste gleuf op kniehoogte gemaakt. Het gedeelte boven deze gleuf noemde men het sjaap. Dat blok of sjaap zat vanaf dat ogenblik nog alleen aan de achterzijde vast. Door het aanbrengen van ijzeren wiggen tussen ijzeren platen om de steen te beschermen tegen indrukking werd het blok ook aan de achterzijde losgebroken. Met een koevoet werd dit eerste blok gewipt en kwam het terecht op een vooraf aangelegd bed van gruis. Na het verwijderen van dit eerste sjaap kon men gemakkelijk de achterkant bewerken, waar dan ook een gleuf werd gekapt. Dan werd de verticale lange zijde van de tweede sjtool gezaagd en de voet gebroken. In totaal werden gemiddeld 7 sjtolen ontgonnen per gangbreedte (Breuls, 1994).

#### 2.4. De ontginning van rood marmer

Er zijn geen ontginningen van Belgisch rood marmer uit de middeleeuwen bekend. Wel worden de groeven van Rance en omgeving vermeld vanaf de 16de eeuw. Op het einde van de 18de eeuw werden nieuwe marmergroeven geopend in de streek van Philippeville. In 1830 bestonden er reeds groeven in Franchimont, Gochenée, Merlemont, Souleme, Villers-deux-Eglises en Vodelée. In 1880 was dit aantal in het arrondissement Philippeville reeds opgeklommen tot 12: Franchimont, Jamagne, Merlemont, Neuville, Samart, Sautour, Villers-deux-Eglises, Vodecée en Vodelée. De meeste van deze groeven werden tijdens de eerste helft van de 20ste eeuw verlaten (Gubin et al., 1983).

De ontginning van rood marmer bestond uit twee fasen: het kappen, boren of zagen van diepe sleuven rond het te isoleren blok marmer of buffet en daarna het kantelen en breken van dit buffet. In het kappen, boren of zagen van deze diepe sleuven is een evolutie merkbaar, die zich uitstrekt



**Figuur 15.** Maastrichtersteen: groeve Lacroixberg te Zussen. Driehoekige patronen veroorzaakt door het afwisselend gebruik van de zaag en de hak bij het aanbrengen van de verticale sleuven naast de sjtolen (Foto F. Doperé).

over een beperkte tijdsperiode van de eerste helft van de 19de eeuw tot de eerste helft van de 20ste eeuw. Tot 1900 ongeveer werden deze sleuven met de hand uitgehakt. De groeewerkers (Fr. rocteurs) hakten twee parallelle smalle sleuven op een onderlinge afstand van 50 cm uit met de puntbeitel, waarna het marmer ertussen werd opgeblazen. Vanaf 1920 werden die sleuven schuin uitgeboord met een pneumatische hamer die voorzien was van een beitel met een kroon van 6 tanden. Op die manier werd een sleuf van 60 tot 70 cm diepte uitgegraven. Dit werk werd herhaald tot men een diepte van ongeveer 5 m had bereikt. Daarna werd het buffet aan de basis losgemaakt met behulp van ijzeren spieën (Gubin et al., 1983; Gohy & Tourneur, 2004). Van het uitboren van de sleuven zijn nog sporen waar te nemen in de groeve Tienne al gatte te Sautour [Figuur 16,a ].

Reeds in 1854 had E. Chevallier de stalen helicoïdale kabel op punt gesteld, waarmee het losmaken van de marmerbuffetten op aanzienlijke manier zou worden versneld. Tijdens de beweging van deze kabel, eerst bovenop en daarna tussen de rots en het toekomstig te ontginnen buffet, werd er water en zand op gespoten, het eigenlijke schuurmiddel dat met de kabel werd meegesleurd en geleidelijk aan het buffet van de rots loszaagde. Om dit geleidelijk zaagproces mogelijk te maken werden eerst twee ronde putten uitgehouwen, uitgeboord of rond uitgezaagd. Daarin werd een mechanisme met in hoogte verplaatsbare riemschijven neergelaten, waarrond de helicoïdale kabel werd geleid (Gubin et al., 1983; Gohy & Tourneur, 2004). In het aanleggen van deze putten kan men in sommige marmergroeven drie fasen onderscheiden: helemaal bovenaan of vooraan in de groeve sporen van het uitkappen van de put met de puntbeitel, daaronder of erachter maar verder in de rots sporen van schuine boringen met de pneumatische hamer (vanaf 1920), nog lager of nog verder in de rots het rond uitzagen van de put met een boormachine (vanaf 1908). Het zaagproces met de helicoïdale kabel werd voor het eerst uitgetest in 1874 in de groeve Beauchâteau te Senzeille. Toch duurde het nog tot 1880 voor deze methode overal zou worden toegepast (Gubin et al., 1983; Gohy & Tourneur, 2004). De sporen van het uitkappen van de ronde put met de puntbeitel bestaan uit negatieven van afslagen en schuine lineaire sporen. In de groeve Beauchâteau te Senzeille is dit nog goed waar te nemen in de oudste delen van de groeve, nl. helemaal bovenaan en ook vooraan links aan het begin van de ontginningsactiviteiten [Figuur 17] .

**Figuur 16.** Sautour, rood-marmergroeve Tienne al gatte .

- a. Sporen van een met de pneumatische hamer uitgeboorde sleuf achter een nu verdwenen buffet;
- b. Ronde put met de pneumatische hamer uitgeboord;
- c. Met de helicoïdale kabel gezaagd vlak achter een eveneens verdwenen buffet (Foto's F. Doperé).







**Figuur 17.** Senzeille, rood-marmergroeve Beauchâteau.

- a. Algemeen zicht met helemaal bovenaan één van de oudste ontginningen waarbij gebruik werd gemaakt van de helicoïdale kabel ;  
 b. Met de hand en de puntbeitel uitgehouwen ronde put in deze oudste ontginning (Foto's F. Doperé).

wwMet de pneumatische hamer uitgeboorde putten zijn nog in een aantal groeven te zien (o.a. Sautour (Tienne al gatte) [Figuur 16,b] , Vodelée (Hautmont)). In de meeste groeven ziet men echter vooral de meest recente machinaal uitgeboorde ronde putten.

### 3. Besluit

De ontginningstechnieken in de middeleeuwse steengroeven verschilden niet zo sterk van die welke in de Griekse en de Romeinse tijd in gebruik waren. Sporen van middeleeuwse steengroeven werden recent ontdekt in de droge gracht van drie middeleeuwse burchten in de Belgische Maasvallei, nl. de burchten van Poilvache, Logne en Château-Thierry. Twee ontginningstechnieken werden daarbij toegepast. In de gracht van de burchten van Poilvache en Logne en ook in de ondergrondse groeve van de Grands Malades te Namur werden de blokken van de aanpalende rots losgemaakt door het uithakken van een aantal spiegaten met trapeziumvormige doorsnede vanaf de oppervlakte van de te ontginnen steenbank. Daarin werden op gelijkmatige wijze ijzeren spieën gedreven tot het blok loskwam. Tegelijk werden ook een aantal horizontale spiegaten aangelegd om het blok los te maken van de onderliggende rots. In de gracht van de burcht Château-Thierry werden de te ontginnen blokken eerst afgelijnd door diepe smalle sleuven, die werden uitgehouwen met een speciaal type houweel, de escoude (Fr.). Waarschijnlijk werden ze daarna ook met ijzeren spieën van de onderliggende rots losgemaakt, maar daarvan werden geen sporen teruggevonden. Het aantal spiegaten op eenzelfde lijn was in deze middeleeuwse groeven steeds erg klein, wat meer dan eens voor gevolg had dat het te ontginnen blok zich op een nogal willekeurige wijze van de rots afsplitste zodat er achteraf correcties nodig waren op de rotswand. Het beperkte aantal spiegaten kan mogelijk ook worden verklaard door het relatief groot aantal natuurlijke barsten in de kalksteenrotsen. De zeldzaamheid van steengroeven waarbij de oude ontginningssporen nog bewaard zijn maakt van de grachten van de kastelen van Poilvache, Logne en Château-Thierry uitzonderlijke archeologische sites. Hetzelfde geldt trouwens ook voor de steengroeve van de Grands Malades.

Niettegenstaande over de ondergrondse groeven van Maastrichtersteen reeds heel wat gegevens bekend zijn dank zij het systematisch werk van de Studiegroep Ondergrondse Kalksteengroeven en van Ton Breuls in het bijzonder, vooral dan over de ontginningstechnieken, stuit men ook daar op grote moeilijkheden om de ontginningssporen in een bepaalde groeve absoluut te gaan dateren. Een relatieve datering van de verschillende ontginningsfronten is over het algemeen wel mogelijk, zowel in verticale als in horizontale zin.

De observaties in de groeven van rood marmer zijn nog erg beperkt, maar ze tonen wel aan dat in de talrijke verlaten marmergroeven nog een schat aan informatie wacht op wetenschappelijke ontginning. Het is daarom erg wenselijk om een archeologisch-historisch onderzoeksprogramma op te starten om enerzijds een inventaris op te stellen van de oude steengroeven gebaseerd op historische bronnen en op terreinprospecties en anderzijds een systematische exploratie uit te voeren van de bovenste delen zowel van de nog actieve als van de verlaten steengroeven teneinde eventueel nog aanwezige oude ontginningssporen te kunnen identificeren.

### Referenties

ANTOINE, J.-L., 1997. Yvoir, Houx. Poilvache, in Corbiau, M.-H. (coord.), Le patrimoine archéologique de Wallonie, Namur, 505-506.

BAGUET, L., 1985. Historique des carrières d'Écaussinnes, in Annales du Cercle Archéologique du

BESSAC, J.-C. & VACCA-GOUTOULI, M., 2002. La carrière romaine de l'Estel près du Pont du Gard, in Gallia, 59 :11-28.

BESSAC, J.-C., 2002. Les carrières du Bois des Lens (Gard), in Gallia, 59 : 29-51.

BESSAC, J.-C., 1999. L'archéologie de la pierre de taille, in Ferdière, A. (éd.), La construction en pierre (Collection "Archéologiques"), Paris, 9-52.

BORNET, J., 1849. Les Grands-Malades, in Annales de la Société Archéologique de Namur, I : 381-452.

BREULS, T., 1994. Mergelgrotten, het onbekende landschap van Limburg.

DE JONGHE, S., GEHOT, H., GENICOT, L.F., WEBER, PH. & TOURNEUR, F., 1996. Pierres à bâtir traditionnelles de la Wallonie, Jambes-Louvain-la-Neuve, 71-75.

DOPERÉ, F., 2005. Le château d'Ecaussinnes-Lalaing, Histoire architecturale du château médiéval du XIIIe au XVIIIe siècle, Les techniques de taille sur le Petit Granit et les signes des maîtres de carrière, in Actes du XIVe Colloque International de Glyptographie de Chambord, 231-290.

DOPERÉ, F. & TILMANT, P.-H., 2007. La pierre de construction sur les chantiers médiévaux. De l'extraction dans les carrières jusqu'à la mise en œuvre dans les maçonneries. Le témoignage des traces d'outils, in Actes du VIIe Congrès de l'Association des Cercles francophones d'Histoire et d'Archéologie de Belgique et du LIVE Congrès de la Fédération des Cercles d'Archéologie et d'Histoire de Belgique, Ottignies-Louvain-la-Neuve, 374-387.  
Canton de Soignies, XXXI.

DREESEN, R., DUSAR, M. & DOPERÉ, F., 2001. Atlas natuursteen in Limburgse monumenten, Geologie, Beschrijving, Herkomst en gebruik, Genk, 219-233 en 265-267.

GOHY, F. & TOURNEUR, F., 2004. Extraction, débitage et façonnage du marbre, in Pouvoir(s) de marbres (Dossier de la Commission royale des Monuments, Sites et Fouilles, 11), 47-67.

GROESSENS, E., 2001. Le calcaire de Meuse, un matériau belge exporté depuis les romains, in 126° congrès du CTHS, 4e colloque Carrières et constructions, Toulouse.

GUBIN, E., MAGAIN, J., NETELS, V. & WAROQUIE, D., 1983., L'homme et son terroir, Le marbre dans la région de Philippeville, Treignes.

HENNEBERT, M. & EGGERMONT, B., 2002. Braine-le-Comte – Feluy, notice explicative (Carte géologique de Wallonie, 39/5-6), Namur, 26-27.

HOFFSUMMER, P., 2003. Quelques réflexions à propos des possibilités d'analyses dendrochronologiques de châteaux de pierre du sud-est de la Belgique, in Le bois dans le château de pierre au Moyen Age, Actes du colloque de Lons-le-Saunier (23-25 octobre 1997), Besançon, 279-280.

HOFFSUMMER, P., HOFFSUMMER-BOSSON, A. & WÉRY, B., 1987. Naissance, transformations et abandon de trois places-fortes des environs de Liège: Chèvremont, Franchimont et Logne, in Château Gaillard, XIII : 63-80.

ROBINET, C. & DOPERÉ, F., 2004. Namur/Beez, la carrière souterraine des « Grands Malades », in Chronique de l'Archéologie Wallonne, 12 : 236-239.

TILMANT, P.-H., 2006. Observations sur les techniques de construction en usage à la forteresse de Poilvache (Yvoir) (Nr.), in Archaeologia Mediaevalis, 29 : 172-177.

TOURNEUR, F., 1997. Les matériaux pierreux du château de Franchimont, in Hoffsummer, P., Le château de Franchimont (Carnet du Patrimoine, 21), 20-22.



## WAAROM EEN STEEN (SOMS) ZIJN HUID VERLIEST?

Timo G. NIJLAND<sup>1,a</sup>, Rob P.J. VAN HEES<sup>1,2,b</sup> & Barbara LUBELLI<sup>1,2,c</sup>

<sup>1</sup>TNO Bouw en Ondergrond, Postbus 49, 2600 AA Delft, NL

<sup>2</sup>@MIT, Faculteit Bouwkunde, TU Delft, Postbus 5048, 2600 GA Delft, NL

<sup>a</sup>timo.nijland@tno.nl, <sup>b</sup>rob.vanhees@tno.nl, <sup>c</sup>barbara.lubelli@tno.nl

(12 figuren)

**Samenvatting.** De monumentenzorger is in veel gevallen een huidspecialist. De huid van de gebruikte natuursteen is in veel gevallen de drager van de wens tot expressie van de bouwmeester, van de slag van de steenhouwer, van (resten) polychromie en van het patina des tijds. Juist die huid wordt vaak afgestoten of pokdalig. In deze bijdrage wordt ingegaan op het waarom van dit verlies van de huid van natuursteen.

**Sleutelwoorden :** Natuursteen, verwerking, alveoli, zoutschade, terminologie.

**Abstract. Why a natural stone loses its skin.** In many cases, the skin of natural stone bears the expression desired by an architect, the cutting of a stone mason, (remains of) polychromy and the patina of ages. This skin, however, is often lost by spalling, exfoliation or alveolitization, etc. In this contribution, an overview is given of mechanisms resulting in this loss of skin of natural stone.

**Keywords** Building stone, weathering, alveolization, salt damage, terminology.

### 1. Inleiding

Zowel in Nederland als Vlaanderen maakt natuursteen een belangrijk deel uit van de bouwmasa in het cultureel erfgoed, zowel voor ornamenten en beeldhouwwerk, als voor bekleding en als dragend materiaal. Dragend, niet alleen in de zin van het dragen van de constructie, maar ook dragend in de zin van de expressie van de steenhouwer en bouwmeester, van restanten oorspronkelijke polychromie en van historische informatie. Dit geldt in het bijzonder voor het buitenste deel van de steen, de huid. Juist die huid is het meest verweringsgevoelig. Zij vervuilt, valt af, bladdert af, verpoedert, of er komen gaten in. De steen wordt vervolgens gereinigd – vaak met alle schadelijke gevolgen van dien –, versterkt, waterafstotend behandeld of geheel vervangen, waarbij de meer waardevol geachte bouwfragmenten soms nog in een museum worden bewaard. Niet elke steen is even verweringsgevoelig, zelfs niet elke bank of elk blok van nominaal dezelfde steen. Samenstelling en poriestructuur, en daarmee duurzaamheid, kunnen zeer variabel zijn. Expositie – blootstelling aan vocht, vorst, zouten – en (bouwkundige) detaillering spelen eveneens een belangrijke rol. Begrip waarom een steen soms zijn huid verliest is essentieel bij de keuze van elke interventie, om het even of dit nu een oppervlaktebehandeling of vervanging is. In deze bijdrage zal nader ingegaan worden op de verschillende verweringsvormen van natuursteen, en zal het ontstaan van enkele daarvan nader worden beschouwd.

## 2. Verweringsvormen

Natuursteen toont velerlei verweringsvormen: soms verschillende vormen ten gevolge van eenzelfde schademechanisme, aanvattend op verschillende stenen, soms als gevolg van verschillende stadia van aantasting, soms doordat verschillende aantastingsmechanismen tegelijkertijd of na elkaar actief zijn geweest. Het is daarom van groot belang om eenduidige terminologie te hanteren. Elke terminologie en elke definitie is, helaas, ten dele subjectief. Een geoloog ziet bepaalde veranderingen in het uiterlijk van een steen als mooie verschijnselen van een verouderingsproces; een architect zal dezelfde kenmerken wellicht als onaanvaardbaar beschouwen. Toch is het gebruik van één en dezelfde terminologie de enige garantie voor een zuivere uitwisseling van informatie, en de enige mogelijkheid om onderzoeksresultaten te vergelijken. Voor monumentenzorgers, monumentenwachters, restauratiearchitecten, aannemers en specialisten in het algemeen, vormt een gemeenschappelijke terminologie de basis voor een effectieve samenwerking, zonder risico dat rapportages of bestekken op een verkeerde manier worden geïnterpreteerd. Het gebruik van eenduidig vastgelegde en overeengekomen termen is essentieel om door herhaalde opnames de staat van onderhoud van een monument te volgen (monitoren). In verschillende landen en talen zijn dergelijke terminologiën ontwikkeld, al dan niet vergezeld van een shadeatlas (Normal, 1990; Löfvendahl et al., 1994; Hees & Naldini, 1995; Fitzner et al., 1995), recent culminerend in het geïllustreerde woordenboek van het natuursteencomité van ICOMOS (ICOMOS-ISCS, 2008). Het Nederlandse taalgebied kampt met een vaak verschillende vertaling van Engelse termen; voor een Nederlandstalige terminologie is een voorzet gegeven door Naldini et al. (2006).



**Figuur 1.** Uitbloei van  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  op Weiberner tuf, St. Janskathedraal, 's-Hertogenbosch (okt. 2002).



**Figuur 2.** Gipskorsten op Lede, Eglise St. Jean et St. Etienne des Minimes, Brussel (jul. 2004).

Afgezien van mechanische schade zoals doorbuigen van metselwerk en biokolonisatie, zijn enkele van de voornaamste verweringsvormen aan de natuursteen zelf (Naldini et al., 2006):

- Depositie (afzettingen, Eng.: deposition), waaronder vuilafzetting (Eng.: soiling), afzetting na uitloging (Eng.: encrustation), uitbloei (Eng.: efflorescence) (Fig. 1) crypto-uitbloei (Eng.: crypto-florescence) en graffiti.
- Omzetting (Eng.: transformation), waaronder vorming van patina of van korsten (Eng.: crust); (Fig. 2).
- Desintegratie (Eng.: desintegration), waaronder delaminatie (Eng.: delamination), exfoliatie (Eng.: exfoliation) (Fig. 3), het afspringen van een (dikke) laag (Eng.: spalling) (Fig. 4) en schilferen (Eng.: scaling).
- Cohesieverlies (Eng.: loss of cohesion), waaronder poederen (Eng.: powdering) (Fig. 5) verkrumelen (Eng.: crumbling), ver?afzanden (Eng.: sanding, Dui.: Absanden), erosie, alveolaire vertering (Eng.: alveolitisation, Dui.: Wabenverwitterung) (Fig. 6) en stylolieten .
- Scheuren (Eng.: cracking), waaronder (haar)scheuren, craquélé en steken (Eng.: diaclase).

Vertering en verweringsbestandheid zijn de weerslag van de complexe interacties tussen eigenschappen van de steen en externe omstandigheden. Primaire eigenschappen van de steen zoals samenstelling – zijn er makkelijk oplosbare componenten aanwezig, bestanddelen die makkelijk met sulfaat reageren of kunnen zwellen –, (micro)structuur, porositeit en porieverdeling en -structuur, – en daaraan gerelateerd wateropname en droging –, hygrisch en thermische uitzetting bepalen de respons van de steen op van buitenaf opgelegde omstandigheden. Deze eigenschappen zijn niet per sé hetzelfde voor één blok steen; de veelvuldig waargenomen selectieve vertering getuigt van dergelijke variaties. De eigenschappen van natuursteen zijn, voor verschillende



**Figuur 3.** Exfoliatie van micarijke zandsteen, Divaeus College, Leuven (nov. 2008).



**Figuur 4.** Spalling van Römer tuf, Broederkerk, Deventer (apr. 2008).



**Figuur 5.** Poederen van Bentheimer zandsteen, Niehausstiege, Bad Bentheim (aug. 2005).



**Figuur 6.** Alveoli in standbeeld van Ança kalksteen, Igreja de Santa Cruz, Coimbra (sept. 2007).

steensoorten, evenmin constant in de tijd. Voor zichtbaar verweerde steen ligt dit wellicht voor de hand. De porieverdeling van Morley kalksteen verandert bijvoorbeeld duidelijk ten gevolge van zoutverwerking (Nijland & Van Hees, 2009). Echter, ook voor stenen die niet (zichtbaar) verweerd zijn kunnen de eigenschappen tijdsafhankelijk zijn. Zo neemt de waterabsorptie van tufsteen toe in de tijd (Brendle, 2003) en veranderen ook lineaire uitzetting en krimp (Cioffi et al., 1991; Blacic., 1993); hiermee zal ook de respons op omstandigheden van buiten veranderen. Omstandigheden van buiten die de duurzaamheid van natuursteen kunnen beïnvloeden zijn velerlei. Een belangrijke rol spelen de hoeveelheid vocht, het al dan niet optreden van vorst-dooicycli, en het al dan niet aanwezig zijn van verschillende zouten (die overigens niet altijd een externe bron hebben; zie Nijland et al. (2005)). De mate waarin deze de steen kunnen aantasten wordt mede bepaald door zaken als detaillering en oriëntatie van de gevel die de vochthuishouding beïnvloeden. Ook beïnvloeden zij elkaar. Het effect van een combinatie van zouten is nadrukkelijk anders dan van één enkel zout (bijv. De Clercq (2008)), terwijl de aanwezigheid van verschillende zouten het negatieve effect van vorst-dooicycli ook aanzienlijk kan versterken (bijv. Williams & Robinson, 1991; Williams & Robinson, 2001).

### 3. Verlies van de huid

Het verlies van de huid kan vele vormen aannemen: vorming van meerdere, dunne lagen, veelal parallel aan het zichtvlak van een oorspronkelijk niet gelaagd materiaal (exfoliatie); vorming en loskomen van gipskorsten, loskomen van een relatief dikke ( $\geq 3$  mm) laag (afspringen) of van een relatief dun ( $< 3$  mm) schubachtig deel (schilferen) van een materiaal. Voor een dergelijk verlies van de huid komen in principe verschillende mechanismen in aanmerking. Luchtvervuiling, vorst en zouten kunnen een rol spelen.

De vorming van zwarte gipskorsten (Fig. 2) – zwart omdat in het transparante gips van de korst veel fijne deeltjes uit luchtvervuiling zijn ingekapseld – op bijvoorbeeld Lede (Balegem) en Gobertange steen is wel bekend (Leysen et al., 1989) en al vroeg aan de aanwezigheid van  $SO_2$  in de luchtvervuiling toegeschreven (Camerman, 1945). In eerste instantie wordt  $CaCO_3$  aan



het oppervlak de kalksteen omgezet in gips,  $\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . De zich vormende gipslaag vangt luchtgedragen deeltjes, zoals vliegassen in, die als katalysatoren werken en verder gipsvorming bevorderen. De gipskorst groeit zowel naar binnen als naar buiten, door opeenvolgende cycli van gipsvorming – neerslag van deeltjes – gedeeltelijke oplossing van gips – opvulling van holtes door gips, enz. Schiavon, 1992). Gips is weliswaar niet goed oplosbaar, maar ook niet echt slecht, en op de beregende zijde spoelen de gipskorsten op termijn ook weer af, waardoor de steen haar huid verliest.

Ook bij de zwarte verwerking van zandstenen zoals de Bentheimer en Obernkirchener speelt de vorming van gips een rol, terwijl in de steen geen carbonaat aanwezig is (Nijland et al., 2004a, 2004b). De dunne zwarte verweringslagen zijn in de regel echter goed hechtend, en vallen niet af. Bij kristallisatie van water tot ijs of van zouten uit oplossing wordt een vaste stof gevormd. Indien bevrozing of kristallisatie optreedt achter het zichtvlak, op plaatsen waar geen of weinig ruimte is zoals korrelgrenzen of kleine poriën, heeft dit spanningsopbouw tot gevolg. Zo laat bijvoorbeeld kleihoudende zandsteen na het ondergaan van slechts enkele kristallatiecycli met NaCl al irreversibele vervorming (dilatie) zien (Wendler, 1991); vergelijkbare treedt op in andere materialen zoals mortels (Lubelli, 2006).

In navolging van Correns (Correns, 1926, 1949; Correns & Steinborn, 1939) wordt wel gesproken over kristallisatiedruk, de druk die een groeiend kristal zou uitoefenen op zijn omgeving, als verklaring voor de schade door het kristalliseren van zouten. Echter, in de aanwezigheid van een vloeistoffase zal onder druk het meest oplosbare kristal – en dat zijn bij kristallisatie van zouten als NaCl of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  in een zand- of kalksteen de zouten zelf en niet de kwarts- of calciëtkristallen in de steen – in oplossing gaan (Rutter, 1976; Schutjens & Spiers, 1999; Désarmand et al., 2008). Het gevolg hiervan is dat de oplosbaarheid van een zout onder druk in een porie groter is dan de oplosbaarheid in een ‘vrije’ bulkoplossing: Er ontstaat een vorm van oververzadiging van de oplossing in de porie (Scherer, 1999; Flatt, 2002), en de kristallen die toch vormen, oefenen afhankelijk van de contacthoek die ze met het oppervlak maken, druk uit. De relaties tussen kristallisatiedruk en oplosbaarheid wordt gegeven door (Scherer, 1999; Flatt, 2002):

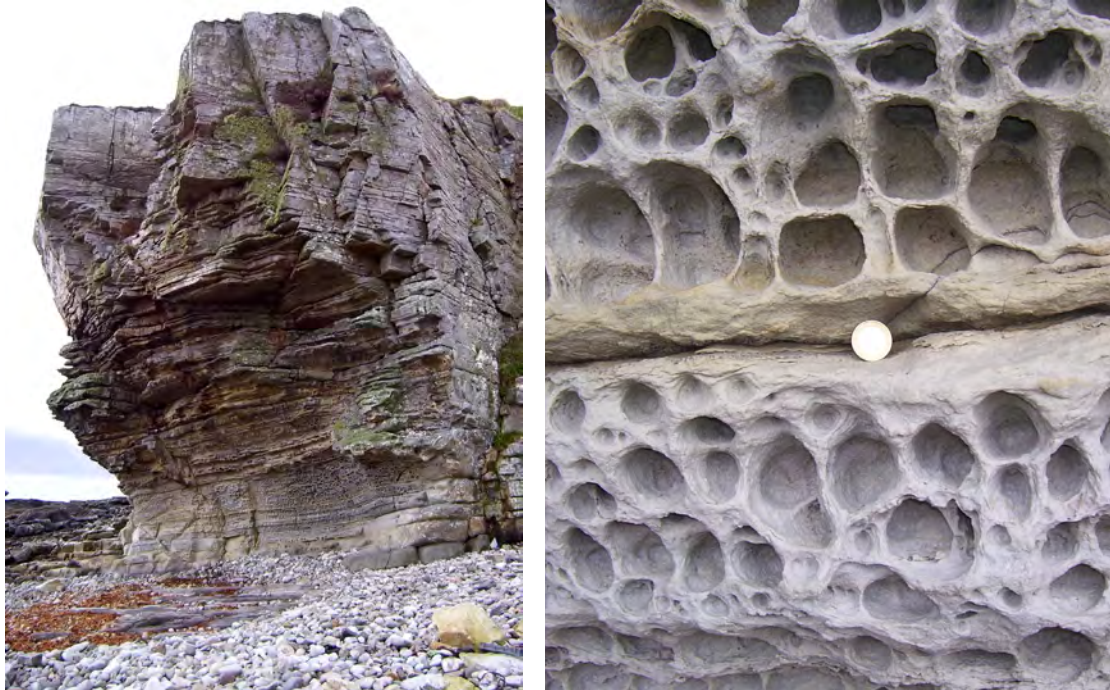
$$P_c = \frac{-2 \gamma \cos \theta}{r_p}$$

en

$$P_c = \frac{n R T}{V_c} \ln \frac{C}{C_0}$$

waarin  $P_c$  de kristallisatiedruk is,  $\gamma$  de oppervlaktespanning,  $\theta$  de contacthoek tussen een zoutkristal en de poriewand,  $r_p$  de straal van een porie,  $n$  het aantal ionen in een zout,  $R$  de gasconstante,  $T$  de temperatuur,  $V_c$  het molair volume van een zout,  $C$  de verzadigingsconcentratie in een porie en  $C_0$  de verzadigingsconcentratie in bulkoplossing. De kristallisatiedruk kan aanzienlijk zijn:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ontwikkelt bijvoorbeeld oververzadiging in poriën  $< 5$  nm, waarna bij kristallisatie een druk van  $39 \text{ N mm}^{-2}$  wordt uitgeoefend (Rijniers et al., 2003). Bij een treksterkte van  $3 \text{ N mm}^{-2}$ , al hoger dan van veel natuursteensoorten, wordt in poriën  $< 12$  nm de kristallisatiedruk groter dan de treksterkte en zal schade optreden (Rijniers, 2004).

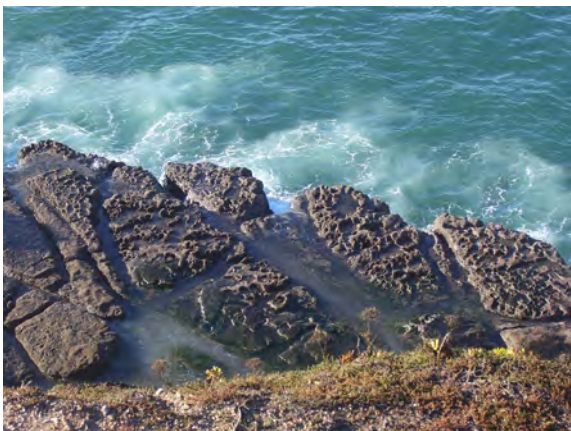
Echter, de hierboven beschreven relatie verklaart niet alles: immers, om tot substantiële oververzadiging en drukopbouw te komen, is een kleine poriediameter nodig. Materialen die geen fijne poriën hebben, zouden geen schade moeten ondervinden, hetgeen in de praktijk wel zo is. Hiervoor zijn twee verklaringen aan te voeren. Allereerst hebben ook veel grofporeuze materialen niet alleen grove poriën. Vaak worden de grove poriën verbonden door nauwere – een z.g. flessehalsvorm – waarin dan wel kristallisatiedruk kan optreden. Daarnaast is het zo dat als een zoutkristal vrij groeit in een grote porie, de vrije ruimte in die porie kleiner wordt. Normaal gesproken zal deze ruimte gevuld zijn met een zoutoplossing. Echter, tijdens droging kan het zo



**Figuur 7.** Alveoli in klif van Elgol zandsteen, Isle of Skye (apr. 2007).

zijn dat deze vloeistoffilm onderbroken wordt. Er ontstaat als het ware een tijdelijke, met de tijd veranderende secundaire porie, gevormd door de vrije ruimte tussen de oorspronkelijke poriewand en een zoutkristal. Indien deze klein genoeg is, zou hierin oververzadiging en drukopbouw kunnen optreden (Scherer, 2004). Los van deze twee verklaringen is het zo dat kristalgroei, en daarmee eventueel optredende kristallisatiedrukken, een dynamisch, niet-evenwichtsproces is, waarbij verdampings- en afkoelingsnelheden een belangrijke rol spelen, en in specifieke situaties kan leiden tot zeer hoge kristallisatiedrukken (Steiger, 2005).

Het zal duidelijk zijn dat de huidspecialist om dergelijke schade te voorkomen, bij voorkeur zorgt dat zouten en vocht de steen kunnen verlaten, zodat zij niet achter het zichtvlak uitkristalliseren. Het verhinderen van droging, bijvoorbeeld door verdichting van het oppervlak door vervuiling, of door een waterafstotende oppervlakbehandeling waarbij het water toch achter de huid kan komen, kunnen de natuurlijke processen aanzienlijk versterken.



**Figuur 8.** Alveoli in Berrassien dolomitische kalksteen, Cascais (dec. 2008).



**Figuur 9.** Alveoli in Bentheimer zandsteen, Funkenstiege, Bad Bentheim (aug. 2005).

Niet alleen kristallisatieprocessen kunnen leiden tot het afstoten van de huid van natuursteen. Bij stenen die een grote hygrische uitzettingscoëfficiënt hebben en te gelijk een dusdanige poriestructuur dat ze langzaam drogen, kan het zo zijn dat de huid van de steen allang droog is, terwijl het hart van de steen nog erg nat is. De huid krimpt, het hart blijft vol en uitgezet. In de overgangszone ontstaan schuifspanningen, die kunnen leiden tot het afvallen van de huid. Een gesteente waarbij een dergelijk mechanisme waarschijnlijk optreedt, is tufsteen.

#### 4. Alveoli, oftewel een meer dan pokdalige huid

Behalve min of meer laagsgewijs zijn huid verliezen, kan een steen ook een pokdalig uiterlijk krijgen. Er vormen z.g. alveoli (ook wel tafoni genoemd): de steen vertoont een honingraatachtig schadepatroon. Dit fenomeen is bekend uit natuurlijke ontsluitingen, bijvoorbeeld van de beroemde klif van Elgol zandsteen uit het Krijt aan de oostkust van het Isle of Skye (Schotland; fig. 7), de dolomitische Krijt kalkstenen aan de Portugese Atlantische kust (Fig. 8) of in de Bentheimer zandsteen waarop het Slot Bentheim gebouwd is (langs de Funkenstiege; fig. 9). Aan monumenten is dit type verwerking vooral bekend van kalkstenen in het Mediterrane gebied (Fig. 10). Ook in onze streken komt dit type verwerking voor, zij het niet al te frequent. In ons klimaat treedt alveolitatie soms op in zowel sedimentaire als dieptegesteenten. Voorbeelden zijn de Bentheimer zandsteen aan de Stadspomp van Brielle (Fig. 11) en Drachenfels trachiet aan de Lebuïnuskerk te Deventer (Fig. 12). De oorzaak van deze vorm van aantasting is niet eenduidig. De aanwezigheid van een harde dichte laag op het oppervlak, die lokaal doorbroken wordt waarna de achterliggende zachtere steen op deze plaatsen oplost is wel als verklaring aangevoerd (Mottershead & Pye, 1994); dit verschijnsel wordt in het Engels case hardening genoemd, en lijkt in sommige gevallen een deugdelijke verklaring. Echter, alveoli treden ook op waar een dergelijke oppervlaktelaag afwezig is. Het lijkt waarschijnlijk dat in de meeste gevallen zouten een rol spelen in het ontstaan van alveoli. Indien aan het oppervlak reeds kleine depressies aanwezig zijn, zal de steen daaronder langzamer drogen dan aan het eigenlijke oppervlak. Wanneer de steen langzaam droogt na een natte periode, concentreren vocht en de meer oplosbare zouten zich bij het oppervlak van de depressies, terwijl het oppervlak droogt en eventueel minder oplosbare zouten (zoals gips) daar neerslaan (Huinink et al., 2004; Siedel, 2008). De oorspronkelijk geringe depressie wordt op deze manier, onder invloed van de oplosbare zouten, een alveole, waarbij de periode waarin droging optreedt en verdampingssnelheid controlerende parameters zijn (Huinink et al., 2004). Waar bijvoorbeeld bij tufsteen de oorspronkelijke depressies kunnen zijn ontstaan door verweren van de puimsteen (Siedel, 2008), komen alveoli ook voor in zeer homogene gesteenten zoals de al genoemde zeer zuivere Bentheimer zandsteen en in zuivere kalkstenen.



**Figuur 10.** Alveoli in kalksteen in Lecce (jul. 2005), rechts aan het Castelo Engenheira Silva, Figueira do Foz (sept. 2007).



**Figuur 11.** Alveoli in Bentheimer zandsteen, stadspomp, Brielle (nov. 2008).



**Figuur 12.** Alveoli in Drachenfels traciet, Lebuïnuskerk, Deventer (aug. 2003).

Nucleatie van zouten geïnitieerd en gecontroleerd door de windsnelheid langs het steenoppervlak zou in dergelijke gevallen de aanleiding zijn tot de vorming van alveoli (Rodriguez-Navarro, 1999). In geval van de beschutte Bentheimer zandsteen aan de Funkenstiege kunnen hierbij vraagtekens worden geplaatst. De tijdsspanne waarin alveoli kunnen ontstaan is, anders dan de vele geologische voorkomens (en daarbij behorende tijdsschaal) doen vermoeden, onder gunstige condities betrekkelijk kort (minder dan een eeuw), getuige hun voorkomen aan verschillende rond 1900 villa's aan de Portugese Atlantische kust. Eenmaal gevormd kunnen ze betrekkelijk stabiel zijn. De reeds een kleine eeuw bekende alveoli in de Bentheimer zandsteen aan de Funkenstiege onder Slot Bentheim (Behme, 1926) lijken geen ontwikkeling meer te vertonen.

## 5. Besluit

Natuursteen maakt een zeer belangrijk deel uit van de bouwmassa in het cultureel erfgoed in Nederland en Vlaanderen. Veel steensoorten zijn bijzonder duurzaam in vergelijking met andere bouwmaterialen. Desalniettemin kan natuursteen zijn huid verliezen of kan deze pokdalig worden. Een goed begrip van de processen die hiervoor verantwoordelijk zijn, zoals aantasting door zouten, is essentieel voor het behoud van ons gezamenlijk cultureel erfgoed.

## 6. Referenties

BEHME, F., 1926. Geologischer Führer durch die Grafschaft Bentheim. 2e druk, Hahnsche, Hannover.

BLACIC, J.D., 1993. Hydration swelling effects on time-dependent deformation of zeolitized tuff. *Journal of Geophysical Research*, 98B: 15909-15917.

BRENDLE, S., 2003. Weathering of tuff stone. TNO, Delft, TNO rapport 2003-CI-R0044.

CAMERMAN, C., 1945. Étude des pierres des monuments Bruxellois. Leur altération par les fumées. *Bulletin de la Société Belge de Géologie, Paleontologie et Hydrologie*, 54: 133-139.

CIOFFI, R., MARINO, O. & MASCOLO, G., 1991. The physical action of water on the decay of building grey-tuff stone. *Materials Engineering*, 2: 263-275.

CLERCQ, H. DE, 2008. The effect of other salts on the crystallization damage to stone caused by sodium sulphate. In: *Proceedings from the International Conference Salt Weathering on Buildings and Stone Sculptures*, Copenhagen, 307-315.

CORRENS, C.W., 1926. Über die Erklärung der sogenannten Kristallisationskraft. *Sitzungs-Berichte der Preußische Akademie der Wissenschaften*, 11: 81 e.v..

CORRENS, C.W. & STEINBORN, W., 1939. Experimente zur Messung und Erklärung der sogenannten Kristallisationskraft. *Zeitschrift für Kristallographie etc.*, 101: 117-133.

CORRENS, C.W., 1949. Growth and dissolution of crystals under linear pressure. *Discussions of the Faraday Society*, 5: 267-271.

DÉSARMAND, J., BARONNET, A., BROMBLET, P., GRAUBY, O. & VALLET, J.M., 2008. Crystal growth under mechanical constraints: New experimental results using KCl. In: *Proceedings from the International Conference Salt Weathering on Buildings and Stone Sculptures*, Copenhagen, 103-113.

FITZNER, B., HEINRICHS, K. & KOWNATZKI, R., 1995. Weathering forms- classification and mapping, *Verwitterungsformen - Klassifizierung und Kartierung. Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung 1*. Ernst & Sohn, Berlin, 41-88.

FLATT, R.J., 2002. Salt damage in porous materials: How supersaturations are generated. *Journal of Crystal Growth*, 242: 435-454.

HEES, R.P.J. VAN & NALDINI, S., 1995. Masonry Damage Diagnostic System. *International Journal for Restoration of Buildings and Monuments*, 1: 461-473.

HUININK, H.P., PEL, L. & KOPPINGA, K., 2004. Simulating the growth of tafoni. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29: 1225-1233.

ICOMOS-ISCS, 2008, *Illustrated glossary on stone deterioration patterns / Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre*. ICOMOS, Champigny.

LEYSEN, L., ROEKENS, E. & GRIEKEN, R. VAN, 1989. Air-pollution-induced chemical decay of a sandy-limestone cathedral in Belgium. *Science of the Total Environment*, 78: 263-287.

LÖFVENDAHL, R., ANDERSSON, T., ÅBERG, G. & LUNDBERG, B.A., 1994. *Natursten i byggnader. Svensk byggnadssten & skadebilder*. Riksantikvarieämbetet, Stockholm.

LUBELLI, B.A., 2006. *Sodium chloride damage to porous building materials*. Proefschrift, TU Delft, Delft.

MOTTERSHEAD, D.N. & PYE, K., 1994. Tafoni on coastal slopes, South Devon. *Earth Surface Processes and Landforms*, 19: 543-563.

NALDINI, S., HEES, R.P.J. VAN & NIJLAND, T.G., 2006. *Definitie van schade aan metselwerk. Praktijkboek Instandhouding Monumenten*, 28(19): 19 pp.

NIJLAND, T.G. & HEES, R.P.J. VAN, 2009. Salt decay of Morley limestone used as a replacement stone at St. Peter's Church, Leiden, in previous restorations. *Heron*, special issue on natural stone, in prep.

NIJLAND, T.G., HEES, R.P.J. VAN, BRENDLE, S. & HAAS, G.J.L.M. DE, 2005. Tufsteen. Deel 1: Gebruik, samenstelling en verwerking van tuf in Nederlandse monumenten. *Praktijkboek Instandhouding Monumenten*, 21(14): 20 pp.

NIJLAND, T.G., DUBELAAR, C.W., HEES, R.P.J. VAN & LINDEN, T.J.M. VAN DER, 2004. Black weathering of Bentheim and Obernkirchen sandstone. In: Kwiatkowski, D. & Löfvendahl, R., eds., *Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Stockholm, 1: 27-34.

NIJLAND, T.G., DUBELAAR, C.W., HEES, R.P.J. VAN, WIJFFELS, T.J. & LINDEN, T.J.M. VAN DER, 2004. Zwartverkleuring van Bentheimer, Obernkirchener en Rakowicze zandsteen. *Praktijkboek Instandhouding Monumenten*, 20: 24 pp.

NORMAL 1/88, 1990. *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico*. Comas Graphica, Rome.

RIJNIERS, L.A., HUININK, H.P., PEL, L. & KOPPINGA, K., 2003. Salt crystallization in porous materials and its implications for stone decay. *EUROMAT 2003*, 6 pp.

RIJNIERS, L.A., 2004. Salt crystallization in porous materials: An NMR study. Proefschrift, TU Eindhoven.

RODRIGUEZ-NAVARRO, C., DOEHNE, E. & SEBASTIAN, E., 1999. Origins of honeycomb weathering: The role of salt and wind. *Geological Society of America Bulletin*, 118: 1250-1255.

RUTTER, E.H., 1976. The kinetics of rock deformation by pressure solution. *Philosophical Transactions of the Royal Society London*, A283: 203-219.

SCHERER, G.W., 1999. Crystallization in pores. *Cement & Concrete Research*, 29: 1347-1358.

SCHERER, G.W., 2004. Stresses from crystallization of salt, *Cement & Concrete Research*, 34: 1613-1624.

SCHIAVON, N., 1992. BSEM study of decay mechanisms in urban oolitic limestones. *European Cultural Heritage Newsletter*, 6(3): 35-46.

SCHUTJENS, P.M.T.M. & SPIERS, C.J., 1999. Intergranular pressure solution in NaCl: Grain-to-grain contact experiments under optical microscope. *Oil & Gas Science & Technology*, 4: 729-750.

SIEDEL, H., 2008. Salt-induced alveolar weathering of rhyolite tuff on a building: Causes and processes. In: *Proceedings from the International Conference Salt Weathering on Buildings and Stone Sculptures*, Copenhagen, 79-88.

STEIGER, M., 2005. Crystal growth in porous materials I: The crystallization pressure of large crystals. II: Influence of crystal size on the crystallization pressure *Journal of Crystal Growth*, 282: 455-481.

WENDLER, E., 1991. Zum Mechanismus der Schalenbildung bei tonigen Sandsteinen. Jahresberichte Steinzerfall – Steinkonservierung, 71-76.

WILLIAMS, R.B.G. & ROBINSON, D.A., 1991. Frost weathering of rocks in the presence of salts: A review. Permafrost and Periglacial Processes, 2: 347-353.

WILLIAMS, R.B.G. & ROBINSON, D.A., 2001. Experimental frost weathering of sandstone by various combinations of salts. Earth Surface Processes and Landforms, 26: 811-818.





## DE GRENZEN AAN EEN CONSOLIDERENDE BEHANDELING

Hilde DE CLERCQ

*Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium, Jubelpark 1, B-1000 Brussel  
hilde.declercq@kikirpa.be*

(10 figuren)

**Samenvatting.** Steenachtige materialen blootgesteld aan klimatologische omstandigheden worden gekenmerkt door verweringsprocessen waarbij verlies van cohesie optreedt. Een conserverende behandeling bestaat erin de aangetaste oppervlaktematerie te behandelen met een verstevigend middel. In België worden hiervoor voornamelijk producten op basis van ethylsilicaat gebruikt die veelvuldig hun efficiëntie hebben bewezen. Maar toch zijn grenzen aan een dergelijke behandeling die verband houden met de aanwezigheid van bepaalde kleiachtige materialen, de diepte van verwerking, het afstoten van oppervlakteschilfers en/of de korrelgrootte van de samenstellende mineralen van natuursteen. In deze paper wordt elk van deze fenomenen aan de hand van een typerende case study uiteengezet.

**Sleutelwoorden:** natuursteen, oppervlakteverwerking, consolidatie, ethylsilicaat, grenzen.

**Abstract – Limits to consolidation of weathered stone.** Stone like materials exposed to natural weathering suffer from weathering processes leading to a loss of cohesion. A conservation treatment consists of the application of consolidants on superficially degraded materials. In Belgium, mostly products based on ethylsilicate are used for such purposes and which have widely proven their efficiency. Unfortunately, such applications have their limits related to the presence of certain clays, the alteration depth, the detachment of a thin surface layer and/or the size of constituting grains of the stone. In this paper, each of these phenomena is explained by means of a typical case study.

**Keywords:** stone, surface weathering, consolidation, ethylsilicate, limits.

### 1. Inleiding

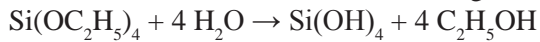
De fysische en chemische eigenschappen van bouwmaterialen ondergaan min of meer belangrijke wijzigingen wanneer ze blootgesteld worden aan zure regen of andere agressieve klimatologische omstandigheden. Meestal treedt schade op aan het oppervlak waardoor de bouwmaterialen verpoederen of afschilferen, soms tot enkele millimeters diep, maar binnenin verkeren ze nog in uitstekende toestand. De standzekerheid wordt daardoor niet in gevaar gebracht, maar de architectonische vormen gaan verloren waardoor de esthetische uitdrukking van het gebouw vermindert.

Een conserverende restauratieprocedure bestaat erin de aangetaste oppervlaktematerie terug zijn oorspronkelijke stevigheid te geven door een behandeling met chemische producten waarbij getracht wordt het verloren gegane bindmiddel te vervangen. In België worden hiervoor voornamelijk producten op basis van ethylsilicaat gebruikt.

Het reactiemechanisme voor de synthese van ethylsilicaat, toenmalig genaamd “Kiessäure Athyloxyd” of “Kieselsäureäther”, werd reeds beschreven in 1846 (Grossom, 1981). Het in situ gebruik van ethylsilicaat ter bescherming van steenachtige materialen werd reeds een aantal jaren later, in 1861, gesuggereerd. Verdere gegevens betreffende onderzoek naar steenversteviging uitgevoerd tussen 1861 en de jaren '20 van vorige eeuw zijn niet gekend. De rijkdom aan patenten

en artikels uitgegeven vanaf dan vormen een aanwijzing voor intensief onderzoek uitgevoerd ter optimalisatie van de versterkingstechniek voor voornamelijk natuursteen met producten op basis van ethylsilicaat.

Wanneer ethylsilicaat wordt aangebracht op een verpoederde ondergrond treedt, in aanwezigheid van luchtvocht en een aangepaste katalysator, hydrolyse en vervolgens polycondensatie op, waardoor amorf siliciumdioxide wordt gevormd en ethanol dat verdampst:



Voor steenversterking wordt in de handel algemeen geen zuiver monomeer ethylsilicaat aangeboden, maar een mengsel van het monomeer met een vooraf gecondenseerde fractie bestaande uit di-, tri-, tetra- en pentameren.

Tot 1993 brachten de fabrikanten enkel oplosmiddelhoudende steenversterkers in de handel. Een bepaalde hoeveelheid oplosmiddel is gunstig, onder andere om het gebruiksklare product een voldoende lage viscositeit te geven zodat een goede indringing mogelijk is. Daarom wordt de actieve stof meestal verdund met ongeveer 25 % oplosmiddel zoals white spirit of methylethylketon. Onder invloed van het groeiende milieubewustzijn vindt men steeds meer oplosmiddelvrije producten in de handel. Door gebruik te maken van lagere fracties aan vooraf gecondenseerd ethylsilicaat kan toch een voldoende lage viscositeit gegarandeerd worden.

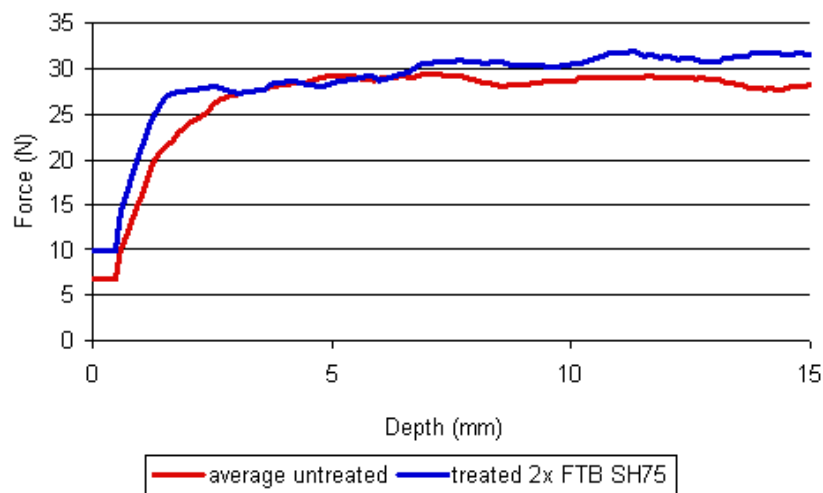
Vandaag kent ethylsilicaat wereldwijd toepassingen als steenversterkend middel voor verweerde steenachtige materialen van ontelbare monumentale gebouwen en beeldhouwwerken. Tot heden vormden de toepassing van dergelijke producten meermaals het onderwerp van onderzoeksprojecten waaruit hun efficiëntie is gebleken (Grossom, 1981; van Hees; De Witte et al., 1985). Vanuit zowel de praktijk als laboratoriumonderzoek wordt daarnaast ervaren dat in bepaalde omstandigheden het beoogde versterkend effect niet bereikt wordt en van waaruit grenzen verbonden aan een versterkende behandeling met ethylsilicaat kunnen worden geconcludeerd.

## **2. Is elk verweerd materiaal geschikt voor een versterkende behandeling met een product op basis van ethylsilicaat?**

### *2.1. Grenzen gerelateerd aan de korrelgrootte van de samenstellende mineralen.*

Het principe van het versterken van verweerde materialen door middel van chemische producten bestaat in het vervangen van het bindmiddel dat aanvankelijk de samenstellende korrels bond doch ten gevolge van verweering verloren is gegaan. Natuursteen- of baksteenpoeders stellen een extreme vorm van verweerd materiaal voor. Deze korrels kunnen symbolisch voorgesteld worden door dichtgepakte bollen. Opdat deze aaneengekit worden tot een samenhangend geheel dient de holte ontstaan tussen deze korrels of intergranulaire ruimte gevuld met versterkend middel. Theoretisch bedraagt de afmeting van de intergranulaire ruimte 0.15 d, waarbij d de diameter van de bollen voorstelt. Korrels met een diameter van 400µm vertonen een intergranulaire ruimte van 60µm terwijl dit 10µm is in geval van bvb fijne kwarts van 70µm. Een product op basis van ethylsilicaat kan principieel holtes vullen met een diameter tot 50µm (Wheeler, 2005). Dit impliceert dat enkel korrels met afmetingen tot 325µm kunnen “aaneengekit” worden.

Het Brusselse Stoclet Paleis werd gebouwd begin de 20ste eeuw en is volledig opgetrokken in Noorse dolomitische marmeren panelen. Een typerend probleem voor marmers is de thermische uitzettingscoëfficiënt die verschillend is afhankelijk van de oriëntatie. Bij het opwarmen ontstaan hierdoor intergranulaire openingen en scheuren. Deze vervorming is deels irreversibel: tijdens de afkoelingsfase keert het materiaal niet volledig terug naar zijn oorspronkelijke toestand. Er ontstaat bijgevolg een blijvende en cumulatieve porositeit. Dit voor marmers typerend fenomeen wordt gedefinieerd als intergranulaire desintegratie. Het kromtrekken van marmeren panelen is hiervan een gevolg.



**Figuur 1.** Hardheidsprofiel van een weinig verweerd marmeren paneel voor (rood) en na (blauw) twee verstevigende behandelingen met een 75% oplossing ethylsilicaat. (Brussel, Stoclet Paleis)

Aan de hand van hardheidsprofielen bekomen met het DRMS (Drilling Resistance Measurement System)-apparaat (De Clercq, 2005) kon worden aangetoond dat het merendeel van de panelen een verlaagde cohesie vertoont aan het oppervlak tot enkele mm diepte. Twee steenverstevigende behandelingen met een product op basis van ethylsilicaat bleken hierbij voldoende om deze verweerde zone terug gezond te maken en bijgevolg de intergranulaire openingen tussen de dolomitische kristallen te dichtn (Fig. 1).

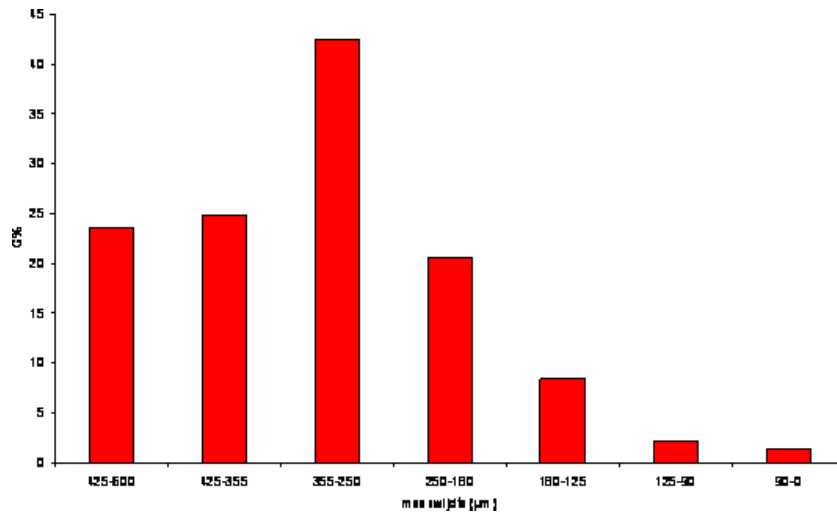
In extreme gevallen van intergranulaire desintegratie vertonen de marmeren platen nauwelijks samenhang en ontstaat een structuur die lijkt op deze van suiker, vandaar de benaming “versuikering van marmers”. Dit verweringsstype wordt voor een aantal panelen van Stoclet Paleis vastgesteld (Fig. 2).

Onderzoek naar de granulometrische kenmerken van de samenstellende korrels heeft uitgewezen dat deze marmer eerder grofkorrelig is met een belangrijke fractie aan kristallen met afmetingen groter dan 325  $\mu\text{m}$  (Fig. 3).

DRMS-metingen, aangevuld met geluidssnelheidsmetingen, hebben uitgewezen dat met geen enkele verstevigende behandeling gebruik makende van producten op basis van ethylsilicaat een efficiënt verstevigend effect behaald werd (Fig. 4). Onbehandeld vertoont het gehele paneel een opmerkelijk lagere hardheid dan de minder aangetaste panelen (Fig. 3). De oppervlaktezone wordt daarenboven gekenmerkt door een uitzonderlijk lage samenhang tot minstens 10 mm diepte. Na tot 3 steenverstevigende behandelingen wordt slechts een beperkt verstevigend effect vastgesteld (Fig. 4). Een duurzame conserverende



**Figuur 2.** Sterk versuikerd marmeren paneel. (Brussel, Stoclet Paleis)



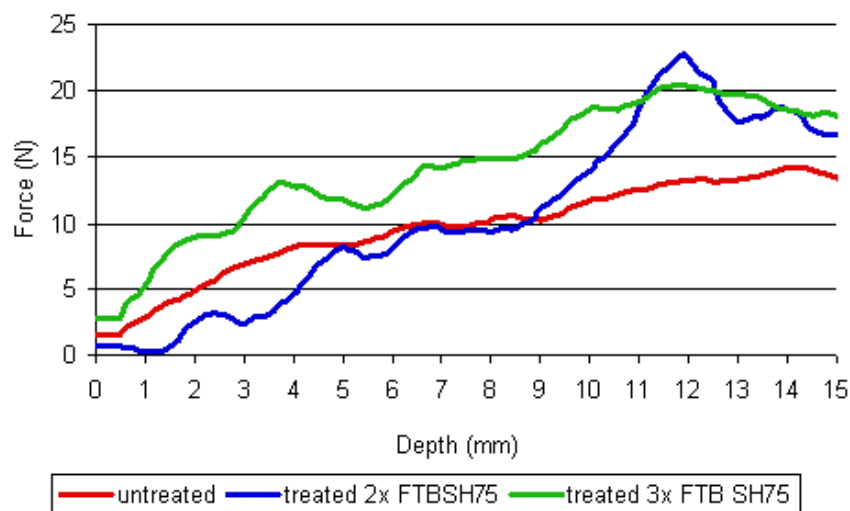
**Figuur 3.** Granulometrische kenmerken van de samenstellende korrels van het paneel afgebeeld in figuur 2. (Brussel, Stoclet Paleis)

behandeling met een product op basis van ethylsilicaat is hier moeilijk haalbaar waardoor vervanging aangewezen is.

## 2.2. Grenzen gerelateerd aan de verweringsdiepte

De Diestiaanse ijzerzandsteen kent uitgebreide toepassingen in monumentale gebouwen en omheinings- en kademuuren in het Hageland. Deze steensoort kenmerkt zich doorgaans door een diversiteit aan samenstelling en kwaliteit. Bij het gebruik ervan werd echter de kwaliteit niet altijd even kritisch benaderd. Dit impliceert dat ten gevolge van langdurige blootstelling aan natuurlijke weersomstandigheden voor bepaalde steenblokken de kwaliteit dermate is dat een duurzame conserverende behandeling sterk in vraag wordt gesteld.

De Sint-Pieterskerk te Testelt is één van de vele monumentale gebouwen grotendeels opgetrokken in Diestiaanse ijzerzandsteen. Op basis van een visuele beoordeling kan reeds de diversiteit aan kwaliteit worden vastgesteld. Diverse steenblokken kenmerken zich door de aanwezigheid van een harde oppervlaktekorst waarachter zich een sterk verweerde materie bevindt (Fig. 5). Op die zones waar de oppervlaktekorst is afgestoten wordt een sterk verpoederend vlak blootgesteld aan externe weersomstandigheden.



**Figuur 4.** Hardheidsprofiel van het in figuur 2 afgebeeld paneel, voor (rood) en na 2 (blauw) en 3 (groen) verstevigende behandelingen. (Brussel, Stoclet Paleis)

Uit het DRMS-hardheidsprofiel kon worden opgemaakt dat het aldus ontstane oppervlak een zeer lage samenhang vertoont en dit tot minstens 3 cm diepte (Fig. 6). Vanuit het principe van duurzaamheid is een steenverstevigende behandeling hierbij eigenlijk weinig zinvol gezien voor dergelijke steenblokken slechts de buitenste cm werd versterkt. Hiermee wordt zo goed als enkel de gevoeligheid aan oppervlakte-erosie verbeterd.

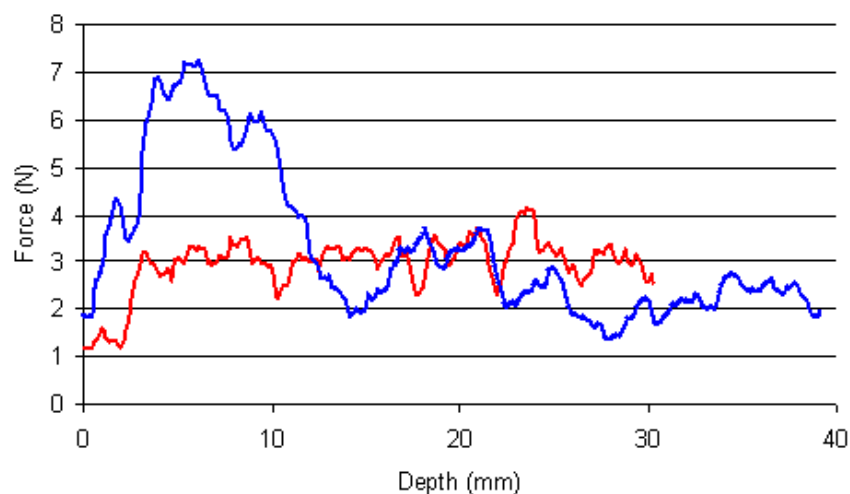
### 2.3. Grenzen gerelateerd aan complexere verweringsverschijnselen

Vaak vertonen steenachtige materialen verweringsfenomenen gekenmerkt door een combinatie van typologiën. Een vaak optredend verweringsverschijnsel is een combinatie van verpoedering naast het afstoten van oppervlakteschilfers. Dit was onder meer het geval voor de aan buitenlucht openstaande Kloostergang van de OLV Basiliek te Tongeren deels opgebouwd uit Carboonzandsteen die slechts een beperkte toepassing kent in Belgische monumenten. Deze zandsteen bevat vrij veel veldspaten die bij verwerking worden omgezet tot kleibestanddelen die hygroscopisch van aard zijn en bijgevolg spontaan luchtvocht absorberen. In winterperiodes wordt het opgenomen vocht omgezet tot ijs waardoor schade kan optreden onder de vorm van het afstoten van oppervlaktelagen naast verpoedering (Fig. 7).



**Figuur 5.** Diestiaanse ijzerzandsteenblok waarvan de harde oppervlaktehuid deels is afgestoten. (Testelt, Sint-Pieterskerk)

Het onderzoeksprogramma uitgevoerd in samenwerking met restaurateurs stenen beeldhouwwerk bestond in een gecombineerde behandeling van ethylsilicaat met een polyacrylaat van het type Paraloid B72. Producten op basis van een polyacrylaat hebben doorgaans een groter verlijmend vermogen dan deze op basis van ethylsilicaat.



**Figuur 6.** Diestiaanse ijzerzandsteen, hardheidsprofiel voor (rood) en na (blauw) twee steenverstevigende behandelingen van het onderste deel van het steenblok afgebeeld in figuur 5. (Testelt, Sint-Pieterskerk)

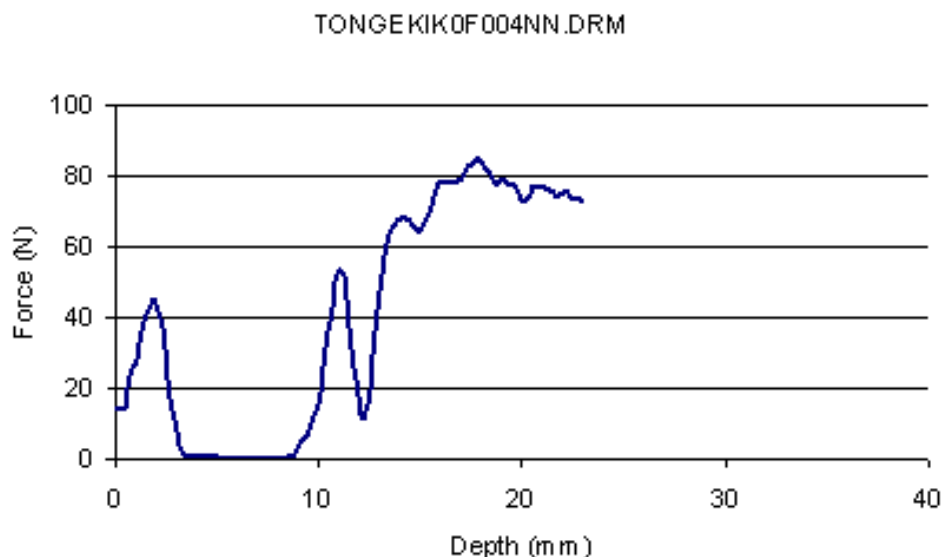


**Figuur 7.** Carboonzandsteen, verpoedering en afschilfering. (Tongeren, OLV Basiliek, Kloostergang)

Drie behandelingen met een solventvrij ethylsilicaat resulteerden in een versteviging van de verweerde oppervlaktelaag tot zo'n 4 mm dikte alsook van loszittende oppervlakteschilfers met een dikte tot 4 mm. Achter de verstevigde schilfers bevond zich veelal een verzwakte zone die ondanks het toevoegen van een polyacrylaat aan de ethylsilicaat oplossing van de laatste behandeling niet gedicht werd. Nader onderzoek uitgevoerd in het laboratorium heeft voorts uitgewezen dat in geval van een gecombineerde behandeling van ethylsilicaat met Paraloid B72 deze laatste preferentieel terug migreert naar het oppervlak in plaats van barsten te verlijmen.

Gezien deze resultaten werd verder gepoogd de barst achter de loszittende schilfers te vullen met een vloeibare minerale mortel. Alhoewel visueel een bevredigend resultaat leek bekomen, hebben DRMS-metingen uitgewezen dat de barst onvoldoende gedicht was (Fig. 8).

Een duurzame conservatieprocedure van de Carboonzandsteen van dit uniek 12de eeuws erfgoed kon, gezien zijn integriteit in de huidige architectuur en bijgevolg blootstelling aan natuurlijke weersomstandigheden, niet worden geformuleerd.



**Figuur 8.** Hardheidsprofiel na 3 steenverstevigende behandelingen met TEOS (100%) waarvan de laatste gecombineerd met Paraloid en opvulling van de barsten met een vloeibare hydraulische mortel. (Tongeren, OLV Basiliek, Kloostergang)

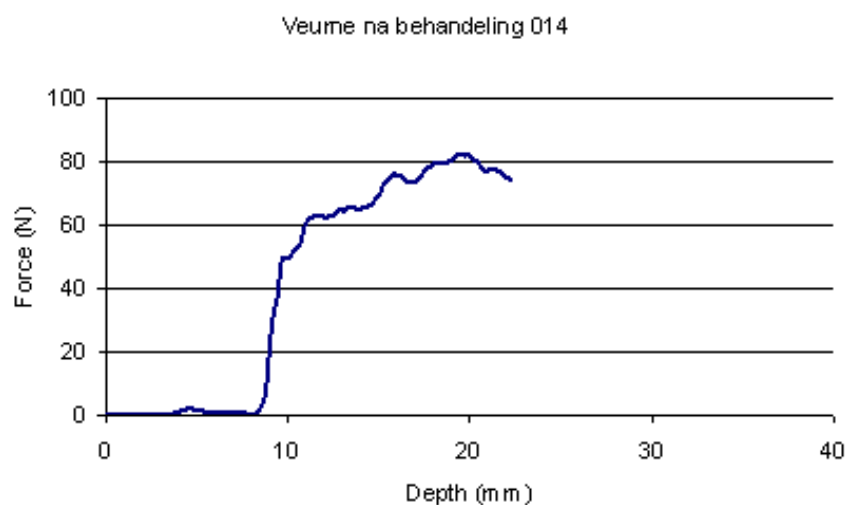
#### 2.4. Grenzen gerelateerd aan de aanwezigheid van klei-achtige bestanddelen

Van klei-achtige materialen wordt verwacht dat, gezien de aanwezigheid van Si-OH groepen, deze een affiniteit vertonen met ethylsilicaat en dus een goede ondergrond zijn voor verstevigende behandelingen met een dergelijk product. De literatuur op het vlak van de invloed van de aanwezigheid van klei-achtige bestanddelen in natuursteen op de polymerisatie- en verstevigingskenmerken van silicone producten kent evenwel diverse controverses: sommige kleisoorten lijken bevorderlijk voor een steenverstevigende behandeling met ethylsilicaat terwijl andere eerder nadelig zijn (Wheeler, 2008). Dit laatste is eveneens vastgesteld uit een recente studie van de polymerisatiekenmerken van silicone modelverbindingen (De Clercq, 2008a, 2008b) alhoewel een wetenschappelijke verklaring voor dit fenomeen tot heden niet kan worden geformuleerd.

De zuilen van het unieke vroeg-gotisch portaal van de St-Niklaaskerk te Veurne zijn opgebouwd in Doornikse steen (Fig. 9). Het onderste deel ervan was jarenlang ondergronds bewaard doch werd vorige eeuw terug vrijgelegd. De conserveringstoestand van deze kleihoudende kalksteen is gekenmerkt door een oppervlaktelaag van tot 1 cm dikte die sterk verpoedert en dus nauwelijks samenhang vertoont. Uit het hardheidsprofiel kon worden opgemaakt dat na twee steenverstevigende behandelingen met een product op basis van ethylsilicaat nauwelijks een verstevigend effect werd bereikt (Fig. 10). Alhoewel kalkstenen materialen op zich op een efficiënte manier kunnen verstevigd worden, wordt hier vermoed dat de aanwezige kleibestanddelen het polymerisatieproces van ethylsilicaat benadelen.



**Figuur 9.** Sterk verweerde Doornikse stenen zuilen. (Veurne, Sint-Niklaaskerk, vroeg-gotisch portaal)



**Figuur 10.** Doornikse steen, hardheidsprofiel na 2 steenverstevigende behandelingen uitgevoerd op de zone afgebeeld in figuur 9. (Veurne, Sint-Niklaaskerk, vroeg-gotisch portaal)

### 3. Besluit

Producten op basis van ethylsilicaat kennen wereldwijd diverse toepassingen waaruit hun efficiëntie kan worden afgeleid. Ondanks hun uitgebreide en succesvolle applicaties zijn er toch grenzen aan een dergelijke conserverende behandeling, die tot heden niet steeds wetenschappelijk verklaarbaar zijn.

### Referenties

DE CLERCQ H., 2005. Vooronderzoek met behulp van DRMS als stevige basis voor een steenverstevigende behandeling. Eerste Vlaams-Nederlandse Natuursteendag, 3/2/2005, (ISBN 90-5857-005-3).

DE CLERCQ H., 2008. Function of silane type on its reactivity for surface and in-depth applications to different substrates. Proceedings of Hydrophobe V, Fifth Int. Conference on Water Repellent Treatment of Building Materials, Brussels, Belgium, 15-16 April 2008, 17- 30.

DE CLERCQ H., 2008. Influence of Silane Type on its Reactivity for Surface and In-Depth Applications to Different Substrates. International Journal for the Restoration of Buildings and Monuments, Vol. 14, No 5, 329 - 337.

DE WITTE E., CHAROLA A.E., SHERRYL R.P., 1985. Preliminary tests on commercial stone consolidants, Vth International Congress on Deterioration and Conservation of stone, Lausanne, 709 – 718.

GROSSOM, C.A., 1981. Alkoxysilanes in the conservation of Art and Architecture. Art and Archeology Technical Abstracts, Volume 18, number 1, supplement 1861-1981.

VAN HEES, R.P.J., s.d. Evaluation of the performance of surface treatment for the conservation of historic brick masonry, Research Report N° 7. (ISBN : 92-828-2366-0)

WHEELER G., 2005. Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone, The Getty Conservation Institute.

WHEELER G., 2008. Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone: Where are we now ? Proceedings of the International Symposium Stone Consolidation in Cultural Heritage, research and practice. Ed. J.D. Rodrigues and J.M. Mimoso, Lisbon, 6-7 May, 41 - 52.



## EEN NIEUWE VERSIE TECHNISCHE FICHES VOOR NATUURSTEEN

Veerle BAMS, Fabrice de BARQUIN & Dominique NICAISE

*WTCB, Avenue P. Holoffe 21, 1342 Limelette, België*

*Veerle.Bams@bbri.be, Fabrice.de.Barquin@bbri.be, Dominique.Nicaise@bbri.be*

(6 figuren, 1 tabel)

**Samenvatting.** In juni 2006 kwam de eerste interactieve technische voorlichting van het WTCB on-line. Deze TV 228 “Natuursteen” werd opgesteld door een werkgroep bestaande uit de federaties van de sector en in samenwerking met het Technisch Comité “Steen & Marmmer”, uitgewerkt als herziening van de TV 205 “Natuursteen” die dateert van 1997. Sinds de publicatie van de TV 205 zijn er immers belangrijke evoluties in de natuursteensector opgetreden. Door de verschijning van nieuwe Europese proef- en productnormen voor natuursteen en het toenemende gebruik van geïmporteerde natuursteensoorten, waarvan de eigenschappen nauwelijks gekend zijn in de Belgische bouwsector, waren de oude TV 205 en de erin opgenomen technische fiches immers toe aan een update. De TV 228 is opgebouwd rond een database van technische fiches van de natuursteensoorten die het meest in België gebruikt worden. Deze fiches bevatten telkens algemene informatie over de steensoort, een macroscopische en microscopische beschrijving, technische karakteristieken en enkele aandachtspunten. Verder bevat de TV ook een hoofdstuk met uitleg over de bestaande proeven en criteria, een hoofdstuk dat de verschillende steensoorten beschrijft en een hoofdstuk over de afwerking en behouwingen van natuursteen. Deze TV 228 tracht een referentiedocument te zijn voor natuursteen om de gebruiker te helpen in zijn keuze en een leidraad te zijn doorheen de technische eigenschappen en benamingen.

**Sleutelwoorden :** Technische voorlichting, België.

**Abstract. New Technical filing cards for natural stone.** In June 2006, the first interactive technical note of BBRI came on-line. This NT 228 “Natural stone”; was prepared by a working group consisting of the federations of the sector and in cooperation with the Technical Committee “Stone & Marbles”, a review of the TV 205 “Natural stone”, which dates from 1997 was developed. Since the publication of the TV 205, there are significant changes occurred in the natural stone industry. Due to the appearance of new European test and product standards for natural stone and the increasing use of imported stone in which the properties are barely known in the Belgian construction industry, the old TV 205 and his technical filing cards needed an update.

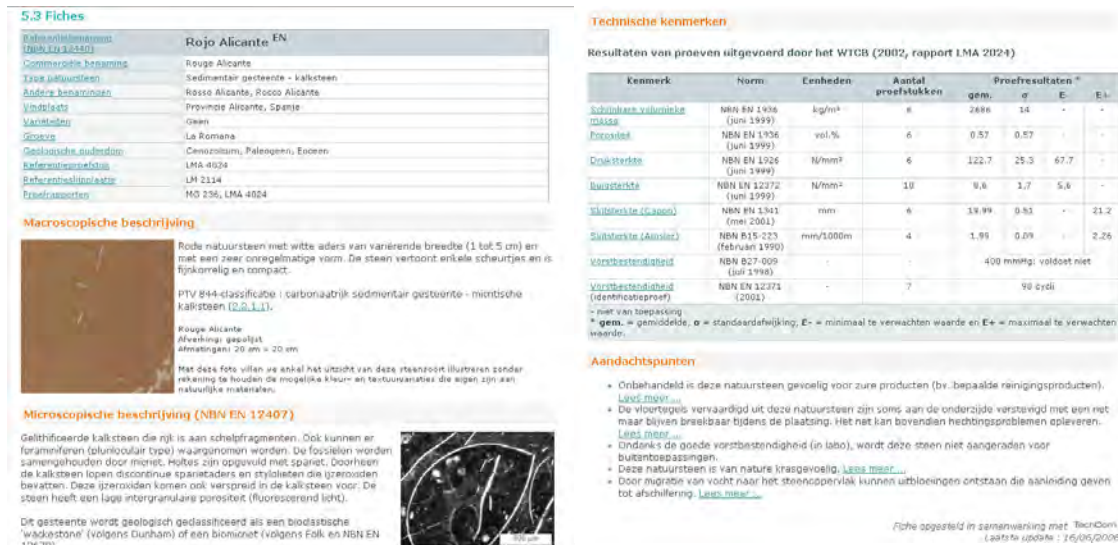
The TV 228 is built around a database of technical filing cards of stones that are mostly used in Belgium. These cards contain general information about the stone, a macroscopic and microscopic description, technical characteristics and some attention points. It also includes a chapter explaining the tests and criteria, a chapter that describes the different types of stone and a chapter on finishing and hew of stone. This TV 228 seeks to be a reference document for stone for the user in order to help in his choice and to be a guide through the technical features and names.

**Keywords:** technical note, Belgium, database.

## 1. Inleiding

In het bouwbedrijf verkeert de natuursteensector in volle evolutie. Niet enkel wordt het technische referentiekader grondig gewijzigd door een aantal nieuwe normen, ook komt er een grotere verscheidenheid in het aanbod van beschikbare materialen. Tal van “exotische” natuursteensoorten waarvan het gedrag in ons klimaat nog weinig gekend is, worden vandaag de dag gebruikt.

Om de sector door die scharnierperiode te loodsen, heeft het WTCB, met zijn Technisch Comité “Steen en marmer”, via zijn website ([www.wtcb.be](http://www.wtcb.be)) een nieuw concept van technische fiches gelanceerd, in aansluiting op de fiches die reeds in 1997 werden gepubliceerd in de Technische Voorlichting 205 (Elsen, 1997)



Figuur 1. Voorbeeld van een fiche.

## 2. Evolutie van de normalisatie

In ons land heeft de snelle evolutie op het gebied van normen een totale omwenteling in de bouwsector veroorzaakt. In tegenstelling tot andere bouwmaterialen, was natuursteen in ons land weinig genormaliseerd. Vandaag echter draait alles rond de Europese normen: terminologie van natuursteen, proefmethoden en productspecificaties. Evenmin mag men de toepassing van de CE-markering niet uit het oog verliezen: de steenproducten voor elke mogelijke bouwtoepassing zijn momenteel aan die markering onderworpen. De omwenteling is dus zeer ingrijpend. De steensector moet zich hieraan zo spoedig mogelijk aanpassen, maar die aanpassing verloopt langzaam. Er kan gezegd worden dat we de overgangperiode gepasseerd zijn. Dat wil zeggen, in deze periode werden zowel de oude (Belgische) normen en de nieuwe (Europese) normen gebruikt, hoewel in theorie de Europese normen de enig geldige waren.

Die overgang werd beslist vertraagd door het feit dat de Europese normen enkel de proefmethoden bevatten en maar zeer weinig specificaties. Met de Europese normen beschikken wij dus enkel over het proefresultaat en hebben geen enkele informatie over het keuzecriterium van de toepassingsdomeinen. Men kan de vergelijking maken met een bouwkijt: men heeft al het nodige materieel, maar geen gebruiksaanwijzing. Omwille van die toestand moet men steeds naar de oude Belgische normen verwijzen. Er moeten dus nieuwe criteria worden ontwikkeld op basis van die Europese normen en men moet rekening houden met het specifieke karakter van ons klimaat,

alsook met onze bouwgewoonten. Met dat doel werd in het WTCB een onderzoek opgestart om deze criteria in een nationale bijlage van de desbetreffende normen te zetten.

### **3. Diversificatie van de op de markt aangeboden materialen en gevolgen voor de natuursteenplaatser**

De jongste jaren worden beslist ook gekenmerkt door een merkelijke stijging van het aantal in de bouw gebruikte steensoorten. Het aanbod wordt steeds verscheidener en tal van zogenaamde “exotische” steensoorten worden dagelijks verwerkt. In het bijzonder wordt de markt overspoeld met Aziatische steensoorten (China, India, ...). Een studie die werd uitgevoerd in het kader van OSNET<sup>1</sup> (2001 - 2004) bevestigt dat de exportvolumes van die landen die van de voornaamste Europese landen bereiken en zelfs overstijgen, zodat globaal gezien de Aziatische landen sinds 2001 meer produceren dan Europa.

Die evolutie blijft niet zonder gevolg voor het werk van de natuursteenplaatser. Door het feit dat hij in vele gevallen steensoorten moet verwerken die weinig of niet gekend zijn, kan hij met de volgende problemen worden geconfronteerd:

- alvorens te beginnen werken, moet de vakman de opdrachtgever informeren over iedere niet-overeenstemming met de “regels der kunst” die een invloed kan hebben op de kwaliteit van zijn voltooid werk. Bijvoorbeeld, alvorens met de plaatsing te beginnen moet worden gemeld dat de ondervloer onvoldoende vlak is. Hetzelfde geldt voor de kwaliteit van de verwerkte materialen: indien de door de opdrachtgever gekozen steen ongeschikt is voor het beoogde doel, moet de plaatser dat vóór de aanvang van de werken melden. Hoe kan hij dat doen wanneer het gaat om een ongekende steensoort, die hij voor de eerste maal moet plaatsen?

- sommige plaatsingsproblemen zijn eveneens verbonden met de evolutie van de materialen: denken wij bijvoorbeeld, in het geval van vloeren, aan tegels waarvan de hechting bijzonder moeilijk te verzekeren is, hetzij omwille van de aard van de steen (een compacte leisteen bijvoorbeeld), of nog omwille van de aanwezigheid van een versterkingsnet op de onderzijde van tegels die uit steen, die van nature sterk gescheurd is, gezaagd zijn.

- na de plaatsing moet het onderhoud op zodanige wijze gebeuren dat de duurzaamheid noch het uitzicht van de steen aangetast worden. Ook hier kan de aannemer de opdrachtgever moeilijk oordeelkundig adviseren, wanneer het gaat om een steen die hij nog onvoldoende kent.

Om al die redenen heeft het Technisch Comité “Steen en marmer” van het WTCB het noodzakelijk geoordeeld volledige en betrouwbare technische informatie over de natuursteensoorten die momenteel het vaakst op de Belgische markt wordt gebruikt, ter beschikking te stellen. Een eerste initiatief in die richting dateert van 1997, met de publicatie van de TV 205 (Elsen, 1997) die een reeks technische fiches bevatte. Men is zich ervan bewust dat dit werk moet worden voortgezet en verbeterd.

### **4. Nieuwe technische fiches: voornaamste verbeteringen in vergelijking met de TV 205**

De Technische Voorlichting 205 “Natuursteen” (Elsen, 1997) werd in 1997 gepubliceerd. Men vindt er de beschrijving van de voornaamste proeven met betrekking tot natuursteen, een reeks criteria voor de keuze van een steensoort in functie van het gebruik en een zeventigtal technische fiches verdeeld over Belgische steensoorten, witte steen, marmer en graniet. Ofschoon deze

---

<sup>1</sup> OSNET: een thematisch netwerk gefinancierd door de Europese Commissie voor de sector van de ornamentale steen (ongeveer 60 partners).

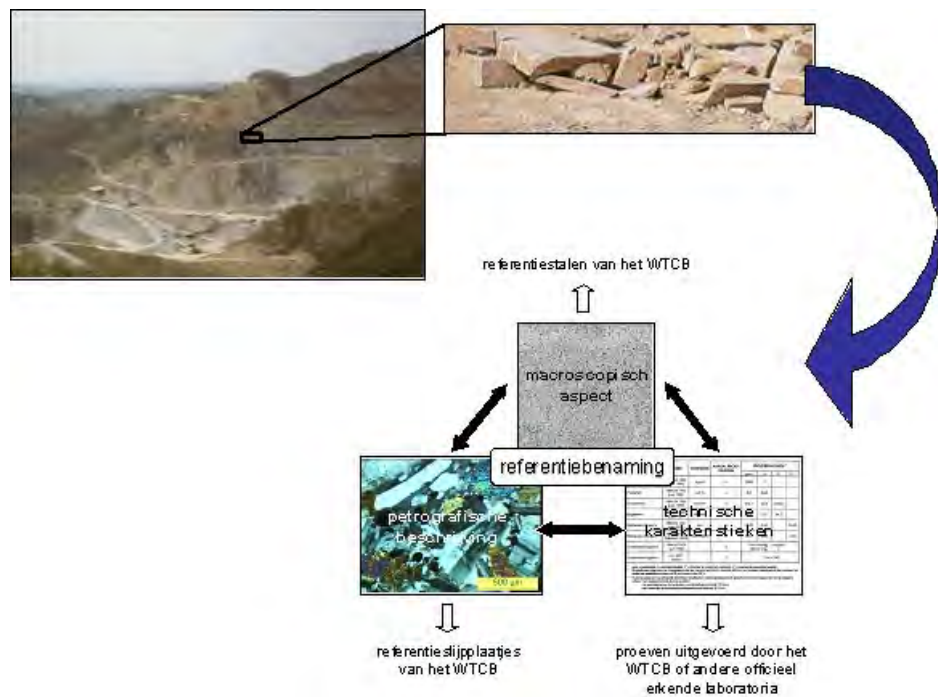
TV vaak door de sector als referentiewerk wordt gebruikt, heeft het Technisch Comité “Steen en marmer” van het WTCB het luik met de technische fiches willen herzien en verbeteren, om rekening te kunnen houden met de nieuwe Europese normen (de fiches van de TV 205 waren voornamelijk gebaseerd op de Belgische normen) en een reeks fiches willen aanbieden die vollediger en meer representatief voor de huidige markt zijn. Het principe van de opstelling van een fiche werd eveneens grondig herzien.

#### 4.1. Principe

De werkwijze die voor de opstelling van die nieuwe fiches werd gevolgd, houdt in dat voornamelijk de volgende drie aspecten van natuursteen met betrekking tot elkaar worden beschouwd: het macroscopische voorkomen, de petrografische beschrijving en de technische eigenschappen (Figuur 2). Aangezien die drie aspecten kunnen variëren binnen een en dezelfde steengroeve, werd aan de producenten gevraagd een welbepaalde homogene zone (bank of andere) in de afzetting te kiezen en specifieke referentiemonsters hiervan te leveren, teneinde de drie voornoemde aspecten te kunnen bepalen. Eens die drie aspecten via de nodige analyses en proeven zijn omschreven, worden ze vervolgens beschouwd als representatief voor die zone, die eveneens eenduidig moet worden geïdentificeerd aan de hand van een referentiebenaming. Dan wordt duidelijk op de fiche aangegeven dat ze werd opgesteld op basis van de karakteristieken van die welbepaalde zone en dat ze niet zonder meer kan worden geëxtrapoleerd op het geheel van de steengroeve.

Een van de voordelen van een dergelijk systeem is - vermits alle referentiemonsters afkomstig zijn van eenzelfde bank - dat een gekende karakteristiek automatisch verwijst naar informatie over de overige twee karakteristieken. Bijvoorbeeld, indien er een gelijkwaardigheid is tussen de petrografische analyses van een levering en een technische fiche, dan mag men redelijkerwijs de technische karakteristieken vermeld op de fiche bij levering toekennen.

Maar zelfs binnen een homogene zone moet een zekere variabiliteit worden aanvaard, zoals op het vlak van het uitzicht, de petrografie of de technische karakteristieken. Die variabiliteit staat trouwens meermaals op de fiches vermeld.



**Figuur 2.** Principe van een fiche.

#### **4.2. Macroscopisch voorkomen**

Het macroscopische voorkomen wordt door de aanvrager bepaald aan de hand van 3 referentiemonsters met de voor de betrokken steensoort meest gebruikte afwerking. In overeenstemming met de richtlijnen van de Europese normen, vertegenwoordigt een van de monsters het gemiddelde voorkomen, terwijl de andere de twee mogelijke variaties vertonen wat kleur en structuur betreft.

Om dit macroscopische voorkomen zo goed mogelijk voor te stellen op de fiche, wordt van de referentiemonsters een foto gemaakt met behulp van een scansysteem onder genormaliseerde belichtingsvoorwaarden.

Bovendien worden de referentiemonsters voor iedere van de steensoorten in de lithotheek van het WTCB bewaard, om ze als visuele hulp te gebruiken bij de identificatie van ongekende steensoorten.

#### **4.3. Microscopisch voorkomen**

Om een microscopisch beeld te verkrijgen, maakt men uit het referentiemonster slijpplaatjes (ongeveer 30 µm dikke plakjes van de steen die het licht doorlaten en zo onder de microscoop kunnen worden onderzocht). Aan de hand van de petrografische analyse (EN 12407, 2007) worden de mineralen en/of overige componenten (fossielen) alsook de korrelgrootte, de structuur en textuur van het gesteente eenduidig geïdentificeerd. Vervolgens kan een correcte geologische en onbetwistbare naam worden toegekend (volgens de norm EN 12670, 2001). Die benoemingsmethode moet iedere verwarring tussen de commerciële benamingen van de steensoorten in de bouwwereld en hun geologische naam uitschakelen, want, bijvoorbeeld, wanneer een steenproducent over marmer spreekt, heeft hij het over een kalksteen die gepolijst kan worden maar een geoloog gebruikt de term marmer wanneer het gaat om een kalksteen die getransformeerd is tot marmer (= metamorf gesteente) ten gevolge van temperatuur- en drukverschillen.

#### **4.4. Referentiebenaming**

De referentiernaam die momenteel aan een natuursteensoort moet worden toegekend, wordt bepaald volgens een norm (NBN EN 12440, 2008). Die norm bepaalt dat de naam van de steen verwijst naar het land van herkomst, de steensoort (geologische aard) en zijn kleur(schakering). Totnogtoe werd de naam arbitrair door de producent of importeur toegekend. Die toestand heeft vaak verwarring gezaaid omdat eenzelfde natuursteensoort vaak onder verschillende namen gekend was. Een van de doelstellingen van de nieuwe fiches is precies om aan iedere natuursteensoort een referentiernaam voor de Belgische markt toe te kennen, die door iedereen erkend en gebruikt wordt.

Om zich niet volledig los te maken van de handelsnamen en zich te ver van de dagelijkse realiteit van de sector te verwijderen, vermeldt de fiche naast de referentiernaam, ook nog de commerciële naam die het meest wordt gebruikt in België, in overleg met de aanvrager.

#### **4.5. Technische karakteristieken**

De proeven die nodig zijn voor de bepaling van de technische karakteristieken van een steensoort, werden in de meeste gevallen uitgevoerd door het WTCB en wanneer het om een ander laboratorium gaat, moet dit officieel erkend zijn. Alle proeven werden uitgevoerd volgens de nieuwe Europese normen. Hierbij werden de volgende karakteristieken getest:

Schijnbare volumieke massa	EN 1936, 2007	Buigsterkte	EN 12372, 2006
Porositeit	EN 1936, 2007	Slijtweerstand (Capon)	EN 1341, 2004

Druksterkte	EN 1926, 2006	Vorstbestendigheid	EN 12371, 2001
-------------	---------------	--------------------	----------------

Tabel 1: uitgevoerde proeven in het kader van TV 228

#### 4.6. Verspreiding van de fiches

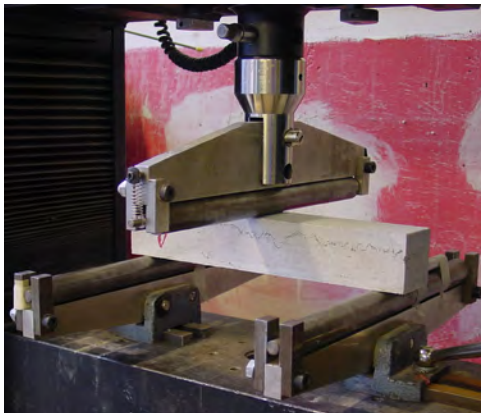
De verspreiding van de nieuwe technische fiches gebeurt via de website van het WTCB ([www.wtcb.be/publicaties](http://www.wtcb.be/publicaties)). De Technologische Voorlichting 228 “Natuursteen” bevat een eerste reeks van een vijftigtal fiches. Men vindt er alle Belgische steensoorten, maar ook tal van ingevoerde soorten: witte steen, marmer en graniet. Het voordeel van deze database is dat er regelmatig nieuwe fiches zullen toegevoegd worden.



Figuur 3. Drukproef.

Om de raadpleging van de fiches te vergemakkelijken, kan men met behulp van een zoekmachine een sortering uitvoeren op basis van de geologische aard of de technische karakteristieken.

De TV wijdt eerst een hoofdstuk aan de verscheidenheid van de gesteenten, over hun ontstaan en al de mogelijke classificaties die tegenwoordig gebruikt worden. Daarna is er een hoofdstuk dat alle toegepaste bewerkingen en behouwingen van natuursteen samenvat. Verder bevat de TV ook een naslagwerk met uitleg van de verschillende bestaande proeven en criteria die belangrijk zijn in het maken van de keuze van de juiste steen voor een bepaalde bouwtoepassing. Deze gids wordt bijgewerkt volgens de evolutie van de kennis.



Figuur 4. Buigproef.

## 5. Conclusie

Sinds de TV 228 online is gezet, is het een referentie-instrument voor de sector geworden. De TV geeft betrouwbare informatie aan de gebruikers via zijn technische fiches, die zich halfweg tussen een eenvoudige fiche met technische en commerciële gegevens (meestal onvolledig) en volledige erkenning door een certificatie van het type BENOR-ATG bevindt.

## Referenties

ELSEN, J., 1997. Technische Voorlichting 205 - Natuursteen. WTCB, België.

EN 12407, 2007. Beproevingsmethoden voor natuursteen - Petrografisch onderzoek.



**Figuur 5.** Vorstproef.



**Figuur 6.** Slijtweerstand - Capon.

EN 12670, 2001. Natuursteen - Terminologie.

EN 12440, 2008. Natuursteen - Benamingscriteria.

EN 1936, 2007. Beproevingmethoden voor natuursteen - Bepaling van de werkelijke dichtheid en de schijnbare dichtheid en van de totale poreusheid en open poreusheid.

EN 1926, 2006. Beproevingmethoden voor natuursteen - Bepaling van de eenassige druksterkte.

EN 12372, 2006. Beproevingmethoden voor natuursteen - Bepaling van de buigsterkte bij geconcentreerde belasting.

EN 14157, 2004. Beproevingmethoden voor natuursteen - Bepaling van de slijtweerstand.

EN 12371, 2001. Beproevingmethoden voor natuursteen - Bepaling van de vorstbestandheid.





## GEÏMPORTEERDE NATUURSTEEN - INLEIDING TOT EEN WORKSHOP

David LAGROU

*<sup>1</sup>Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO), Grondstoffen, Boeretang 200, 2400 Mol, België, david.lagrou@vito.be*

(2 figuren)

**Samenvatting.** In de huidige geglobaliseerde wereld komt de lokale natuursteen steeds meer in concurrentie met gesteenten uit lageloonlanden. In de Westerse landen wordt voor de aanleg van terrassen, keukenwerkbladen en bestrating steeds meer beroep gedaan op Chinese, Indische en Vietnamese natuursteen in de plaats van de materialen uit eigen bodem. De hoofdreden voor de import op grote schaal is de lagere kostprijs van deze uitheemse materialen. De concurrentie die de Belgische Blauwe Hardsteen nu ondervindt kan, althans ten dele, vergeleken worden met wat de Belgische witstenen (Ledesteen en Gobertangesteent) reeds 100 jaar geleden overkwam. Ze kwamen toen onder druk door de massale import van Franse witsteensoorten (o.a. Massangis, Euville en Savonnières).

**Sleutelwoorden:** globalisatie, Franse steen, Aziatische steen.

### 1. Inleiding

De import van natuursteen kan uit verschillende invalshoeken benaderd worden:

- (1) Zijn deze geïmporteerde materialen wel ‘gelijkaardig’? Hebben ze m.a.w. dezelfde fysische en esthetische eigenschappen op korte en langere termijn?
- (2) Kunnen de economische wetmatigheden in de huidige geglobaliseerde wereld voor de natuursteenbranche wel tegengehouden worden? Is er trouwens nog voldoende reserve aan natuursteen van eerste kwaliteit in België voor alle nieuwbouw- en restauratieprojecten?
- (3) Hoe duurzaam (“sustainable”) is de goedkoper natuursteen? Wat is de ecologische kostprijs van het transport over lange afstand? Kunnen we onze principes van sociaal welzijn wel zonder meer toepassen op de werkomstandigheden in de Aziatische landen? Bestaat een mogelijkheid om duurzaamheid mee op te nemen in de certificatieprocedures?

### 2. Fysische en esthetische eigenschappen

Het is niet zozeer het probleem dat de natuurstenen komende van exotische bestemmingen van minder goede kwaliteit zou zijn. Het probleem ligt enerzijds aan de selectie in de groeve zelf. De Aziatische groeves hebben niet een zodanig streng selectiesysteem als wij hier in West Europa toepassen. Maar de mentaliteit hieromtrent is aan het veranderen ten gevolge van de Westerse invloed op hun natuursteenmarkt. Anderzijds is er een gebrek aan kennis van de technische eigenschappen van deze uitheemse natuurstenen en hun gedrag in ons klimaat op korte en langere termijn. De geïmporteerde stenen moeten onderworpen worden aan gestandaardiseerde criteria die een objectieve vergelijking mogelijk maken met de door ons beter gekende steensoorten. Hierdoor wordt een betere kijk verkregen op hun kwaliteiten en kunnen de steenelementen aangewend worden voor bepaalde bouwtoepassingen waarvoor ze geschikt zijn.

Binnen twee jaar zullen er controles worden uitgevoerd op CE-markering. Elke steen die vrij binnen Europa wil circuleren, zal een CE-markering moeten bezitten. Deze markering waakt over de veiligheid van de producten. In de gehomologeerde normen worden de verplichte en niet-verplichte testen vermeld. Afhankelijk van de toepassing gaat het om testen zoals vorst- en slijpweerstand. De CE-markering staat niet gelijk aan een technische fiche. Het garandeert de veiligheid maar niet de kwaliteit. In België bestaat er de certificatie ATG-BENOR en COPRO om de kwaliteit van een natuursteen te verzekeren. Om deze certificatie te bezitten wordt een uitgebreid onderzoeksprogramma doorlopen, gaande van de geologische beschrijving van de groeve tot de duurzaamheidsproeven. De Belgische Blauwe Hardsteen is in het bezit van deze certificering, momenteel zijn ook aanvragen lopende voor harde kalkstenen die afkomstig zijn uit China.

Vandaag de dag wordt natuursteen niet enkel meer gebruikt om zijn goede kwaliteit maar ook om zijn natuurlijk uitzicht. Maar esthetische eigenschappen zijn subjectief van aard. Zo wordt dikwijls aangehaald dat de Chinese harde kalksteen na verloop van tijd roestvlekken vertoont tengevolge van oxidatie van ijzerhoudende mineralen in de steen. Deze eigenschap kan niet genegeerd worden maar dit maakt de kwaliteit van de steen niet minder goed en kan door sommige mensen juist als mooi ervaren worden. Gelijkaardige verkleuringen kunnen immers ook optreden bij onze natuurstenen.

De keuzemogelijkheden van Belgische natuursteensoorten zijn eerder beperkt qua steentypes en uitzicht (kleur en steenstructuur). Zo zoeken architecten tegenwoordig meer naar natuursteen volgens de kleur en structuur die ze voor ogen hebben voor het uitzicht van hun realisaties, ongeacht steensoort en herkomst. De intrinsieke kwaliteit komt vaak pas op de tweede plaats. Wanneer ze graniet wensen toe te passen in hun bouwwerken bestaat er eenvoudigweg geen Belgisch alternatief.



**Figuur 1.** Uitbating van Harde Kalksteen in China.

### 3. Economisch aspect

De globalisering van de economie zet zich door in alle economische sectoren, dus ook in de natuursteenbranche komt er concurrentie uit de lage loon landen. Zou er voor overheidsopdrachten (aanleg van pleinen en straten) die gefinancierd worden met belastingsgeld niet beter gekozen worden voor uitheemse natuurlijke bouwmaterialen van een zelfde kwaliteitniveau (gestaafd door gestandaardiseerde testen), en die tot de helft goedkoper zijn dan de eigen natuurlijke bouwmaterialen? Is dit geen zaak van goed bestuur?

We zouden kunnen opteren om de Belgische natuursteen in de eerste plaats te reserveren voor restauratiedoeleinden of voor vernieuwbouw in historische centra. Voor andere nieuwe infrastructuurwerken/bouwwerken kunnen dan de uitheemse soorten ingezet worden. Zo worden de gelimiteerde voorraden van Belgische natuursteensoorten gespaard, en zo langer beschikbaar blijven voor de volgende generaties (duurzaamheidsprincipe).

Is het überhaupt nog haalbaar om grote hoeveelheden Belgische steen te produceren? Het openen van een nieuwe groeves in België zal niet eenvoudig zijn. Bij een goede locatiekeuze voor groeves zal naast geologische aspecten (beste kwaliteit van uitgebate steen), het gebrek aan beschikbare ruimte (ruimtelijke ordening) en vooral het NIMA (niet in mijn achtertuin) syndroom het er niet eenvoudiger op maken. Voor uitdieping van dit onderwerp wordt verwezen naar de parallelle workshop op deze natuursteendag: ‘Zijn er nog ontginbare reserves?’.

### 4. Duurzame natuursteen

“Hoe duurzaam is de goedkopere Aziatische hardsteen?” De term ‘duurzame ontwikkeling’ is gedefinieerd als ‘ontwikkeling die de behoeften van huidige generaties vervult, zonder daarbij de



**Figuur 2.** Zicht op de ‘Carrière du Hainaut’ te Soignies waar de Belgische Blauwe Hardsteen wordt uitgebaat.

mogelijkheid voor toekomstige generaties om in hun behoefte te voorzien aan te tasten', waarbij ecologische verantwoording, economische efficiëntie en sociaal welzijn de hoofdthema's zijn.

De ecologische voetafdruk van transport over zee van deze zware materialen weegt zwaar door en doet de milieubalans zeer sterk naar de negatieve kant overhellen. Een ander aspect betreft het sociaal welzijn: wat met de werkomstandigheden van de arbeiders in de groeves? Is er sprake van kinderarbeid, wat met de veiligheidsmaatregelen, de lage lonen, de lange werkdagen en vakbondsrechten van het personeel? Kunnen deze sociale aspecten überhaupt onder een of andere vorm opgenomen worden in de verschillende certificeringprocedures?

In Nederland bestaat er momenteel een werkgroep Duurzame Natuursteen die ijvert voor 'verduurzaming van de sector' (Danckaerts, 2008). Het idee groeit ook bij FEBENAT om dit duurzaamheidsaspect mee op te nemen in de selectie van natuursteensoorten. Dit streven sluit aan bij een bredere maatschappelijke tendens tot bestrijding van het broeikas effect en tot ecologisch verantwoord bouwen.

### Referenties

DANCKAERTS, V., 2008. Natuursteen, MO magazine, p. 56

TOURNEUR, F. & CALLEWIER, H., 2008. Is er plaats voor buitenlandse arduin? Steen & Marmer, 12-13. [www.pierresetmarbres.be/nl/html/revue/revues/2008-09-N03\\_2008/03-Tribune/N03\\_2008-03.pdf](http://www.pierresetmarbres.be/nl/html/revue/revues/2008-09-N03_2008/03-Tribune/N03_2008-03.pdf)

SUSTAINABLE FOOTPRINT, <http://www.duurzamevoetafdruk.nl/>

## LEDESTEEEN EN ALTERNATIEVEN - INLEIDING TOT EEN WORKSHOP

Marleen DE CEUKELAIRE<sup>1</sup> & Veerle CNUDDÉ<sup>2</sup>

*1 Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen – Belgische Geologische Dienst,  
marleen.deceukelaire@natuurwetenschappen.be*

*2 Universiteit Gent – Geologisch Instituut, veerle.cnudde@ugent.be*

(9 figuren, 1 fotoplaat)

### 1. Probleemstelling

Ledesteen, ook wel Balegemse steen, genoemd is een van de meest gekende en gebruikte historische bouwsteen in onze streek. Deze steen heeft in de vijftiende en zestiende eeuw ook bijgedragen tot de bloei en rijkdom van de omgeving waar deze gewonnen werd. Nu nog vormt hij een belangrijke schakel in ons cultureel en bouwkundig erfgoed. Het is niet mogelijk Zuid-Oost-Vlaanderen te doorkruisen zonder de Ledesteen op te merken. Toch heeft de Ledesteen een kwalijke reputatie gekregen wegens zijn gevoeligheid voor luchtverontreiniging en is op massale wijze geopteerd voor vervangsteen (Dusar, 2005). De vraag is of dit een wijze beslissing was aangezien de steen nog beschikbaar is. De problematiek is nog steeds actueel. Vooral ook nu er de laatste jaren flink werk gemaakt werd van bescherming, restauratie en nieuw gebruik van deze mooie natuursteen.

### 2. Historisch gebruik

Gebruik van de Ledesteen is reeds gekend van in de Romeinse periode. Vondsten van o.a. funderingen van gebouwen en waterputten in de Ledesteen uit de 2de-3de eeuw na Christus wijzen op een eerste ontginningactiviteit in de buurt van Lede en Velzeke. Een mooie reconstructie van zo'n waterput kan je bekijken in het Gallo-Romeins museum te Velzeke (PAM) (Figuur 1).

In de Romaanse bouwkunst is voorkomen van de Ledesteen beperkt. In die periode werd vooral gebruik gemaakt van grijze en meer compacte Doornikse kalksteen die zich uitstekend leende tot de robuuste bouwtrant uit die tijd. Lokaal werd wel gebruik gemaakt van de Ledesteen. Voorbeelden hiervan zijn de Sint-Martinuskerk te Westrem (Figuur 2), en de Sint-Liviniuskapel te Sint-Lievens-Houtem. Deze laatste was ooit een imposante kerk gebouwd door de Sint-Baafsabdij te Gent.

Bij de overgang van Romaanse naar Gotische bouwstijl werd de Ledesteen meer en meer gebruikt. Zo getuigen in onze streek de mooie Heilige Agathakerk te Landskouter en het koor van de Sint-Christoffelkerk te Scheldewindeke. De bloeiperiode van de Ledesteen valt samen met de opkomst van de Brabantse Gotiek in de vijftiende en zestiende eeuw. De steen liet zich veel gemakkelijker bewerken dan de harde Doornikse kalksteen en kon zo gebruikt worden voor de typische gotische bewerkingen en versieringen. Een mooi voorbeeld hiervan is de indrukwekkende toren van de Sint-



**Figuur 1.** Reconstructie van een romeinse waterput uit Ledesteen (PAM – Velzeke).



**Figuur 2 en 3.** Romaanse Sint-Martinuskerk te Westrem en Gotische Sint-Martinuskerk te Lede

Baafskathedraal in Gent. Ook de Sint-Martinuskerk te Lede (Figuur 3) en grote delen van de Sint-Antoniuskerk te Borsbeke zijn mooie voorbeelden van gebruik van de Ledesteen in deze periode.

Naast de vele kerkelijke gebouwen uit deze periode, vinden we nu ook verschillende burgerlijke gebouwen die gebruik maken van de Ledesteen. Het gaat hier vooral om gildehuizen zoals het Sint-Jorishof op de Botermarkt te Gent.

Gedurende de Renaissance en Barokperiode wordt de Ledesteen stilaan verdrongen door de opkomst van de (goedkopere) baksteen. Voor decoratieve elementen wordt echter wel nog deze natuursteen gebruikt. Zo ook in het Huis van de Gekroonde Hoofden in de Burgstraat te Gent.

In de negentiende en begin van de twintigste eeuw wordt de Ledesteen omwille van de sterke verwerking steeds meer vervangen de Brusseliaanse steen en Gobertange steen omdat deze minder gevoelig zouden zijn voor verwerking tengevolge van zure neerslag. Tegelijkertijd wordt meer en meer gebruik gemaakt van ingevoerde Franse kalkstenen. Sinds halfweg de twintigste eeuw wordt zo massaal gebruik gemaakt van de Franse 'Massangis', waardoor sommige monumenten iedere authenticiteit inzake materiaal hebben verloren.

Toch wordt nog enige aandacht besteed aan de 'eigen' ondergrondse rijkdom. Enkele groeven werden opnieuw geëxploiteerd. Voor de Ledesteen kwam de gebruikte steen vooral uit de groeve te Balegem en te Bambrugge.

Deze steen werd o.a. gebruikt voor de restauratie van de Sint-Baafskathedraal, de Sint-Jacobskerk en het stadhuis. Meer landelijk werd de Ledesteen gewonnen als nevenproduct van de landbouw. In de winter als het land niet te bewerken was, werden de stenen naar boven gegraven en konden de boeren op die manier een iets bij verdienen.

Vandaag wordt de Ledesteen nog verhandeld door de firma Verlee te Balegem (Elsen et al, 2008). Het gaat dus om Balegemse steen in de meest strikte zin van het woord. De steen leent zich uitstekend voor decoratieve elementen zoals beelden, gevelversiering, mooie vensterbanken, brievenbussen, grafstenen, sierschouwen.... De steen wordt momenteel ook gebruikt als vloersteen



**Figuur 4 en 5.** Zicht op binnenkoer PAM Velzeke met banken en tegels in Ledesteen – Gebruik van Ledesteen bij de afwerking van een nieuwbouw te Burst

en tuinmeubilair (bvb. PAM, Velzeke) (Figuur 4). Ook bij restauratie van gebouwen komt de Ledesteen steeds meer aan bod, alsook bij nieuwbouw voor gevels, deurlijsten, vensterbanken en dorpels (Figuur 5). De Ledesteen is nog niet vergeten.

### 3. Verwerking

De Ledesteen werd verwerkt in verschillende variëteiten. De ene steenbank is veel robuuster of duurzamer dan de andere, er is ook een sterk esthetisch verschil door de aanwezigheid van fossielen. De ene steen zit nagenoeg vol ‘speldekopjes’ (nummulieten) en ‘kokertjes’ (Ditrupa), terwijl die bij andere stenen nauwelijks te bespeuren zijn. Dit zal zeker ook een verschil in verkitting en daardoor in verwerking met zich meebrengen.

Groot probleem bij gebruik van de Ledesteen is dat deze niet zo goed bestand is tegen de luchtvervuiling veroorzaakt door verbranding van zwavelhoudende fossiele brandstoffen. Smog is nefast voor veel kalkige stenen, inzonderheid voor Ledesteen.

Stenen die blootgesteld zijn aan afspoelend regenwater behouden een fris oppervlak, waarbij de partikels bestaande uit meer kristallijne calcië (vnl. fossielen) in reliëf komen te staan. In het andere geval kunnen zich gipskorsten vormen door reactie van zure regen of organische zuren met de kalk van de steen, zwartgekleurd door roet, stof en vliegasdeeltjes en door verdroogd organisch materiaal. Gipskristallen zijn meestal zeer klein (enkele  $\mu\text{m}$ ) maar kunnen aggregaten vormen tot 100  $\mu\text{m}$ . Lokaal vullen de gipsaggregaten de holten op die ontstaan zijn door de oplossing van kalkdeeltjes of ruimte die ontstaat door oxidatie van glauconietkorrels zodat grotere gipsconcentraties in de door zure regen aangetaste steen kunnen voorkomen. Door combinatie van scheikundige verwerking en mechanische verwerking gaan de gipskorsten afschilferen. (Figuur 6)

Deze ‘vijand’ was vooral aanwezig gedurende de industriële revolutie. Door de strenge milieumaatregelen is dit probleem minder groot geworden.

De steen afkomstig uit de bovenste, ‘zachtere’ gele bank kan aangetast worden door gravende insecten en gaat sterk verzanden. (Figuur 7)

#### 4. Mogelijke oplossingen



**Figuur 6 en 7.** Vorming van gipskorsten en gevolgen van gravende insecten in de Sint-Annakerk te Bottelare

##### Reinigen :

Met een lage-drukwervelsysteem kan de gevel ‘proper’ gespoten worden. Zwarte korrels en los poeder worden op deze manier verwijderd. Bij deze actie wordt de natuurlijke beschermingslaag van de natuursteen verwijderd en de zwakkere zone, waar het natuurlijke cement reeds grotendeels is opgelost, komt hierbij bloot te liggen. Werken met compressen is voor dergelijke zachte stenen een veiliger oplossing.

##### Impregneren met consolidant:

Om het verlies van natuurlijk cement op te vangen worden de stenen behandeld met een product dat de steen beschermt tegen externe invloeden door de korrels weer aan elkaar te hechten. Hierdoor verstevigt men de verweerde steen.

##### Herstelmortels:

Indien de schade op de natuursteen beperkt is, kan men opteren voor het gebruik van herstelmortels. De stenen worden “bijgewerkt” met een product (soort mortel of polyester) dat op kleine beschadigingen kan worden aangebracht. Een zeer geslaagde herstelling vinden we terug aan de Sint-Annakerk te Bottelare (Figuur 8 en 9), terwijl deze techniek aan het Sint-Pietersstation te Gent toch heel wat minder succesvol is.

##### Uitbreken en vervangen :

Indien de steen te sterk beschadigd is, rest enkel nog het uitbreken en vervangen van de steen door een alternatief. Dit alternatief werd oorspronkelijk vooral gezocht in de Brusseliaanse steen en de Gobertange steen, later in de Franse witte steen. Maar ook een Ledesteen kan dienen als ‘vervanger’. In een aantal gevallen gerecupereerde steen waar de meest beschadigde delen worden verwijderd en de nieuwe steen wordt behandeld, maar ook nieuwe Ledesteen kan gebruikt worden. Afhankelijk van de streek en de betrokken personen wordt er momenteel voor andere soorten natuursteen geopteerd als vervangmateriaal. In Nederland zal men eerder kiezen voor de Portlandsteen, terwijl in Vlaanderen nog altijd zeer vaak voor een Franse witte steen wordt gekozen. Recent werd in Gent tevens de Spaanse Bateig Azul geselecteerd als vervangsteen voor de Balegemse steen.

Verschillende voorbeelden werden samengebracht op plaat 1.





**Figuur 8 en 9.** Reparatie met herstmortel aan de Sint-Annakerk te Bottelare (Merelbeke)

## 5. Doelstelling workshop

In de workshop zal de aandacht vooral gaan naar de manier waarop men handelt met een verweerde Ledesteen: welke behandeling is optimaal, welke natuursteen kan men als vervanging het beste kiezen,...

De geselecteerde natuursteensoorten worden altijd onderworpen aan versnelde verweringsproeven in labo om te voorspellen hoe deze stenen zich zullen gedragen op gebied van vorstgevoeligheid en weerstand tegen algemene vertering. Echter, het is niet altijd duidelijk of een steen werkelijk in praktijk bepaalde gelijkaardige verweringspatronen zal vertonen als in het labo. Wat zegt de ervaring in praktijk?

Speelt de financiële factor niet een zeer grote rol in deze ganse discussie? Want er bestaat nog altijd Balegemse steen. Moet er niet omwille van behoud van authenticiteit niet meer aandacht of zelfs aansporing gegeven worden tot verhoogd gebruik van de streekeigen steen?

## 6. Referenties

Cnudde, V., 2009. Gent... steengoed ! Academia press. In druk.

Dusar, M., 2005. Een inleiding tot de workshop 'Keuze voor historische of vervangsteen'. In: Lagrou, D. & Dreesen, R., red. Eerste Vlaams-Nederlandse Natuursteendag - Belgische natuursteen in historische monumenten en hun vervangproducten bij restauratie in België en Nederland. VITO 2005/MAT/P/004. 6 p.

Elsen, J. & Laga, P., 2008. Excursienota's van de groeventocht naar Gobertingen en Balegem. ICOMOS contact 21 nr. 2: 18-23.



**Foto 1** - Ledesteen vervangen door Franse witte steen in de Sint-Martinuskerk te Oordegem



**Foto 2** - Ledesteen vervangen door nieuwe Ledesteen (huis te Oordegem)



**Foto 3 en 4** - Vervanging van de Ledesteen in de Sint-Annakerk te Bottelare door Euville (links) en Savonnière (rechts)



**Foto 5 en 6** - Vervanging van Ledesteen door Brusselse steen te Oordegem en Aalst



**Plaat 1** - Voorbeelden waar Ledesteen vervangen werd door andere natuursteen

## OOST-VLAAMSE NATUURSTEEN IN GEBRUIK – OP BEZOEK IN DRIE OOST-VLAAMSE DORPEN TEN ZUIDEN VAN GENT

Marleen DE CEUKELAIRE

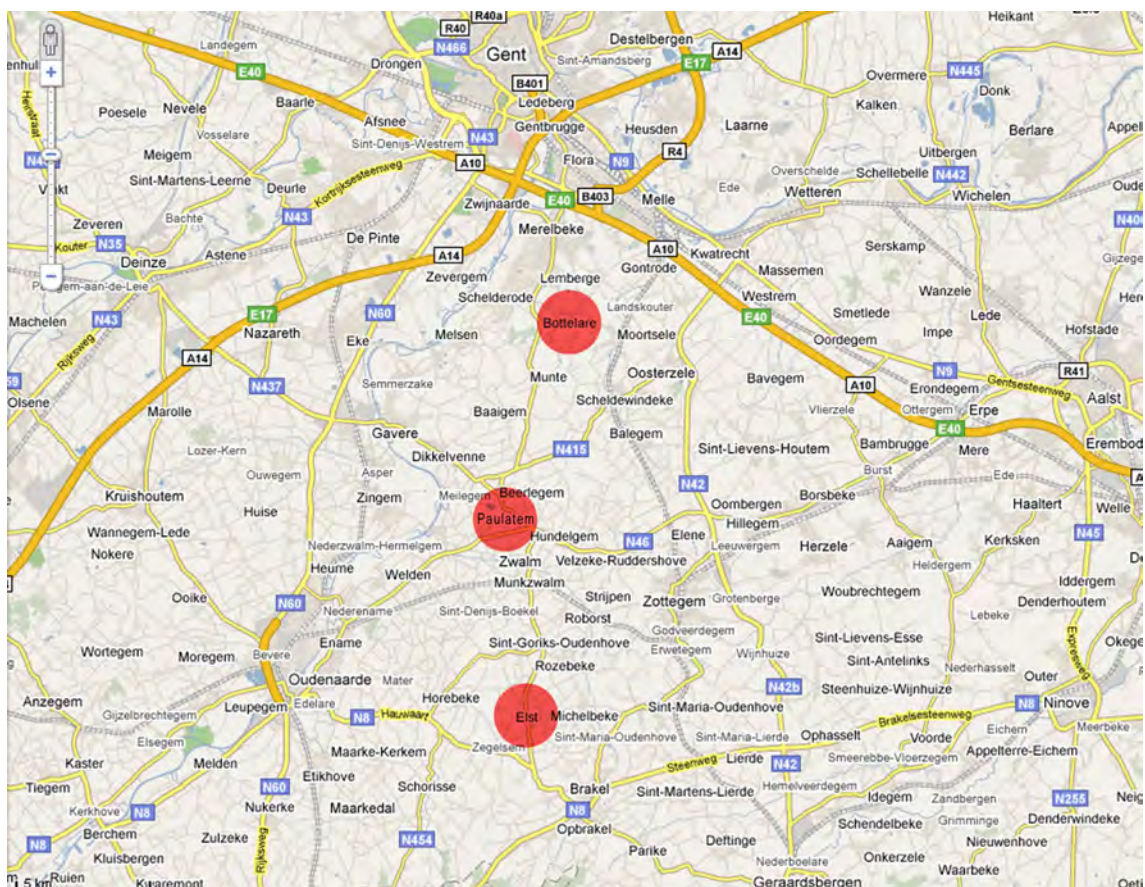
*Koninklijk Belgische Instituut voor Natuurwetenschappen - Belgische Geologische Dienst,  
marleen.deceukelaire@natuurwetenschappen.be*

*(4 figuren, 3 fotoplaten)*

**Abstract. Historical building stone in use, an excursion guide to three villages in East-Flanders south of Ghent.** Dominance of Ledian stone in St.-Annachurch, Bottelare (Merelbeke), romanesque and gothique parts in St.-Gangulfuschurch Paulatem (Zwalm), patchwork of historical building stones in St.-Apolloniachurch of Elst (Brakel).

**Doel:** In een halve dag het resultaat van miljoenen jaren bekijken in Oost-Vlaanderen lijkt onwaarschijnlijk, toch niet onmogelijk. We hebben het dan wel over de natuurstenen gevormd van zo'n 350 miljoen jaar geleden tot natuurstenen waarvan het basismateriaal zo'n 5 miljoen jaar geleden werd afgezet.

Speciale aandacht gaat naar de producten van eigen streek, namelijk de Ledesteen, Ieperiaanse steen, veldsteen en bergsteen. Maar ook andere gebruikte natuurstenen verdienen aandacht. Zo ook de Brusseliaanse steen, Gobertange steen, Petit Granit, Doornikse kalksteen, Massangis. Meer gedetailleerde beschrijvingen zijn te vinden in het boek 'Gent ... Steengoed!', Cnudde, V., ed., 2009 en in de bijdrage "Overzicht bouwstenen in Oost-Vlaanderen" in dit volume.



**Figuur 1.** Lokalisatiekaart van de bezochte monumenten

## 1. Ledesteen domineert in de Sint-Annakerk te Bottelare (Merelbeke)

### 1.1. Het monument

De driebeukige kerk werd gebouwd tussen 1641 en 1643. Ze is vermaard als bedevaartskerk voor de Heilige Anna. Ze vervangt de Sint-Martinus parochiekerk, die te klein werd voor het groeiend aantal bedevaarders. Het interieur is grotendeels 17e eeuws en een mooi voorbeeld van barok.

### 1.2. De natuursteen

Oorspronkelijk was de Ledesteen de basissteen van het gebouw. Er werd ook gebruik gemaakt van fossielrijke stenen. Vooral massa's nummulieten, Ditrupa en Turritella zijn aanwezig in de muren. Ook bij latere herstellingen werd soms de voorkeur gegeven aan Ledesteen. Deze 'recente' Ledesteen is duidelijk te zien aan de voorzijde van het kerkgebouw. De steen werd naast bouwsteen ook gebruikt voor de afwerking, wat eerder uitzonderlijk is. De deurlijst en dorpel zijn onmiskenbaar uitgevoerd in Ledesteen. Binnen in de kerk werd voor deze steen geopteerd voor een doopvont. Op het kerkhof werd bij een grafzerk ook de Ledesteen gebruikt. Op deze plaats komt dan ook deze mooie Vlaamse natuursteen volledig tot zijn recht.

Jammer genoeg heeft de steen de tand des tijds niet ongeschonden doorstaan. Verschillende stenen in de muur werden vervangen door andere witte natuurstenen. Witte Gobertangestenen met typisch eikenhoutpatroon steken schril af tegen de witgele Ledesteen. Deze Gobertangestenen zijn van een kleiner formaat dan de omgevende stenen en kops geplaatst. Op andere plaatsen werd bij restauratie gebruik gemaakt van de franse Savonièresteen. Er is ook één maal een franse Euville steen te zien. Bij de restauratie van de voorgevel werd vakkundig gebruik gemaakt van herstmortels.

Voor de plint werd gebruik gemaakt van de Doornikse kalksteen. In de muren zijn ook kleine leisteenstukjes terug te vinden als stelwiggen.



**Figuur 2.** Ledesteen met nummulieten (speldekopjes), Ditrupa (buisjes) en een zeeëgel. (Foto Michiel Dusar)



Ledesteen met aanwezigheid van nummulieten, met Ditrupa en Turritella



Ledesteen vervangen door respectievelijk Gobertangestein, Savonnière en Euville

**Plaat 1.** Sint-Annakerk te Bottelare (Merelbeke)

## 2. Romaanse Sint-Gangulfuskerk uitgebreid met gotisch koor te Paulatem (Zwalm)

### 2.1. Het monument :

Deze kerk zou haar oorsprong hebben in de 12e eeuw als romaans éénbeukig zaalkerkje. Veel gegevens over de bouw zijn echter niet bewaard gebleven. Zeer snel werd de kerk te klein en uitgebreid met een vroeggotische travee in de dertiende eeuw. In de 14e-15e eeuw werd het koor vervangen door een gotische constructie die vreemd genoeg een stuk hoger gebouwd is dan het schip. Einde 19e eeuw werd het kerk gerestaureerd waarbij de westgevel in baksteen werd hersteld. In 1936 werd dit kerkje als monument geklasseerd. Belangrijke recente restauraties vonden plaats in 1959, waarbij het koor werd opgefrist, en in 1971 toen de zuidgevel werd ontleisterd.

### 2.2. De natuursteen :

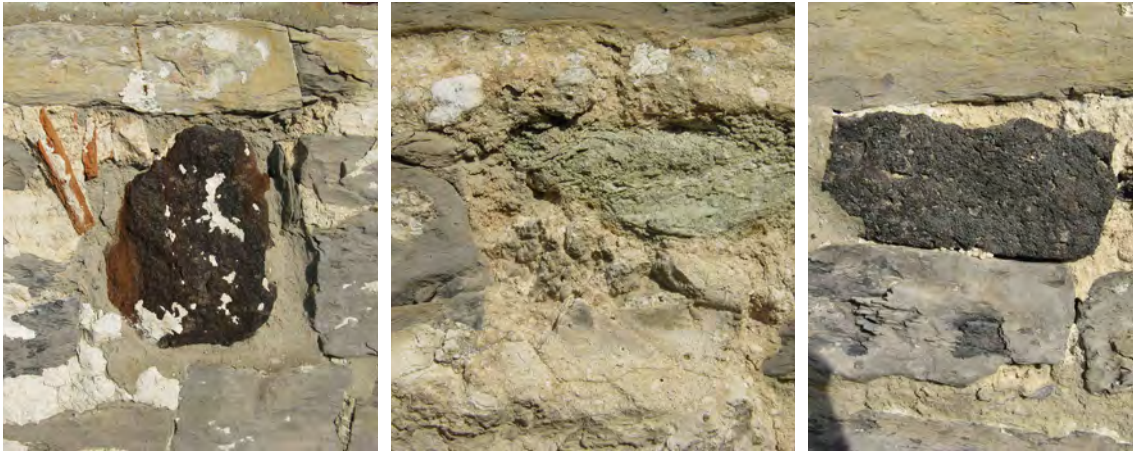
Oorspronkelijk werd de kerk gebouwd in Doornikse kalksteen. Deze natuursteen is dan ook nu nog dominant aanwezig in de hoofdbeuk. Verschillende crinoïden zijn duidelijk waarneembaar. Bij verschillende stenen is de schilferige verwerking opvallend. Tussen de Doornikse kalksteen bevinden zich ook enkele andere natuurstenen. Zo merken we een eenzame basalt, enkele veldstenen, hier en daar een ijzerzandsteen (bergsteen) en een paar Landeniaan zandstenen (Oosterbant of Bray zandstenen).

De Ledesteen werd gebruikt voor de bouw van het koor. In tegenstelling tot vorig excursiepunt te Bottelare zijn de fossielen hier veel minder dominant aanwezig in deze steen. De stenen vertonen een vuilgrijze kleur en zijn vrij sterk verweerd. Een aantal stenen werd reeds vervangen door franse witte steen (waarschijnlijk Massangis).

Voor het kerkje ligt een beperkte hoeveelheid plaveien in Ledesteen. In deze plaveien zijn nummilieten en Ditrupa duidelijk zichtbaar. De stenen zijn ook witter dan de stenen gebruikt voor de bouw van het koor. Waarschijnlijk zijn deze plaveien dan ook afkomstig van een andere bank Ledesteen.



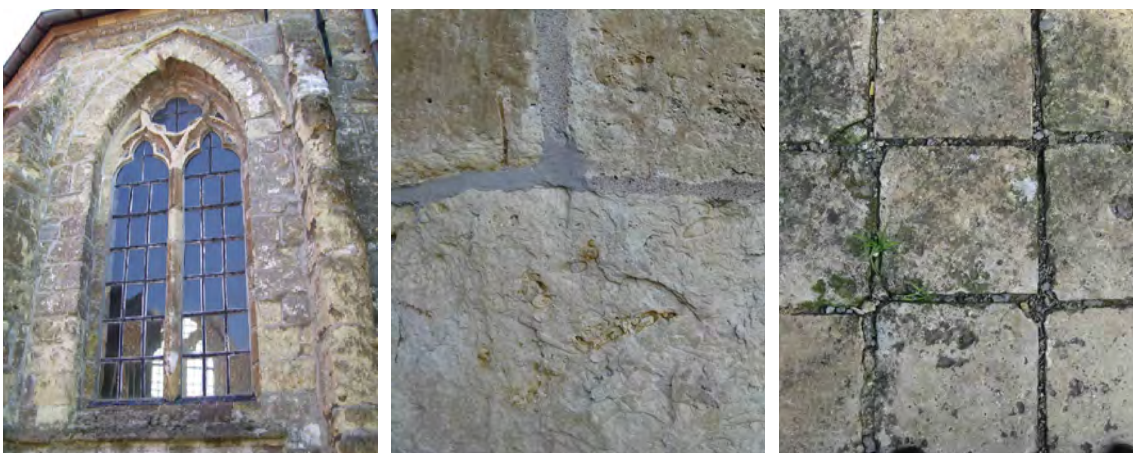
**Figuur 3.** Romaans basiskerkje in Doornikse kalksteen en Gotisch koor in Ledesteen



Respectievelijk bergsteen, verweerde veldsteen en basalt tussen de Doornikse kalksteen



Doornikse kalksteen



Ledesteen in koor en als tegels voor de kerk

**Plaat 2.** Sint-Gangulfuskerk te Paulatem (Zwalm)

### 3. Een bonte mengeling aan natuursteen in de Sint-Apolloniakerk te Elst (Brakel)

#### 3.1. Het monument

Op een pleintje midden in het dorp staat de Sint-Apolloniakerk. Deze middeleeuwse kerk was oorspronkelijk gewijd aan Onze-Lieve-Vrouw. Een eerste reeks aanpassingen en herstellingen gebeurde in de 17e eeuw. Na een aantal drastische verbouwingen in de 18e eeuw werd de kerk opnieuw ingewijd en kreeg ze de huidige naam van Sint-Apolloniakerk. De kerk was inmiddels bekend voor de vele bedevaarders die hulp zochten voor tandpijn.

#### 3.2. De natuursteen

Deze kerk is een mooi voorbeeld van natuursteenpachtwerk in plint van de hoofdbeuk. In de toren zijn grote delen opgebouwd uit ijzerzandsteen (bergsteen). Deze toren wordt voortgekenmerkt door speklagen voor Ledesteen tussen baksteen. De zware steunberen zijn franse witte steen, waarschijnlijk Savonnière. Tussen de bergsteen, waaruit het onderste deel van de toren bestaat, zitten verspreid enkele stukken Doornikse kalksteen en een paar veldstenen. Een aantal ijzerzandstenen zijn rijk aan grind.

De plint zelf is een bonte verzameling van groene en blauwe veldsteen, soms rijk aan bioturbaties, roestkleurige Ieperiaanse steen, gele Ledesteen, bruinrode ijzerzandsteen en grijze, soms lichtroze Doornikse kalksteen.

De veldsteen is hoofdzakelijk van het groene soort. De gebruikte stenen zijn rijk aan bioturbaties, namelijk graafgangen, wat voor een veldsteen eerder zeldzaam is. Enkele veldstenen zijn meer resistent, minder verweerd en eerder blauw van kleur.

De Ieperiaanse steen is verwerkt in de plintlijst en hoekketting. Ook in de plint zelf zijn vrij veel van deze natuursteen aanwezig. Er zijn brede lagen zeer platte nummulieten. Bij de meeste stenen zijn de nummulieten dwars doorgesneden zodat een rijstkorreffect zichtbaar is. Een aantal stenen zijn overlans geplaatst zodat de nummulieten zeer mooi zichtbaar zijn.

In de plint komt de Ledesteen vrij veel voor. Hij is meestal gekenmerkt door de aanwezigheid van talrijke ‘speldekopjes’, de typische kleine nummulieten uit de Formatie van Lede.

Naast de toren is de gebruikte ijzerzandsteen eerder beperkt. Slechts een paar stenen in de plint vallen op met de bruinrode kleur.

De Doornikse steen is in de meeste gevallen bedekt met een lichtgrijs tot zachtroze patina. De vertegenwoordiging is ook eerder schaars.



**Figuur 4.** Kops geplaatste Ieperiaanse steen zodat de nummulieten in bovenaanzicht zeer mooi zichtbaar zijn, Sint-Apolloniakerk Elst.





De toren van de Sint-Apolloniakerk te Elst.



Patchwork-plint met bovenaan roestkleurig Ieperiaanse steen, hoofdzakelijk wit-gele Ledesteen, enkele groene veldstenen, roodbruine bergstenen en grijsroze Doornikse kalksteen



**Plaat 3.** Sint-Appolloniakerk Elst (Brakel)

## **Professional Papers of the Geological Survey of Belgium**

The series, which started in 1966, welcomes papers dealing with all aspects of the earth sciences, with a particular emphasis on the regional geology of Belgium and adjacent areas. Detailed geological observations are accepted if they are interpreted and integrated in the local geological framework (e.g. boreholes, geological sections, geochemical analyses, etc.). Submitted papers written in English, French, Dutch or German should present the results of original studies. Members of the Geological Survey of Belgium or external reviewers will review each paper.

Editor Geological Survey of Belgium  
Jenner str. 13  
B-1000 Brussels  
Belgium

Editorial board Léon Dejonghe  
Michiel Duser

Guide for authors: see website Geologica Belgica  
<http://www.ulg.ac.be/geolsed/GB>

List of publications and conditions of sale: see website Geological Survey of Belgium  
[http://www.naturalsciences.be/institute/structure/geology/gsb\\_website/products/pp](http://www.naturalsciences.be/institute/structure/geology/gsb_website/products/pp)  
or website Royal Belgian Institute of Natural Sciences  
<http://www.natuurwetenschappen.be/common/pdf/science/publications/Cata/index.html>

ISSN 0378-0902

© Geological Survey of Belgium

Impression: Service public fédéral  
Economie, P.M.E., Classes moyennes et  
Energie

Drukwerk: Federale Overheidsdienst  
Economie, K.M.O., Middenstand en Energie

“The Geological Survey of Belgium cannot be held responsible for the accuracy of the contents, the opinions given and the statements made in the articles published in this series, the responsibility resting with the authors.”