

**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, metertijd 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, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en 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

Natuurstenen vloertegels (verder ook ‘tegels’ genoemd) zijn modulaire vloerelementen die zowel binnen als buiten worden gebruikt. Deze fiche behandelt de elementen die in België dikwijls ook als ‘dallen’ omschreven worden (naar het Franse ‘dalles’). Deze tegels zijn enerzijds dunner dan kasseien, maar anderzijds groter en dikwijls dikker dan de typische keramische of cementtegels. Ze bestaan in allerlei soorten. Lange tijd werden ze volgens traditionele technieken met de hand gehouwen met een puntbeitel, een steenbeitel en een houten hamer. Deze oude tegels zijn te herkennen aan hun grotere dikte en onregelmatige randen. Ze werden geleidelijk vervangen door gestandaardiseerde elementen die machinaal worden verzaagd en steeds dunner en regelmatiger werden.

Net als bij andere materialen in natuursteen is het hergebruik van natuursteentegels een betrekkelijk gangbare praktijk. Er zijn heel wat bedrijven die gespecialiseerd zijn in de recuperatie en verkoop van dit materiaal. Het aanbod van hergebruikte tegels is stabiel, hoewel de grootte van de partijen sterk kan verschillen (van enkele tientallen tot enkele honderden vierkante meters).

Deze fiche focust zich vooral op het gebruik van natuursteentegels voor binnen- en buitenvloeren.

Op de hergebruikmarkt is er een grote verscheidenheid aan tegelmodellen te vinden. Deze zijn vaak een afspiegeling van historische regionale bijzonderheden. Ze kunnen onderscheiden worden aan de hand van de volgende eigenschappen:

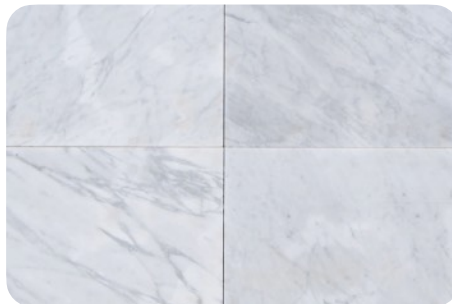
→ **Formaat:**

- Vierkante of rechthoekige tegels met afmetingen tot 1 meter per zijde.

- Kerktegels van kalksteen. Dit zijn oude tegels van verschillende grootte met een vierkant of rechthoekig formaat. Ze hebben een gladde bovenkant, een zeer onregelmatige onderkant en zijn enorm dik (~15 cm).
- Tegels van Bourgondische steen. Dit zijn grote, dikke tegels van oude gebouwen die veel voorkomen op de Franse markt. De typische uitvoering bestaat erin rechthoeken van verschillende grootte te combineren.

- Stukken ‘gebroken’ tegels, die meestal in opus incertum worden gelegd.

→ **Geologische herkomst.** Voor de vervaardiging van tegels werden vele steensoorten gebruikt. De meest voorkomende op de hergebruikmarkt zijn onder andere graniet, marmer, zandsteen, leisteen, blauwe hardsteen en witte kalksteen, in al hun lokale variaties. Er zijn ook tegels van porfier, basalt, gneis, travertijn en andere gesteenten.



Wit Carrara-marmer



Zwart marmer



Zandsteen © London Reclaimed Brick Merchants Ltd



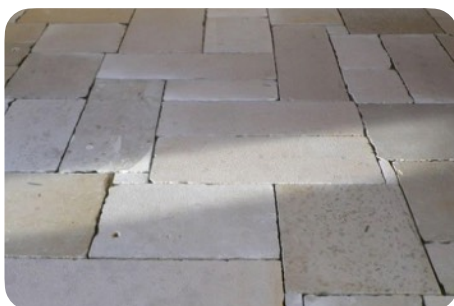
Graniet



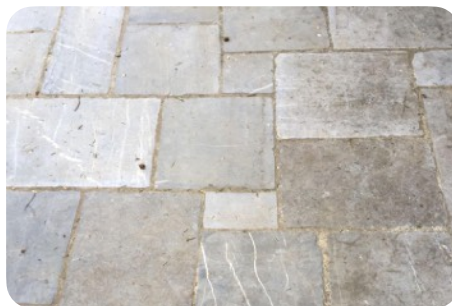
Belgische blauwe hardsteen



Leisteen © Stax Reclamation



Oude Bourgondische tegels © authentic.fr



Oude kerktegels in blauwe hardsteen (BE)
© Sophie Boone



Mengeling van vierkante tegels van York-zandsteen en ‘gebroken’ tegels in Opus Incertum gelegd, Holland Park, Londen (UK) © Thornton Kay/Salvo



→ **Afmetingen.** Meestal hebben de hergebruikte tegels een breedte en lengte tussen 30 en 100 cm en een dikte tussen 2 en 15 cm. Maar er worden dikwijls ook elementen aangetroffen met meer specifieke afmetingen.

→ **Uitzicht.** De verscheidenheid aan gesteenten resulteert in een breed kleurenpalet, zelfs binnen eenzelfde steensoort: grijs, beige, oker, bruin, roze, brons, etc. De insluitsels van de stenen worden aangeduid met specifieke benamingen: aders, korrels, lagen, vlammen, vlekken, etc.

Behalve door het gesteente wordt het uitzicht van hergebruikte tegels ook bepaald door de wijze waarop ze oorspronkelijk werden vervaardigd (gekliefd, gezaagd) en afgewerkt (vlammen, zandstralen, gritstralen, punthameren, polijsten, etc.). Meestal is de onderkant van de tegels veel grover van textuur. Na verloop van tijd verandert hun uitzicht ook onder de gebruiksbelasting: verzachting, polijsting van het zichtvlak, donkere verkleuring, afronding van de randen, verf-, mortel- of bitumenresten aan de onderkant, groei van organismen (algen, mos, korstmoss, ...), etc.

→ **Plaatsing.** Verschillende methodes zijn mogelijk:

- plaatsing op een zachte ondergrond (zand, aarde, etc.);
- plaatsing op tegeldragere;
- plaatsing in een mortelbed: gips, kalkmortel, bastarmortel of cementmortel;
- gelijkde plaatsing: lijm-mortel.

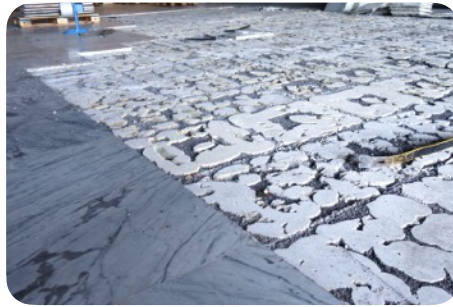
→ **Oorspronkelijk voegwerk.** De mortelvoeg vult de ruimte tussen de stenen met een bindmiddel. De keuze van de voegen en hun dikte wordt bepaald door de plaatsingsmethode, de plaats van de tegels, de steensoort en de regelmatigheid van de tegelranden. De tegels kunnen ook zonder mortel worden gelegd, waardoor ze gemakkelijker te recupereren zijn. Als de tegels met de randen tegen elkaar worden gelegd, spreken we van een droge voeg of dunne voeg. Ook soepele voegen (zand, grindzand, aarde, etc.) zijn mogelijk.



Tegels op zand © Perrine Henault, [Atelier NOUS](#)



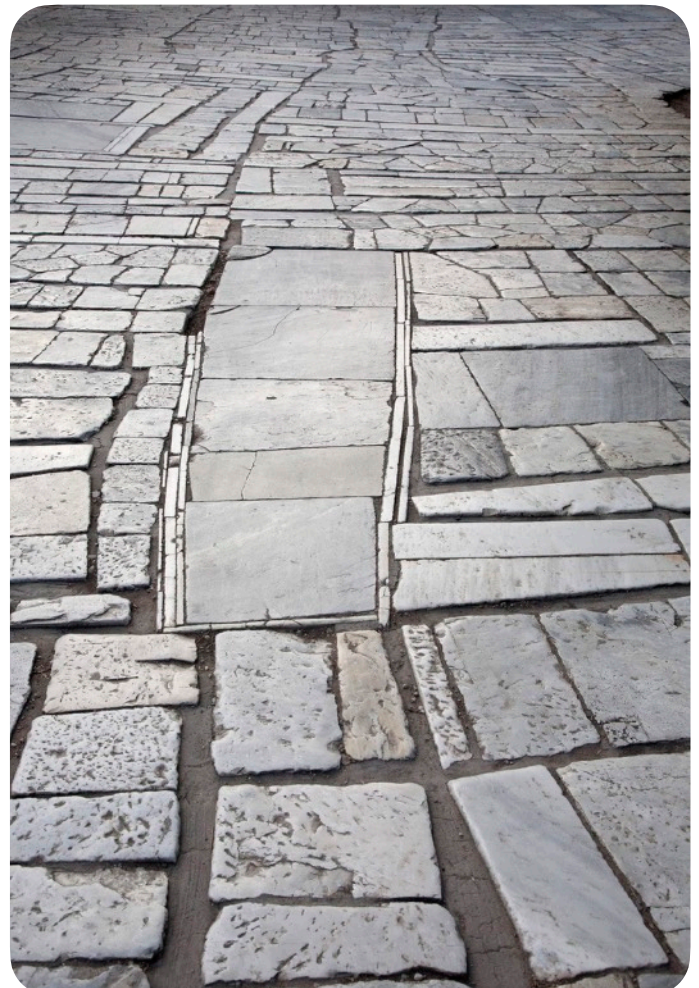
Tegels op tegeldragere © [agence mentpierres.com](#)



Tegels in een mortelbed



Gelijkde tegels © [stonenaturelle.fr](#)



Hergebruikte tegels uit natuursteen, op de weg naar de Akropolis in Athene (GR), 1930. Pikionis © Mayte Piera



Recuperatie van het materiaal

Natuursteentegels zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij ter plaatse, hetzij via de professionele hergebruikhandelaars. Deze kunnen ook hele partijen gebruiksklare tegels leveren. Ze kunnen doorgaans verzekeren dat de volgende handelingen correct worden uitgevoerd:

→ *Demontagetests* (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan, en kunnen eventueel worden aangevuld met reinigingstesten (voor mortel- en voegresten). Een 'deskundig oog' kan de waarde van een partij meestal inschatten op basis van plannen, foto's, historische documenten of een bezoek ter plaatse. Voor tegels zijn de aandachtspunten onder andere:

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

→ *Demontage*. Een zorgvuldige demontage is erop gericht om de integriteit van de tegels en een zekere homogeniteit van de partijen te garanderen. Dit is zeer gemakkelijk als de tegels op tegeldraggers zijn geplaatst en relatief gemakkelijk bij een geringe hechtsterkte tussen het legbed en de tegels. Dit geldt met name bij een plaatsing in een vol kalkmortelbed of op gestabiliseerd zand. De demontage zal echter moeilijker zijn wanneer de tegels gelijmd zijn of zijn vastgezet met cementmortel (wat ook het schoonmaken zal bemoeilijken). Om tijdens de demontage het risico op beschadiging te beperken wordt aangeraden de spanningen in de tegels te verminderen door eerst twee (loodrechte) zijden van de los te maken tegels vrij te maken. Dit houdt meestal in dat de niet-vrije tegels die zich aan de rand van de ruimte bevinden worden gebroken. Ook het soort voeg beïnvloedt het gemak waarmee de tegels kunnen worden gerecupereerd en gereinigd. Zo leiden epoxyvoegen vaak tot schade bij demontage. Om beschadigingen tot een minimum te beperken kan het nuttig zijn de voegen vooraf open te maken met geschikte werktuigen (bv. diamantzaag op rail, water onder druk,

etc.) en gebruik te maken van geschikte hulpmiddelen om afschilfering te voorkomen.

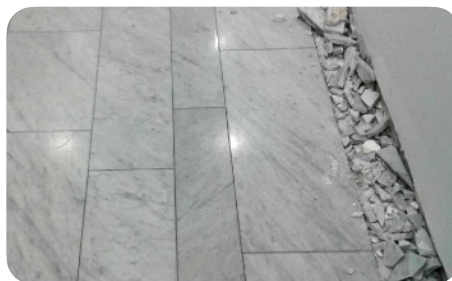
→ *Sortering en reiniging*. Tegels van eenzelfde vloerbedekking kunnen een verschillende slijtagegraad vertonen naargelang hun plaats in de ruimte. Daarom is het nuttig te zij demontage te sorteren, bijvoorbeeld volgens kwaliteit, kleur, afmetingen of zelfs volgens mate van vervuiling. Tegels die gebarsten zijn of grote gebreken vertonen, worden afgekeurd. Om resten van het legbed, voegmiddelen, etc. te verwijderen volstaat het meestal de elementen te reinigen met water, de resten af te schrapen met een geschikt mes, of ze machinaal af te schuren (bv. met een slijpmachine).

→ *Opslag en verpakking*. Tegels worden meestal buiten opgeslagen, waarbij ze op hun smalle kant in houten kisten worden geplaatst of horizontaal met spanbanden op pallets worden vastgezet. Afhankelijk van de breekbaarheid van de tegels worden overdekt opgeslagen, waarbij contact met de grond moet worden vermeden en eventueel een bescherming tegen vorst moet worden voorzien. Idealiter worden er telkens af-

standhouders tussen de platen geplaatst om het risico op beschadiging te beperken. Deze houten latten moeten onbehandeld, goed droog, en vrij van looistoffen zijn, die vlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Ook metalen spanbanden moeten worden vermeden omdat ze roestvlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Bij de verpakking moet rekening worden gehouden met de aanzienlijke massa van de elementen. Er moeten ook passende transport- en hefmiddelen worden voorzien.

Ontwerptip!

Over het algemeen worden hergebruikte tegels slechts in één dimensie gezaagd (dikte, lengte of breedte) om de kosten te beperken. Wanneer de toepassing het toelaat zijn onbewerkte tegels de meest voordelige oplossing. Maar een uitzondering op deze regel zijn tegels die in de dikte worden gezaagd. Op deze manier wordt namelijk met een betrekkelijk eenvoudige bewerking de beschikbare hoeveelheid materiaal verdubbeld! Het projectteam dient evenwel na te gaan of de verzaagde elementen effectief voldoen aan de gebruikseisen, met name wat de buigsterkte betreft (aangezien deze eigenschap samenhangt met de dikte).



'Breken' van een eerste rij tegels



Doorzagen van de voegen



Losmaken van de tegels



Losmaken van de tegels



Sorteren van de tegels



Laden en vervoeren van de tegels



Opslag op de smalle kant in houten kisten



Opslag op pallet



Opslag op pallet met spanbanden, zichtvlak tegen zichtvlak © De Opkamer

→ **Bewerkingen.** Sommige platen kunnen reeds na een basisreiniging worden hergebruikt, terwijl andere bijkomende bewerkingen vereisen, zoals:

- **Zagen:** dit kan nodig zijn om de zijkanten vlak te maken of tegels van gelijke afmetingen te verkrijgen. Zeer dikke tegels (> 10 cm), zoals Bourgondische tegels, kunnen ook in de dikte worden gezaagd. De bovenkant, met het originele patina, wordt voor een hoge prijs verkocht, terwijl de onderkant doorgaans veel minder kost.
- **Grondige reiniging:** bij sommige poreuzere stenen kan het dagvlak vlekken vertonen of tijdens het gebruik verkleurd zijn ten gevolge van luchtverontreiniging, het beloop van de gebruikers of door mosvorming. Het is niet altijd mogelijk deze stenen in hun oorspronkelijke staat te herstellen. Dit hangt af van de diepte van de aantasting, wat afhankelijk is van het soort vervuiling en de steensoort. Het is raadzaam contact op te nemen met een specialist om na te vragen welke producten compatibel en welke behandelingsmethoden geschikt zijn. Verschillende technieken zijn mogelijk: polijsten met water (bij verschillende druk en temperatuur), gebruik van chemicaliën (oxaalzuur, fluorsilicaat, glansmiddelen), mechanische reiniging (schuren, glanzen, hydropneumatische stralen, fijnstralen, microschuren, etc.) en zelfs, in zeer speciale gevallen, het gebruik van laser, latex of cataplasma's.

De keuze van een geschikte reinigingstechniek zal voornamelijk afhangen van de volgende aspecten: aard en hardheid van de steen, fijnheid van de korrel en andere aspecten van het oppervlak, aanwezigheid van aantasting, soort en graad van vervuiling en het gewenste resultaat

- **Afwerking:** het komt zelden voor dat recuperatietegels in het atelier een oppervlakbehandeling krijgen. Meestal wil men namelijk het patina behouden. Maar om aan eventuele eisen te voldoen (een homogeen lot, een ruw uitzicht, etc.) zijn er ver-

schillende afwerkingstechnieken mogelijk, afhankelijk van de aard van de steen en de verwachte prestaties: punthameren, zandstralen, vlammen, gritstralen, bikken, etc. Het soort afwerking wordt aangeduid met specifieke termen naargelang de betreffende steensoort.

Deze verschillende bewerkingen kunnen door gespecialiseerde handelaars worden uitgevoerd in hun eigen werkplaatsen. Ze kunnen ook ter plaatse worden overwogen, als de werflogistiek dit toelaat.

De gebruiksklare tegels worden gegroepeerd in homogene partijen. Ze worden per m² of per ton verkocht. De meeste leveranciers kunnen informatie geven over hun voornaamste kenmerken: steensoort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, geschikte toepassingen en in sommige gevallen hun herkomst.



Verwijderen van mortelresten op de rand met behulp van een slijpmachine



Verzagen van stenen elementen



Verwijderen van mortelresten met behulp van een pneumatische beitel © De Opkamer



Punthameren van tegels



Dikkere en onregelmatige onderste helft



Gladde en regelmatige bovenste helft



Toepassingen en plaatsing

Hergebruikte tegels worden voornamelijk gebruikt als modulaire elementen voor binnen- en buitenvloeren. Ze worden meestal alleen gebruikt voor toepassingen met een matige belasting: als binnenvloer of terras; of voor voetgangerszones, pleinen, boulevards, fietspaden of pleinen met weinig autoverkeer (de minst belastende verkeerscategorie). Hun weerstand tegen mechanische belastingen hangt grotendeels af van hun formaat: hoe compacter hun afmetingen (bijna zoals een kassei), hoe beter hun buigsterkte. Deze fiche heeft betrekking op natuurstenen die oorspronkelijk als tegel gebruikt werden en als dusdanig worden hergebruikt. Maar andere toepassingen zijn uiteraard ook mogelijk (zie bijvoorbeeld de fiche over natuurstenen platen voor muurbekledingen).

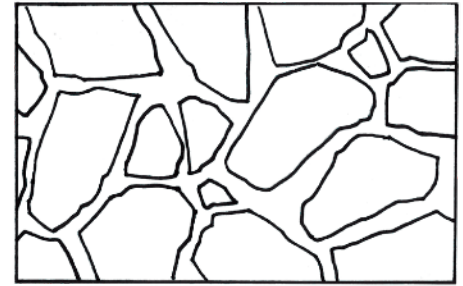
De keuze voor een bepaalde soort tegel hangt af van de beoogde toepassing (binnen, buiten, verkeersdrukte, etc.). Omgekeerd zijn de hergebruikmogelijkheden van een bepaalde partij afhankelijk van de intrinsieke eigenschappen van de elementen. Eventueel kunnen door specifieke bewerkingen (verzagen, afwerking, etc.) de kenmerken van de tegels worden aangepast aan de nieuwe toepassing (bv. wat betreft ruwheid, onderhoudsgemak, oppervlaktekwaliteit, etc.). Ook de methode en de kwaliteit van de plaatsing spelen een belangrijke rol om aan de gebruikseisen te voldoen.

De aandachtspunten voor de plaatsing van hergebruikte tegels verschillen niet fundamenteel van die voor nieuwe tegels. Er moet altijd rekening gehouden worden met de nationale en Europese productnormen (met name de Europese norm voor natuursteentegels voor buitenbestrating EN 1341 en de norm voor natuursteentegels voor vloeren en trappen EN 12058), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Opmerking: sommige lokale referentiegidsen over de plaatsing van natuursteentegels bespreken reeds hergebruikte tegels (bv. 'Quali-route', het typebestek van het Waals Gewest in België).

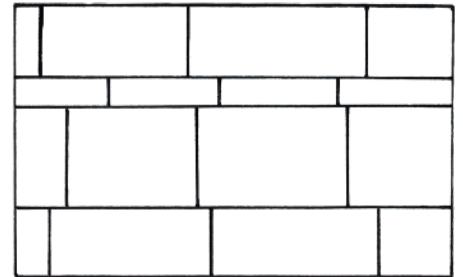
Bij het opstellen van de technische voorschriften met betrekking tot de levering van een partij hergebruikte tegels kunnen de volgende kenmerken worden beschreven en gespecificeerd:

→ **Samenstelling van de partij.** De partij hergebruikte tegels bestaat uit elementen van hetzelfde formaat (vierkant, rechthoekig, onregelmatig, etc.), dezelfde geologische aard en eventueel zelfs dezelfde oorspronkelijke toepassing en/of regio van herkomst (binnentoepassing, vorstgevoelig gebied, etc.). Het is raadzaam om een aaneengesloten oppervlakte te bekleden met elementen van eenzelfde lot. Voor minder veeleisende toepassingen kunnen ook gemengde partijen gebruikt worden.

→ **Formaat.** Naargelang de plaatsing gelden er strenge of minder strenge eisen omtrent de dimensionale stabiliteit (zelfde afmetingen en zelfde dikte). Terwijl sommige speciale formaten (bv. tegels met cabochons) een aangepast legpatroon vereisen, zijn andere elementen uitermate geschikt voor meer onregelmatige verbanden. Bijvoorbeeld:

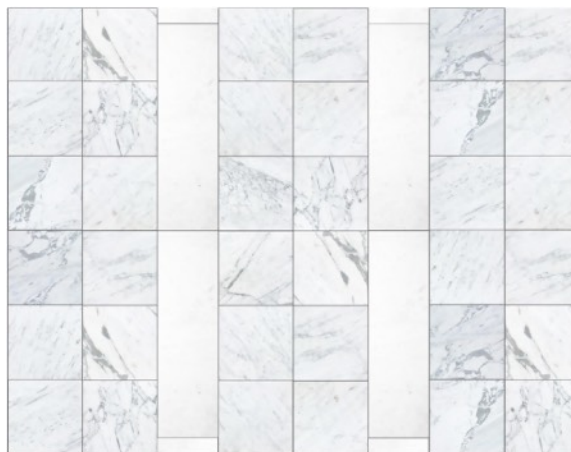


Opus incertum. Dit verband maakt het mogelijk met willekeurige stukken van gebroken tegels te werken.



Plaatsing met vrije lengte en variabele breedte. Dit verband maakt het mogelijk om per strook met elementen met eenzelfde breedte en variabele lengte te werken.

→ **Kleur.** Natuurstenen vertonen van nature een grote verscheidenheid aan kleuren en uiterlijke kenmerken. Afhankelijk van de toepassing (bv. in de context van een erfgoedrenovatie) kan dit kenmerk worden gespecificeerd door een algemene tint of een bepaalde kleur op te geven. Tijdens de plaatsing moeten stenen van verschillende pallets worden gemengd om een homogene vloer te verkrijgen.



Voorbeeld van een legpatroon voor een vloer die marmeren tegels en platen van verschillende afmetingen combineert © Rotor

Denk omkeerbaar!

Sommige plaatsingsmethoden maken het moeilijk of zelfs onmogelijk om de tegels later te recupereren. Dit is met name het geval wanneer de tegels worden verlijmd (minerale bindmiddelen, synthetische toeslagstoffen en kunstharsen) of vastgezet met cementmortel. Waar mogelijk en bij vergelijkbare prestaties wordt best de voorkeur gegeven aan een plaatsing op een zachte ondergrond (legbed en voegen van zand, van gestabiliseerd zand of op basis van een bitumenemulsie) of een plaatsing met kalk- of bastardmortel.

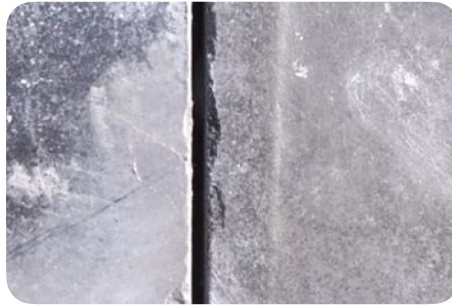


→ **Staat.** Behalve mortel-, verf- en bitumenresten, kunnen hergebruikte tegels ook lichte beschadigingen vertonen zoals oppervlakkige slijtagesporen, afschilfering, kleine barstjes, kraters, krassen, vlekken, mosresten, etc. Deze beschadigingen kunnen van invloed zijn op de technische en esthetische eigenschappen van de natuursteenplaten, evenals op hun plaatsing; maar ze vormen geen al te groot obstakel voor hergebruik, behalve voor zeer specifieke toepassingen (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik').

De partij mag echter geen elementen bevatten met beschadigingen die de structurele integriteit van het element kunnen aantasten (o.a. zichtbare stylolietvoegen bij kalkgesteenten, diepe barsten, etc.). Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing te specificeren van bepaalde gebreken, zoals:



Mos- en algenresten



Afschilfering van de rand



Afgebroken hoek



Krassen



Resten van het legbed



Diepe barst



Oppervlakkige barstjes



Stylolietvoeg

→ **Afwerking.** Afhankelijk van de (functionele en esthetische) eisen en de steensoort moet worden beschreven hoe het zichtvlak er moet uitzien (onbewerkt, gezaagd, gepunthamerd, gegritstraald, gevlamd, gepolijst, verzoet, etc.), en kan worden gespecificeerd dat dit voor de hele partij identiek is en/of het een bepaald aandeel van het tegeloppervlak betreft.

→ **Hoeveelheid.** Sommige leveranciers kunnen bij de levering van het product een extra hoeveelheid voorzien als ze niet de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken kunnen garanderen. Het is ook nuttig een extra benodigde hoeveelheid in rekening te brengen in het geval van hergebruik in situ. Daarnaast wordt aangeraden om een reservevoorraad tegels te voorzien voor eventuele latere herstellingen. Afhankelijk van het gekozen legpatroon zal een grotere of kleinere marge noodzakelijk zijn vanwege de hoeveelheid snijverlies (meestal tussen 5 en 10%).

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

Ontwerptip!

Over het algemeen wordt de integratie van hergebruikstenen in een project aanzienlijk vergemakkelijkt door de volgende ontwerpstrategieën:

- een legpatroon dat platen van verschillende afmetingen toelaat, bijvoorbeeld een wildverband.
- het mengen van verschillende loten om een willekeurige verdeling van de kleurschakeringen te verkrijgen, of net het apart gebruiken van verschillende loten voor verschillende ruimtes.
- een legmethode die toelaat tegels van verschillende dikte te gebruiken. Het komt namelijk vaak voor dat de partijen hergebruikte tegels niet gekalibreerd zijn.



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Wanneer de steensoort bekend is, is het meestal mogelijk de algemene eigenschappen van een lot gerecupereerde natuurstenen elementen te bepalen. Deze informatie is waardevol bij het beoordelen van hun geschiktheid voor beoogde gebruik.

Zie bijvoorbeeld: www.febenat.be; www.stonenaturelle.fr; www.pierreetsol.com; www.wtcb.be; etc.

In de volgende tabel (Tabel 1) worden ter informatie enkele bekende prestaties opgelijst van een aantal gesteentes die vaak voorkomen bij hergebruikte tegels. Het is evenwel belangrijk hierbij te vermelden dat elke steen zijn eigen specifieke kenmerken heeft en dat twee partijen platen van eenzelfde gesteente verschillende prestaties kunnen vertonen.

De geharmoniseerde Europese norm EN 1341 omschrijft de relevante eigenschappen voor het beoordelen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van natuursteentegels voor buitenbestrating, en de norm EN 12058 van natuursteenproducten die als vloer- en traptengels worden gebruikt. Hoewel deze eigenschappen beschreven werden voor nieuwe materialen, rechtstreeks afkomstig uit de mijnbouw en verwerkende industrie, kunnen ze ook nuttig zijn in het specifieke geval van hergebruikte tegels voor binnen- en buitengebruik (Tabel 2).

Tabel 1 : Technische kenmerken van de meest gangbare steensoorten die worden gebruikt voor vloertegels

	Schijnbare volumieke massa (kg/m³)	Buigsterkte (MPa)	Poreusheid	Slijtagegedrag
Zandsteen	2000 - 2700	3 - 14	weinig poreus (0,5 tot 25%)	goed tot zeer goed
Zachte kalksteen (bv. witte kalksteen)	< 2500	2-17	poreus (5 tot 50%)	goed
Compacte kalksteen (bv. blauwe hardsteen)	> 2500	2-17	weinig poreus (0,2 tot 5%)	goed
Graniet	2500 - 3000	8 - 25	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	zeer goed
Marmer	2600 - 2900	8 - 22	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	goed

Tabel 2 : Relevante kenmerken om de geschiktheid voor hergebruik van natuurstenen vloertegels als binnen- of buitentoepassing te beoordelen

Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
Geologische herkomst en petrografische beschrijving	x	x	De natuursteentegels kunnen afkomstig zijn van toepassingen die 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.). Zeker voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen tegels is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
Geografische herkomst	x	x	Net zoals de geologische herkomst, is het moeilijk om met zekerheid te weten wat de geografische herkomst is van een partij hergebruikte tegels (de steengroeve van oorsprong). Toch kunnen bepaalde kenmerken afgeleid worden indien geweten is waar de tegels gedemonteerd zijn geweest. Zo zullen tegels die in goede staat gerecupereerd werden uit een gebied dat onderhevig is aan zware vorst-dooicycli hoogstwaarschijnlijk een goede vorstweerstand hebben. Een gebrek aan informatie over de steengroeve van oorsprong kan dus grotendeels opgelost worden door informatie over het oorspronkelijke gebruik van de elementen (buiten- of binnenbekleding) en/of de locatie van demontage.
Schijnbare volumieke massa en open poreusheid	x	x	Deze kenmerken verschillen per gesteente. De volumieke massa [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]. 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 (zie Tabel 1). Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936.

Tip !

Indien de prestaties bepaald moeten worden in het laboratorium, dan moet er een representatief staal van de betreffende partij worden genomen. Het aantal en de afmetingen van de te nemen monsters zijn afhankelijk van het soort test dat moet worden uitgevoerd. Om bruikbare testresultaten te verkrijgen, moet de bemonsteringsprocedure zeer nauwgezet worden gevolgd. U kunt hierbij beroep doen op een specialist om de monsters en de uit te voeren tests te bepalen. De specialist zal er bijvoorbeeld op toezien dat de eigenschappen van verschillende monsters onder dezelfde belasting worden beoordeeld om een representatieve gemiddelde waarde te verkrijgen. De testprocedures zullen worden bepaald op basis van de oorspronkelijke en nieuwe toepassingen van de natuursteentegels.



Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar																
Geometrische kenmerken	x	x	<p>Deze eigenschappen kunnen door eenvoudige metingen worden bepaald. Ze zijn nauw verbonden met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikte tegels en met de bewerkingen die op het materiaal werden uitgevoerd. Indien de tegels opnieuw moeten worden bewerkt of verzaagd, wordt aangeraden om samen met de leverancier de maat-toleranties te bepalen op elke afmeting (breedte, dikte, lengte, etc.) in functie van de plaatsing, het legpatroon, de steensoort en de functionaliteit van de vloerbedekking (deze verschillende aspecten worden beschreven in norm EN 1341). Ook de eisen om-trent vlakheid en haaksheid moeten gedetailleerd worden omschreven.</p> <p>Onbewerkte hergebruikte tegels vertonen over het algemeen vormonregelmatigheden door hun oorspronkelijke vervaardiging en/of opgelopen slijtage gedurende hun vroege-gebruiksperiode.</p>																
Tactiliteit (voor slechtzienden)	x	x	<p>De tactiliteit betreft het oppervlaktereliëf van de stenen tegel. Indien nodig kan dit worden verkregen door middel van machinale bewerkingen op basis van CEN/TS 15209.</p>																
Buigsterkte	x	x	<p>De buigsterkte R_f [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 tegels in functie van hun afmetingen berekend worden volgens de volgende formule:</p> $P = \frac{R_f \times W \times t^2}{1500 \times L \times F_s} \quad \text{où} \quad P : \text{breukbelasting [kN]}$ <p style="text-align: right;"> W, L, t : breedte, lengte en dikte [mm] R_f : buigsterkte [MPa] F_s : veiligheidsfactor, meestal $F_s = 1,6$ </p> <p>De dikte is hier dus een cruciale variabele: aangezien deze kwadratisch is, kan een kleine variatie een groot verschil maken.</p> <p>Voor straattegels kunnen de geldende eisen worden samengevat in de volgende tabel:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>> 0.75</td> </tr> <tr> <td>voetgangers- en fietszones</td> <td>> 3.5</td> </tr> <tr> <td>zones met occasionele toegang van lichte voertuigen, inritten van garages</td> <td>> 6</td> </tr> <tr> <td>voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten</td> <td>> 9</td> </tr> <tr> <td>voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (bv. bussen)</td> <td>> 14</td> </tr> <tr> <td>wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer</td> <td>> 25</td> </tr> </tbody> </table> <p>In het geval van hergebruik kan er worden aangenomen dat elementen die tijdens hun levensduur aan hoge belastingen zijn blootgesteld, aan vergelijkbare of lagere eisen zullen blijven voldoen. Een gedetailleerd onderzoek van de oorspronkelijke gebruiksomstandigheden maakt het dus mogelijk de buigsterkte van gerecupereerde tegels te beoordelen zonder specifieke testmaatregelen.</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																		
Hechtsterkte (bij verlijming)	x	x	<p>De hechtsterkte en de duurzaamheid zijn afhankelijk van verschillende belangrijke factoren: het type mortel/lijmmortel, de te verlijmen oppervlakken, de weersomstandigheden, etc.</p>																
Directe luchtgeluidsisolatie	x		<p>Algemeen geldt dat hoe zwaarder (dikker en dichter) het materiaal is, hoe beter het isoleert, vooral tegen luchtgeluiden. Toch komt het maar zelden voor dat er een bepaalde steensoort wordt gekozen om akoestische redenen. Maar indien deze eigenschap belangrijk is, kan ze in het laboratorium worden bepaald volgens de proefmethode beschreven in EN 1936.</p>																



Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
Warmtegeleidbaarheid	x		De warmtegeleidbaarheid wordt gedefinieerd als de hoeveelheid warmte die per tijds- en oppervlakte-eenheid door het materiaal gaat. Dit hangt af van de holten in het materiaal. Algemeen geldt: hoe dichter de steen, hoe beter zijn warmtegeleidbaarheid. Indien deze eigenschap belangrijk is is (vloerverwarming), kan ze in het laboratorium worden bepaald volgens de proefmethode beschreven in EN 1745.
Gladheid	x	x	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 worden beoordeeld. Hoe grover het materiaal is, hoe stroever het is. Deze eigenschap evolueert in de tijd onder invloed van de slijtage van de verharding, de aanwezigheid van vuil, het onderhoud, de helling van de vloer, de dichtheid van de voegen en het klimaat (neerslag). Een grondige beoordeling van de slipweerstand (beschreven door de proefnorm EN 14231) kan relevant zijn wanneer er sprake is van voetgangers en voertuigverkeer. De norm stelt ook dat tegels met reliëf of een gekleefd oppervlak, met onregelmatigheden van meer dan 1 mm, voldoen aan de antislipvoorschriften zonder voorafgaande testmaatregelen. In het geval van hergebruikte tegels kan een specifieke afwerkingsbehandeling worden overwogen, aangepast aan de steensoort. Bepaalde afwerkingen (bijvoorbeeld vlammen) kunnen eventueel nog na de plaatsing aangebracht worden om zo aan de geldende voorschriften te voldoen.
Weerstand tegen vorst/dooi (en tegen strooizout)		x	Voor buitentoepassingen moeten natuursteenelementen bestand zijn tegen vorst/dooi zonder dat hun uitzicht of hun mechanische eigenschappen worden aangetast. De herkomst en de staat van een partij tegels kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Veel oude tegels afkomstig van buitentoepassingen hebben tijdens hun eerste gebruiksfase meer vorst-dooicycli doorgemaakt dan wordt aanbevolen door de proefnorm waarmee deze prestatie kan worden beoordeeld (EN 12371). Daarom is het belangrijk de geografische oorsprong en de oorspronkelijke klimatologische omstandigheden van een lot te kennen (bv. een partij afkomstig uit Noord-Europa zal waarschijnlijk geschikt zijn voor een toepassing in het mediterrane klimaat van Zuid-Frankrijk). Doorgaans zijn de minst sterke tegels die vorstschade hebben opgelopen al afgevoerd tijdens de sorteer- en reinigingsfase.
Thermische vervorming	x	x	Natuursteen is onderhevig aan maatschommelingen onder invloed van de temperatuur. Deze vervorming wordt uitgedrukt door de warmte-uitzettingscoëfficiënt in [mm/mK]. Bij tegels die onderhevig zijn aan grote temperatuurverschillen (buitenvloer, vloer in contact met een vloerverwarming, etc.), kan het aangewezen zijn de waarde ervan te bepalen (EN 14581: 2005) om de uitzettingsvoegen te dimensioneren. Bij sommige marmersoorten en, in mindere mate, sommige granietsoorten kan de anisotrope thermische uitzetting van de steen een granulaire decohesie veroorzaken, waardoor de tegels aanzienlijk kunnen vervormen.
Impactweerstand	x	x	De weerstand van een natuursteentegel tegen de impact van een hard lichaam hangt af van de eigenschappen van de steen, maar ook van de plaatsingsmethode en de ondergrond. De proefmethode die wordt beschreven in EN 14158: 2004 bestaat erin dat men een stalen kogel op het geplaatste element laat vallen onder de werkelijke gebruiksomstandigheden. Indien mogelijk kan men zich ook baseren op de staat van de nog niet gedemonteerde tegels. Als veel tegels in eenzelfde ruimte gebroken zijn, kan worden aangenomen dat zelfs de intacte tegels wellicht ook zullen breken. Het is in dat geval aangewezen niet tot een demontage over te gaan zonder deze informatie goed te bewaren.
Slijtvastheid	x	x	Dit duurzaamheidskenmerk is afhankelijk van de steensoort, de intensiteit en de aard van het verkeer, de aanwezigheid van schurende deeltjes en het onderhoud. Hoewel deze eigenschap nauwkeurig kan worden beoordeeld aan de hand van een proefnorm (EN 14157 - Capon-proef), kunnen we ons voor hergebruikte tegels ook baseren op de wijze waarop ze de belasting bij hun eerste gebruik hebben doorstaan. Over het algemeen zijn graniet en porfier geschikt voor zware belastingen en beter bestand tegen slijtage dan zandsteen en kalksteen



Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
Vlekgevoeligheid	x	x	<p>Bij de beoordeling van deze eigenschap wordt een onderscheid gemaakt tussen de 'interne' vlekvorming door de reactie van bepaalde bestanddelen die in de natuursteen aanwezig zijn (metaalhoudende mineralen of organische stoffen die aanwezig zijn in de steen) en de 'externe' vlekvorming door contact met een product dat vlekken maakt.</p> <p>Inwendige verkleuring is in de eerste plaats een esthetische kwestie en het is dan ook aan het projectteam om te bepalen welke wijzigingen van het uitzicht aanvaardbaar zijn voor het beoogde gebruik.</p> <p>De vlekgevoeligheid houdt rechtstreeks verband met de poreusheid van de steen. Hoe hoger de poreusheid, hoe makkelijker de steen vloeistoffen (en dus verontreiniging) absorbeert en hoe gevoeliger hij is voor vlekken. Een poreusheid lager dan 4% volstaat meestal om het risico op vervuiling te doen afnemen. Het is ook mogelijk om de mate van vervuiling visueel vast te stellen door te kijken naar het zichtvlak van de hergebruikelementen voor hun eventuele bewerking. Er bestaan oppervlaktebehandelingen om deze prestatie te verbeteren.</p>
Brandreactie	x		<p>Overeenkomstig de Beschikking 96/603/EG van de Commissie wordt natuursteen beschouwd als behorend tot brandreactieklasse A1 (zie EN 12 058 voor de uitzonderingen). Let echter op met het gebruik van vulkitten, die een invloed kunnen hebben op deze pres-</p>



Hergebruikte tegels uit Italiaans gevlamd graniet. Zonnige Kempen, Westerlo, (BE). © Rotor



Hergebruikte tegels uit graniet en Henegouwse steen in verschillende afmetingen en vormen, afkomstig uit de opslagplaats van de stad Parijs. Square de la biodiversité, Parijs (FR)
© Perrine Henault, Atelier NOUS



Beschikbaarheid

De hergebruikmarkt voor natuursteentegels is vrij goed ontwikkeld. De grootte van de partijen varieert echter sterk per aanbod, van enkele tientallen tot enkele honderden vierkante meters. Voor grote bestellingen (enkele honderden vierkante meters) is het verstandig al vroegtijdig navraag te doen bij professionele leveranciers.

Richtprijzen (excl. 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 verschillen naargelang het formaat, de afmetingen en de steensoort, maar ook naargelang de gewenste mate van sortering en reiniging.

- Tegels van zandsteen ≈ 50-150 €/m²
- Tegels van blauwe hardsteen ≈ 100-150 €/m²
- Tegels van leisteen ≈ 50-200 €/m²
- Tegels van witte kalksteen ≈ 120 - 300 €/m²
- Stukken van gebroken tegels ≈ 10-30 €/m²

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Embodied carbon (Cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Granietplaten *	31,8	0,6
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Marmerplaten *	16,3	0,3
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Kalksteenplaten *	14,9	0,3

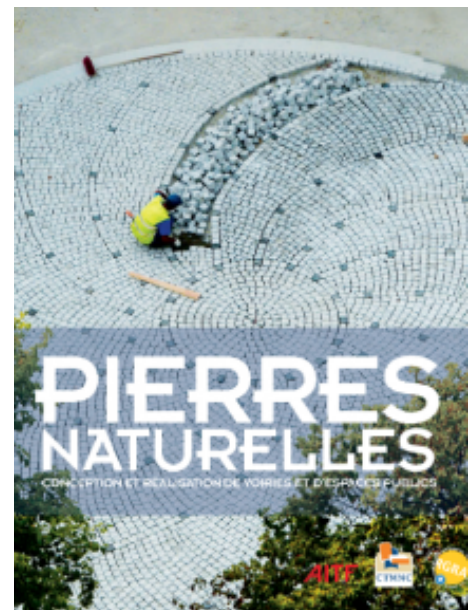
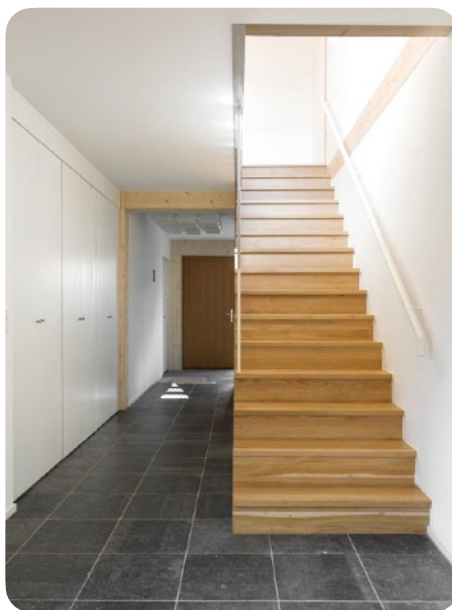
* Indicatieve waarde voor een gevelbekleding van 1 m², met een dikte van 2 cm en een oppervlakttemassa van 52 kg/m²



Naargelang de bron en de steensoort voorkomt het hergebruik van 100 m² natuurstenentegels de uitstoot van ~ 1 492 tot ~ 3 175 kg CO₂-eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe tabletten (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~ 9 000 tot ~ 19 000 km in een kleine dieselauto.



Hergebruikt van gepolijste Belgische blauwe hardsteen in Maison Vignette. Maison Vignette, Oudergem (BE). Archi : Karbon' architecture & Urbanisme © Giulia Frigerio



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