

**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, 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

Kasseien worden al eeuwenlang (her)gebruikt. Lange tijd waren ze het materiaal bij uitstek voor de aanleg van wegen en openbare ruimtes. Vanaf de jaren 1900 werden ze echter vervangen door wegdekken uit beton en derivaten uit de aardolie-industrie. Maar de laatste decennia wint de kassei terug aan populariteit bij stedenbouwkundigen, onder meer voor erfgoedprojecten.

Hoewel de kassei een toonvoorbeeld is van circulariteit (kasseien werden in de loop van de geschiedenis veelvuldig hergebruikt), bevindt het materiaal zich vandaag in een enigszins paradoxale situatie. Europa importeert namelijk grote hoeveelheden nieuwe kasseien (voornamelijk uit Azië), terwijl het een aanzienlijk deel van zijn voorraad oude kasseien naar alle uithoeken van de wereld exporteert.

Ondanks deze ontwikkelingen worden recuperatiekasseien nog steeds relatief veel gebruikt voor openbare werken en in de bouwsector. Er bestaan heel wat gevestigde bedrijven die gespecialiseerd zijn in recuperatie en herverkoop van kasseien. Naast het sorteren, reinigen en verpakken van de oude kasseien, onderzoeken sommige bedrijven ook nieuwe pistes om tegemoet te komen aan de eisen die stedenbouwkundigen tegenwoordig stellen, bijvoorbeeld door technieken te ontwikkelen om oude kasseien te verzagen of door nieuwe toepassingen te bedenken.

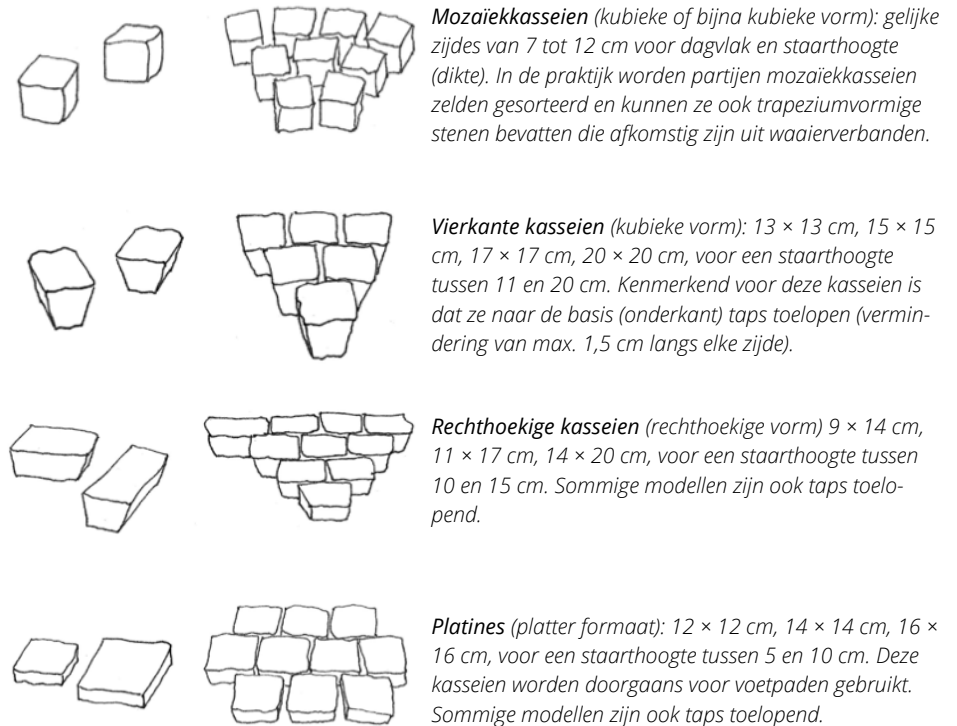
Deze fiche is hoofdzakelijk gericht op het gebruik van kasseien voor binnen- en buitenaanleg (omgevingswerken), met uitzondering van openbare wegen (voor deze laatste gelden er bijzondere specificaties).

Merk op dat de term 'kassei' wordt gebruikt voor een grote verscheidenheid aan stenen die sterk van elkaar verschillen. In het algemeen kunnen we stellen dat kasseien harde, rechthoekige blokken zijn die naast elkaar worden gelegd en zo een vloerbedekking vormen. Er bestaan ontelbaar veel variëteiten kasseien, afhankelijk van de volgende parameters:

→ **Formaat.** Er bestaat een zeer grote verscheidenheid aan kasseiformaten naargelang hun jaar en regio van productie, en hun toepassing. Dit zijn enkele veelvoorkomende types op basis van hun courante afmetingen en proporties (Figuur 1).

Naast de vele formaten bestaan er ook tal van specifieke benamingen die vaak verwijzen naar een combinatie van regio, formaat, type gesteente en/of specifieke bewerking. Enkele voorbeelden: pavés du Roy (Franse kassei uit grès van 23 x 23 x 23 cm), Napoleonkoppen (Franse kassei uit grès van 20 x 20 x 20 cm), Boerenkasseien in België en Nederland, Yorkstone setts in het Verenigd Koninkrijk, Sampietrini in Italië, etc.

afhankelijk van de afwerking van de kassei, zoals de slipweerstand en de slijtsterkte, zijn bepalend voor hun toepassing (bv. een voetpad geschikt voor personen met beperkte mobiliteit, etc.). De spanningen waaraan de kasseien blootgesteld worden bij gebruik kunnen ervoor zorgen dat het dagvlak geleidelijk aan verzoet of begint te glanzen.



Figuur 1. Belangrijkste gangbare afmetingen en verhoudingen

→ **Geologische herkomst.** Er worden verschillende soorten gesteenten gebruikt voor de productie van kasseien. Los van de grote petrografische families waartoe ze behoren, is ook de oorsprong van de gesteenten heel divers.

→ **Kleuren.** De diversiteit van de gesteenten wordt weerspiegeld in een brede waaier aan kleuren. Eenzelfde gesteente kan bovendien verschillende tinten vertonen. De insluitsels hebben specifieke benamingen (aders, korrels, lagen, gaten, etc.).

→ **Textuur en afwerking.** De meer of minder opvallende textuur van de kasseien is afhankelijk van het gesteente en de productietechnieken (gekloofd, bewerkt met een afkaphamer, gezaagd). Het dagvlak (zichtbare zijde) kan gebogen, vlak of onregelmatig zijn als de kassei niet behandeld werd, en glad en vlak indien hij gezaagd werd. De prestaties

Magmatische gesteenten

Graniet
Basalt
Porfier

Metamorfe gesteenten

Gneis
Knikkers
Kwartsiet

Sedimentaire gesteenten

Zandsteen
Kalksteen
Zandsteen kalksteen



Recuperatie van het materiaal

Kasseiverhardingen worden voornamelijk voor buitentoepassingen gebruikt zoals wegen, pleinen, terrassen, opritten, en ook voor keermuren en kleine muurtjes. Indien ze niet met cementmortel vastgezet werden, zijn ze gemakkelijk te recupereren. Voor hergebruik in situ is het mogelijk om ze ter plekke te sorteren, te reinigen en eventueel te zagen, voor zover de omstandigheden het toelaten. Meestal worden de gedemonteerde kasseien naar een gespecialiseerd bedrijf gebracht dat ook partijen kasseien kan leveren die klaar zijn voor plaatsing. Deze professionals kunnen instaan voor het goede verloop van de volgende operaties:

→ **Demontagetests.** Deze tests worden uitgevoerd om de haalbaarheid en de rentabiliteit van de demontage na te gaan. De aard van het legbed, de kenmerken van de voegen en het type kassei zijn de voornaamste factoren die de moeilijkheidsgraad van de demontage beïnvloeden.

→ **Demontage.** Tijdens de demontage moet er bijzondere aandacht besteed worden aan het behoud van de homogeniteit van de partijen. Het risico op materiële schade is klein. De ontmanteling gebeurt manueel voor zones met specifieke formaten (de uiteindes en/of de zijdelingse afboording van een kasseistrook) en mechanisch voor homogene oppervlakken. Met een hydraulische graafmachine voorzien van een puinbak (of zeefbak) kunnen resten van zand, aarde, mos en grind verwijderd worden.

→ **Reiniging en sortering.** De gedemonteerde partijen kasseien worden op transportbanden gelegd waar ze behandelingen ondergaan, zoals:

- reiniging met water;
- manuele sortering en reiniging om de resten mortel en/of asfalt te verwijderen;
- specifieke sortering (zeefinstallatie en halfautomatische of manuele sortering) om de kasseien te sorteren volgens de steensoort, het formaat en de kleur.

Tijdens dat proces worden kasseien verwijderd die gebroken, gebarsten of op een andere manier zichtbaar beschadigd zijn. Het verliespercentage hangt sterk af van de steensoort en van de oorspronkelijke gebruiksomstandigheden. Het percentage kan tot 20% ophopen voor platines in grès. Sedimentaire gesteenten zijn namelijk opgebouwd uit 'laagvlakken' (als gevolg van het geologische afzettingsproces), waarlangs ze gemakkelijk breken of barsten.



Kasseien in grès gelegd volgens de traditionele manier op een zandbed: de recuperatie zal over het algemeen gemakkelijk verlopen.



Kasseien gevoegd met cement: de recuperatie zal een stuk moeilijker zijn.



Gebruik van een puinbak



Voorbeeld van slecht geplaatste kassei in grès. Het laagvlak moet evenwijdig zijn aan de legrichting. Wanneer dat niet het geval is zal de kassei veel sneller barsten of breken onder belasting. Deze kassei zal tijdens de sortering weggegooid worden.

Wist je dat?

Sommige steden hebben een eigen voorraad aan materialen voor buitenaanleg. In Parijs bijvoorbeeld is het verplicht om geschikte kasseien in situ te hergebruiken of ze naar een centrale opslag te brengen, waaruit aannemers zich moeten bevoorraden voor nieuwe inrichtingen. Dit platform, dat meer dan 20 jaar geleden werd opgericht, zorgt onder andere voor de inzameling, sortering, reiniging en opslag van de Parijse kasseien. Zo worden niet alleen de kosten voor de aankoop van nieuwe materialen tot een minimum beperkt, bovendien wordt ook het afvoeren van 7.000 tot 8.000 ton graniet als afval (kasseien + afboordingen) per jaar vermeden. Dit komt overeen met 600 ton niet uitgestoten CO₂. (Bron: Centrum voor onderhoud en bevoorrading (CMA) van het stadhuis van Parijs, ADEME)



Sorteerstation



→ **Bewerkingen.** Sommige kasseien worden na een beperkte reiniging hergebruikt onder dezelfde vorm, andere ondergaan bijkomende bewerkingen waarbij ze van vorm en afmetingen veranderen:

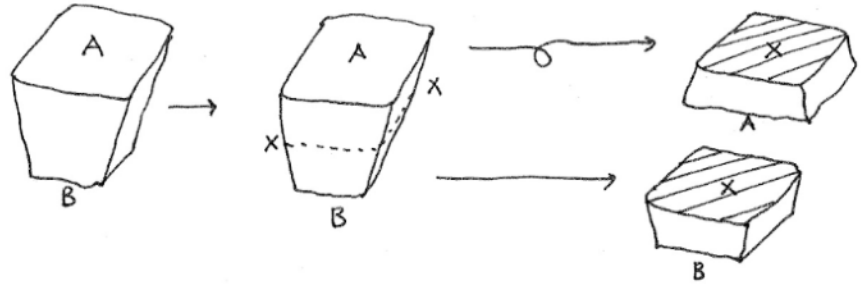
• **Verzagen in twee gelijke delen (Figuur 2).**

Deze behandeling maakt het mogelijk om twee kasseien van gelijke dikte te verkrijgen met een nieuw, glad dagvlak. Deze kasseien bereiken niet meer hetzelfde prestatieniveau als de oorspronkelijke kasseien. In het geval van taps toelopende kasseien verkrijgt u twee stuks met verschillende afmetingen. Bovendien moet er op gelet worden dat de bovenste helft op de correcte manier geplaatst wordt (met het kleinere oppervlak naar beneden). Sommige operatoren sorteren de bovenste en onderste helften niet van elkaar, wat een invloed heeft op het gemak van de plaatsing.

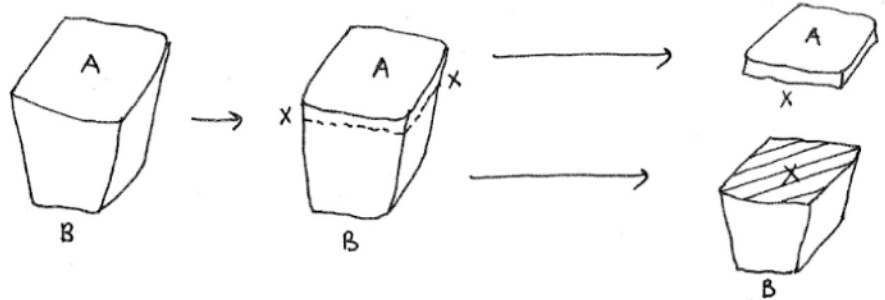
• **Afzagen van het bovenste deel van de kassei (Figuur 3).** Hierdoor verkrijgt u een dikke kassei met een nieuw, glad dagvlak en mechanische prestaties die vergelijkbaar zijn met die van het oorspronkelijke product. Er wordt eveneens een dunner nevenproduct bekomen (1 tot 4 cm) die ook 'hoed', 'calotte' (soort hoofddekse) of 'tête de pavé' (lett. keikop) worden genoemd. Deze laatste wordt niet altijd plaatselijk hergebruikt, maar in grote hoeveelheden naar het buitenland geëxporteerd. Deze methode wordt ook gebruikt om asfaltresten te verwijderen die moeilijk kunnen worden gereinigd.

• **Een kassei in twee gelijke delen kloven.** Gelijkwaardig aan het verzagen in twee gelijke delen, maar met een kloofmachine verkrijgt u een minder regelmatig dagvlak. Wees aandachtig met kasseien die taps toelopen (zie opmerkingen hierboven).

Harde gesteenten (zoals graniet en porfier) worden zelden gezaagd. Bij sedimentaire gesteenten moet het gezaagde vlak steeds evenwijdig zijn aan hun laagvlakken.



Figuur 2. Verzagen in twee gelijke delen



Figuur 3. Afzagen van het bovenste deel van de kassei

→ **Opslag en verpakking.** Niet-gesorteerde kasseien worden meestal buiten in bulk opgeslagen. Kasseien die gesorteerd en gereinigd zijn, worden op dezelfde manier opgeslagen, of op pallets, in houten kisten of in big bags om te voorkomen dat ze onderling gemengd worden. Mozaïekkeien worden doorgaans in bulk geleverd.

Kasseien die geschikt zijn voor plaatsing worden per homogene partij duidelijk gemarkeerd en gelabeld. Ze worden per m² of per ton verkocht. De meeste leveranciers kunnen een technische fiche bezorgen waar zowel de kenmerken van de kasseien (steen-soort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, voorziene toepassingen, etc.) als hun herkomst op vermeld staan. In eerder uitzonderlijke gevallen kunnen sommige leveranciers een meer gedetailleerde omschrijving geven van de prestaties van een partij kasseien die gebaseerd is op een testrapport van een referentiemonster (petrografische, chemische, fysische en mechanische kenmerken).

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen die ervoor zorgen dat deze operaties goed worden uitgevoerd.



Bulkopslag



Bulkopslag



Opslag in bulk en big bags



Afzagen van het bovenste deel van de kassei



Opslag in boxpallets



Toepassingen en plaatsing

De afgelopen drie decennia hebben de evolutie van de stedelijke omgeving en het besef van het esthetische en patrimoniale belang van kasseien het gebruik ervan, en dat van natuurstenen in het algemeen doen toenemen. Voor recente ontwerpen met kasseiverhardingen wordt er rekening gehouden met verschillende factoren: geschiedenis, architectuur, functionaliteit, lokale appreciatie en milieu.

De hergebruikte kasseien dienen vooral als modulaire elementen voor binnen- of buitenvloeren en dit voor toepassingen die matig (voetpaden, pleinen, opritten, etc.) of zwaar belast (autowegen) worden. Ze kunnen ook gebruikt worden voor metselwerk zoals muurtjes of steunmuren. De nevenproducten van het zaagproces (de 'hoedjes' van 1 tot 2 cm dikte) kunnen dienen als buitenvloerbekleding voor toepassingen die licht belast worden, als wand- en gevelbekleding of als een element voor buiteninrichting.

De keuze voor een bepaald type kassei hangt af van de specifieke eisen van het beoogde gebruik: verwachte verkeer, weeromstandigheden, geluidsniveau, doorla-

tendheid van de verharding, stedenbouwkundige voorschriften, etc. Dit alles hangt niet alleen af van de kasseien zelf, maar ook in grote mate van de plaatsingstechniek: belangrijk zijn onder andere de aard van de fundering en de onderlaag, het soort voegvulling, het soort verband, de aard van de verankerings-elementen, etc. Ook de kwaliteit van de plaatsing kan het verschil maken tussen een bestrating die al dan niet beantwoordt aan de verwachtingen (bv. in verband met de vlakheid van het oppervlakte). Tenslotte is het ook noodzakelijk om bij het ontwerp van verhardingen rekening te houden met het vooropgestelde onderhoud. Zo is het afgeraden om steenslag als voegmiddel te gebruiken op een marktplein waar vaak een borstel- of veegwagen voorbijkomt.

In dat opzicht verschillen de aandachtspunten voor de plaatsing van recuperatiekasseien niet van die voor nieuwe kasseien. Het is de taak van het projectteam om op de hoogte te zijn van en rekening te houden met de nationale en Europese productnormen (met name EN 1342 voor buitenbestrating) alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Opmerking: sommige lokale referentie-gidsen over de

plaatsing van kasseien beschrijven reeds het gebruik van recuperatiekasseien (bv. 'Quali-route', het lastenboek van het Waalse gewest in België).

De onderstaande tabel geeft informatie over de belangrijkste vereisten voor het plaatsen van wegverhardingen.

Denk omkeerbaar!

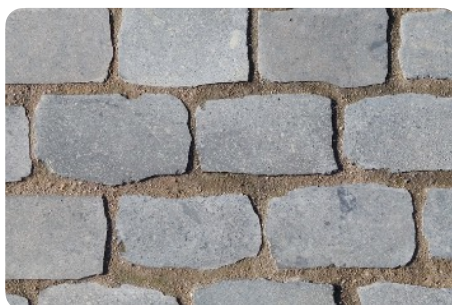
Sommige plaatsingsmethodes zorgen ervoor dat de kasseien moeilijk of zelfs niet gerecupereerd kunnen worden. Dat is met name het geval wanneer kasseien stijf bestraat worden en er mortels en hydraulische bindmiddelen worden gebruikt. Indien mogelijk en indien vergelijkbare prestaties behouden kunnen worden, is flexibele bestrating aanbevolen (zachte ondergrond, legbed van zand, voegen met (gestabiliseerd) zand of met bitumenemulsies). Als deze plaatsingsmethode uitgevoerd wordt volgens de regels van de kunst, is ze zeer goed bestand tegen spanningen, kan ze gemakkelijk hersteld worden en belet ze dat de bestrating omhoog komt of dat er zich scheuren vormen.

Tabel 1: Belangrijkste vereisten voor het plaatsen van straatstenen

Aangeraden gebruik	Druksterkte (MPa)	Minimale dikte (cm)	Verband	Soort plaatsing
decoratie	geen vereiste	geen vereiste	Alle	Flexibel of stijf
zones uitsluitend voor voetgangers	> 50	6	Alle	Flexibel of stijf
voetgangers- en fietszones	> 85	8	Alle	Flexibel of stijf
zones met occasionele toegang voor lichte voertuigen, inritten van garages	> 100	8	Alle	Flexibel of stijf
voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten	> 100	10	Niet in volsteensverband	Stijf
voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (vb. bussen)	> 100	10	Niet in volsteensverband	Flexibel of stijf
wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer	> 160	12	Niet in volsteensverband	Stijf



Zagen in twee gelijke delen



Aanbrengen van gezaagde straatstenen



Aanbrengen van gezaagde / ruwe bestrating



De volgende kenmerken kunnen beschreven en gespecificeerd worden bij het opstellen van de technische voorschriften met betrekking tot de levering van een partij hergebruikkasseien:

→ **Samenstelling van de partij:** de partij bestaat uit hergebruikkasseien van eenzelfde type, dezelfde geologische aard, of zelfs met eenzelfde oorspronkelijk gebruik. Het is aangeraden om een lot te bepalen in termen van een te verhard oppervlak met dezelfde toepassing, van maximum 500 m². Partijen van gemengde kasseien kunnen evenwel geschikt zijn voor minder veeleisende toepassingen.

→ **Formaat:** naargelang de plaatsing moeten de afmetingen van de kasseien in meer of mindere mate gelijk zijn (dezelfde afmetingen en eventuele verdunning naar de basis toe). Mozaïekkasseien verdragen grotere verschillen beter omdat de verbanden waarin ze typisch geplaatst worden meer ruimte laten voor dimensionale verschillen.

→ **Kleur:** kenmerkend voor natuurstenen zijn de verschillende kleuren en uitzichten die ze van nature hebben.

→ **Staat:** de partij mag geen stuks met barsten of aanzienlijke schade bevatten. Vermeld, indien vereist, dat de kasseien vrij moeten zijn van asfalt- en mortelresten.

→ **Vorm en afwerking:** vermeld, afhankelijk van de vereisten, het gewenste uitzicht van het dagvlak (gezaagd, gekloofd, gebogen, onregelmatig, plat, etc.) en preciseer dat alle kasseien hieraan moeten voldoen.

→ **Hoeveelheid:** sommige leveranciers kunnen bij de levering van het product een extra hoeveelheid voorzien als ze niet in staat zijn om de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken te garanderen. Deze extra hoeveelheid kan ook van toepassing zijn in het geval van hergebruik in situ. Over het algemeen is het raadzaam om een reserveopslag kasseien te voorzien voor eventuele latere herstellingen.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen. Er kan een controle-testprocedure 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 informatie verspreken over het aangekochte product (zie voor meer informatie de inleidende fiche).

Ontwerptip!

Om de kansen te vergroten de nodige hoeveelheid kasseien te vinden op de hergebruikmarkt, kan het projectteam ervoor kiezen om grote oppervlakken op te splitsen in kleinere partijen, bijvoorbeeld door combinaties van formaten en patronen te voorzien in het te verhard oppervlak.



Hergebruikkasseien. Gemeenteplein van Raeren (BE) © Carrière de la Hazotte



Hergebruikkasseien. Project "Charles Malis" in Molenbeek, Brussel (BE) (Architekten.: Mamout + Willocx + LD2) © Studio Fiftyfifty



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 1342 legt de relevante kenmerken (naargelang de context) vast om de geschiktheid te bepalen van kasseien voor gebruik als buitenbestrating. Hoewel deze kenmerken opgesteld zijn voor nieuwe kasseien, gemaakt uit ontgonnen en bewerkte natuursteen, kunnen ze ook nuttig zijn om het gebruik van recuperatiekasseien te beoordelen (tabel 2).

Tabel 2: Kenmerken die moeten worden beoordeeld om de geschiktheid voor beoogd gebruik van kasseien voor buitenbestrating te bepalen

Eigenschappen	Opmerkingen
Geologische herkomst en petrografische beschrijving	De hergebruikkasseien kunnen afkomstig zijn van verhardingen die oorspronkelijk gerealiseerd zijn met stenen van verschillende herkomst. 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 voor recente kasseien of archiefdocumenten voor oudere stenen). Voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen kasseien is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
Geografische herkomst	Net zoals de geologische herkomst, is het moeilijk om met zekerheid te weten wat de geografische herkomst is van een partij recuperatiekasseien (de steengroeve van oorsprong). Toch kunnen bepaalde kenmerken afgeleid worden indien geweten is waar de kasseien gedemonteerd zijn geweest. Zo zullen kasseien die in goede staat gerecupereerd werden uit een gebied dat onderhevig is aan zware vorst-dooicycli hoogstwaarschijnlijk een goede vorstweerstand hebben. Een ander voorbeeld: kasseien 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.
Schijnbare volumieke massa en porositeit	Deze kenmerken verschillen per steen en kunnen makkelijk teruggevonden worden in de technische documentatie. Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936. De porositeit (of waterabsorptie) van een steen bepaalt niet rechtstreeks zijn vorstvastheid. Ze beïnvloedt echter wel de mate van weerstand tegen vervuiling.
Afmetingen (lengte, breedte)	Deze eigenschap kan met eenvoudige metingen bepaald worden. Ze hangt nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de kasseien. Het is raadzaam om de maattolerantie voor een bepaalde toepassing met de leverancier te bepalen, naargelang het beoogde verband en de functionaliteit van de verharding. Bijvoorbeeld platines in een recht verband vereisen een hoge dimensionale stabiliteit (tolerantie ± 10 mm).
Staarthoogte (dikte)	De toepassing en het soort belasting bepalen doorgaans de minimaal vereiste staartheogte. De tolerantie op de staartheogte hangt hoofdzakelijk af van de plaatsingsmethode en de dikte van het legbed. Bij een flexibele wijze van bestrating op een zandbed kan de tolerantie van de staartheogte bijvoorbeeld meer dan 15 mm bedragen indien de zandlaag een dikte van 7 cm heeft ($\pm 1,5$ cm). Bij een stijve of semi-stijve wijze van bestrating, ligt de tolerantie lager. Het is dus aangeraden om dit met de leverancier vast te leggen.
Vlakheid, verdunning (taps toelopen) en onregelmatigheid van de gekloofde zijvlakken	Deze kenmerken hangen nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikkasseien. Een visueel of gedetailleerd onderzoek van de partij volstaat vaak om ze te schatten.
Druksterkte	Deze factor bepaalt hoofdzakelijk de capaciteit van de verharding om weerstand te bieden aan belastingen (voertuigen, vrachtwagens). Het is aanbevolen om kasseien met een druksterkte hoger dan 60 MPa te gebruiken voor verhardingen onderhevig aan verkeer van lichte voertuigen (tot 25 vrachtwagens per dag) en hoger dan 120 MPa indien het aantal oploopt tot meer dan 150 vrachtwagens per dag. Een proefnorm (EN 1926) maakt het mogelijk om deze parameter te meten.
Glij- en slipweerstand (stroefheid)	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 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). Kasseien met een grove structuur (grès) en een onregelmatige afwerking (ongezaagd) hebben doorgaans voldoende weerstand tegen uitglijden. Er bestaat een norm (EN 14231) om deze parameter te testen voor gezaagde kasseien of kasseien met onregelmatigheden kleiner dan 1 mm. Een grondige beoordeling van de glij- of slipweerstand is relevant indien de verharding respectievelijk bestemd is voor voetgangers of voertuigen. Specifieke afwerkingen (bijvoorbeeld vlammen) kunnen eventueel nog na de plaatsing aangebracht worden om zo aan de geldende voorschriften te voldoen.



Eigenschappen	Opmerkingen
Weerstand tegen vorst/dooi (en tegen strooizout)	De herkomst en de staat van een partij kasseien kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Veel oude kasseien hebben tijdens hun vroegere gebruik immers meer vorst-dooicycli doormaakt dan wordt aanbevolen door de proefnorm (EN 12371) die de prestaties van nieuwe partijen kasseien beoordeelt. De norm is namelijk gebaseerd op een testsysteem waarbij er in een laboratorium opeenvolgende cycli gesimuleerd worden met verschillende temperaturen en vochtigheidsgehalte. Kasseien die minder weerstand bieden en vorstschade hebben opgelopen, zullen waarschijnlijk bij de sortering reeds weggegooid zijn.
Slijtvastheid en polijstweerstand (slijtage)	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 hergebruik-kasseien ook baseren op de wijze waarop ze de spanningen bij hun eerste gebruik hebben weerstaan. Over het algemeen zijn graniet, porfier en basalt geschikt voor zware belastingen en beter bestand tegen slijtage dan grès en kalksteen.
Weerstand tegen vervuiling	Een porositeit kleiner dan 4% volstaat meestal om het risico op vervuiling te beperken. Het is ook mogelijk om de mate van vervuiling visueel vast te stellen door te kijken naar het dagvlak van onbewerkte (gezaagde) elementen. Er kunnen eveneens specifieke oppervlaktebehandelingen aanbevolen worden om deze prestatie te verbeteren.

In tabel 3 worden ter indicatie enkele gekende prestaties opgelijst van een aantal steensoorten die vaak hergebruikt worden. Ook hier is het belangrijk om mee te geven dat elke steen zijn eigen specifieke kenmerken heeft en dat twee partijen van eenzelfde gesteente verschillende eigenschappen kunnen vertonen.

Tabel 3: Kenmerken van de steensoorten van veelvuldig hergebruikte kasseien

	Schijnbare volumieke massa (kg/m ³)	Druksterkte (MPa)	Porositeit	Slijtagegedrag
Grès	2000 - 2700	200 - 260	weinig poreus	++
Blauwsteen (en zandstenen)	1500 - 2800	60 - 200	weinig poreus	++
Porfier	2000 - 2800	280	heel weinig poreus	+++
Graniet	2500 - 3000	100 - 210	heel weinig poreus	+++



Gezaagde hergebruikkasseien. Gemeenteplein van Molenbeek (BE)
© a practice, Atelier Ruimtelijk advies en Marie-Françoise Plissart



Gemeenschapscentrum Werf 44, Schilde (BE)
© Conix RDBM Architects



Beschikbaarheid

Recuperatiekasseien kennen een redelijk grote afzetmarkt. De leveranciers kunnen gemakkelijk grote hoeveelheden leveren (> 1000 m²).

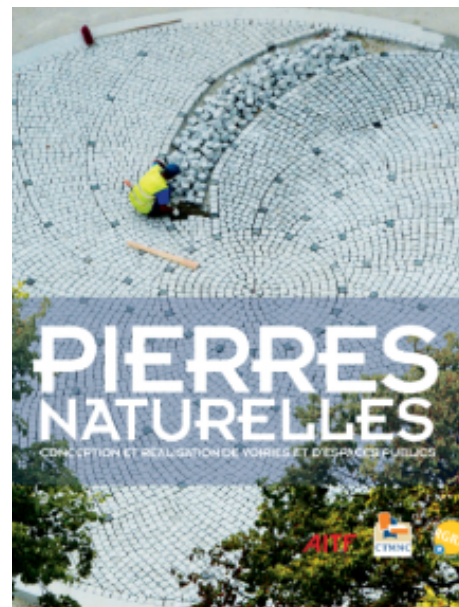
Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren naargelang de beschikbaarheid van het formaat, de steensoort en de mate van sorteren en reinigen. Gesorteerde kasseien zijn meestal duurder dan niet gesorteerde, maar zijn wel makkelijker om te plaatsen.

- Ontmantelingskosten: 10 - 15 €/m². Als de kwantiteit voldoende groot is, kan de demontage door de hergebruikhandelaar uitgevoerd worden.
- Levering: afhankelijk van het formaat, de steensoort, de algemene staat van de partij, etc.
- Verzagen kost gewoonlijk tussen de 30 en 60 €/m².

Wist je dat?

In zijn memoires vertelt Baron Haussmann hoe hij Napoleon III probeerde te overtuigen om porfier kasseien te kiezen voor de wegen van het nieuwe Parijs. Haussmann sprak vol lof over de kasseien: ze waren proper, duurzaam, sterk, etc. Maar Napoleon III was een ruiter! En hoeven houden niet van kasseien, want daar glijden ze op uit! Hij wou liever overal dolomiet - ook al zouden voetgangers op regenachtige dagen de modder moeten trotseren. Maar Haussmann gaf niet op. Hij vroeg zijn technische teams om een rubberen hoefijzer te bedenken dat beter geschikt zou zijn voor de kasseien. Hij wilde nog liever de hoeven van elk paard in Parijs vervangen dan op die duivelse dolomiet te moeten kijken. Uiteindelijk kreeg de keizer toch zijn zin en zo kreeg Parijs dus geen porfier! (Mémoires du baron Haussmann, 1890, Victor-Havard, Parijs).



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

Gespecialiseerde leveranciers vinden

SALVO salvoweb.com **OPALIS** opalis.eu



Lees meer (in het Frans): Pavés de Bruxelles (2015), AAM Editions, 521 p., ISBN : 978-2-87143-308-8

Gesorteerde en gereinigde recuperatiekasseien	Nieuwe kasseien
Grès: 40 - 50 €/m ²	Belgische grès: ~ 90 €/m ²
Graniet: 30 - 40 €/m ²	Indische grès: ~ 30 €/m ²
Basalt: 30 - 50 €/m ²	Portugese graniet: ~ 30 €/m ²
Porfier: 20 - 30 €/m ²	Vietnamese basalt: ~ 35 €/m ²
Porfier (verschillende formaten): 15 - 20 €/m ²	
Mozaïek: 30 - 40 €/m ²	

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

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
INIES-databank (FR) - Algemene informatie *	45,0	-
ICE-databank (VK) - Graniet **	175,0	0,7
ICE-databank (VK) - Zandsteen ***	12,0	0,06

* Indicatieve waarde voor een buitenaanleg (wegen of publieke ruimtes) van 1 m² met een dikte van 15 cm in kasseien, gedurende een referentielevensduur van 150 jaar.

** Indicatieve waarde voor een buitenaanleg van 1 m² in kasseien uit graniet (dikte = 10 cm, dichtheid = 2.500 kg/m³)

*** Indicatieve waarde voor een buitenaanleg van 1 m² in kasseien uit grès (dikte = 10 cm, dichtheid = 2.000 kg/m³)



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van 100 m² kasseien de uitstoot van ~ 1 200 tot ~ 17 500 kg CO₂-eq., gerelateerd aan de productie van nieuwe kasseien (enkel de productiefase). Naargelang de bron komt dit overeen met een traject van ~ 7 200 tot ~ 105 000 km in een kleine dieselauto.