



GREEN QUAYS



Generieke beschrijving van de constructie van de natuurinclusieve kademuren



Inleiding Generiek Model voor de constructie van de kademuren

In Breda wordt de rivier in ere hersteld. De Nieuwe Mark wordt weer een doorgaande bevaarbare rivierstroom, die een ecologische water- en groenverbinding langs de rand van de oude binnenstad zal zijn. In het project UIA GreenQuays krijgt het traject tussen Markendaalseweg en Nieuweweg nieuwe kademuren met traditionele baksteenbekleding passend bij de historische binnenstad. De Gemeente Breda wil deze muren en de kades van de Nieuwe Mark vergroenen met bomen, (muur)planten en mossen. Het ontwerpuitgangspunt was een weelderig begroeide kademuur met een rijk en gevarieerde flora en fauna waarbij bomen zelfs schuin uit de kade over het water hangen. Geïnspireerd door de foto hiernaast.

Maar planten en sterke onderhoudsvriendelijke met baksteen beklede moderne kadeconstructies gaan niet altijd goed samen. De muurflora verschijnt vaak pas na enkele decennia als de muur al flink is verweerd, geërodeerd, gedegenereerd. Planten willen pas uitgroeien als er ruimte is om te wortelen en voldoende vocht en voedingsstoffen zijn. Van belang is dat zich voldoende organisch materiaal in gaten en spleten heeft verzameld en er ook mossen en algen op in de loop der tijd minder basisch geworden mortelvoegen gaan groeien. De moderne kademuurconstructie wordt gemaakt met een stalen damwand, is niet langer poreus en de bekleding heeft daardoor een veel te droog oppervlak om muurplanten een kans te geven. Bomen die door de kademuren groeien kunnen deze ernstig ontwrichten. Voor deze dilemma's zijn in GreenQuays oplossingen gevonden.

Dit is het generieke model van de ontwikkelde natuur inclusieve kademuur. Generiek omdat we willen laten zien hoe we de tegenstrijdigheid van natuurlijke plantgroei en constructieve consistentie en sterkte met elkaar in overeenstemming hebben geprobeerd te brengen om anderen te helpen soortgelijke natuur inclusieve kadeconstructies in andere steden te ontwikkelen. Maar ook bijzonder lokaal: omdat de bekleding met baksteen typisch is voor het esthetisch aansluiten op een historische Nederlandse binnenstad. Wat wij gedaan hebben is deze mooie, maar verder 'nutteloze' bekleding een stadsecologische functie te geven. Deze brochure toont de dilemma's, de overwegingen en de keuzes die we voor de constructie in verschillende projectfasen hebben gemaakt. In de andere brochures wordt het ecologisch ontwerp en de natuurinclusieve participatieve stadsontwikkeling toegelicht.



De Nieuwe Mark wordt opnieuw een bevaarbare rivier. Eerst wordt bij 1 de rivier verdiept en aangesloten op de Nieuwe Haven. Hier krijgt de rivier baksteenkades en trappen op verschillende hoogten, aansluitend bij de oudste binnenstad. Bij 2 wordt de rivier opnieuw uitgegraven en krijgt deze groene natuurlijke oevers die aansluiten bij het Seelig park.

De binnen de 'Real Life Verification' fase van GreenQuays gerealiseerde kadesmuren bevinden zich binnen de rode cirkel. Hier was ook de testopstelling van de 'Small Scale Pilot'.



De ontwikkelingsfasen van het GreenQuays project

De ontwikkeling kan worden opgedeeld in drie onderzoeksfasen. In de laboratorium fase is onderzoek gedaan op materiaal- en elementniveau. In de Small Scale Pilot fase zijn testopstellingen gemaakt op locatie in het bestaande ondiepe waterbasin. In de Real Life Verification fase zijn daadwerkelijk een paar honderd meter rivierkades gerealiseerd en wordt de komende jaren gemonitord hoe de natuur zich hier ontwikkelt.

Voorlopig Ontwerp en Laboratoriumfase

Het voorlopig ontwerp voor het plangebied kwam al voor GreenQuays gereed. Er komen hoge kades met lage terrassen op het gewone waterniveau en de grondkerende kadeconstructie bestaat uit een stalen damwand met een baksteenbekleding onder een hellingshoek van 5 graden. De baksteen wordt geplaatst op een z-vormig betonschort dat over het damwandprofiel hangt. Dit is in Nederland een gebruikelijk geworden constructie om met schijnbare baksteenkades bij het beeld van de monumentale historische binnenstad aan te sluiten.

Het plan bevat een aantal elementen die het startpunt vormden voor het GreenQuays onderzoek. Belangrijke elementen in het plan zijn:

- bomen die zijwaarts uit de kademuren over het water groeien, vanuit een groeiplaats tussen damwand en betonschort
- met baksteen beklede kademuren waarop een robuuste en diverse populatie van muurplanten groeit
- nestel- en schuilplekken voor vogels, vissen en insecten
- waterverneveling ter verkoeling op extreem warme dagen

Ontwerp

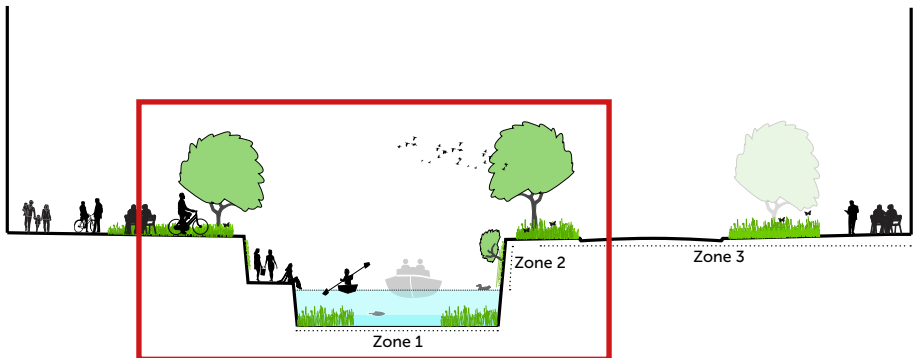
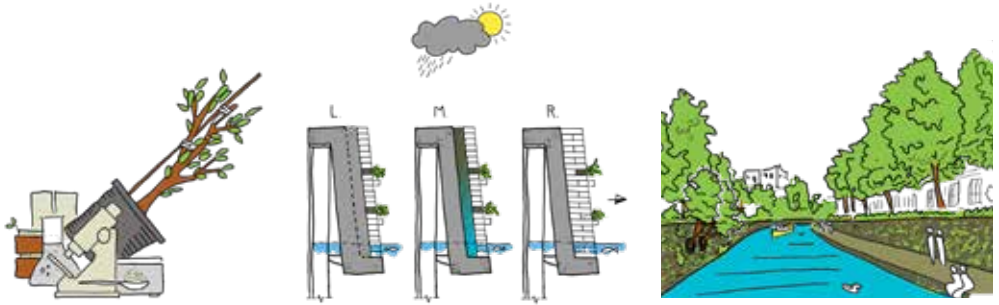
beelduitgangspunt voorlopig ontwerp met bomen die zijwaarts uit de kademuren groeien en met een met muurplanten en -varens begroeide baksteenbekleding



fase 1.
LABORATORIUM
onderzoek

fase 2.
small scale
pilot

fase 3.
real life
verification



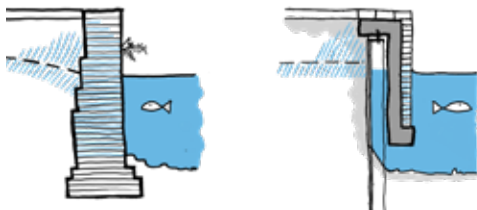
Binnen deze generieke beschrijving van de kademuren gaat de aandacht naar de plek waar zone 1 en 2 elkaar raken - het gebied zowel boven en onder water van de kademuren.

Dilemma's

Bij het GreenQuays project in Breda zijn er verschillende aspecten die soms met elkaar conflicteren en waar dan een compromis tussen moet worden gevonden. Te denken valt daarbij aan ecologie versus recreatie, natuurinclusiviteit in relatie tot constructieve sterkte en onderhoud, de (on)mogelijkheden van de bestaande gebouwde omgeving, bouwkosten, bouwtijd, etc. Hier een klein overzicht van vragen en dilemma's.



Natuur of park? Moet het stadsgroen ecologisch functioneren of mooi zijn om er in de stad van te genieten? Zie het boekje Ecologisch Ontwerp.



Bij een traditionele kademuur keert de baksteen zelf de grond en blijft daardoor vochtig. Bij een bekledingsmuur voor een stalen damwand niet. Wat voor voorzieningen zijn nodig voor de groei van voor muurplanten?



Moet de constructieve voeg tussen de baksteen zelf bioreceptief zijn of kan dat beperkt worden tot enkel een plantvriendelijke navoeg?



Recreatie en ecologie? Schaadt recreatief bevaren van de rivier straks planten en dieren? Zie het boekje Ecologisch Ontwerp.



Alleen regenwater is niet voldoende. De baksteen buffert, maar zuigt water nauwelijks omhoog. Is capillair substraat nodig om het rivierwater omhoog te zuigen en zo de baksteenbekleding permanent vochtig te houden?



Moeten plant zaden en sporen natuurlijk 'aan komen waaien' of mag de mens de kademuur een handje op weg helpen?

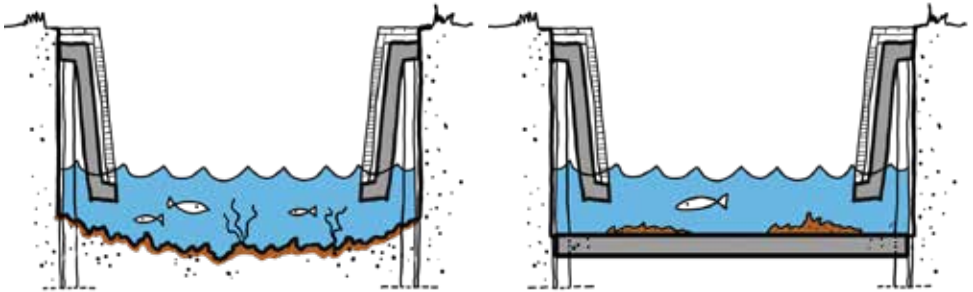


Bioreceptief en / of onderhoudsvriendelijk?

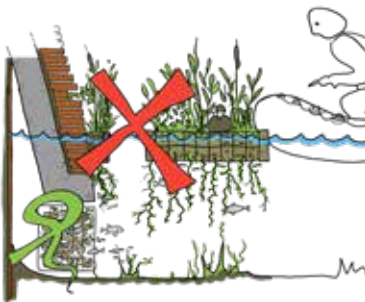
*Wat is de balans tussen voor plantgroei
gewenste erosie en degeneratie in relatie tot
sterkte en de kosten voor onderhoud?*



*Hoe wordt voorkomen dat de
schuin uit de kademuur groeiende
bomen van het ontwerp de
gemetselde kademuurbekleding
ontwrichten?*



*Kan de nieuwe rivier een natuurlijke bodem krijgen of is een betonnen bodem
noodzakelijk vanwege de fundering van kademuren en dicht nabijgelegen bestaande
gebouwen?*



*Zijn er ecologische voorzieningen zoals
bijvoorbeeld begroeide drijfvlotjes,
stootbaken of schanskorven mogelijk
of is de rivier dan niet meer veilig voor
waterrecreanten?*



Klimaatverandering?

*Houdt een een natuurinclusieve
kade voor lokale planten en dieren
van nu te weinig rekening met de
nieuwe soorten van een toekomstig
klimaat?*

Laboratoriumfase - schuin uit de kade groeiende bomen

Een in het oog springend element in het ontwerp zijn de zijwaarts uit de kademuur groeiende bomen, waardoor recreanten en bewoners van de binnenstad het gebied de nieuwe stromende waterverbinding als veel groener en natuurlijker gaan ervaren. De kademuurbomen spelen daar samen met de groene begroeide kademuur een belangrijke rol in. In de laboratoriumfase van GreenQuays is uitgezocht welke bomen en struiken hier het meest geschikt voor zijn.

In de boomkwekerij van Gebr. Van den Berk zijn bomen en struiken getest op deze groeiwijze, door ze op te laten groeien in de beperkte groeiplaats van een ronde 'airpot' met een doorsnede en hoogte van 40 cm. De beperkte groeiplaats en gaatjes in de airpotwand maken dat de bomen geen lange wortels ontwikkelen maar juist een dichte kluit met veel fijne haarwortels. Ze krijgen 4 liter water per dag. De stam van de planten wordt haaks uit de pot geleid langs een ronde gegalvaniseerde buis, om de plant te vormen zoals deze door de gaten in de kademuur zal moeten groeien.

Uit de test blijkt dat de Veldesdoorn (*Acer campestre*), de Grauwe Wilg (*Salix cinerea*) en de Fladderiep (*Ulmus laevis*) het goed doen. Ook de Vlinderstruik (*Buddleja davidii*) doet het goed. De Ruwe Berk (*Betula pendula*) laat het onder deze omstandigheden afweten en de Zwarte Els (*Alnus glutinosa*) heeft veel last van stamverbranding. Meegespeeld kan hebben dat de planten te laat in de airpot zijn geplaatst en te weinig vertakking onder op de stam hadden.

*Meer lezen: UIA GreenQuays D4.3.2 Report on lab tests on
NIQ techniques linked to trees*



In de kwekerij zijn de bomen opgekweekt op airpot waarbij de plant horizontaal geleid werd voor een groeivorm zijdelings uit de kademuur.



Acer campestre



Alnus glutinosa



Buddleja davidii



Salix cinerea



Ulmus laevis



Betula pendula

Small Scale Pilot - kademuurbomen

Zowel voor de begroeide kademuren als voor de uit kademuur groeiende bomen is de vraag hoe de oriëntatie van invloed is op de ontwikkeling van planten. Bij de Small Scale Pilot is zijn testpanelen op de locatie Nieuweweg-Waterstraat-Markendaalseweg aan weerszijde in het water geplaatst.

De groeiplaats voor de bomen is in de Small Scale Pilot een stalen bakconstructie met twee kamers die aan de oeverzijde gevormd wordt door de golf van damwand waar aan de waterzijde stalen doosconstructie op gelast is, waarbij de bomen door ronde patrijspoorten groeien. Links iep, rechts een wilg. Aan deze bakconstructie is een hoekprofiel gelast waar onder water de baksteenbekleding op is geplaatst. De paneelbakken zijn op de bodem geplaatst. Aan de noordzijde is het water dieper en heeft het testpaneel een hoogte van 3,26m - aan de zuidzijde 2,66m. Aan de bovenkant is er een opening voor testapparatuur die zuurstof en vochtgehalte meet.

Bij de linker en rechterkamer van beide proefpanelen is een verschillende substraatcombinatie getest. Het substraat in de iep-testbakken bestaat uit een ondersubstraat van lavazand zonder organisch materiaal om voor bomen ongunstige zuurstofloze vergisting en de productie van zuurstof verdrijvend methaangas te voorkomen. Wel is er 1% capillaire vezel toegevoegd. Het bovensubstraat bevat naast lavazand ook 5% organisch materiaal.

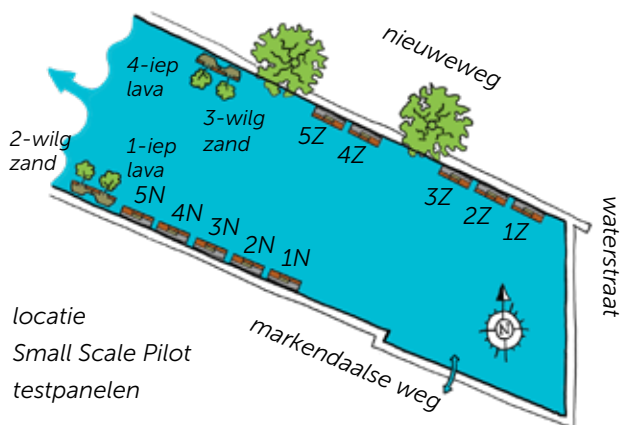
In de wilgtestbakken is gewerkt met zand van gemiddelde korrelgrootte van ca 0,3 mm, waar een fractie perliet en natuurlijke lava-vezel aan is toegevoegd. Het bovensubstaat bestaat hier uit dezelfde zandbasis, maar nu aangevuld met 6% organisch materiaal.

Op drie verschillende hoogtes is in elk van de vier testbakken zowel het vochtgehalte als de zuurstof gemonitord. Het lavamengsel heeft een wat hoger vochtgehalte dan het zandmengsel. Onderin rond 38%, bovenin 28%. Bij beide mengsels ligt het zuurstofgehalte rond de 20% en daarmee op het gewenste niveau.

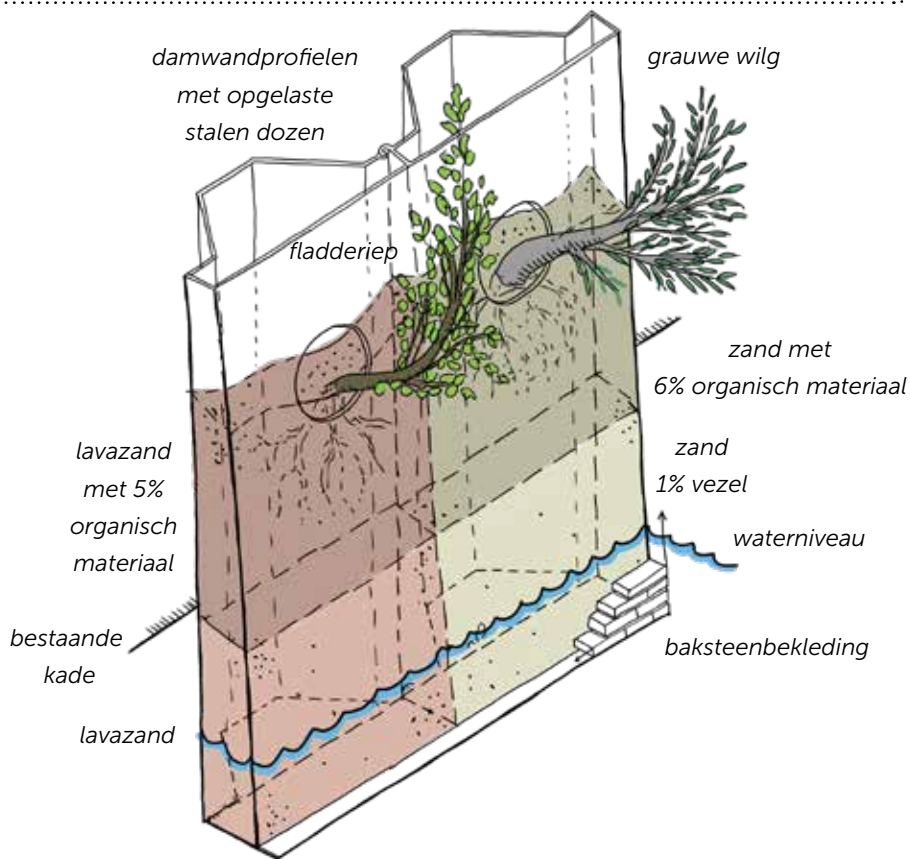
Meer lezen: UIA GreenQuays D4.4.1 Work plan for small-scale pilot testing &

D 4.4.2 design deel bomen

UIA GreenQuays rapport O4.4.1 Evaluation of SSP



De Small Scale Pilot testopstelling voor bomen uit de kademuren en voor het begroeide metselwerk is op de GreenQuays locatie zelf, waar eerder al wel een ondiepe waterpartij gemaakt was, die voor de Real Life Verification fase uitgegraven wordt tot de weer stromende rivier de Nieuwe Mark.



Small Scale Pilot - monitoring van de kademuurbomen

In het begin hebben de bomen even moeten wennen aan hun nieuwe groeiplaats. In deze aanslagperiode van drie maanden zijn de bomen extra bewaterd, wat ook nodig is voor de capillaire werking van het substraat. Er kon niet worden voorkomen dat er veel bladverlies was, maar uiteindelijk zijn zowel de iepen als de wilgen weer vol in het blad komen staan en maakten de bomen een gezonde indruk.

Per saldo laat het lavamengsel van de iepen dus een iets hoger vochtgehalte zien dan het zandmengsel bij de wilgen. Bij het zandmengsel is aan noord- en zuidzijde een verschil in het watervasthoudend vermogen. Aan de zuidzijde, dus aan de Markendaalseweg laat het bovenste meetpunt in het zandmengsel een vochtigheid van 19% zien, terwijl dat aan de andere zijde, waar de wilg juist op het zuiden gericht staat, met 26% het bovenin juist vochtiger is. Daarom is gekozen voor het lavamengsel gekozen voor de Real Life Verification.

Wanneer slechts één jaar oude bomen worden ingepland zullen die zich natuurlijker vormen: drie of vierjarige bomen hebben weer het voordeel dat de vorm vooraf preciezer bepaald kan worden. Daarbij moeten de bomen dan wel gedurende langere tijd tegen de wind geleid en geankerd worden. De toegankelijkheid van de bak via een af te nemen deksloof is erg aan te bevelen om onderhoudswerkzaamheden aan de boom te kunnen doen. Ook zou Van den Berk Boomkwekerijen hier graag nog extra beluchtingsgaten voor de bomen in maken. Voor het ontwerp is het beeld van een doorlopende bakstenen kaderand echter leidend geweest. Dat betekent dat alle toegang tot de groeiplaats en kluit van de boom door de patrijspoort plaats zal moeten vinden.

Meer lezen: UIA GreenQuays rapport O4.4.1 Evaluation of SSP



De maximale grootte van de bomen zal sterk bepaald worden door de beperking van de groeiplaats. In de Small Scale Pilot had elke boom zijn eigen bak. Voor de Real Life Verification worden naast elkaar liggende 12 boombakken wel met elkaar verbonden.



Voor de toegankelijkheid van de boombak zou het te prefereren zijn als de deksloof op de kaderand kan worden geopend. In het ontwerp is echter voor een robuuste doorgaande kaderand gekozen.



Boven: De boombakken worden geplaatst. Een geleidende constructie zorgt dat de fladderiep (links) en de grauwe wilg (rechts) nog even in de gewenste vorm blijven groeien en gezekerd staan tegen de wind.

Onder: Het resultaat na twee jaar. Links aan de Markendaalseweg, rechts aan de Nieuweweg.



Welke baksteen-mortelcombinatie is voldoende sterk en het meest bioreceptief voor een met muurplanten begroeide kademuur? Dat is onderzocht door bakstenen en mortels te selecteren voor een begroeiingsproef en op basis daarvan de beste combinatie te kiezen voor mechanische tests van samengesteld metselwerk.

Laboratoriumfase - de baksteen

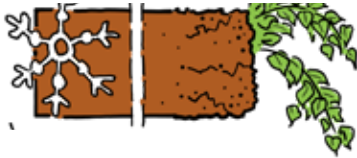
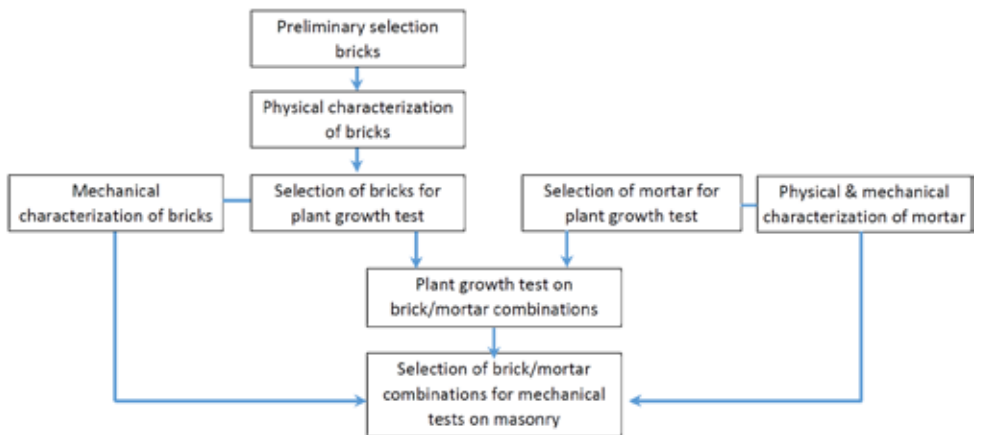
Muurplanten lijken op kademuren hoofdzakelijk in oude voegen en in spleten en gaten te groeien en nooit op de baksteen zelf. Toch wilden we weten of de baksteensoort ook van invloed was. Een baksteen is op zich in staat een beetje water te absorberen. Dit water kan door de muurplanten gebruikt worden. De vraag is echter of baksteen ook goed in staat is om regenwater gedurende langere tijd vast te houden en het water via capillaire werking hoog op kan zuigen uit de gracht. Hoe hoog een baksteen water opzuigt hangt af van de breedte van de capillaire kanaaltjes van poriën die met elkaar in verbinding staan. Bij de meeste bakstenen zijn dit zowel grote als kleine poriën en is de capillaire opzuiging beperkt. Bij een mengsel van kleine en grote holten vullen de gaatjes aan de oppervlakte zich steeds weer met water vanuit de steen. Dat lijkt voor plantgroei gunstig; maar voor de vorstbestendigheid is dat juist slecht omdat de baksteen met gaatjes die helemaal vol staan met water eerder kapot vriest. Traditionele Nederlandse handvorm baksteen is vaak vrij vorstbestendig ondanks de hoge waterabsorptie omdat de grote poriën nooit geheel gevuld raken.

Van een reeks bakstenen is de waterabsorptie en de sterkte getest. De uiteindelijke steenkeuze in het ontwerp voor de kades werd niet alleen door deze proeven bepaald. Voor de biologische receptiviteitstest waarbij de baksteen water bufferde voor plantzaden in de voeg zijn twee uitersten gebruikt: zowel een voor plantgroei gunstige handvormsteen met veel en langdurig doorgaande absorptie als juist een relatief harde en dichte steen. De meeste zaadontkieming vond inderdaad plaats op voegen tussen de waterabsorberende baksteen.

Laboratoriumfase - de constructieve voeg

Voor de mortel zijn een groot aantal basiscombinaties van verschillende 'binders' en 'aggregaten' gemaakt in verschillende verhoudingen. Ook zijn er nog mortelsamenstellingen gemaakt waarbij wat compost of compostwater door de specie is gemengd. Ter vergelijking is ook een prefab basismortel meegenomen. Van deze combinaties zijn 4x4x16 balkjes gemaakt die zijn getest op druk- en buigsterkte op zuurgraad en op carbonatatie na 28 dagen. Ook is de waterabsorptie van de mortelsamples gemeten.

Niet alle samenstellingen waren bruikbaar voor het vervolg. Zo hadden toevoeging van compost of gebruik van enkel vermiculiet zonder fijner zand direct tot gevolg dat de mortel veel te zwak werd.



Porie-grootte en verdeling die gunstig is voor de plantgroei is vaak ongunstig voor de vorstbestendigheid.



Enkel kanaaltjes van fijne poriën vergroten de capillaire druk. Veel grote poriën vergroten het absorptievermogen. Bij verbonden grote en kleine poriën vullen de kleine zich steeds geheel met water.



Laboratoriumfase - bioreceptiviteit van baksteen en voeg

Op basis van de eigenschappen van baksteen en voeg is een selectie gemaakt van combinatiemuurtjes van steeds twee stenen met een voeg ertussen en een voeg erop. In de mortel zijn zaadjes gemixt. Deze muurtjes zijn in een overdekte buitenruimte geplaatst en een jaar lang periodiek bewaterd en gemonitord. Het ontkiemen van de zaden en uitgroeien van de planten is beschouwd als een eerste indicatie voor bioreceptiviteit.

Sommige samples zijn bestreken met een verdund yoghurt mengsel als voeding voor het ontstaan van een dunne biofilm. Dat leverde helaas in de praktijk vooral veel schimmelbegroeiing op. Andere samples waren bestreken met een sterk verdund forsforzuur. De bedoeling hiervan was om het basische morteloppervlak versneld wat minder basisch te maken.

Uit de test bleek dat het voornamelijk testmuurtjes met de waterabsorberende steen waren die ontkieming vertoonden. Dat betrof dan meestal een mortel die luchtkalk met tras (AT) als bindmiddel had. De laagste binder/agregaat verhouding van 1:4 scoorde daarbij het best. Ook bij een enkele mortel met natuurlijke hydraulische kalk ontkiemden enkele zaden.

Na de genormeerde 28 dagen hadden alleen mortelsamples met een combinatie van natuurlijk hydraulische kalk met cement een echt grote sterkte. Gebruik van enkel NHL (met een klein beetje zaadontkieming) leverde ook een mortel op die nog voldoende sterk was. De groeifavoriet, luchtkalk met tras leek alleen in een binder/agregaat verhouding van 1:2 nog acceptabel voor de mechanische metselwerk test.

Meer lezen: UIA GreenQuays preliminary rapport D0.0.0



enkel

zwakke

constructieve
mortel

De herontdekking van de navoegmortel

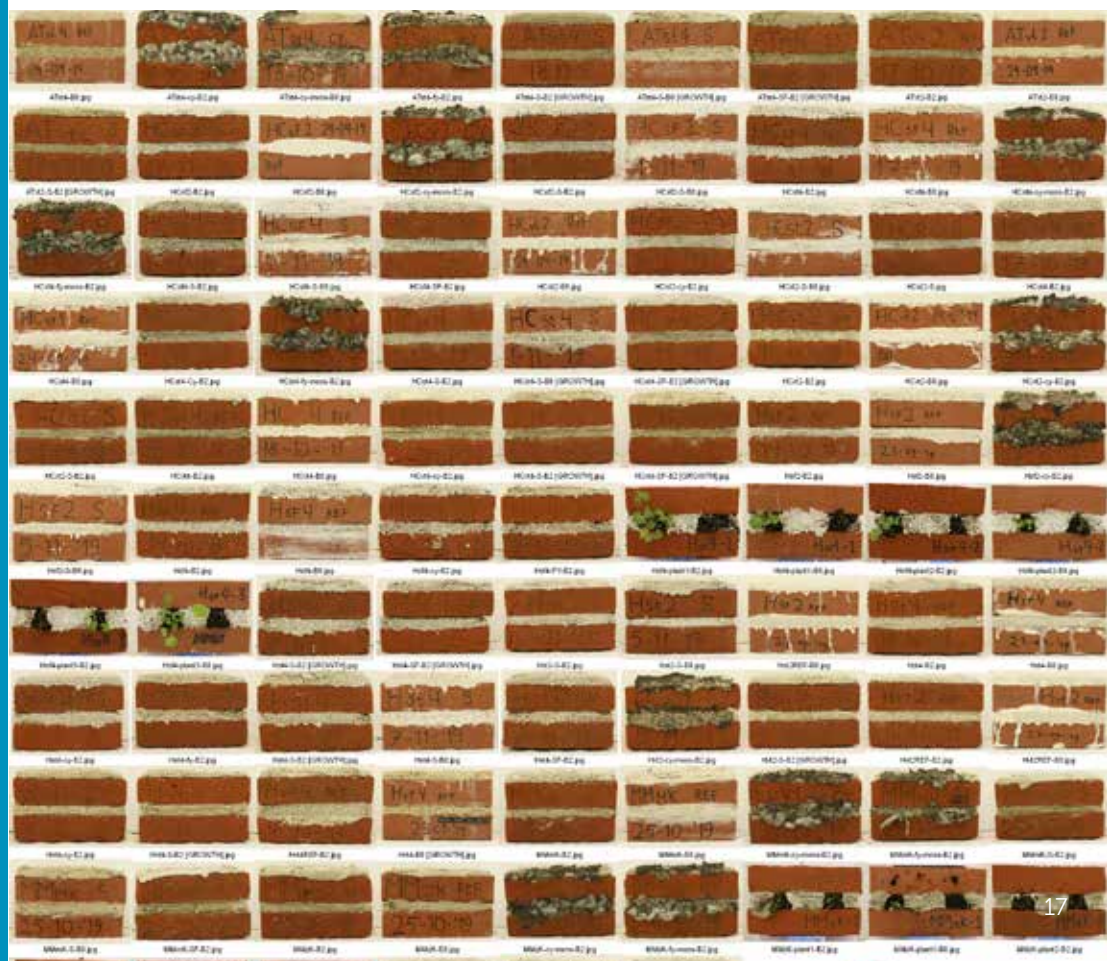
Nederland kent een traditie van het navoegen van metselwerk. De constructieve mortel wordt dan enkele centimeters uitgekrabd en van een strak gesneden siervoeg voorzien. Tijdens de proeven onstond het idee dat deze siervoeg wel eens de oplossing voor de geringe sterkte kon zijn. Zo kan een bioreceptieve voeg voor de plant gemaakt worden die kan degenereren of gaandeweg vervangen raken door organisch materiaal, zonder dat de constructieve sterkte van de kademuurbekleding in gevaar komt. In het ergste geval wordt de muur bij grootonderhoud opnieuw afgevoegd. De meest bioreceptieve maar zwakke voeg ATst4 werd onze 16eerste kandidaat voor zo'n navoeg.



constructieve
mortel
met zwakke
plantmortel



Boven is te zien dat mortel van luchtkalk (A) met tras (T) en gestandaardiseerd zand in een verhouding 1:4, bestreken met sterk verdund fosforzuur een van de meest succesvolle combinaties voor zaadontkieming was. Als constructieve mortel was deze combinatie echter tamelijk zwak. Onder is een groot aantal testmuurtjes te zien nadat ze enkele maanden zijn bewaterd.



Laboratoriumfase - metselwerk, sterkte van de samenstelling

De sterkte van de verbinding van de bakstenen speelt een grote rol bij het opnemen van windbelasting op de kademuur en bij het weerstaan van een aanvaring door een boot. In de situatie met een spouw draagt het bakstenen bekledingsblad van baksteen deze krachten via de spouwankers af aan de achterliggende draagconstructie. Daarvoor is het belangrijk dat het blad sterk en stijf genoeg is en dat de spouwankers niet uit de voeg scheuren.

Met een bastaardmortel van cement en NHL kalk als referentie en een aantal meer bioreceptieve mortels (op basis van enkel NHL kalk of van luchtkalk met tras) en twee verschillende typen baksteen is dat getest. De eerste test betrof een buiging-hechtingstest (bond wrench), de tweede een spouwanker uittrekttest.

Bij de laboratorium baksteen met een frog - dat wil zeggen een kuil in het bovenzvlak - was de hechting sterker dan bij een vergelijkbare handvorm steen. Enkel toepassing van NHL kalk als binder bleek bij de hechtingstest even sterk als bij een 'bastaardmortel' waar ook cement in was toegepast. (Maar met cement kan sneller gemetseld worden.) Bij beide series van ankertrekproeven was het eerst en vooral het anker dat geheel vervormd raakte voor het werd uitgetrokken. De toepassing van een navoeg van zwakke mortel had weinig tot geen invloed op de sterkte. Met voortschrijdend inzicht en extra onderzoek naar literatuur en referentieprojecten werd nog een 'best guess' constructieve variant bedacht op basis van de laboratoriumexperimenten. Ook deed zich nu de mogelijkheid voor om juist een super bioreceptieve navoeg te ontwikkelen, waarbij constructieve sterkte geen enkele rol zou spelen.

Capillair substraat in spouw

Wateropzuiging uit de rivier enkel door de baksteen zou waarschijnlijk maar tot zeer geringe hoogte plaatsvinden. Om hoge opzuiging tot wel 1,5 meter te bereiken scheen een variant met capillair substraat in de spouw veel kansrijker. In het project Groene Kademuren Houthaven in Amsterdam werden spouwen gevuld met verschillende substraten toegepast, gemonitord met vochtsensoren en vergeleken. Dit betrof echter een proef met tussen basaltstenen ingepotte planten en geen begroeid metselwerkblad. Het substraat ACCAP 7120+ van BVB Substrates leek na een jaar monitoring het meest succesvol en is daarom gekozen voor GreenQuays in Breda. Het materiaal bestaat uit grond met kokosvezels gebonden met een biologische binder. Het is belangrijk dat het materiaal in één keer als natte modder in de spouw wordt gestort om overal ook vezels in verticale richting te hebben.



Op samengestelde 'couplets' van bakstenen met geselecteerde voegmortels zijn twee mechanische tests uitgevoerd: een baksteen-mortel-aanhechtingstest (bond wrench) en een anker uittrektekst (wall tie pull test). Deze test geven een indicatie voor de sterkte van baksteen bekledingsmuur. Ook is bekeken wat de invloed was van het werken met een constructief zeer zwakke navoegmortel.



Laboratoriumfase - metselwerk: de keuze voor een navoegmortel

Het werken met een luchtkalk-tras enkel als navoegmortel leverde een idee voor nieuwe varianten op. Als er geen sterkte vereist was zou een speciale navoeg ontwikkeld kunnen worden. Die navoeg zou alleen voldoende samenhang hoeven hebben om lang genoeg als bioreceptieve bodem voor plantgroei te voldoen, tot deze voeg door verzameld organisch materiaal zou zijn vervangen. Voor de Small Scale Pilot werd besloten om dat te doen met de reeds gebruikte materialen aangevuld met klei en een geringe hoeveelheid kalk als binder en gerst stro als 'wapening' van de sterk krimpemde klei. Er werd een proef gedaan waarbij verschillende samenstellingen in zon en regen werden gelegd om te kijken hoe snel ze erodeerden. Omdat de hoeveelheid NHL kalk het meest van invloed is op hoge zuurgraad van het mengsel was het streven naar een mix met zo min mogelijk kalk. Na een erosieproef in de buitenlucht van drie maanden werd een navoegmortel op basis van een binder van NHL kalk en klei (1:3) en agregaat van zand en vermiculiet (2:2) gekozen.

Daarmee bestond de Small Scale Pilot de volgende mortelsamenstellingen:

- paneel 1: MMmK - enkel constructieve mortel: referentiemortel MMmK
- paneel 2: Hst2 - enkel constructieve mortel NHL kalk met 2 delen gestandaardiseerd zand
- paneel 3: HT2 - enkel constructieve mortel traskalk (55/45%) en 2 delen zand met vermiculiet in (90/10%)
- paneel 4: HCst2 & ATst2 - constructieve bastaardmortel van NHL kalk en cement, uitgekrabd en gevuld met 2 cm navoegmortel van luchtkalk en tras met 2 delen zand.
- paneel 5: HCst2 & HKstvb - constructieve bastaardmortel van NHL kalk en cement, uitgekrabd en gevuld met 2 cm navoegmortel van een binder van NHL kalk en klei (1:3) en agregaat van zand en vermiculiet (2:2)

Meer lezen:

D4.3.1 and O4.3.1 Report on lab tests on construction materials TUD Mechanical test report

UJA GreenQuays D4.4.2 pointing mortar selection annex to D4.4.1 and D4.4.2



Proefstukken van bioreceptieve fantasie-navoegmortel van verschillende samenstelling werd drie maanden blootgesteld aan zon, regen en wind. Het monster met de minste kalk dat nog net genoeg samenhang had is gebruikt voor de testpanelen 5Zuid en 5Noord. De foto onder toont de begroeiing op die navoegmortel in de Small Scale Pilot na een half jaar (eind oktober 2020).



Small Scale Pilot - ontwerp metselwerk testpanelen

Hoe houden we de baksteen bekledingsmuur vochtig? Waar oude gemetselde kademuren van baksteen in direct contact staan met de grond en het grond-water, wordt de hedendaagse bekledingsconstructie daarvan gescheiden door een stalen damwand en een betonnen ophangconstructie.



Die bekleding op een betonschort met een halve steenlengte dikke baksteen blijft meestal te droog voor weelderige plantgroei. De baksteen zelf is niet in staat om het water erg hoog op te zuigen, de poreuze steen absorbeert en buffert wel wat regenwater. Bij referentiekademuurprojecten was eerder capillair substraat toegepast, maar daar is nooit direct vergeleken een andere opbouw, bijvoorbeeld met enkel dikker metselwerk. In de Small Scale Pilot zijn alle panelen met verschillende mortelcombinaties in drie verticale stroken verdeeld die onderling geen water uitwisselen [6]. Links halfsteens metselwerk 10cm dik, in het midden halfsteens met daarachter ca 12 centimeter capillair substraat en rechts steens metselwerk 21 cm dik.

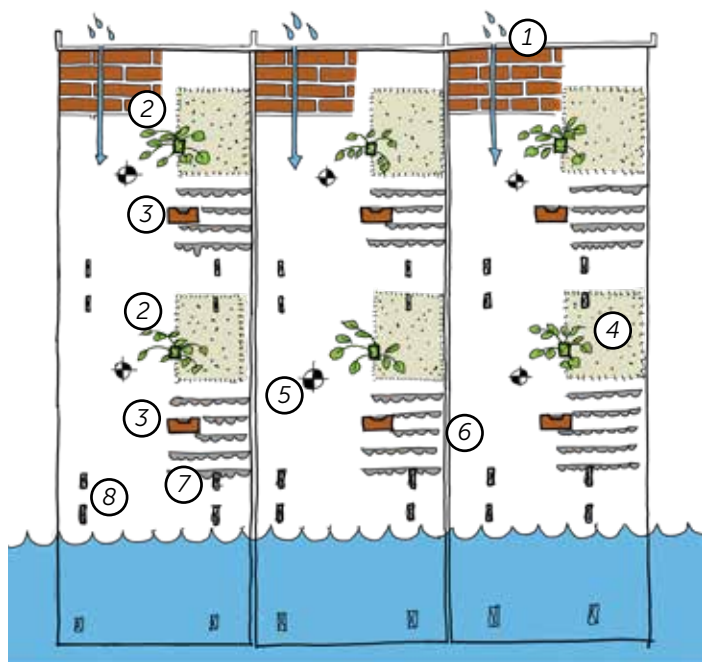
Het oppervlakte schaakbord

Op de ca. 65 cm brede stroken metselwerk zijn op verschillende hoogten verschillende experimenten gedaan. Regenwater dat zich op de afdekker verzameld stroomt geconcentreerd op een plek over het muuroppervlak [1]. Op de voegen zijn zaden van muurbloem en muurleeuwenbek geplakt met een lijm van maisena. Op 70 en 160cm vanaf het wateroppervlak zijn er kleine plugs met muurbloem en kruipklokje ingeplant in een sparing van een kwart steen [2]. Op ca 50 en 140 cm van het wateroppervlak bevonden zich uitstekende stenen met een frog; een kuiltje in het bovenzijde [3]. Er zijn stukken bestreken met een yoghurt-mos mengsel om mosgroei te stimuleren [4]. Ook zijn stukken met uitstekende mortelbaarden waar de mortel niet is afgestroken [7]. Op verschillende hoogten zijn er open stootvoegen waar niet gevuld is met mortel [8]. Een paneel heeft op verschillende hoogten TDR sensoren die in staat zijn onafhankelijk van het zoutgehalte de vochtigheid van de mortel te meten. In maart 2020 zijn de panelen bij metselbedrijf Van Leijden in Roelofarendsveen opgemetseld en in april op de Small Scale Pilot locatie in het water gehangen. Ze zijn tot mei 2022 gemonitord.

Meer lezen: UIA GreenQuays D4.4.1 en D 4.4.2 TUD SSP Workplan

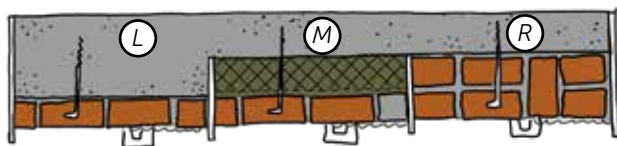
UIA GreenQuays D4.4.2 pointing mortar selection annex to D4.4.1 and D4.4.2

UIA GreenQuays rapport D4.3.2



1. regenwater op de afdekker loopt geconcentreerd over het muuroppervlak;
2. ingeplante muurbloem en kruipklokje;
3. plaatselijk steekt een baksteen uit met frog bakje naar boven;
4. deel bestreken met yoghurt-mos-mengsel
5. vochtsensoren;
6. scheidingsplaat tussen verticale paneelstroken;
7. ruwe uitstekende mortelbaarden;
8. open stootvoegen in het metselwerk

water



- L. 10 cm
baksteenbekleding
M. + 120 mm substraat
R. 21 cm
baksteenbekleding



Small Scale Pilot - monitoring van de metselwerkpanelen

Gedurende de twee jaar van de proef is bij geen van de panelen schade aan een constructieve mortel geconstateerd. Wat al heel snel duidelijk werd was dat capillair substraat achter het metselwerk van groot belang was voor het vochtig houden van het muuroppervlak. Boorsampels van de voegen op verschillende hoogten lieten dat zien. Het was zeer duidelijk bij de overleving van de in sparingen ingepotte Kruipklokje en Muurleeuwenbek, maar ook zichtbaar bij de uit zaden ontkiemde muurbloem en muurleeuwenbek op de voegen. Op de meeste panelen bleef de overleving van die zaailingen op de voeg spaarzaam en hoofdzakelijk beperkt tot open stootvoegen en spleten. Op de aansluiting tussen baksteen en de vochtscheidende platen tussen de stroken groeiden planten vaak nog het best. Bij de traditionele mortelsamenstellingen was de meeste plantgroei op de middenstrook van paneel 4 met de zwakke navoegmortel van 1 deel luchtkalk en tras en 4 delen zand. Alles werd echter ver overtroffen door paneel nummer 5. Bij die bioreceptieve navoegmortel van kalk, klei, zand, vermiculiet en stro deden de zaailingen het zo goed dat heel zichtbaar wordt hoe de verschillende wandopbouw en de hoogte ten opzichte van het waterniveau de uitgroei van planten beïnvloedt: zie de foto hieronder.

Later werd ook duidelijk dat metselwerk ook té vochtig kan zijn en te weinig ruimte overblijft voor zuurstof waar plantwortels ook behoefte aan hebben. Op de middelste strook bleken Muurbloemen op de onderste 50 centimeter weer te verdwijnen. Bij een vervolgproject Delft Quay Wall Garden werd heel duidelijk zichtbaar dat verschillende soorten zich op verschillende hoogten handhaven: Op 1 meter boven het water vooral de Muurbloem, op 50 centimeter juist de vochtminnende Muurleeuwenbek.

Meer lezen: UIA GreenQuays D6.2.8 Monitoring van materiaal- en structuurgedrag

UIA GreenQuays D6.2.3_Monitoring planten small scale kademuren

UIA GreenQuays D4.2.2 & D4.2.3 specification construction materials and structural layout

UIA GreenQuays rapport D4.3.2

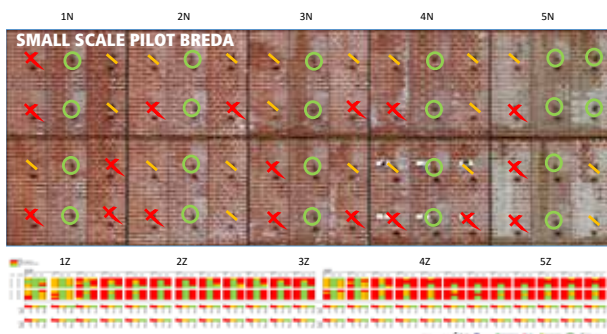
Monitoring van de proefpanelen

Begroeiing op de meest bioreceptieve navoeg op boven en onderzijde van paneel 5N. Duidelijk is te zien dat er de meeste plantgroei is op de midden-

strook waarachter zich capillair substraat bevindt dat het voegoppervlak bevochtigd.

Daarna doet het rechterpaneel van steens baksteen het beter dan het linker paneel 24 met slechts een halve-baksteendikke bekleding.





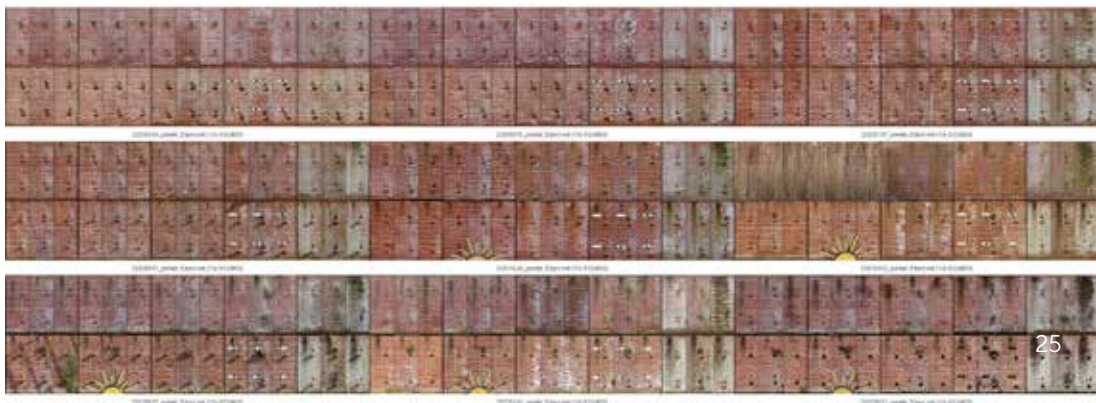
Monitoring van de Small Scale Pilot
proefpanelen

Boven: de opstelling tussen

Markendaalse Weg en Nieuweweg

Links: monitoring van de ingepotte
planten

Onder: genormaliseerde foto's van
de begroeiing op de testpanelen van
april 2020 tot juni 2022



Ruimtelijke structuren onder water - waterplanten, stenen, dood hout - zijn van groot belang voor vissen. Ze gebruiken deze om tussen te schuilen, op zoek te gaan naar voedsel en zich voort te planten. Water- en oeverplanten bieden van nature deze structuur onder water. Doordat de Nieuwe Mark ook een belangrijke recreatieve functie krijgt, wat inhoudt dat deze ondermeer bevaarbaar moet zijn, zijn waterplanten niet overal gewenst.

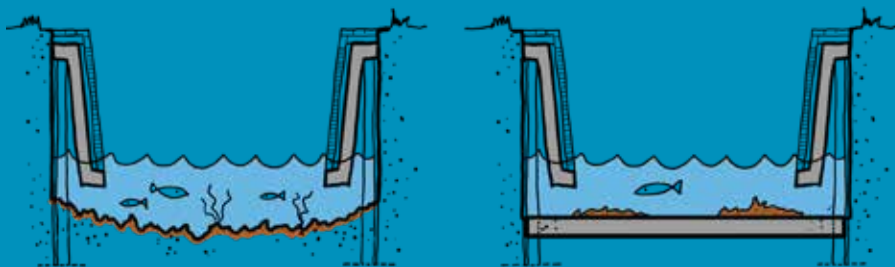
Meer lezen: UIA Greenquays D.6.2.4. (Nulmonitoring biodiversiteit RLP Nieuwe Mark).

Dat onderwaterstructuren van belang zijn voor vissen bleek ook uit onderzoek naar de verspreiding van vissen in het projectgebied en potentiële brongebieden, van waaruit vissen de Nieuwe Mark straks kunnen koloniseren. Hierbij werden drie watertypen vergeleken: kademuren in de binnenstad zonder waterplanten, singels met beschoeide oevers en waterplanten en natuurlijke oevers met veel structuur in de vorm van overhangende bomen, struiken en water- en oeverplanten. In de singels en wateren met natuurlijke oevers werden niet alleen meer verschillende vissoorten gevangen, maar vaak ook in hogere aantallen.

Vanwege de beperkte ruimte voor waterplanten is in de literatuur gezocht naar andere mogelijkheden om structuur onder water aan te bieden. Het aanbrengen van drijvende groenconstructies (vlotjes), open betonconstructies (rifkorven of rifballen) en het inbrengen van dood hout kwamen daarbij naar voren als potentieel kansrijk. Vanuit praktisch (bevaarbaarheid en veiligheid) en esthetisch (de drijvende vlotjes ogen rommelig) oogpunt vielen de vlotjes af. Het aanbrengen van schanskorven met daarin substraat onder de kademuren bleek het meest kansrijk.

Meer lezen: UIA GreenQuays D.4.1.3 (Ecologische randvoorwaarden vissen)

UIA GreenQuays rapport D4.3.2



Voor de natuur was een natuurlijke bodem te verkiezen geweest. Maar vanwege constructieve beperkingen van de locatie in combinatie met de nabijgelegen gebouwen was het niet mogelijk om de grondkerende kadedamwanden enkel aan de oeverzijde te verankeren en was een betonnen bodem die de wanden uiteen houdt toch noodzakelijk.



*Boven: De Rivierdonderpad is een belangrijke doelstoort voor de Nieuwe Mark
Onder: Voorn met schuilgelegenheid door dood hout en in de rivier*



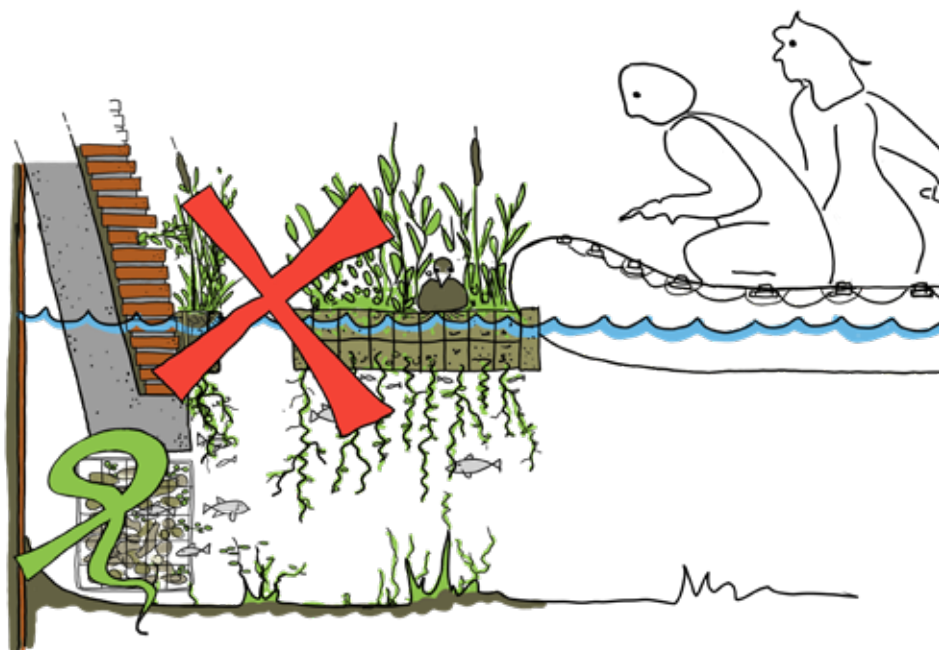
Small Scale Pilot – kunstmatige schuilgelegenheid voor vissen

De schanskorven zullen straks onder de nieuwe kademuren worden aangebracht. Deze kademuren lopen namelijk niet door tot op de waterbodem. Onder de profielen is ruimte beschikbaar (circa 1 meter hoog en 40 cm diep) die in principe benut kan worden voor het aanbrengen van schanskorven. Omdat deze ruimte zich onder de kademuur bevindt vormt de schanskorf geen obstakel voor boten. Als vulling voor de schanskorven is gekozen voor hout. Dit omdat in de Mark, als laaglandbeek, van nature weinig steen voorkomt en doordat bekend is dat exotische grondels, die eveneens in de Mark voorkomen, floreren op stenig substraat. Uit de voorstudie naar de ecologische randvoorwaarden kwam ook naar voren dat de doelsoorten (jonge winde, rivierdonderpad en paling) allen gebruik maken van hout om tussen te schuilen.

Om de werking van de schanskorven gevuld met hout te onderzoeken is een Small Scale Pilot uitgevoerd waarbij 20 schanskorven (50x50x200cm) zijn opgehangen langs een met damwanden beschoeide oever langs de Mark. De schanskorven zijn voorzien van verschillende volumes aan hout. De schanskorven zijn in mei 2022 geplaatst en worden sindsdien gemonitord. Er zijn inmiddels vijf vissoorten aangetroffen in de schanskorven, te weten: baars, blankvoorn, brasem, roofblei en winde. Bij de schanskorven werden bovendien meer vissen gevangen dan langs kademuren waar geen schanskorven zijn geplaatst. De looptijd van het onderzoek is nog te kort om uitspraken te doen over de gewenste houtvolumes. De verwachting is dat na verloop van tijd het hout langzaam vergaat, begroeid raakt met algen en gekoloniseerd wordt door macrofauna. Deze algen en macrofauna dienen dan weer als voedsel voor de vissen.

Meer lezen: UIA Greenquays D.4.4.1. Werkplan small scale proefopzet schanskorven





Drijvende vlotjes of riet en andere planten achter stootrandbalken zijn niet gewenst, maar onder de kademuur is echter wel plaats voor met gevulde schanskorven als schuilplaats voor vissen.

Onder en links: schanskorven en opstelling voor Small Scale Pilot in de stromende rivier de Mark ter plaatse van de Markkade bij stadspark 't Zoet in Breda.



Waterverneveling

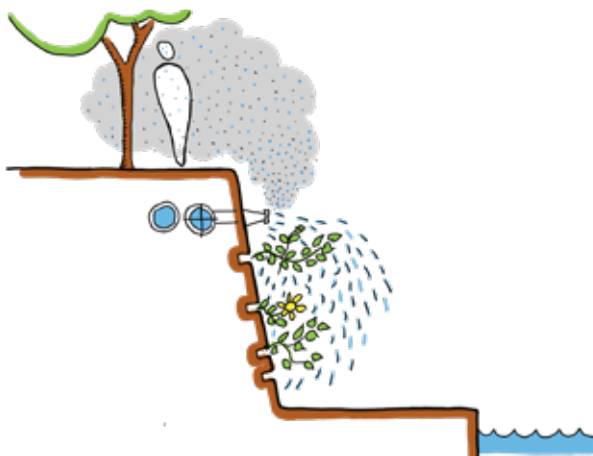
Simulatie door Wageningen University & Research in de modelleringssoftware ENVI-met heeft aangetoond dat de directe omgeving van smalle grachten en rivieren koeler kan worden door meer schaduw met bomen te maken, natuurlijke ventilatie en fontein en of waterlevels toe te passen. Via een Research Through Design proces werden twee virtueel alternatieve ontwerpscenario's onderzocht. Deze nieuwe ontwerpen kwamen niet in de plaats van het door gemeente Breda ontwikkelde voorlopig ontwerp - zij vormde parallel varianten waaruit een klimaatresponsieve strategie kon worden geput, gebaseerd op toepassing van de REALCOOL prototypes en het Nieuwe Mark project. Met de ontwerpvarianten met REALCOOL werden alternatieven uitprobeer d op het gebied van schaduw (aanzienlijk meer schaduw met bomen bij het water), ventilatie (de lucht zo onbelemmerd mogelijk laten stromen), waterverdamping (waterfontein en levels dicht bij mensen introduceren), toegankelijkheid van het water (de nabijheid van water en mensen bevorderen) onderzocht. Ook werd het effect van langgolvi ge straling en waterinfiltratie op het maaiveld en aan de gevels van de gebouwen langs de Nieuwe Mark bekeken. Het eerste alternatieve scenario onderzocht het effect ter plekke op een typische hittegolfdag, het tweede spitste zich toe op het wijdere natuurnetwerk in omliggende straten.

Uit deze modelering is naar voren gekomen dat waterverneveling de hittestress op de kade op hittegolfdagen kan verminderen. Met een overwegende zuidwestelijke windrichting is besloten om de nozzles van dit vernevelingssysteem in de kadewand op te nemen zodat de naar boven gerichte nevel over de aan de aangrenzende straat zal worden geblazen. Door de nozzle ook deels op de kadewand te richten functioneert het systeem ook als een backup op extreem hete en droge dagen voor de bevochtiging van de kademuur voor de muurplanten.

De test hiervan heeft alleen op kleine schaal plaatsgevonden en is nog niet gedurende langere tijd op locatie uitprobeer d.

Het dilemma van de klimaatverandering is de vraag of locale soorten zullen blijven. De waterverneveling vermindert de druk op locale soorten om te migreren naar koelere streken. Tevens zijn juist aan de meer beschadwde zuidwestzijde gunstige groeiplaatsen voor muurplanten gemaakt.

Meer lezen: UIA GreenQuays D5.2.2 Climate responsive design strategy



Het principe van de waterverneveling op extreme hittegolfdagen, waarbij extra spuitopeningen zo gericht zijn dat ook de muurplanten extra worden bevochtigd. Onder de testopstelling in de laboratoriumfase.

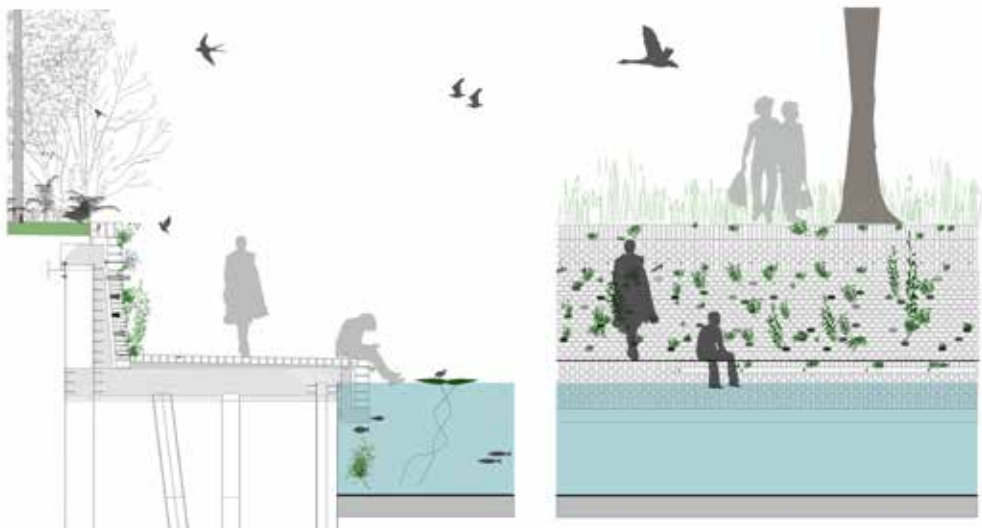


Real Life Verification - een vooruitblik

Op het moment van schrijven worden de kademuren van GreenQuays gebouwd. De ecologische resultaten zijn eigenlijk nog niet direct te verwachten als dit deel van de Nieuwe Mark klaar is, maar pas als het hele traject gerealiseerd is en de Nieuwe Mark weer een stromende rivier is geworden.

Duidelijk zichtbaar zijn de stalen damwanden die de grond keren. Anders dan in de Small Scale Pilot zijn de betonnen schorten niet geprefabriceerd, maar wordt de vorm eerst bekist en het beton dan in het werk gestort. Links is de verlaagde kade van de Nieuweweg te zien, die, als de rivier straks weer echt stroomt, heel af en toe onder wat zal komen te staan. Rechts zijn de gelaste boombakken zichtbaar waar straks bomen horizontaal door ronde patrijspoorten door de metselwerkbekleding zullen groeien. Aan de kop, waar de Nieuwe Mark later zal worden doorgetrokken, staan nog enkele proefpanelen van de Small Scale Pilot met hun voeten in het water achter de damwand.





Boven: Principedoorsnede van de lage kade die enkele keren per jaar bij hevige regenval zal overstromen.

Onder: Bouw van het GreenQuays Real Life Verification - deel van de Nieuwe Mark in april 2023.

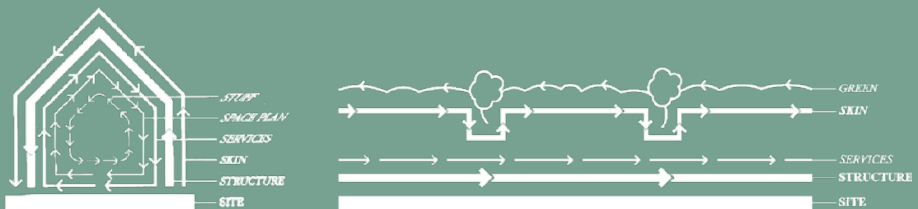


GreenQuays lessen en strategie

Er valt veel van het GreenQuays-project te leren. Bijvoorbeeld over de wijze waarop constructieve sterkte en veiligheid in overeenstemming kan worden gebracht met bioreceptiviteit.

Steeds moet de context in ogenschouw genomen worden: sommige ontwerpkeuzen voor het Nieuwe Mark ontwerp overstijgen het Greenquays onderzoek. Zo stond vooraf de constructie met stalen damwanden met daaraan opgehangen met baksteen beklede betonschorten reeds vast en de situatie vereiste dat een betonnen rivierbodem werd gemaakt om de kademuren te verankeren. De zichtbare baksteenbekleding is in deze situatie in wezen cosmetisch en wordt hoofdzakelijk om traditioneel esthetische redenen toegepast. Die baksteen sluit aan bij de historische binnenstad. Maar binnen dat verband is extra natuurinclusieve functionaliteit voor die bekleding een logische verbetering. Dankzij het onderzoek wordt capillair substraat in de spouw toegepast. Het steeds metselwerk in koppenverband heeft veel terugliggend reliëf gekregen en er is een extra brede voeg met een plantvriendelijke navoegmortel. De diagonaal uit de kade groeiende bomen geven bovendien extra schaduw op het oppervlak van de licht hellende, getrapte kademuur. De resultaten van het onderzoek zullen worden meegenomen bij het ontwerp van het resterende het Nieuwe Mark traject.

Een van de belangrijkste conclusies is dat het verstandig is om die gelaagde opbouw als uitgangspunt te nemen, waarbij de natuurinclusiviteit onderdeel is van de buitenste ecologische schil. Naar het model van Stewart Brand is dit dan een laag die een andere levensduur kan hebben, of die relatief snel met de tijd verandert. Een sterk voorbeeld zijn natuurlijk de voorgehangen boombakken, maar ook toepassing van de navoeg in het metselwerk, die bioreceptief is, maar waarvan degradatie de constructie van het buitenblad niet in gevaar brengt.





Colofon:

Deze generieke beschrijving van de constructie van de kademuren is geschreven met onze ervaring van het UIA GreenQuays-project.

Beeldmateriaal:

Gemeente Breda
TU Delft
Ravon
Ton van Beek

Deze gids is geschreven door:

Koen Mulder (TU Delft)
Edwin Dijkhuis (Ravon)
Jeroen den Brok (Van den Berk Boomkwekerijen)
Ton van Beek (BLAS+)
Joost Barendrecht (Natuurplein de Baronie)
Roel Klei (Gemeente Breda)



Dit project wordt medegefinancierd door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling via het Urban innovation Actions Initiative (UIA)



Gemeente Breda

25 augustus 2023