

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. [opalis.eu](http://opalis.eu), [nweurope.eu/fcrbe](http://nweurope.eu/fcrbe), [futureuse.co.uk](http://futureuse.co.uk)).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op [opalis.eu](http://opalis.eu) en [salvoweb.com](http://salvoweb.com).

---

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



**Beschrijving van het materiaal**

**Boordstenen in natuursteen worden gedefinieerd als rechte of gebogen elementen van meer dan 30 cm lang, waarmee verkeerszones zoals wegen, voetpaden, wandelpaden en andere buiteninrichtingen kunnen worden afgebakend. Ze dienen in het bijzonder om voetgangers te beschermen tegen het wegverkeer, het wegdek op zijn plaats te houden en bij te dragen aan de regenwaterafvoer.**

Boordstenen zijn lange tijd op traditionele wijze manueel gehouwen geweest, met behulp van een puntbeitel, gewone beitel en houten hamer. Deze oude boordstenen zijn te herkennen aan hun grillige vormen. Gaandeweg werden ze vervangen door machinaal gezaagde, gestandaardiseerde elementen die steeds regelmatiger van vorm werden. Tegenwoordig worden boordstenen vooral in beton uitgevoerd, in plaats van in natuursteen.

Net als andere materialen in natuursteen is het hergebruik van boordstenen een relatief goed verankerde praktijk bij openbare werken en bouwprojecten. Heel wat bedrijven hebben zich gespecialiseerd in de recuperatie en verkoop van dit materiaal en er is een stabiel aanbod van hergebruikboordstenen. Grote partijen identieke boordstenen (meer dan 500 strekkende meters) kunnen moeilijker te vinden kunnen zijn.

Boordstenen worden doorgaans als dusdanig hergebruikt, maar ook vaak bewerkt tot trap treden, omrandingen, elementen voor landschapsinrichting, paaltjes, etc. Deze fiche is hoofdzakelijk toegespitst op het gebruik van natuurstenen boordstenen voor bestrating en landschapsinrichtingen.

Op de hergebruikmarkt vind je een grote diversiteit aan boordsteenmodellen. Die zijn vaak een afspiegeling van historische, regionale kenmerken. Boordstenen kunnen onderscheiden worden op basis van de volgende kenmerken:

→ *Type*. Er bestaan twee hoofdtypen hergebruikboordstenen in natuursteen:

- ‘Landelijke’ of ‘rustieke’ boordstenen. Deze hebben een nogal grillige vorm met gekloofde of handmatig bewerkte zijden. Ze zijn vrij kort (30 tot 50 cm) en worden hoofdzakelijk gebruikt voor landschapsinrichtingen.
- Straatboordstenen of stoepranden. Deze hebben een regelmatigere vorm met een of meerdere vlakke zijden, bekomen door zagen of oppervlaktebehandeling. Ze zijn langer (50 tot 200 cm) en komen meestal van weginrichtingen.

→ *Geologische herkomst*. Er zijn talloze steensoorten gebruikt voor de vervaardiging van boordstenen. Op de hergebruikmarkt vinden we, in allerlei lokale variaties, vooral grès, porfier, blauwsteen en kalksteen wat de landelijke boordstenen betreft, en (roze of grijs) graniet, blauwsteen en witte kalksteen voor straatboordstenen. Er bestaan ook boordstenen van basalt, gneis, travertijn, leisteen en andere gesteenten, maar die zijn minder courant te vinden op de hergebruikmarkt.

→ *Profielen*. Er bestaan verschillende boordsteenprofielen (zie figuur). Op de hergebruikmarkt komen rechte of afgeronde boordstenen het meest voor. In de lengte gebogen boordstenen, hoekstukken en overgangboordstenen zijn zeldzamer.



Oude boordstenen in natuursteen (< 19e eeuw) - manueel gehouwen, stevige, grillige vorm. © [stonecurators.com](http://stonecurators.com)



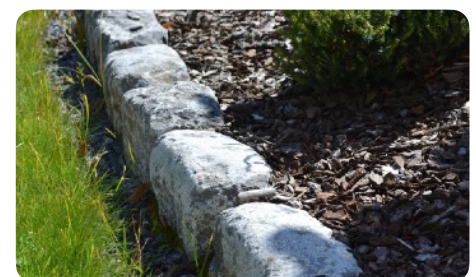
Oude boordstenen in natuursteen (19e - 20e eeuw) - de bovenzijde is gezaagd, de andere zijden zijn manueel gehouwen. De stenen hebben een vrij regelmatige vorm. © [stonecurators.com](http://stonecurators.com)



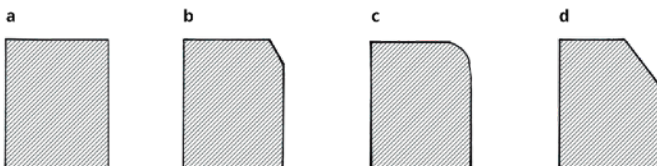
Boordstenen in natuursteen (van na het begin van de 20e eeuw) - vervaardiging met behulp van mechanisch gereedschap. De stenen hebben een gelijkmatige, nauwkeurige vorm. © [stonecurators.com](http://stonecurators.com)



Straatboordstenen in blauwsteen. Weginrichting. © [Carrière de la Hazotte](http://Carrière de la Hazotte)



‘Landelijke’ boordstenen in blauwsteen. Landschapsinrichting. © [Carrière de la Hazotte](http://Carrière de la Hazotte)



- a. *Recht profiel*
- b. *Afgeschuind profiel*
- c. *Afgerond profiel*
- d. *Afgeschuind profiel*

Vaak voorkomende boordsteenprofielen





Hergebruikboordstenen in grès



Hergebruikboordstenen in grijs graniet



Hergebruikboordstenen in roze Zweedse graniet



Hergebruikboordstenen in blauwsteen (kalksteen)



Hergebruikboordstenen in witte kalksteen

→ **Afmetingen.** Hergebruikboordstenen hebben meestal een balkvorm. Ze zijn beschikbaar in verschillende lengten, hebben een breedte tussen 12 en 30 cm en een hoogte tussen 20 en 40 cm. Het is echter niet ongebruikelijk speciale formaten aan te treffen (bijvoorbeeld lage of overgangsboordstenen, schuine boordstenen, etc.).

→ **Uitzicht.** De diversiteit aan gesteenten vertaalt zich in een rijk kleurenpalet, en ook binnen eenzelfde steensoort zijn kleurvariaties mogelijk: grijs, beige, oker, bruin, roze, brons, etc. De 'elementen' die deel uitmaken van de natuurlijke structuur van de stenen hebben specifieke benamingen: aders, korrels, lagen, vlammen, etc.

Daarnaast wordt het uitzicht van hergebruikboordstenen ook bepaald door de manier van versnijden (kloven of zagen) en de oorspronkelijke afwerking (gevlamd, gezandstraald, gegritstraald, gehamerd, etc.). In de loop der jaren verandert hun uitzicht ook onder invloed van de gebruiksbelasting: verzoeting of polijsting van de oppervlakken, sporen van verf, mortel of bitumen, ontwikkeling van organismen (zoals mossen en korstmossen), etc.

Als er wordt overwogen om hergebruikboordstenen opnieuw te bewerken (zagen, vlaklijpen, frezen, etc.) zal dat doorgaans het uitzicht van de zichtbare oppervlakken veranderen.

→ **Verbindingen.** In sommige gevallen hebben boordstenen aan de uiteinden een tand-en-groefstelsel, maar de bruikbaarheid daarvan hangt af van de staat waarin dit systeem zich bevindt. Indien nodig kunnen de uiteinden (van de volledige partij of een deel ervan) worden verzaagd om de nieuwe plaatsing te vergemakkelijken.



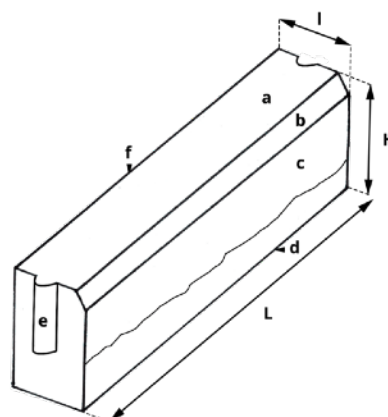
Zijaanzicht van een overgangsboordsteen



Boordstenen met tand-en-groefstelsel (blauwsteen)



Boordstenen met tand-en-groefstelsel (graniet)



- a. Bovenzijde (typisch met een specifieke afwerking)
- b. Velling (afgeschuind of afgerond)
- c. Voorzijde (met dezelfde afwerking als de bovenzijde)
- d. Onderzijde (ruw gezaagd of gekloofd)
- e. Uiteinde (tand-en-groefstelsel, ruw gezaagd of gekloofd)
- f. Achterzijde (ruw gezaagd of gekloofd)

$L \times l \times H$ : Lengte x Breedte x Hoogte

Algemene 'anatomie' van een hergebruikboordsteen in natuursteen





**Recuperatie van het materiaal**

**Boordstenen in natuursteen zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij in situ, hetzij via professionele hergebruikhandelaars. Deze spelers kunnen eveneens de levering garanderen van partijen boordstenen die klaar zijn voor plaatsing, en ze kunnen instaan voor het goede verloop van de volgende operaties:**

→ *Demontagetests* (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan de waarde van een partij inschatten op basis van plannen, foto's, historische documenten of een bezoek ter plaatse. Bij boordstenen zijn de aandachtspunten onder meer:

- de algemene staat van de partij en de plaatsingsmethode: staat van de steen, formaten en afmetingen, aard van het legbed, kenmerken van de voegen, etc.;
- hun commerciële waarde, afhankelijk van het model, de beschikbare hoeveelheid, het demontage- en verkooppotentieel, de specifieke regionale kenmerken, etc.;
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidssduur, nodige handelingen, transport, etc.

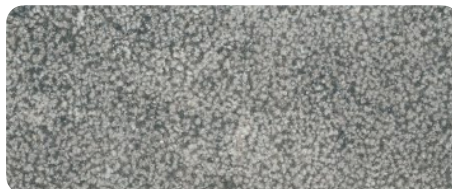
→ *Demontage*. Een zorgvuldige demontage van de boordstenen is erop gericht de veiligheid van de arbeiders en de integriteit van de elementen te garanderen. Er moet bijzondere aandacht worden besteed aan de risico's verbonden aan de aanwezigheid van nutsleidingen (ondergrondse kabels en buizen). Het risico op beschadiging van het materiaal tijdens de demontage is doorgaans relatief klein, behalve voor elementen in zachte steen of met een kleine doorsnede, die meer voorzichtigheid vereisen. Boordstenen worden eerst machinaal losgemaakt (met behulp van een drillboor) en daarna met aangepaste hijsmiddelen (boordsteentang) verplaatst.

→ *Reiniging en sortering*. De gerecupereerde boordstenen worden gesorteerd op kwaliteit, kleur en afmetingen. Elementen die erg beschadigd zijn (splijting) of grote tekortkomingen vertonen, worden verwijderd. Bij boordstenen in sedimentaire gesteenten (grès of kalksteen) is het belangrijk te controleren of het laagvlak wel evenwijdig loopt aan de plaatsingsrichting (i.e. horizontaal). Een reiniging met water (onder hoge druk) of door afschraping volstaat meestal om resten van

het legbed, opvoegproducten en andere elementen te verwijderen die aan de boordstenen kunnen vastzitten.

→ *Behandelingen*. Sommige boordstenen worden na een beperkte reiniging hergebruikt onder dezelfde vorm, andere ondergaan bijkomende bewerkingen:

- *Verzagen*: dit kan nodig zijn om vlakke en verticale zijvlakken te bekomen of om ervoor te zorgen dat alle boordstenen dezelfde afmetingen hebben (bv. dezelfde hoogte om hun plaatsing te vergemakkelijken). Vaak worden de uiteinden verzaagd om eventuele beschadigingen te verwijderen of het tand-en-groefstelsel aan te passen.
- *Behouwen en mechanisch bewerken*: dit maakt het mogelijk de velling en het profiel van de boordstenen te corrigeren en bij te werken.
- *Afwerken*: dit kan nodig zijn om het uiterlijk van de steen te homogeniseren of de zichtbare vlakken te verruven. Verschillende technieken zijn mogelijk naargelang de steensoort en het verwachte resultaat: hameren/bouchardereren, zandstralen, vlammen, gritstralen, bikken, etc. Er bestaat een specifieke terminologie om de verschillende afwerkingen te benoemen. Enkele voorbeelden:



*Gehamerde/gebouchardeerde blauwsteen*



*Gefrijnde blauwsteen*



*Gevlamde graniet*

- *Kloven*: boordstenen die niet meer geschikt zijn voor behouwing kunnen in verschillende stukken gespleten worden om er kasseien van te maken.

Deze verschillende bewerkingen kunnen door gespecialiseerde handelaars met hun eigen machines uitgevoerd worden. Ze kunnen ook in situ gebeuren indien de werflogistiek dat toelaat.

*Ontwerptip!*

*Over het algemeen stijgt de prijs van boordstenen in functie van het aantal uit te voeren bewerkingen. Als het beoogde gebruik dit toelaat, zijn onbewerkte boordstenen de goedkoopste oplossing. Het overlangs verzagen van boordstenen is een uitzondering op deze regel, aangezien met één relatief eenvoudige handeling de hoeveelheid potentieel beschikbaar materiaal verdubbelt! Er moet evenwel nagegaan worden of de versneden elementen (met name hun afmetingen) nog beantwoorden aan de vereisten van hun nieuwe toepassing.*



*Overlangs verzagen van boordstenen © Steengroeve Bonneuil-sur-Marne*



*Gehamerde afwerking van boordstenen © Steengroeve Bonneuil-sur-Marne*



*Kloven van boordstenen © Arnaud Bouissou - TERRA*





## Boordstenen in natuursteen

→ *Opslag en verpakking.* Boordstenen worden meestal verpakt en op omsnoerde pallets buiten gestockeerd. Ze worden horizontaal opgeslagen, idealiter van elkaar gescheiden door middel van afstandshouders om het risico op beschadiging te beperken. Metalen riemen zijn niet geschikt omdat er zich dan (roest)vlekken op de steen kunnen vormen. Boordstenen die klaar zijn voor plaatsing worden per homogene partij duidelijk gemarkeerd en gelabeld. Korte boordstenen (landelijke type) kunnen ook in een big bag of kist worden opgeslagen. Bij de opslag moet rekening worden gehouden met het gewicht van de stenen (de pallets moeten meer dan 2 ton kunnen dragen). Ook aangepaste transport- en hijsmiddelen zijn noodzakelijk.

Hergebruikboordstenen in natuursteen worden meestal per strekkende meter of per ton verkocht. De meeste leveranciers stellen een technische fiche op met hun belangrijkste kenmerken (steensoort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, voorziene toepassingen) en in bepaalde gevallen hun herkomst.



Opslag in bulk © Pavés de rue



Opslag op omsnoerde pallets © Hofman NV-SA



Opslag op pallets © Van Dijck



Centrum voor opslag van Parijse kasseien, Bonneuil-sur-Marne. Voorraad kasseien en boordstenen in natuursteen, klaar om te worden gesorteerd, gereinigd en hergebruikt op werven van de stad Parijs (FR)  
© Parijs, Florence Morisson.

### Wist je dat?

Sommige steden hebben een eigen voorraad bestratingmateriaal. In Parijs bijvoorbeeld is het verplicht om geschikte kasseien en boordstenen in situ te hergebruiken of ze naar een centrale opslagplaats te brengen waar aannemers hun materiaal voor nieuwe inrichtingen vervolgens moeten komen halen. Dit platform, dat meer dan 20 jaar geleden werd opgericht, verzorgt onder andere de inzameling, sortering, reiniging en opslag van de Parijse kasseien en boordstenen. Zo worden de kosten voor de aankoop van nieuwe materialen tot een minimum beperkt en wordt er jaarlijks onder andere 7.000 tot 8.000 ton graniet niet naar een stortplaats gebracht, wat overeenkomt met 600 ton CO<sub>2</sub> die niet uitgestoten wordt. (Bron: [Centrum voor onderhoud en bevoorrading \(CMA\) van het stadhuis van Parijs, ADEME](#)).



## Toepassingen en plaatsing

**Hergebruikboordstenen worden hoofdzakelijk gebruikt voor de afbakening van wegen en voor minder veeleisende landschapsinrichtingen (afbakening van groene zones, scheidingsmuurtjes, opstapjes, banken, paaltjes, etc.).**

De keuze voor een bepaald type boordsteen hangt af van de beoogde toepassing: verkeer, weersomstandigheden, stedenbouwkundige voorschriften, etc. Straatboordstenen moeten bestand zijn tegen de impact van wielen en de wrijving van banden, en ze moeten het regenwater kunnen afvoeren. Het is dus van belang dat ze op een stevige fundering worden geplaatst en voldoende geschoord worden, zodat ze niet kunnen kantelen.

De meeste aandachtspunten voor de plaatsing van hergebruikboordstenen verschillen niet van die voor nieuwe boordstenen. Ze hebben onder andere betrekking op: type en afmetingen van de boordstenen, eigenschappen van de fundering en van het legbed, type voegvulling, schoorvoorzieningen, straatgoten, aard en functie van het wegdek, etc.

Er moet altijd rekening worden gehouden met de nationale en Europese productnormen (EN 1343), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Opmerking: sommige lokale referentiegidsen over de plaatsing van bestratingselementen in natuursteen bespreken reeds het gebruik van hergebruikboordstenen (bv. 'Qualiroute', het lastenboek van het Waalse Gewest in België).

Bij het hergebruik van straatboordstenen dient op de volgende zaken gelet te worden:

- Variabele hoogte van de boordstenen. Het is mogelijk dat de boordstenen verschillende hoogten hebben door onregelmatigheden aan de onderzijde. Indien nodig kan dit opgelost worden door de funderingslaag in functie hiervan aan te passen.
- Variabele lengte van de boordstenen. Doordat boordstenen verschillende lengten hebben, is het handiger hijsklemmen te gebruiken omdat die de stenen in de breedte grijpen. In dat geval moeten de boordstenen echter vóór de bestrating geplaatst worden zodat er voldoende ruimte is voor het gebruik van de hijsklem.

- Zichtbare sporen. Boordstenen met zichtbare sporen van een ander materiaal (asfalt, verf, mortel, etc.) kunnen over de hele lengte, op regelmatige afstand van elkaar, verdeeld worden. Indien nodig kunnen boordstenen met dergelijke sporen ook voorbehouden worden voor in esthetisch opzicht minder veeleisende toepassingen.
- Onregelmatige uiteinden. Deze kunnen zo nodig verzaagd worden tot vlakke zijvlakken.
- Verbinding met speciale boordstenen. Als nieuwe elementen in de verharding worden geïntegreerd (bv. overgangsboordstenen, gebogen boordstenen, hoekstukken, etc.) dient men na te gaan of ze compatibel zijn met de hergebruikboordstenen in kwestie.

Overigens moeten er adequate plaatsingsvoorschriften worden opgesteld, aangezien de verschillende mogelijke toepassingen van boordstenen doorgaans elk een specifieke plaatsingsmethode vereisen.

Het kan moeilijk zijn om een lot te vinden dat exact beantwoordt aan heel precieze, op voorhand bepaalde kenmerken. In dat geval is het vaak beter een partij onbewerkte hergebruikboordstenen te kiezen en aanvullende bewerkingen te overwegen. De expertise van de hergebruikleveranciers kan hierbij heel waardevol zijn.

Bij het opstellen van de technische voorschriften voor de levering van een partij hergebruikboordstenen kunnen de volgende kenmerken beschreven en gespecificeerd worden:

→ **Samenstelling van de partij.** De partij hergebruikboordstenen bestaat uit elementen van hetzelfde type (landelijke of straatboordstenen), met dezelfde geologische samenstelling (grès, graniet, porfier, witte kalksteen) en eventueel zelfs met hetzelfde oorspronkelijke gebruik (drukke weg, zone onderhevig aan vriescycli, etc.). Partijen gemengde boordstenen kunnen evenwel geschikt zijn voor minder veeleisende toepassingen.

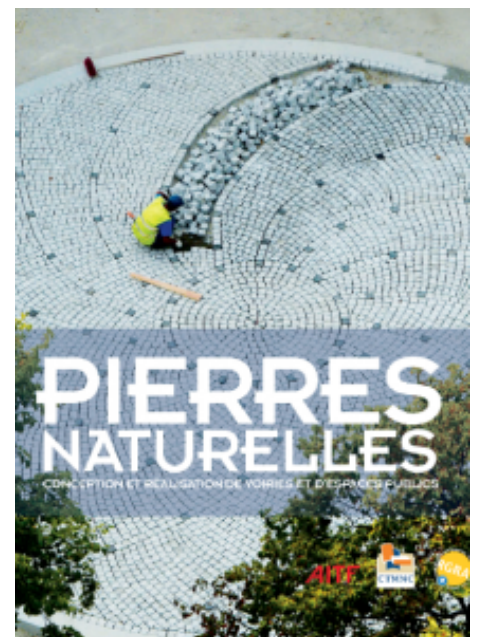
→ **Afmetingen.** Doorgaans moeten de boordstenen dezelfde breedte en hoogte hebben, en moeten ze vlak en recht genoeg zijn. Afhankelijk van het ontwerp kan de partij worden opgesplitst in deelpartijen van verschillende afmetingen. Om de kosten te beperken en de zoektocht naar een partij hergebruikboordstenen te vergemakkelijken is het raadzaam voldoende flexibel te zijn inzake de afmetingen door te opteren voor een plaat-

sing in vrije lengte, door alleen een minimumlengte te vermelden (bv. min. 40 cm) of door een vrij breed interval vast te leggen (bv. lengte tussen 80 en 120 cm). Indien nodig kunnen er natuurlijk ook preciezere dimensies (en striktere maattoleranties) worden geëist, maar dit kan aanleiding geven tot een ingrijpende verandering van het materiaal (verzagen, opnieuw bewerken).

→ **Textuur en afwerking.** Afhankelijk van de (functionele en esthetische) vereisten en de steensoort moet het uitzicht van de zichtbare oppervlakken (gehamerd, gevamd, gebikt, gegritstraald, etc.), de niet-zichtbare vlakken en de uiteinden (verzaagd, gekloofd) vermeld worden. Naargelang de ingraafdiepte is het mogelijk dat de voorzijde maar een gedeeltelijke oppervlaktebehandeling nodig heeft. Dat moet dan duidelijk vermeld worden.

→ **Profiel.** Idem. Indien nodig moet het profiel van de boordstenen en de staat van de vellingen (recht gezaagd, afgeschuind, afgerond, hellend, zonder vereisten, etc.) vermeld worden. Om tot een grotere homogeniteit inzake de profielen van de elementen te komen moeten de precieze afmetingen (en hun respectievelijke maattoleranties) bepaald worden, en moet er eventueel een bewerking van de boordstenen voorzien worden.

→ **Kleur.** Van nature kennen natuurstenen een grote variëteit in kleurschakering en uitzicht. Afhankelijk van het beoogde gebruik (bv. bij een erfgoedrenovatie) kan dit kenmerk verduidelijkt worden door een algemene tint of een precieze kleur op te geven.



*Pierres naturelles - Conception et réalisation de voiries et d'espaces (2019), RGRA, 440 p., ISBN : 978-2-913414-52-5 (In het Frans).*





→ **Staat.** Naast sporen van mortel-, verf- en bitumenresten kunnen hergebruikboordstenen ook lichte verwerkingen vertonen, zoals oppervlakkige gebruikssporen, afsplinteringen, afschilferingen, kleine scheuren, kraters, vlekken, mosresten, etc. Deze beschadigingen kunnen een invloed hebben op de technische en esthetische prestaties van boordstenen, alsook op hun plaatsing. Maar ze vormen geen ernstig obstakel voor hergebruik, behalve bij zeer specifieke toepassingen (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik').

Sommige steensoorten hebben nog specifieke bijkomende vereisten. Zo moet het laagvlak (en de stylolitische voegen) van boordstenen in sedimentair gesteente (i.e. grès, kalksteen) evenwijdig lopen aan de plaatsingsrichting. Anders kan de steen splijten. Of nog: sommige kalksteensoorten (bv. blauwsteen) kunnen stylolitische voegen bevatten die de steen kunnen verzwakken, maar deze imperfecties kunnen soms wel toegestaan worden aan de niet-zichtbare vlakken van boordstenen. De bestaande technische documentatie maakt het grotendeels mogelijk om deze verschillende aspecten geval per geval te beoordelen. Indien nodig kunnen ook professionals geraadpleegd worden.

Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de uitvoeringsvoorwaarden, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren (bv. afsplinteringen, afschilferingen, kleine scheuren < x cm<sup>2</sup> op de zichtbare oppervlakken, toegestane afgebroken hoeken en randen op de niet-zichtbare delen, etc.).

Boordstenen met oneffenheden of sporen van bitumen zijn volkomen geschikt voor sommige toepassingen, en zijn goedkoper dan de meer gekalibreerde boordstenen.

→ **Hoeveelheid.** Om de zoektocht op de hergebruikmarkt te vergemakkelijken kan het projectteam overwegen om verschillende partijen te combineren (bv. graniet en grès) en/of een zekere termijn te voorzien, zodat de leverancier de gevraagde hoeveelheid kan bijeenbrengen. In geval van hergebruik in situ is het raadzaam een voorraad reserveboordstenen aan te leggen om later herstellingen uit te voeren en beschadigde boordstenen te vervangen.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen. Er kan een controletestprocedure uitgevoerd worden op basis van een contractueel monster en een bemonstering bij ontvangst.

De meeste gerecupereerde bouwmaterialen worden verkocht "as is" (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten die eigen zijn aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (voor meer informatie zie de inleidende fiche).

**Ontwerptip!**

*Gezien de variabele lengte van hergebruikboordstenen is het beter een hoeveelheid in strekkende meters dan in aantal stuks te bestellen.*



Voorbeeld van stylolytische voegen



Place de la Bastille, Parijs (FR). Hergebruik van 10 000 oude stoepranden die overlangs verzaagd werden om te dienen als pleintegels. © Benjamin Randow



Hergebruik van boordstenen als traptreden (FR) © Noblema



**Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik**

De geharmoniseerde Europese norm EN 1343 legt de relevante kenmerken (naargelang de context) vast om de geschiktheid van boordstenen in natuursteen voor buitenverharding te bepalen. Hoewel deze kenmerken uitvoerig beschreven worden voor nieuwe materialen gemaakt uit ontgonnen en bewerkte natuursteen, kunnen ze ook nuttig zijn om het specifieke geval van hergebruikboordstenen te bekijken.

Eigenschappen	Opmerkingen
<b>Geologische herkomst en petrografische beschrijving</b>	De hergebruikboordstenen kunnen afkomstig zijn van verhardingen die oorspronkelijk gerealiseerd geweest zijn met elementen van verschillende afkomst. Hoewel het meestal mogelijk is om de steensoort visueel te bepalen, kan er zelden met zekerheid bevestigd worden dat alle stuks dezelfde geologische herkomst hebben, tenzij er bronnen zijn die dit kunnen staven. (bv. een certificaat van oorsprong, archiefdocumenten, etc.). Voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen hergebruikboordstenen is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
<b>Geografische herkomst</b>	Net zoals de geologische herkomst, is het moeilijk om met zekerheid te weten wat de geografische herkomst is van een partij hergebruikboordstenen (de steengroeve van oorsprong). Toch kunnen bepaalde kenmerken afgeleid worden indien geweten is waar de boordstenen gedemonteerd zijn geweest. Zo zullen boordstenen die in goede staat gerecupereerd werden uit een gebied dat onderhevig is aan zware vorst-dooicycli hoogstwaarschijnlijk een goede vorstweerstand hebben. Een ander voorbeeld: boordstenen die in goede staat gerecupereerd werden in een straat die onderhevig is aan zwaar verkeer, hebben in zekere zin bewijs geleverd van een goede druksterkte. Een gebrek aan informatie over de steengroeve van oorsprong kan dus grotendeels opgelost worden door informatie over de locatie van demontage.
<b>Schijnbare volumieke massa en open porositeit</b>	Deze kenmerken verschillen per gesteente. De volumieke massa [ $\text{kg/m}^3$ ] geeft een aanduiding van de compactheidsgraad van een steen. Over het algemeen kunnen we stellen dat hoe compacter het gesteente is, hoe minder poreus. De open porositeit van een steen wordt bepaald door de relatieve hoeveelheid poriën, die onderling verbonden en toegankelijk voor water zijn. De eigenschap wordt uitgedrukt in [volumepercent]. Ze wordt gewoonlijk geschat door de waterabsorptie te meten (massa van het geabsorbeerde water in verhouding tot de massa van een droog proefstuk). Dit kenmerk beïnvloedt in het bijzonder de weerstand tegen vlekken en vuildeeltjes. Het heeft geen directe invloed op de vorstgevoeligheid van stenen elementen (waar eerder het vermogen om het geabsorbeerde water opnieuw af te voeren van belang is). Beide kenmerken kunnen worden geschat op basis van technische documentatie over natuurstenen ( <i>zie tabel hieronder</i> ). Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936.
<b>Geometrische kenmerken</b>	Deze eigenschappen kunnen door eenvoudige metingen worden bepaald. Ze zijn nauw verbonden met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikboordstenen en met de bewerkingen die op het materiaal werden uitgevoerd. Indien de boordstenen opnieuw moeten worden bewerkt of verzaagd, wordt aangeraden om samen met de leverancier de maattoleranties te bepalen op elke afmeting (breedte, dikte, lengte, etc.) in functie van de plaatsing, de steensoort en de functionaliteit van de verharding (deze verschillende aspecten worden beschreven in norm EN 1343). Ook de eisen omtrent vlakheid en haaksheid moeten gedetailleerd worden omschreven.  Onbewerkte hergebruikboordstenen vertonen over het algemeen vormonregelmatigheden door hun oorspronkelijke vervaardiging en/of opgelopen slijtage gedurende hun vroegere gebruikperiode.
<b>Gladheid</b>	Deze eigenschap beïnvloedt het comfort en de veiligheid van de gebruikers en hangt voornamelijk af van de ruwheid en de textuur van de verharding. Ze kan visueel beoordeeld worden. Hoe grofkorreliger het oppervlak is, hoe meer slipweerstand. Dit kenmerk evolueert in de tijd onder invloed van de slijtage van de verharding, de aanwezigheid van vuil, het onderhoud, de helling, de dichtheid van de voegen en het klimaat (neerslag). Een grondige evaluatie van de slipweerstand (zoals beschreven in EN 14231) is relevant als de verharding bedoeld is voor voetgangers. Deze norm stipuleert overigens dat boordstenen die een oppervlakteafwerking in reliëf hebben of gekloofd zijn, waarvan het reliëf groter is dan 1,0 mm, voldoen aan de slipweerstandsvereisten zonder voorafgaande proefmetingen.  Bij hergebruikboordstenen kan een specifieke, aan de steensoort aangepaste afwerkingsbehandeling worden overwogen. Sommige afwerkingen (bijvoorbeeld vlammen) kunnen nog na plaatsing aangebracht worden, wanneer de stenen al in gebruik zijn, om zo aan de geldende voorschriften te voldoen.
<b>Slijtsterkte</b>	Dit duurzaamheidskenmerk is afhankelijk van de intensiteit en de aard van het verkeer, de aanwezigheid van schurende deeltjes en het onderhoud. Hoewel deze eigenschap nauwkeurig beoordeeld kan worden met een proefnorm (EN 14157 - Capon-proef), kunnen we ons voor hergebruikboordstenen ook baseren op de wijze waarop ze de spanningen bij hun eerste gebruik hebben weerstaan. Over het algemeen zijn graniet en porfier geschikt voor zware spanningen en beter bestand tegen slijtage dan grès en kalksteen.





Eigenschappen	Opmerkingen																
<b>Buigsterkte</b>	<p>De buigsterkte <math>R_f</math> [MPa] is een mechanische eigenschap die het vermogen van de stenen aangeeft om weerstand te bieden aan buigkrachten tijdens de gebruiksfase. Ze varieert naargelang de steensoort en wordt meestal bepaald door middel van buigproeven, zoals vastgelegd in norm EN 12372.</p> <p>Aan de hand van de buigsterkte kan de toegelaten breukbelasting [kN] van boordstenen in functie van hun afmetingen berekend worden volgens de volgende formule:</p> $P = \frac{R_f \times W \times t^2}{1500 \times L \times F_s}$ <p>waarbij P : breukbelasting [kN]  W, L, t : breedte, lengte en hoogte [mm]  <math>R_f</math> : buigsterkte [MPa]  <math>F_s</math> : veiligheidsfactor, over het algemeen <math>F_s = 1,6</math></p> <p>De vereisten voor straatboordstenen zijn samengevat in de volgende tabel:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Aanbevolen gebruik</th> <th>Breukbelasting (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>decoratie</td> <td>geen vereiste</td> </tr> <tr> <td>zones uitsluitend voor voetgangers</td> <td>&gt; 0,75</td> </tr> <tr> <td>voetgangers- en fietszones</td> <td>&gt; 3,5</td> </tr> <tr> <td>zones met occasionele toegang van lichte voertuigen, inritten van garages</td> <td>&gt; 6</td> </tr> <tr> <td>voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten</td> <td>&gt; 9</td> </tr> <tr> <td>voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (bv. bussen)</td> <td>&gt; 14</td> </tr> <tr> <td>wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer</td> <td>&gt; 25</td> </tr> </tbody> </table> <p>Bij hergebruikboordstenen kunnen we evenwel veronderstellen dat elementen die in hun eerste gebruiksfase onderworpen werden aan hoge belastingen zullen blijven voldoen aan gelijkaardige of lagere belastingsniveaus. Een grondig onderzoek naar de oorspronkelijke gebruiksomstandigheden laat dus toe de buigsterktecapaciteit van hergebruikboordstenen te beoordelen, zonder specifieke proefmetingen.</p>	Aanbevolen gebruik	Breukbelasting (kN)	decoratie	geen vereiste	zones uitsluitend voor voetgangers	> 0,75	voetgangers- en fietszones	> 3,5	zones met occasionele toegang van lichte voertuigen, inritten van garages	> 6	voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten	> 9	voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (bv. bussen)	> 14	wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer	> 25
Aanbevolen gebruik	Breukbelasting (kN)																
decoratie	geen vereiste																
zones uitsluitend voor voetgangers	> 0,75																
voetgangers- en fietszones	> 3,5																
zones met occasionele toegang van lichte voertuigen, inritten van garages	> 6																
voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten	> 9																
voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (bv. bussen)	> 14																
wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer	> 25																
<b>Weerstand tegen vorst/dooi (en tegen strooizout)</b>	<p>Bij buitentoepassingen moeten de elementen in natuursteen bestand zijn tegen vorst/dooi zonder dat hun uitzicht of mechanische kenmerken aangetast worden. De herkomst en de staat van een partij hergebruikboordstenen kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Veel oude boordstenen zullen wellicht in hun eerste gebruiksfase meer vorst/dooi-cycli hebben weerstaan dan vooropgesteld in EN 12371, de proefnorm waarmee deze prestatie kan worden beoordeeld. Het is dus van belang informatie in te winnen over de geografische herkomst van de partij om zeker te zijn van de oorspronkelijke weersomstandigheden (bv. een partij die uit Noord-Europa komt zal waarschijnlijk geschikt zijn voor gebruik in het Middellandse Zeeklimaat van Zuid-Frankrijk; het omgekeerde is niet noodzakelijk waar). Boordstenen die minder weerstand bieden en vorstschade hebben opgelopen, zullen waarschijnlijk bij de sortering en reiniging reeds verwijderd zijn.</p>																
<b>Weerstand tegen vervuiling</b>	<p>Dit kenmerk hangt sterk af van de porositeit en afwerkingsgraad van de stenen. Het kan beoordeeld worden door te kijken naar de mate van vuilafzetting op het zichtbare oppervlak van gerecupereerde boordstenen die nog niet bewerkt of verzaagd werden. Indien nodig kunnen specifieke oppervlaktebehandelingen aanbevolen worden om deze prestatie te verbeteren. Oppervlaktebehandeling met silanen, siloxanen, teflon, etc. vertragen de infiltratie van olieachtige substanties in de poriën van de steen.</p>																

In de volgende tabel worden ter informatie enkele gekende eigenschappen opgelijst van een aantal steensoorten die vaak hergebruikt worden. Het is evenwel belangrijk hierbij te vermelden dat elke steen zijn eigen specifieke kenmerken heeft en dat twee partijen van eenzelfde gesteente redelijk verschillende prestaties kunnen vertonen.

	Schijnbare volumieke massa (kg/m <sup>3</sup> )	Buigsterkte (MPa)	Porositeit	Slijtagegedrag
<b>Grès</b>	2000 - 2700	20 - 30	weinig poreus (0,5 tot 10%)	++(+)
<b>Zachte kalksteen (bv.: witte kalksteen)</b>	< 2500	-	poreus (5 tot 50%)	++
<b>Compacte kalksteen (bv.: blauwsteen)</b>	> 2500	10 - 25	weinig poreus (0,2 tot 5%)	++
<b>Porfier</b>	2000 - 2800	15 - 30	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	+++
<b>Graniet</b>	2500 - 3000	15 - 30	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	+++



**Beschikbaarheid**

Er bestaan veel handelaars die hergebruikboordstenen in natuursteen verkopen, maar de beschikbare voorraden zijn niet altijd even groot. Daarom is het voor projectteams die op zoek zijn naar een grote hoeveelheid elementen (vanaf enkele honderden strekkende meters) aangewezen redelijk snel contact op te nemen met de handelaars.

**Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)**

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de Noordwest-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze zijn afhankelijk van het formaat, de afmetingen, de steensoort en de mate van sortering en reiniging.

- Rustieke, landelijke boordstenen: ~ 25-30 €/streckende meter
- Straatboordstenen: ~ 40-70 €/streckende meter



Place du Panthéon, Parijs (FR), Les Monumentales (Emma Blanc, Collectif ETC, Genre et Ville, Albert and co.). Hergebruik van 400 granieten stoepranden (of blokken) als pleinrichting. © Lucas Bonnel en © Samuel Colin-Canivez

*Wist je dat?*

Bestratingselementen in roze graniet, die momenteel verkrijgbaar zijn op de Belgische hergebruikmarkt, komen van Zweedse steengroeven. Deze kasseien en boordstenen werden gebruikt als ballast in het ruim van schepen die vroeger tussen België en Zweden voeren. Toen ze in havensteden werden gelost, kregen ze daar een nieuwe toepassing als verhardingselementen bij de aanleg van openbare ruimten.



Lower Mystic Lake House (USA). Hergebruik van boordstenen in natuursteen. © matthew-cunningham.com

**Gespecialiseerde leveranciers vinden**

**SALVO** [salvoweb.com](http://salvoweb.com)

**OPALIS** [opalis.eu](http://opalis.eu)



Naargelang de bron en steensoort voorkomt het hergebruik van 100 strekkende meter boordstenen in natuursteen de uitstoot van ~ 680 tot ~ 7.880 kg CO<sub>2</sub>-eq., gerelateerd aan de productie van nieuwe boordstenen (enkel de productiefase). Afhankelijk van de bron komt dit overeen met een traject van ~4.050 tot ~47.250 km in een kleine dieselauto.

Zoals duidelijk wordt uit de gegevens is het hergebruiken van boordstenen in natuursteen ter vervanging van nieuwe betonnen boordstenen eveneens interessant.

<b>Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)</b>	kg CO <sub>2</sub> -eq./m	kg CO <sub>2</sub> -eq./kg
INIES-databank (FR) – Algemene informatie – Boordsteen in natuursteen *	35,8	-
INIES-databank (FR) – Algemene informatie – Boordsteen in beton **	29,0	-
ICE-databank (VK)- Graniet ***	78,8	0,7
ICE-databank (VK)- Kalksteen ****	10,1	0,09
ICE-databank (VK)- Grès *****	6,8	0,06

\* Indicatieve waarde voor 1 strekkende meter straatboordstenen in natuursteen met een functionele referentielevensduur van 150 jaar.  
 \*\* Indicatieve waarde voor 1 strekkende meter straatboordstenen in beton met een functionele referentielevensduur (inclusief waterafvoer) van 50 jaar.  
 \*\*\* Indicatieve waarde voor 1 strekkende meter boordstenen in graniet (breedte = 15 cm, hoogte = 30 cm, volumieke massa = 2.500 kg/m<sup>3</sup>).  
 \*\*\*\* Indicatieve waarde voor 1 strekkende meter boordstenen in kalksteen (breedte = 15 cm, hoogte = 30 cm, volumieke massa = 2.500 kg/m<sup>3</sup>).  
 \*\*\*\*\* Indicatieve waarde voor 1 strekkende meter boordstenen in grès (breedte = 15 cm, hoogte = 30 cm, volumieke massa = 2.500 kg/m<sup>3</sup>).