

VAN KLEI TOT BAKSTEEN



vereniging Koninklijke
Nederlandse Bouwkeramiek

Inhoudsopgave

Inleiding	3
Klei	5
Vorbewerking	6
Vormen	7
Drogen	9
Bakken	10
Opslag en transport	11
Kwaliteit	12
Duurzaamheid	12
Verwerkingsinnovatie	14
Meer weten?	17
Colofon	19

VAN KLEI TOT BAKSTEEN

INLEIDING

Baksteen is al eeuwenlang het meest toegepaste bouw materiaal in Nederland. Kijk maar om je heen: de meeste gebouwen hebben gevels met gevelbaksteen en in de straten ligt volop straatbaksteen. Baksteen is eigenlijk heel gewoon. Maar hoe gewoon is dat eigenlijk? In deze brochure wordt ingegaan op de productie en toepassing van de gebakken steen: vanaf de winning van de grondstof klei tot het bakken daarvan, het transport en de verwerking op de bouwplaats. Ook komen aspecten aan bod zoals materiaaleigenschappen en esthetiek, productinnovatie, duurzaamheid en circulair bouwen met baksteen.

Historie

Baksteen, of eigenlijk keramiek, is een uitvinding van de mens. Het heeft onze manier van leven en wonen sterk beïnvloed. In essentie is keramiek het resultaat van een slimme combinatie van de oerelementen klei, water, vuur en lucht. Dat levert producten op die ons dagelijks leven veraangenamen en ons beschermen: van serviesgoed,

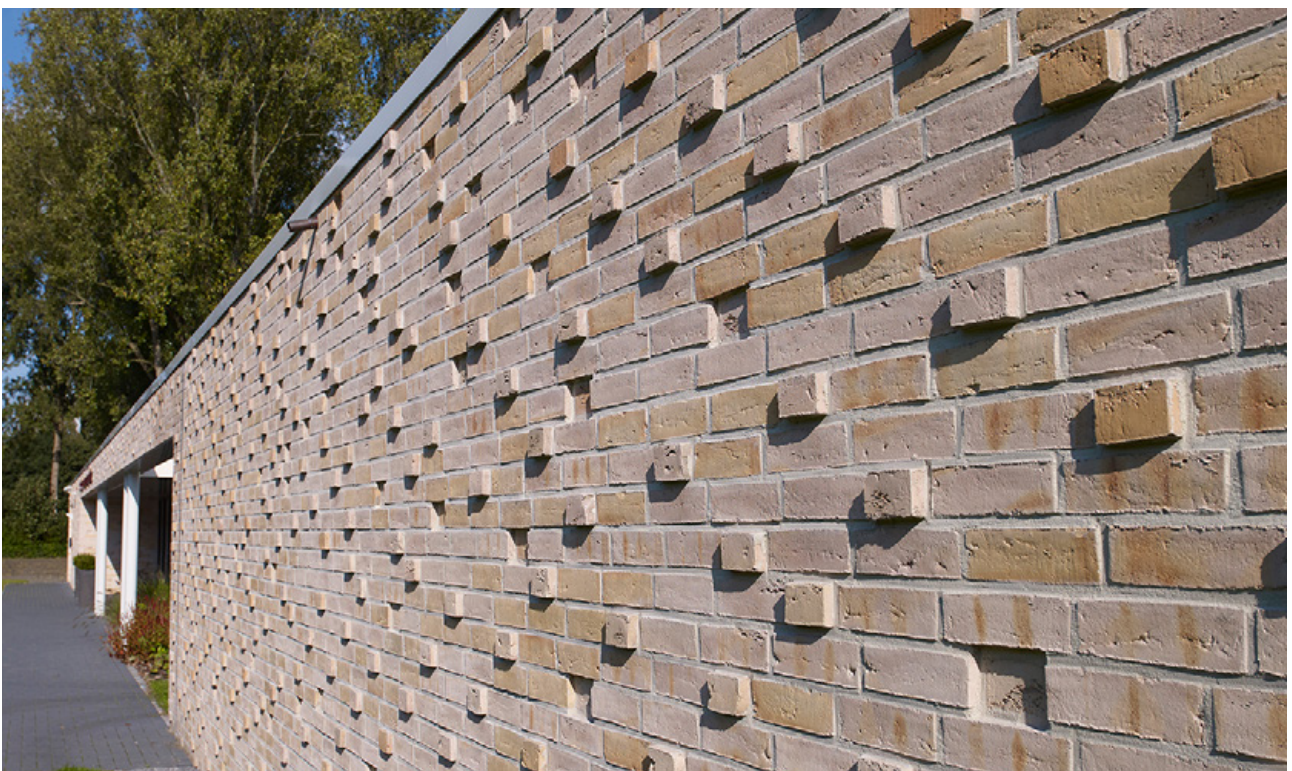
toiletpotten, wasbakken, dakpannen, tegels en rioleringen tot gevel- en straatbakstenen. Ja, zelfs de hydrocultuurkorrels voor planten zijn gemaakt van gebakken klei.

De baksteenindustrie

Anno 2021 zijn de provincies Gelderland, Limburg, Groningen en Noord-Brabant de thuisbasis voor de

Nederlandse baksteenindustrie. De fabrieken staan vooral langs de grote rivieren maar ook op andere plekken waar van oudsher de grondstof klei is te vinden.

Mooie, groene omgevingen in landelijk (rivieren-) gebied kenmerken de kracht van deze industrie: lokaal betrouwbare bouwproducten maken uit lokaal beschikbare grondstof voor vooral nationale toepassingen. Het mooie is dat die lokale grondstof klei vaak toch al moet worden verwijderd om de rivier voldoende ruimte te bieden. Na de kleiwinning blijft gebied over waar zich nieuwe natuur ontwikkelt. Die blijkt zo hoogwaardig te zijn dat die op veel plekken de status Natura 2000 (Europees netwerk van



Gevelmetselwerk

BAKSTEEN



Gevel, grotendeels voorzien van keramische steenstrips

beschermde natuurgebieden) is toegankelijk. Baksteenfabrieken staan dus niet in mooie natuurgebieden. Die mooie natuurgebieden zijn juist resultaat van het werk van de baksteenindustrie! Bovendien blijkt uit onderzoek dat rivieren steeds nieuwe klei afzetten. Daardoor is klei een hernieuwbare grondstof. Bouwen met baksteen is daarom met recht bouwen aan nieuwe natuur.

Het productieproces

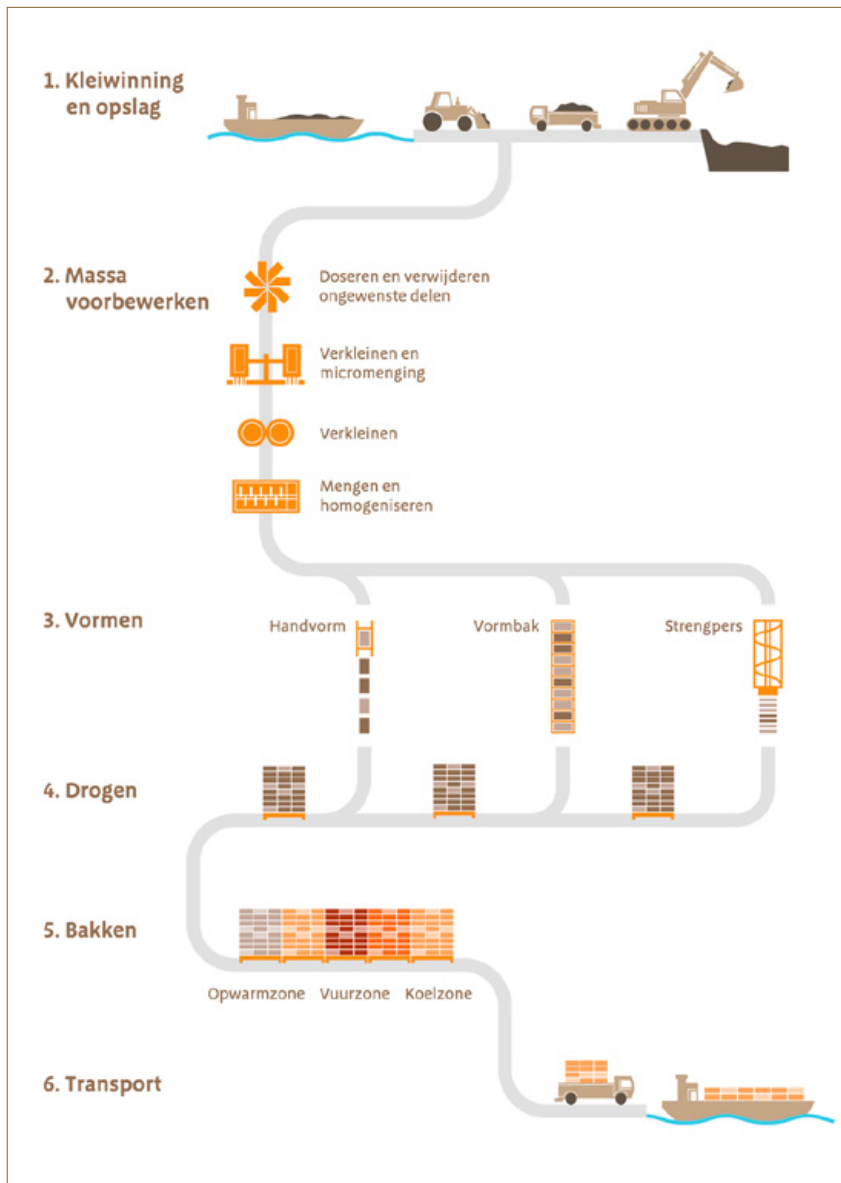
De baksteenindustrie produceert duizenden (!) verschillende soorten baksteen. Deze baksteensorteringen onderscheiden zich van elkaar in kleur, oppervlaktestructuur, formaat, vorm, bezanding en producteigenschappen. Dit is mogelijk door te variëren met de kleisamenstelling, met de atmosferische omstandigheden in de oven, maar ook door innovatieve productiemethoden.



Gevelmetselwerk van Het Schip in Amsterdam; bouwstijl Amsterdamse School

VAN KLEI TOT BAKSTEEN

De productie van baksteen is een volcontinu proces en kent in essentie de volgende fases:



Natuurgebied na kleiwinning

KLEI

Nederlandse klei staat aan de basis van de Nederlandse baksteen. Deze grondstof wordt nog steeds in hoofdzaak als primaire grondstof lokaal gewonnen in de uiterwaarden van de grote rivieren in Nederland: Rijn, IJssel, Waal en Maas. In mindere mate wordt ook klei gewonnen in Friesland en Groningen (zeeklei) en wordt löss of leem in Limburg gewonnen.

De klei die in de uiterwaarden van de grote rivieren wordt gewonnen is een hernieuwbare grondstof. Dat betekent dat deze klei onuitputtelijk is en zichzelf steeds weer opnieuw aanvult, net als hout, vlas en schelpen hernieuwbaar zijn. Wetenschappelijk onderzoek heeft aangetoond dat er door de grote rivieren meer klei wordt aangevoerd dan nodig is om bakstenen van te maken. Om te voorkomen dat deze rivieren bij hoog water overstromen moet de klei uit de uiterwaarden worden gehaald. Uiterwaarden zijn het gebied tussen de rivier en de dijk. De Nederlandse baksteenindustrie wint die klei en maakt er nuttige bouwproducten van: bakstenen.

Maar er is meer. De klei wordt zorgvuldig gewonnen, met respect voor flora en fauna en volgens een door de overheid goedgekeurde gedragscode. Nadat de klei is gewonnen wordt het gebied door de fabrikant in samenwerking met natuurorganisaties heringericht. Er kan zich dan nieuwe natuur ontwikkelen.

Begin jaren negentig hebben de baksteenindustrie en het Wereld Natuurfonds een methode ontwikkeld waardoor kleiwinning zeer gericht bijdraagt aan de ontwikkeling van nieuwe natuur: het zgn. 'reliëfvolgend ontgleien'. Die methode wordt tot op de dag vandaag waar mogelijk toegepast. Sindsdien zijn vele duizenden hectares nieuwe hoogwaardige riviernatuur en een verbeterde biodiversiteit gerealiseerd. Kijk maar rond in de Millingerwaard bij Nijmegen, de Blauwe Kamer bij Wageningen, de

BAKSTEEN

Crobsche Waard bij Haafden of rond Slot Loevestein bij Gorinchem. Kleiwinning wordt niet voor niets de groene motor voor nieuwe rivierna-tuur genoemd. Bedenk daarnaast de bijdrage die het levert aan hoogwaterveiligheid. Kleiwinning is daarom met recht ook te zien als een klimaatadap-tieve maatregel. Voor zover klei wordt gewonnen uit groeves (droge winnin-gen), zoals in Zuid-Limburg, gebeurt dat zoveel mogelijk als secundaire winning. Dat betekent dat de klei wordt gebruikt omdat die toch al vrij-komt als bijproduct van bouw- of infrastructurele werkzaamheden.

Om de baksteen de vele specifieke producteigenschappen te geven worden de kleien na winning goed gemengd. Dat gebeurt met verschil-lende kleisoorten uit Nederland maar soms ook wordt klei uit het Duitse Westerwald (bij Koblenz) gebruikt.

Voor meer informatie zie www.kleiwinning.nl

Kleiwinning en opslag

De kleiwinning zelf begint met het nemen van grondmonsters. Dat gebeurt met grondboringen in een kleipakket op locatie. Laboratorium-onderzoek aan deze grondmonsters levert informatie op over de kleisoort. Nadat de monsters zijn genomen wordt de klei tot een laag van circa 3 meter met machines uit de uiterwaarden geschept ('geticheld') om daarna per vrachtauto of schip naar de opslag bij de baksteenfabriek te worden vervoerd.

Elke winlocatie kent klei met andere specificaties. Dat komt door verschil-len in minerale samenstelling en korrelverdeling. Het zorgvuldig men-gen van deze kleisoorten tot de gewenste kleireceptuur gebeurt systematisch en begint al direct bij de eerste opslag. Bij die opslag wordt een gecontroleerde opbouw bewaakt door de verschillende kleisoorten laagsgewijs over elkaar heen te leg-gen. Die opbouw gebeurt buiten op het terrein van de steenfabriek in een groot kleidepot met de afmetingen van wel een paar voetbalvelden groot!



Kleidepot op terrein van steenfabriek

Zodra de klei nodig is voor de produc-tie wordt het kleidepot verticaal afgegraven. Hierdoor ontstaat een eerste grove menging van de verschillende kleisoorten in de juiste hoeveelheid. Met vrachtwagens wordt de klei over zeer korte afstand naar de baksteenfabriek gereden voor verdere verwerking.

Bij buitenopslag staat de klei uiteraard bloot aan weersinvloeden zoals regen en vorst. In sommige gevallen (zoals bij strengersproducten) is dat voor de productkwaliteit minder gewenst.

De opslag van die klei vindt dan plaats in overdekte kleibunkers in de baksteenfabriek waar het vochtgehalte nauwkeurig in de hand is te houden. Bij een overdekte opslag varieert de opslagperiode van één tot zes maanden. Bij een buitenopslag is het drie maanden tot een jaar.

VOORBEWERKING

De klei van het kleidepot buiten wordt gelost in een toevoerkast. Waarna de klei door de fabriek wordt getranspor-teerd en voorbereekt.

Deze toevoerkast is zo'n 1 tot 2 meter breed en 2 tot 10 meter lang. De bodem van de toevoerkast is een plaattransporteur met aan het einde een haspel, die de klei van de band schraapt. Deze zogenaamde Kasten-beschicker vormt een buffervoorraad en is ook een doseerinrichting.

Daarna start de voorberekking. Het voorberekken van de klei heeft tot doel om de kleimassa, door verklei-nen, mengen en kneden tot een gemakkelijk te vormen, homogene en plastische massa te maken. Dat is nodig voor een eindproduct met een constante kwaliteit. Plastisch betekent dat de kleimassa goed vormbaar is met behoud van de materiaalkarakteristiek.

Het voorberekken bestaat onder andere uit:

- het verwijderen van stenen en metaaldelen uit de kleimassa;
- het verfijnen en homogeniseren van de massa met een kleiras, Kollergang (maalinrichting) en walsen;
- het toevoegen van water en stoom om de klei de gewenste vormbaar-heid te geven en een hogere tem-peratuur zodat de insluiting van lucht wordt tegengegaan;
- het eventueel toevoegen van natuurlijke stoffen voor bijvoor-beeld de kleur. Zo bevordert krijt de geelkleuring en geeft lava juist een donker kleur. Toevoeging van zand kan te vette klei verschralen (vermageren);
- het mengen: dat gebeurt in een horizontale trog met kneedmesses.

VAN KLEI TOT BAKSTEEN



Klei-excavateur



Handvormer met vormbak

VORMEN

Is de kleimassa eenmaal goed voorbereid dan moet deze worden gevormd. Het resultaat daarvan wordt een vormeling (ook wel groene steen of groenling) genoemd. Het vormen kan op de volgende manieren:

- met de hand: handvormsteen;
- met de handvormpers: machinale handvormsteen;
- met de vormbakpers: vormbaksteen;
- met de strengpers: strengperssteen.

Handvormen

Tot midden vorige eeuw werden bakstenen nog vooral handmatig gevormd. Het was arbeidsintensief en zwaar werk dat tegenwoordig in Nederland niet meer voorkomt. Met uitzondering van speciale bakstenen, zoals voor restauratiedoeleinden.

Bij deze vormmethode wordt een bezande bal klei met kracht in een houten raam met één of meer bakken/vakken (maximaal 6 à 7) gegooid. Het raam is vooraf bestrooid met zand, waardoor de vormeling gemakkelijker lost.

Als alle bakken vol zijn, wordt de overtollige klei met een draad handmatig afgesneden en verwijderd. Daarna wordt de bak op z'n kop op

een droogplank gezet. De vormelingen vallen uit de bakken op de droogplank. Deze fungeren vervolgens als drager voor het transport naar de droogrekken. Een handvormsteen is herkenbaar aan een onregelmatige nerf en een bezand oppervlak, resultaat van de bezande klei en het zand in de bak.

Handvormpers

De Nederlandse baksteenindustrie produceert alles machinaal in een geautomatiseerd proces. Een handvormpers bootst het typische karakter na van klei dat met kracht in een vooraf bezande, metalen vormbak wordt geworpen.

De steen krijgt zo een onregelmatige oppervlaktestructuur. De vormbakken waarin de klei wordt geworpen hebben vaak een verstelbare bodem. Zodoende kunnen met dezelfde vormbak verschillende steenformaten worden gemaakt. Dit is ook noodzakelijk: waar men vroeger 4 of 5 verschillende 'standaard' typen handvormsteen maakte, maakt een baksteenfabriek nu vele formaten en sorteringen.

Bezanding van de vormbakken vindt plaats voordat de klei in de bakken komt. Het zandlaagje op de wanden zorgt voor gemakkelijke lossing van de klei. Een speciaal mechanisme werpt de klei in de vormbak. Dat moet met de juiste druk en massa gebeuren voor een goede vulling



De gemengde klei wordt door een kleirasp gedrukt

BAKSTEEN

van de vormbak en om de gewenste nerfstructuur te krijgen. Een staal-draad snijdt overtollige klei van de vormbakken. Deze klei wordt terug in het proces gevoerd zodat geen grondstof verloren gaat. De vormbakken zelf worden vervolgens gekeerd, een droogplaat vangt de uitkomende vormelingen op. Dan worden de vormbakken schoon gespoeld. Het spoelwater wordt opgevangen, van klei gereinigd en opnieuw gebruikt.

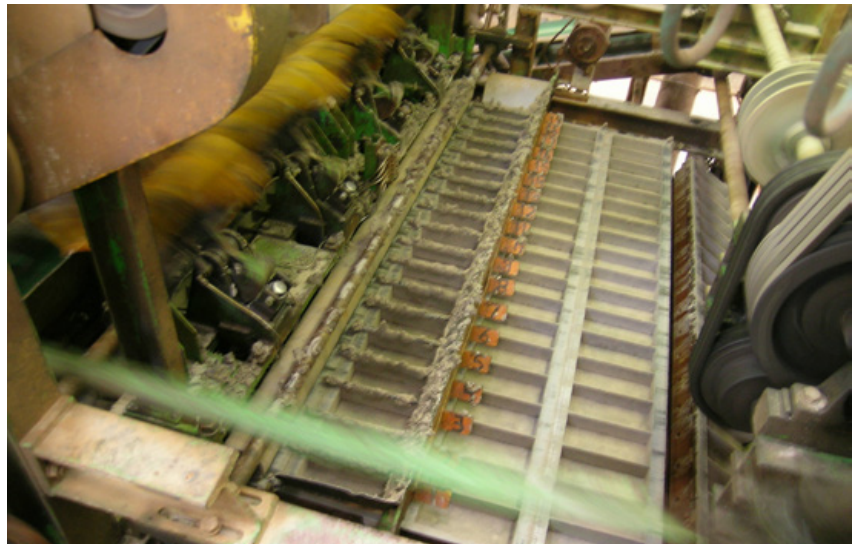
Vormbakpers

Het productieproces met de vormbakpers is grotendeels gelijk aan dat met de handvormpers. Het verschil is dat bij de vormbakpers de klei niet in de vorm wordt geworpen, maar met een persblok onder enige druk in de vooraf bezande vorm wordt geperst. Hierdoor ontstaat een baksteen met minder bezanding op bovendien slechts vijf van de zes vlakken. De vormbak-baksteen toont weinig oppervlakterelief.

Wordt het bezanden van de vormbakken geheel achterwege gelaten en worden de zichtvlakken met water gespoeld dan ontstaat een zogenaamde 'Wasserstrich' baksteen. Deze methode geeft een gevelbaksteen met een nog gladder onbezand oppervlak dan de gewone machinale vormbaksteen.



Gevormde maar nog ongebakken machinale handvormstenen



Detail van vormbakpers



Wasserstrich stenen

Strengpers

De vormmethode bij de strengpers is fundamenteel anders. Hier wordt de klei door een rechthoekige opening geperst, waar het als een streng klei uitkomt met de gewenste hoogte- en breedte. Vervolgens snijdt een draad de streng in plakken op de gewenste dikte van het eindproduct.

Voordeel van de strengpersmethode is de grote vrijheid om allerlei baksteenvormen en afmetingen te maken. Een aanpassing van de persmond volstaat. Geperforeerde bakstenen (lichter van gewicht en door minder materiaal met minder energie te bakken) ontstaan door vóór de persmond doorns te plaatsen. Een strengperssteen heeft gladde, strakke zijden. Op de snijvlakken zijn de typische kenmerken van het snijden van de kleistreng te zien.

VAN KLEI TOT BAKSTEEN

Het is mogelijk de steen driezijdig te bezanden, of van een specifiek patroon te voorzien door gebruik van rollen of andere hulpmiddelen.

Doordat voor de strengpers de klei droger en stijver moet zijn kent de strengperssteen ook een dichtere structuur.

De strengpersmethode wordt in veel landen toegepast, vooral voor binnenmuurbaksteen ofwel keramische blokken.

Voor straatbaksteen, ofwel gebakken klinkers, is het vanwege de functie ongewenst dat de baksteen sterk generfd is. Voor de productie van straatbaksteen wordt daarom alleen de vormbakmethode en strengpersmethode gebruikt.



Een streng klei wordt uit een strengpersmachine geperst

DROGEN

Na het vormen volgt de droogfase. Dat gebeurt in droogkamers en in tunneldrogers.

In een droogkamer liggen vele honderden droogplaten met de gevormde maar nog ongebakken stenen (vormelingen) verticaal gestapeld in grote, afgesloten ruimten. Bij tunneldrogerijen voeren lorries de vormelingen met lage snelheid door een tunnel. Warme, droge lucht blaast daarbij tegen de rijrichting in door de tunnel.

De vormelingen worden gedroogd bij een temperatuur van zo'n 90 °C. Daardoor verdampt het vocht uit de kleimassa. Het beoogde restvochtpercentage is circa 2-4%. Blijft er te veel vocht in de klei achter dan is de kans namelijk zeer groot dat de gedroogde steen (vormeling) tijdens het bakken scheurt en uiteenvalt. Sommige kleisoorten moeten zelfs vrijwel geheel droog zijn voordat de vormelingen de oven ingaan. Uit oogpunt van verduurzaming van het productieproces gebeurt het drogen tegenwoordig vooral met restwarmte van de bakovens. Het drogen en bakken zijn daardoor onlosmakelijk met elkaar verbonden, niet alleen



Droogkamers met traversewagen

functioneel maar ook in technisch opzicht.

De stapeling van de stenen in de droogkamers is zodanig, dat de warme lucht zo goed mogelijk langs alle ongebakken stenen wordt geleid. Daardoor drogen ze gelijkmatig. Omdat er een droogkrimp tot circa 10% kan optreden, wordt in het begin langzaam gedroogd. Dit voorkomt het scheuren van de vormeling.

Het droogtempo en de totale droogtijd zijn afhankelijk van het type steen. Na 2 tot 4 dagen zijn de vormelingen meestal droog genoeg voor het bakproces.

Het gehele droogproces wordt met computers op afstand nauwkeurig gevolgd en waar nodig bijgestuurd op temperatuur en vochtigheidsgraad.

BAKSTEEN

BAKKEN

De Nederlandse baksteenindustrie bakt met moderne tunnelovens.

Dit type oven bestaat uit een lange tunnel (100 - 240 meter) met verschillende temperatuurzones. Aan de ene kant worden de gedroogde, grauwgrijze ogende vormelingen op ovenwagens de tunnel ingereden om er na een aantal dagen aan de andere kant als gebakken stenen in de gewenste kleur weer uit te komen. Het bakproces is bepalend voor de materiaaleigenschappen van de gebakken steen: voor de kleur maar ook voor de porositeit, de vorstbestandheid en druksterkte-kenmerken.

In principe verloopt het bakproces in de tunneloven in drie fasen:

- opwarmfase
- stookfase
- afkoelfase

In het eerste deel van de tunnel worden de gedroogde stenen langzaam aan op temperatuur gebracht. In deze fase verdwijnt het nog aanwezige restvocht uit de steen. Vanaf ca. 450 °C tot 600 °C wordt de opwarming van de vormelingen vertraagd voor het juist doorlopen van de kwarts-sprong bij 573°C.

Deze sprong is de verandering van de kristalstructuur van kwarts en leidt uiteindelijk tot een materiaaltransformatie. Naarmate de stenen dichter bij het middengedeelte van de tunnel komen, waar de branders zijn, stijgt de temperatuur verder. Alle nog in de steen aanwezige organische stoffen branden uit.

Het eigenlijke bakken van de stenen vindt plaats in het middengedeelte van de oven bij een temperatuur van 1000 tot 1200°C. Hier is sprake van de sintering van de klei en ontstaat de voor de steen zo kenmerkende keramische structuur. Tijdens het sinteren vinden chemische processen plaats,



Zojuist gebakken stenen op ovenwagens

een interactie van de klei met de fossiele brandstof, waarbij nieuwe keramische en glasachtige verbindingen ontstaan die de baksteen de kenmerkende eigenschappen geven.

Na de sintering start het afkoelen van de stenen. Dat moet heel beheerst gebeuren omdat de stenen anders alsnog zullen scheuren. De eerste afkoeling tot ca. 600-650 °C kan relatief snel worden gerealiseerd; de kans op scheuren is dan vrijwel nihil. Daarna moet tot ca. 400°C langzaam worden afgekoeld in verband met de kwarts-sprong. Tenslotte wordt nog afgekoeld tot ca. 100°C voordat de stenen de oven verlaten.

De opsomming hiernaast laat zien hoe het verloop van de stooktemperatuur eruit kan zien over de totale bakperiode van 2 à 3 dagen. Elke steensoort heeft zijn eigen ideale bakcurve die door onderzoek wordt vastgesteld. Vanwege de gebruiksfunctie is bij straatbaksteen de baktemperatuur meestal hoger dan bij gevelbaksteen of keramische binnenmuursteen.

Stookcurve

- 1 Tijdens het opwarmen verdwijnt eerst het restvocht en dan het chemisch gebonden water.
- 2 Rond 573 °C wordt de opwarmingsovergang omlaag gebracht om breuk van de stenen te voorkomen.
- 3 De organische stoffen in de stenen branden uit.
- 4 De sintering begint.
- 5 Bij constante temperatuur rijpt het product (bij baksteen 1000 tot 1200 °C).
- 6 Snelle koeling tot ca. 600 °C; in deze fase is de kans op breuk vrijwel nihil.
- 7 De fase bij 573 °C is in verband met de volumeverandering (kwarts-sprong) kritisch in verband met koelscheuren. De koelsnelheid wordt dus vanaf 600-650 °C teruggebracht.
- 8 Koeling tot uitrij-temperatuur.

VAN KLEI TOT BAKSTEEN



Verpakken van Hulo-pakketten

Het uiterlijk van baksteen Tijdens het bakken krijgt de baksteen de gewenste kleur.

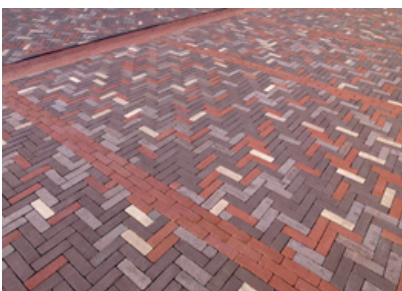
Mogelijkheden tot beïnvloeding:

- door de kleisamenstelling te variëren. Zo bakt ijzerhoudende klei rood en kalkhoudende klei geel;
- met de baktemperatuur. Hoe paarser de kleur, des te hoger de temperatuur is geweest bij ijzerhoudende klei;
- door het toevoegen van kalk (mergel) aan ijzerhoudende klei: dat geeft gelere (oranje) steen;
- door engoberen. De vormeling wordt met een dunne kleipap (engobe) bespoten, waaraan kleurende oxiden kunnen zijn toegevoegd;
- door glazuren van de steen. De glazuurvormende pap wordt op de vormelingen of op de al gebakken steen aangebracht en vervolgens (nogmaals) gebakken. Glazuren en het engoberen hebben altijd betrekking op zichtvlakken;
- door oxiderend stoken. Bij oxiderend stoken wordt voldoende lucht (zuurstof) in de oven gelaten. De in de klei aanwezige ijzeroxides kleuren de producten rood of er ontstaan juist andere kleuren indien het kleimengsel meer componenten kent;
- door reducerend stoken. Hierbij wordt in de oven de zuurstoftoevoer tijdelijk vermindert (gesmoord) waardoor de brandstof de voor de hoge temperatuur nodige zuurstof uit het kleimengsel haalt. Plaatselijk ontstaat op de baksteen een andere kleur.
- Nadat de baksteen is gemaakt kan deze ook nog worden getrommeld. De nieuw gebakken stenen botsen in een draaiende trommel tegen elkaar met afgebroken hoekjes en randen tot gevolg. De stenen krijgen daardoor een 'doorleefd' uiterlijk met landelijke uitstraling.

OPSLAG EN TRANSPORT

Na het verlaten van de oven koelen de bakstenen verder af en worden deze gereed gemaakt voor opslag en transport. Een verpakkingsmachine neemt de bakstenen over van de ovenwagens en sorteert ze tot pakketten die geschikt zijn voor opslag en transport naar en op de bouwplaats. In de regel zijn deze gebaseerd op de 12-voets deelbare baksteenpakketten (Hulo-pakketten), onderdeel van het zgn. negen metselsysteem dat door de baksteenindustrie in de jaren negentig werd ontwikkeld.

Een Hulo-pakket draagt bij aan een goede werkplek van de metselaar. Bakstenen worden met het Hulo-pakket op hoogte aangeleverd. Op verzoek van de klant worden de bakstenen op houten pallets geleverd en voorzien van een plastic hoes of krimpfolie. Dat beschermt de bakstenen tegen vocht, vuil en verlies.



Straatbakstenen



Geglazuurde bakstenen

BAKSTEEN

De eerste opslag van de bakstenen is meestal op het 'tasveld' van de baksteenfabriek.

Soms kiezen architecten voor het mengen van specifieke sorteringen van bakstenen om het gevelbeeld een levendig karakter te geven.

Baksteenfabrikanten spelen hierop in door steenpakketten voorgemengd te leveren.

KWALITEIT

Hoogwaardige procesindustrie

Het gehele proces van mengen, vormen, drogen en bakken van stenen is vergaand gemechaniseerd en geautomatiseerd. Medewerkers zien op cruciale plekken langs de productielijnen toe op een vlekkeloos verloop van de productie en grijpen waar nodig in het proces in. Ook zorgen zij voor de omschakeling naar een ander type baksteen of steenproduct.

Het bakken zelf is een volautomatisch proces, waarbij atmosfeer en baktemperatuur op afstand nauwlettend in de gaten worden gehouden vanuit de centrale controlekamer. Om in de weekeinden het productieproces door te laten lopen wordt op vrijdag de weekendproductie voor de oven klaargezet. Deze wordt in het weekend zonder menselijke tussenkomst tot steen gebakken.

Normen

Op grond van Europese regels mogen metsel- en straatbakstenen uitsluitend met CE-markering worden verhandeld. Hoewel CE-markering iets zegt over de kwaliteiten van een product, is het geen kwaliteits- of garantieverklaring in de gebruikelijke betekenis van het woord. CE-markering houdt in dat bij het product altijd een serie voorgeschreven productspecificaties moet worden verstrekt. Deze eigenschappen worden vastgesteld volgens Europese productnormen. Voor CE-markering moeten alleen producteigenschappen worden opgegeven, die direct of indirect te maken hebben met

veiligheid, gezondheid en milieu. De afnemer van het product krijgt hiermee duidelijkheid over de specifieke producteigenschappen. Over bijvoorbeeld visuele eigenschappen als beschadigingen en kromming is in de Europese productnormen niets opgenomen.

In Nederland bestaat voor dit laatste het KOMO-productcertificaat. Dat geeft het kwaliteitsniveau van de gevelbaksteen aan met het oog op de toepassing daarvan. Basis voor KOMO is de beoordelingsrichtlijn BRL 1007, voor straatbaksteen is dit de BRL 2360. De controle op leveringen onder KOMO-productcertificaat gebeurt door onafhankelijke keurmeesters van certificerende instellingen SKGIKOB en KIWA. KOMO gecertificeerde bakstenen voldoen daarnaast altijd aan de wettelijke eisen die gelden voor het uitloggedrag van steenachtige bouwmaterialen.

DUURZAAMHEID

Een duurzame grondstofwinning, energietransitie en het beperken of voorkomen van de klimaat- en milieu-last zijn belangrijke speerpunten voor de Nederlandse baksteenindustrie. Gelijktijdig is de baksteen in zichzelf al een buitengewoon duurzaam en circulair toepasbaar product.

In de paragraaf over kleiwinning werd uiteengezet hoe de baksteenindustrie via haar grondstofwinning bijdraagt aan hoogwaterveiligheid en het creëren van nieuwe natuur in de uiterwaarden van het rivierengebied. Ook was daarin te lezen dat klei uit de uiterwaarden van de grote rivieren een hernieuwbare grondstof is. Een dergelijke grondstof raakt nooit op doordat de natuur deze zelf weer aanmaakt. Voor de productie van baksteen is energie nodig. Daartegenover staat een zeer lange levensduur. Bovendien is baksteen onderhoudsarm, kleurecht en niet toxisch. Dat is niet alleen goed voor het milieu maar ook economisch verantwoord. Uit onderzoek blijkt de gemiddelde levensduur van straat-

baksteen 135 jaar en is sprake van een hergebruikpercentage van circa 90%.

De 10 redenen waarom baksteen 'steengoed' is:

1. Gemaakt van rivierklei, een natuurlijke, ruim voorradige en hernieuwbare lokale grondstof.
2. Winning van rivierklei geeft nieuwe Nederlandse natuur, draagt bij aan waterstandsverlaging in de rivieren en is een klimaatadaptatie maatregel.
3. Goede milieuprestatie van straatbaksteen, gevelbaksteen en keramische binnenmuursteen (lage Milieukostenindicator (MKI-waarde)).
4. Passend binnen de principes van Circulair Bouwen.
5. Hergebruik van reststoffen in de productie.
6. Producten circulair toepasbaar in tweede 'levensfase'.
7. Bron voor duurzame en aansprekende toepassingen.
8. Lange levensduur zonder onderhoud met behoud van kleur. Oudere bouwwerken laten zien dat baksteen mooi verouderd.
9. Draagt bij aan aangenaam en gezond leefklimaat in gebouwen.
10. Resistent en onbrandbaar.

Energie

Geen baksteen zonder gebruik van energie. Die energie is anno 2021 elektriciteit en aardgas. Elektriciteit wordt gebruikt voor de kleivoorbewerking, het vormen en het persen maar ook voor de transportbanden. Steeds vaker wordt die elektriciteit op of vlakbij de baksteenfabriek duurzaam opgewekt. Het aardgas is nodig

VAN KLEI TOT BAKSTEEN



Baksteenmetselwerk geeft eeuwenlang een fraai gevelbeeld

voor het droog- en vooral bakproces. Aardgas is een kwalitatief goede, relatief schone en goed voorradige maar fossiele, brandstof en geschikt om zowel het stookproces nauwkeurig te beheersen als om de producteigenschappen van de baksteen te bepalen. De Nederlandse baksteenindustrie heeft hiermee een zeer ruime ervaring opgebouwd en is in staat gebleken door de jaren heen het gebruik daarvan steeds verder te optimaliseren. Daardoor is sinds de jaren 70 het energiegebruik door de baksteenindustrie meer dan gehalveerd. Uit verantwoordelijkheid voor een duurzame toekomst zoekt de baksteenindustrie naar duurzame alternatieven voor het fossiele aardgas. Wereldwijd bestaat daar nog geen doorbraaktechnologie voor. De industrie onderzoekt op fabrikant- en brancheniveau naar nieuwe en verdergaande manieren van CO₂-reductie.

Milieu

Uiteraard voldoet de baksteenindustrie aan de emissie-eisen die de Nederlandse overheid stelt. Deze zijn terug te voeren op Europese afspraken in het BREF-document keramiek. Fabrikanten investeerden en investeren volop in rookgasreiniging- en

ontzwavelinstallaties, waarmee de emissies van schadelijke stoffen naar het milieu aanzienlijk is teruggebracht. Het residu dat vrijkomt bij het zuiveren van rookgassen wordt als een secundaire grondstof nuttig toegepast in andere industriële sectoren.

Klimaat

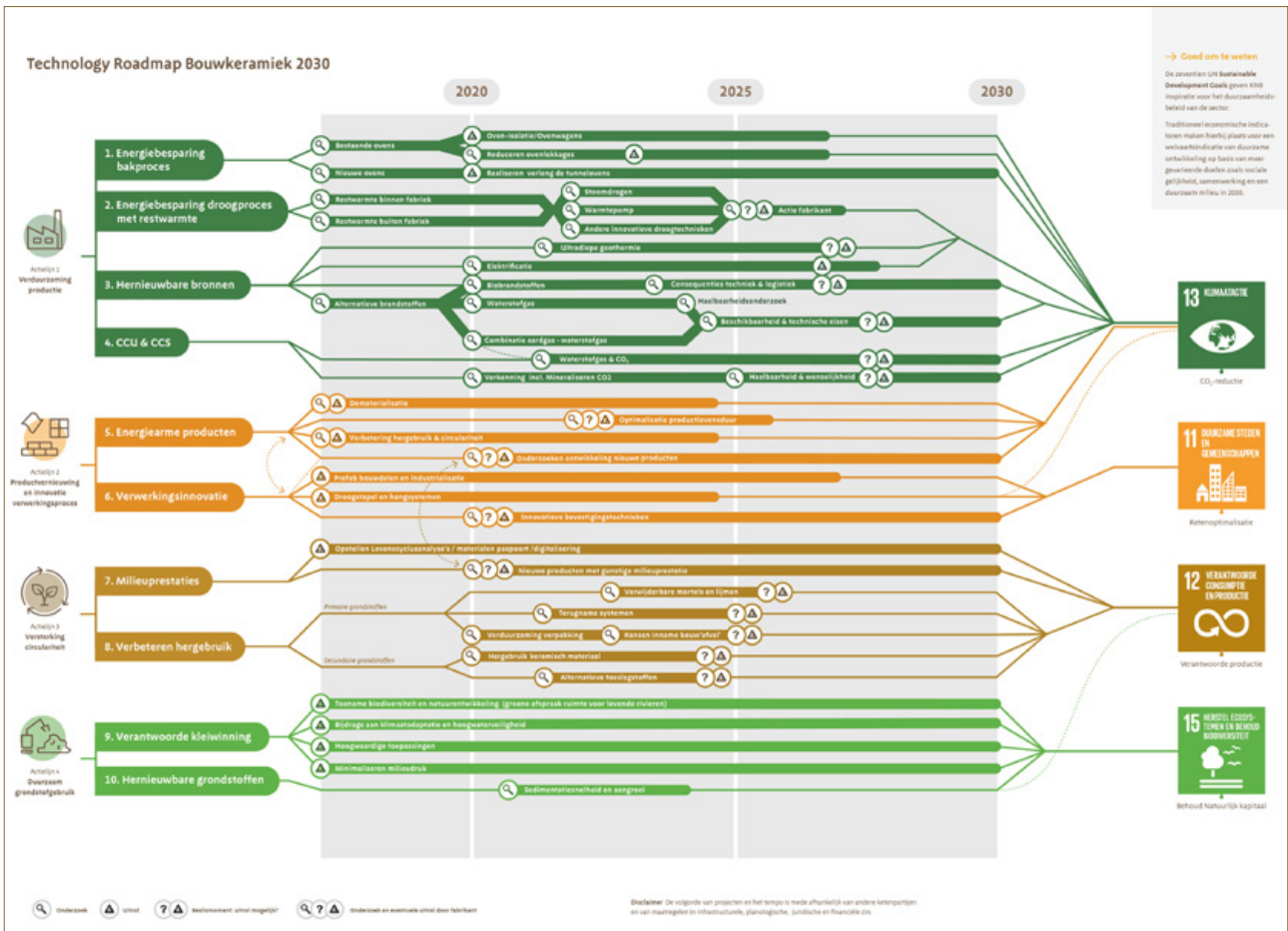
Klimaatverandering noodzaakt ook de baksteenindustrie tot fundamentele keuzes. De Technology Roadmap Bouwkeramiek 2030 van branche-

vereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek (KNB) geeft daarbij hulp met een overzicht van opties en richtingen om te komen tot zo duurzaam mogelijke productieprocessen en producten.

De grote opgaven die de industrie hierbij kent is het minimaliseren van CO₂-uitstoot, het versterken van een circulaire bouwconomie, ketenoptimalisatie en industrialisatie binnen de bouwsector.



Steenfabriek met zonnepanelen



Actielijnen van Technology Roadmap Bouwkeramiek 2030
 Voor meer informatie zie: www.knb-keramiek.nl/roadmapbouwkeramiek.nl

VERWERKINGSINNOVATIE

Baksteen wordt volop toegepast in gevels, scheidingsmuren, binnenmuren maar ook in bestrating. Die verwerking gebeurt handmatig maar steeds vaker ook mechanisch of met gerobotiseerde machines. Het resultaat is meer menselijke maat, een grotere productiesnelheid, minder (faal)kosten en een duurzamer resultaat.

Voor baksteengevelwerk bestaan er zes verwerkingsmethoden:

- Metselen
- Lijmen
- Droogstapelen
- Baksteenstrips
- Prefabriceren
- Bestraten

Metselen

Het grootste deel van de geproduceerde baksteen is bestemd voor baksteenmetselwerk. Hierbij worden de bakstenen door een kalk- of cementgebonden mortel in verband bijeengehouden. Het metselen gebeurt door de metselaar die met een troffel de metselspecie op de steen legt.

Daarna wordt de baksteen met een zachte beweging handmatig in de metselspecie gelegd. Na het metselen worden de lint- en stootvoegen opgevuld met een aparte voegmortel: het voegen. Alternatief voor voegen is doorstrijken dat steeds vaker gebeurt. Hierbij wordt de speciale doorstrijk-mortel, waarmee wordt gemetseld, na enige tijd afgewerkt tot een enigszins terugliggende voeg. Aparte voegmortel is niet meer nodig.

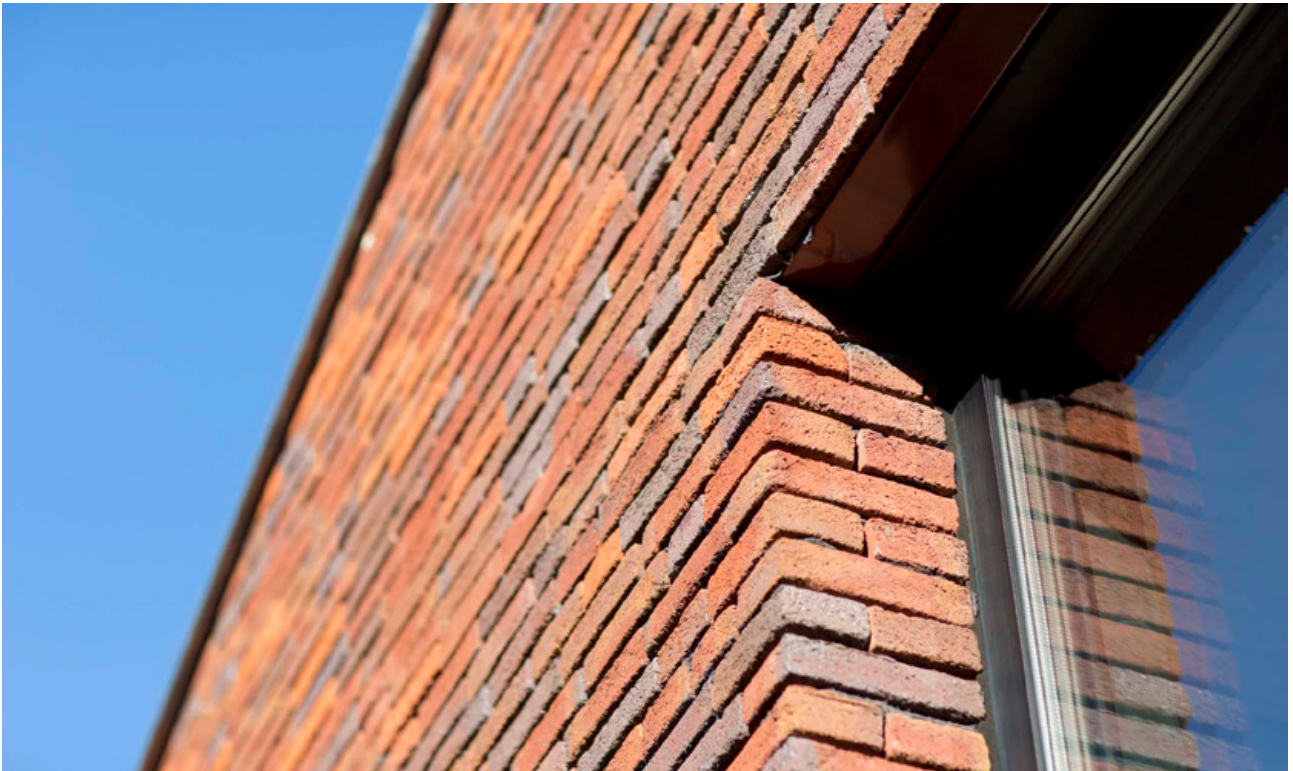
Lijmen

De door de baksteenindustrie ontwikkelde lijm methode is vooral

gericht op betere arbeidsomstandigheden van de verwerker. Bijkomend voordeel is een snellere verwerking van de gevelbaksteen en een meer massief baksteen uiterlijk van het gevelbeeld doordat de lijmlaag vele malen dunner is dan metselmortel. Dat geeft zeer dunne voegen tussen de bakstenen.

Lijmen gebeurt met een lijmpistool. Daaruit komt baksteenlijm wat een mengsel is van cement, speciaal zand en polymeren. Het proces is vergelijkbaar met metselen. Wel hebben gelijmde bakstenen een grotere hechtingsterkte waardoor de techniek goed toepasbaar is voor prefab-elementen.

Een alternatief voor lijmwerk is metselen met dunbedmortel. Dat is een mortel met een veel fijnere structuur waardoor deze een veel geringere laagdikte kent.



Detail van gevel met baksteenstrips

Hierdoor is het visuele resultaat van metselwerk met dunbedmortel vergelijkbaar met dat van lijmwerk. Zowel lijmwerk als metselwerk met dunbedmortel kan niet worden gevoegd.

Droogstapelen

Een traditioneel gevelbeeld kan ook op een innovatief andere wijze tot stand komen. De bakstenen worden hierbij rechtstreeks en los op elkaar gestapeld, zonder mortel of lijm. Bij dit 'droogstapelen' of 'droogstapelwerk' worden de bakstenen in

verband gehouden door metalen of kunststoffen clips of strips.

Deze fundamenteel andere, innovatieve bouwmethode past volledig binnen een circulaire bouwconomie. Droog gestapelde bakstenen kunnen immers op ieder gewenst moment weer worden afgestapeld (ontstapeld) om daarna elders en in dezelfde functie opnieuw te worden toegepast. Deze losmaakbaarheid voorkomt materiaalverlies.

Doordat geen mortel wordt gebruikt ontstaat een monolithisch, keramisch

gevelbeeld en is risico op smet door de mortel uitgesloten.

Baksteenstrips

Keramische steenstrips, ook wel baksteenstrips genoemd, worden steeds vaker toegepast als gevelbekleding. Ze combineren een grote architectonische ontwerpvrijheid met de esthetica van keramiek.

Baksteenstrips zijn ultradunne bakstenen van ca. 2 à 3 cm. Ze kunnen op verschillende manieren worden geproduceerd: door het zagen van



Droogstapelsysteem



BAKSTEEN

een volle baksteen, door het klieven ('halveren') van een strengpersbaksteen of door directe vormgeving.

Om de keramische steenstrips te verwerken worden cementgebonden en elastische lijmen gebruikt. Verlijmen gebeurt op een schone, goed stofvrije ondergrond en soms is vooraf een hechtlaag nodig. Cementgebonden lijmen worden verwerkt volgens de 'volvlak' methode. Hierbij wordt de lijm opgebracht op zowel de baksteenstrip als de ondergrond. De strip wordt met een schuivende beweging in het lijmbed aangebracht. Elastische lijmen worden aangebracht als verticale stroken, puntsgewijs (dotten) of, met het oog op afwatering, in horizontale banen.

Voor het verkrijgen van een goede gevelkwaliteit worden keramische steenstrips als compleet systeem aangebracht. Dat is de combinatie van keramische strip, verbindingsmiddel, drager en waar nodig bevestigingsmiddelen voor deze drager. Verwerking kan op de bouwplaats maar gebeurt steeds vaker in de fabriek bij de prefabricage van gevel- of bouwdelen.

1. Prefab (systemen) hierbij worden de keramische steenstrips in de fabriek verlijmd op weerbestendige cementgebonden- of isolatiepanelen dan wel worden ingestort in betonnen panelen. Deze gehele panelen worden vervolgens op de bouwplaats in één arbeidsgang bevestigd.
2. In situ (op de bouwplaats): hierbij wordt op de bouwplaats eerst een drager (bijv. isolatiemateriaal) aangebracht, daarna worden de keramische steenstrips hierop verlijmd waarna ten slotte de voegen (handmatig) worden aangebracht.



Het lijmen van keramische steenstrips



Robots leggen in de steenfabriek de baksteen alvast in het gewenste bestatingsverband



Machinaal bestraten

VAN KLEI TOT BAKSTEEN



Diverse verbanden straatbaksteen

Bestraten

Een steeds groter deel van de baksteenproductie vindt de weg als straatbakstenen naar keramische bestrating.

Straatbaksteen kan handmatig of machinaal worden verwerkt. De traditionele manier is handmatig (het zgn. vlijen) maar is alleen nog toegestaan voor kleinere oppervlakten en daar waar machinaal niet lukt. Machinaal of mechanisch straten is in Nederland de norm geworden. Dat is mede mogelijk gemaakt door innovaties in de baksteenindustrie waarbij de straatbakstenen al door robots in de fabriek in het gewenste bestratingsverband worden gelegd. Op het werk worden de straatbakstenen vervolgens per ca. vierkante meter in zijn geheel verwerkt.

Straatbakstenen kunnen in diverse verbanden worden gelegd. In de meeste gevallen worden de stenen staand (op hun kant) gelegd hoewel het ook liggend (plat) kan. De maatvoering van de straatbakstenen is gestandaardiseerd in het bekende Waalformaat, dikformaat en keiformaat.

MEER WETEN?

Meer informatie over de bouwkeramische industrie, waarvan de baksteenindustrie onderdeel vormt, en over branchevereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek (KNB) treft u via www.knb-keramiek.nl

Wilt u na het lezen van deze brochure ook zien hoe de baksteen wordt gemaakt of verwerkt? Dat kan via het KNB YouTube kanaal.

Via de website is het inspirerende KNB-magazine BAKSTEEN te bekijken en zijn ook tal van Infobladen te downloaden over technische onderwerpen die te maken hebben met baksteen toepassing en -verwerking. Verder omvat de website specifieke brochures over gevelbaksteen, straatbaksteen, de keramische steenstrip en over aspecten van duurzaamheid en circulair bouwen met baksteen.



COLOFON

Oktober 2021

© Alle rechten voorbehouden

Foto's en tekeningen: DUO-systems Nederland BV, KNB, Vandersanden, Wienerberger, Steenbakkerij Zilverschoon Randwijk

KNB en de door KNB ingeschakelde derden hebben aan de inhoud en samenstelling van deze documentatie de grootst mogelijke zorg besteed. De betrokken organisaties en bedrijven aanvaarden echter geen enkele aansprakelijkheid voor het gebruik van de gegeven informatie in deze documentatie of gedane aanbevelingen.

Voor meer informatie
www.knb-keramiek.nl



vereniging Koninklijke
Nederlandse Bouwkeramiek

Postbus 153, 6880 AD Velp (Gld)
Florijnweg 6, 6883 JP Velp (Gld)

T +31 (0)26 384 56 30

I www.knb-keramiek.nl

E info@knb-keramiek.nl