



DE WERELD VAN PARAMETRISCH ONTWERPEN



#1

APRIL 2024

Een integraal perspectief op de
trends en uitdagingen binnen
de circulaire bouweconomie.



Inhoudsopgave



Over dit document	4
1. Op naar een circulaire bouweconomie	5
Het toekomstperspectief	6
2. Parametrisch ontwerpen	7
Kansen voor de industriële circulaire waardeketen	10
Kans 1: Circulaire haalbaarheid inzichtelijk maken	11
Kans 2: File-to-factory voor industriële productie	11
Kans 3: Faciliteren van mass-customization	12
3. Casestudy Vianen	13
Genereren van honderden gevelementen	15
Koppeling met een online calculatiesysteem	17
4. Interview met Sustainer: een circulair en parametrisch bouwsysteem	19
5. Casestudy Neolithic	24
Van digital warehouse naar gerobotiseerde productie	25
Digitaliseren van expertise en randvoorwaarden	26
Configureren op basis van productiemogelijkheden	27
Totstandkoming van een parametrische hellingtrap voor 3D-printen	28
6. De uitdagingen van parametrische modellen	31
Uitdaging 1: Het ontwikkelen van parametrische modellen vereist andere vaardigheden	31
Uitdaging 2: Ontsloten parametrische modellen	32
7. Actieve spelers op het gebied van parametrisering	34
8. Over deze publicatie	36

Over dit document

Dit document heeft tot doel om inzicht te geven in de trends op het gebied van parametrisering. Parametrisering sluit aan op het perspectief van de nieuwe toekomstige circulaire bouwketen. Hierin spelen industrialisatie, circulariteit en integratie van ontwikkel- en bouwprocessen een belangrijke rol. Nieuwe productietechnologieën in combinatie met parametrisch ontwerp bieden een nieuw toekomstperspectief voor de bouwsector en staan beschreven in [hoofdstuk 1](#).

Vervolgens komt in [hoofdstuk 2](#) aan bod wat parametrisch ontwerpen is en wat de kansen daarvan zijn voor de industriële circulaire waardeketen. Middels een casestudy van Vianen Gevelementen wordt aangetoond, hoe een calculatieafdeling van een industriële leverancier aansluit op de nieuwe digitale waardeketen, en hoe men middels parametrisch ontwerp een aanzienlijke versnelling kan realiseren bij het maken van offertes. Dit lees je in [hoofdstuk 3](#). Ook bij Sustainer speelt parametrisch ontwerp een cruciale rol, zoals blijkt uit het interview in [hoofdstuk 4](#). Met parametrisch ontwerp kan ontwerp tot en met productie worden versneld. Dit wordt duidelijk bij de casestudy van 3D-printbedrijf Neolithic in [hoofdstuk 5](#). Door middel van een digitaal *configure-to-order* proces wordt vanuit een online configurator direct een gerobotiseerde productie aangestuurd. Parametrisch ontwerp is echter nog niet bij alle bouwbedrijven in de dagelijkse praktijk terug te vinden. Daarnaast blijkt dat het nog zeer complex is om informatie gemakkelijk met verschillende ketenpartners te delen. Dit wordt duidelijk in [hoofdstuk 6](#). De afgelopen jaren maakt parametrisch ontwerp een grote vlucht, en komt een groeiend aantal diensten en applicaties beschikbaar. In [hoofdstuk 7](#) wordt een bondig overzicht weergegeven van de actieve spelers op het gebied van parametrisering.

1. Op naar een circulaire bouweconomie

De Nederlandse bouwsector staat de komende decennia voor grote uitdagingen. Uit de publicatie van Staat van de Volkshuisvesting van het Ministerie van Binnenlandse Zaken¹ en Koninkrijksrelaties blijkt, dat tot en met 2030 meer dan 980.000 woningen nodig zijn om het huidige woningtekort te verhelpen. Terugvertaald betekent dit dat de bouwproductie vanaf nu moet stijgen naar 90.000 tot 100.000 woningen per jaar. De huidige bouwproductie ligt een stuk lager. De beschikbaarheid en betaalbaarheid van woningen komt hiermee in het geding. Naast de bouwopgave staat de bouwsector voor een grote duurzaamheidsopgave. Hieronder valt het terugdringen van de CO₂-uitstoot zoals is vastgelegd in het Klimaatakkoord, het verlagen van de stikstofuitstoot en het verminderen van primair materiaalverbruik in het kader van de circulaire economie. De versnippering in de hedendaagse bouwketen zorgt ervoor dat veel tijd en informatie verloren gaat, waardoor het lastig is om de juiste snelheid en koers te behouden.

Kortom, de bouwsector bevindt zich in een spagaat om binnen korte termijn grote aantallen woningen te produceren, maar anderzijds ook te voldoen aan (toekomstige) CO₂-uitstootdoelstellingen en circulaire doelstellingen om Nederland bewoonbaar te houden. Dit spanningsveld vraagt om een nieuwe kijk op de bouwsector, waarbij digitalisering en parametrisering belangrijke middelen zijn om de complexiteit inzichtelijk, meetbaar en beheersbaar te maken, en het juiste tempo te realiseren.

“De bouwsector bevindt zich op dit moment in een spagaat tussen het leveren van veel woningen en het voldoen aan duurzaamheidseisen”



1 www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/11/17/staat-van-de-volkshuisvesting-2023

Het afgelopen jaar is naar schatting ongeveer 21% van de woningen op industriële wijze geproduceerd en dit aantal blijft stijgen². Industrialisatie is een van de oplossingen om de gestelde circulaire doelstellingen te behalen. Industrialisatie maakt het namelijk mogelijk om op grote schaal woningen modulair te ontwerpen, efficiënt met materialen om te gaan en in gecontroleerde prefabfaciliteiten te produceren. Daarnaast maakt industrialisatie het mogelijk om geheel op maat ontworpen en geproduceerde producten te ontwikkelen. Vandaag de dag zitten we midden in een bouwsectortransitie waarbij de eerste moderne productiefaciliteiten worden ingericht, parametrische modellen van bouwsystemen en componenten worden bedacht en de traditionele projectmatige keten stap voor stap wordt omgevormd tot een industriële ontwikkel- en bouwketen. De initiatieven die aan bod komen in dit document zijn de bouwstenen die onderdeel uitmaken van de circulaire waardeketen.

Het toekomstperspectief

In het toekomstige industriële bouwproces zullen unieke gebouwen ontworpen worden via een integraal proces van initiatief tot en met assemblage, ondersteund door parametrisch ontwerp. In de parametrische modellen zullen de productiemogelijkheden van fabrieken worden ontsloten. De bouwkundige oplossingen gaan bestaan uit circulaire concepten en gecertificeerde componenten, waardoor ontwerpen sneller voor specifieke locaties kunnen worden gegenereerd. De productie zal gerobotiseerd plaatsvinden in eigen fabrieken of in fabrieken die bouwers onderling met elkaar delen. Ketenpartners zullen via digitale diensten expertise met elkaar gaan delen. Daarnaast gaan zij continu oplossingen ontwikkelen, waardoor een innovatieve spiraal zal ontstaan in de circulaire waardeketen.

2 Rutten, M. (2024-05-02), *Industriële bouw is een flinke puber*.

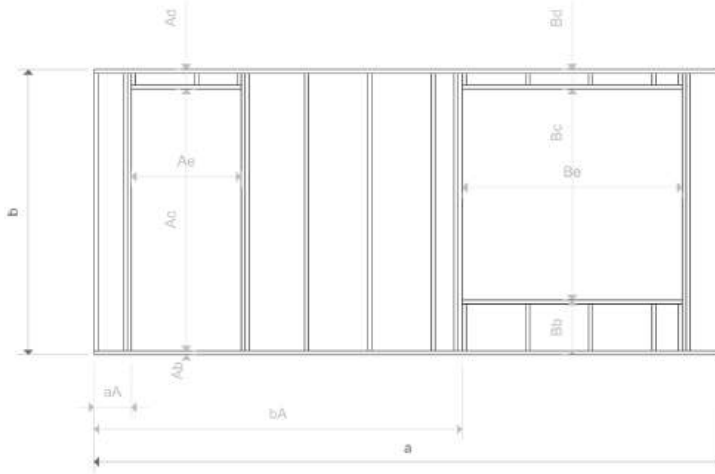
2. Parametrisch ontwerpen

Een parametrisch model is een digitale beschrijving van een proces of product waar met behulp van variabele parameters verschillende configuraties kunnen worden gemaakt. De toepassing van een parametrisch model is zeer breed. Een parametrisch model kan bijvoorbeeld worden toegepast voor het optimaliseren van materiaalreductie voor een gebouwontwerp. Daarnaast kunnen dergelijke modellen helpen bij het aansturen van machines en robots bij de productie. Een parametrisch model komt goed tot zijn recht wanneer het in scenario's wordt ingezet waarbij het (repetitieve) handelingen kan automatiseren, informatie expliciet moet worden gemaakt en waarbij hergebruik van kennis van belang is.

“Ook gebruikers zonder kennis van programmeren kunnen parametrische modellen maken”



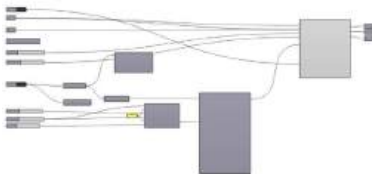
In een parametrisch model worden bijvoorbeeld de geometrische vorm, de structuur en andere relevante eigenschappen gedefinieerd. Deze parameters dienen voorafgaand aan het ontwikkelen van het parametrisch model te worden bepaald. Het model wordt gemaakt met behulp van software die de parameters kan manipuleren om verschillende ontwerpen te genereren en de impact van wijzigingen te analyseren. Dit maakt het mogelijk om snel alternatieve ontwerpopties te verkennen en de effecten van verschillende ontwerpbeslissingen te evalueren. Met behulp van een parametrisch model kan een ontwerpproces aanzienlijk verkort worden. In dit document komt bijvoorbeeld een casus van Vianen aan bod, waarbij het calculatietraject voor een woontoren met honderden houten gevelelementen dat normaliter meer dan vier weken duurt, slechts enkele dagen wordt.



Een parametrische weergave met ontwerpparameters

Het concept parametrisch ontwerpen is niet nieuw. Door technologische ontwikkelingen op het gebied van hardware en software wordt het steeds toegankelijker om zelf parametrische modellen te maken. Vandaag de dag kunnen ook gebruikers zonder kennis van programmeren parametrische modellen maken met behulp van zogenaamde *low-code* applicaties. Ook zijn er digitale diensten beschikbaar die zelf ontworpen parametrische modellen vervolgens kunnen publiceren op het internet, zodat anderen er gebruik van kunnen maken.

Sunlight Hours Analysis



Met een parametrisch *low-code* script kan een zonlichtanalyse worden gemaakt

Voor een succesvol parametrisch model is het van belang om bewust te zijn dat het bouwen van een parametrisch model om een andere denkwijze vraagt dan het kenmerkende projectgebaseerd proces in de bouw. Een parametrische modelontwikkeling komt pas goed van de grond zodra helder is gedefinieerd wat de randvoorwaarden moeten zijn. Bijvoorbeeld wat de inputparameters zijn, wat de output dient te worden en waar de output aan moet voldoen. Daarbij is het ook van belang dat een parametrisch model enkel op logica gebaseerd is. In de bouw worden onbewust veel keuzes gemaakt op basis van het gevoel. Daarnaast bestaat er vaak een kennisafhankelijkheid bij bouwbedrijven, doordat kennis slechts aanwezig is bij individuele medewerkers. Zodra een parametrisch model van een proces wordt gemaakt, dienen de impliciete handelingen vertaald te worden naar op basis van logica expliciet gemaakte stappen. Het parametrisch model kan vervolgens talloze keren gebruikt worden.

“Toepassingen voor circulariteit, ontwerp en productie kunnen integraal met elkaar worden verbonden in parametrische modellen”



Hieronder staan de stappen weergegeven om tot een parametrisch model te komen. De casestudy van Neolithic legt deze stappen uit middels een voorbeeld.

stap 1

Bepaal de doelstelling, scope en doelgroep van het parametrisch model. Indien sprake is van een groot plan, knip dan eerst de aanpak op in kleinere sub-onderdelen. Dit is van belang, omdat hiermee het overzicht kan worden behouden.

stap 2

Zorg dat je alle kennis van het desbetreffende product of proces begrijpt alvorens de behoeftes vast te stellen.

stap 3

Definieer de belangrijkste input- en outputparameters.

stap 4

Bepaal de onderlinge verbanden tussen de parameters om de achterliggende informatiestroom te definiëren.

stap 5

Bepaal de formules om van de inputparameter naar een outputparameter te komen. Dit kan enkel op logica gebaseerd zijn.

stap 6

Bepaal de software waarin je het parametrisch model wilt bouwen.

stap 7

Werk het parametrisch model uit.

stap 8

Valideer de accuraatheid van het parametrisch model door zo veel mogelijk combinaties van inputparameters te testen.

stap 9

Indien nodig, maak meerdere iteraties van stappen 7 en 8. Het kan ook mogelijk zijn dat met nieuw voortschrijdend inzicht de scope bij stap 1 herzien moet worden.

stap 10

Documenteer de parameters, de relaties tussen de parameters, gemaakte aannames, randvoorwaarden en beperkingen.

stap 11

Implementeer het parametrisch model in het proces en verspreid het onder de doelgroep.

Kansen voor de industriële circulaire waardeketen

Een parametrische aanpak kan in tal van toepassingen worden gebruikt. Onderstaand is een beknopt overzicht weergegeven van de mogelijkheden om de industriële circulaire waardeketen te ondersteunen en vorm te geven. Om tot een efficiënte en circulaire keten te komen, kunnen de onderstaande toepassingen integraal met elkaar worden verbonden.

De drie onderstaande kansen komen later ter inspiratie terug in de casestudy's en het interview. Een overzicht van actieve spelers is terug te lezen in de tabel "[Actieve spelers op het gebied van parametrisering](#)" in hoofdstuk 7.

Kans 1: Circulaire haalbaarheid inzichtelijk maken

Een groot voordeel van parametrisch ontwerp voor circulair bouwen is het snel expliciet kunnen maken van informatie over klimaatimpact van een gebouw op basis van vooraf gedefinieerde parameters. De afgelopen jaren ontstaan steeds meer parametrische oplossingen die direct inzichtelijk maken wat de impact is van verschillende bouwsystemen is op gebouwtypologieën en configuraties. Dit kan uiteenlopen van het gehele casco tot verdiepingen en losse installaties. Mede hierdoor kunnen in een vroeg ontwerpstadium haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd om een optimum te bepalen voor bijvoorbeeld een zo klein mogelijke milieuoetafdruk. Om dit mogelijk te maken is datakwaliteit belangrijk. Hiermee wordt het mogelijk om met parametrisch ontwerp circulariteit meetbaar te maken. Zo kunnen gebouwconfiguraties vergeleken worden om een zo circulair mogelijke samenstelling te ontwerpen. De afgelopen periode zijn er veel ontwikkelingen geweest, omdat er steeds meer hoogwaardige informatie over bijvoorbeeld materialen en milieubelasting beschikbaar komt. Daarnaast helpen toetsingsraamwerken, zoals het recentelijk gelanceerde Het Nieuwe Normaal 1.0³ bij het uniform vaststellen van parameters waaronder materiaalgebonden CO₂-uitstoot en opslag, losmaakbaarheid en MPG (MilieuPrestatie Gebouwen) om configuraties te vergelijken, te toetsen en te optimaliseren.

Kans 2: File-to-factory voor industriële productie

Bij industrialisatie aan de productiekant van de bouwketen ontstaan mogelijkheden om (repetitieve) werkzaamheden te automatiseren met behulp van robots en machines. Dit is een trend die de afgelopen jaren steeds meer plaatsvindt. Hiervoor zijn veelal woningconcepten ontwikkeld die toegepast kunnen worden in verschillende samenstellingen om aan te sluiten op de klantwensen. In tegenstelling tot werknemers hebben machines en robots geen bouwkundige tekeningen nodig om productie en assemblage uit te voeren. De afgelopen jaren neemt het aansturen van machines en robots vanuit Building Information Modelling (hierna BIM) een grote vlucht. Door de grote variatie van concept-configuraties ontkomt men er niet aan om het proces van engineering tot en met productie (gedeeltelijk) parametrisch te maken. Parametrisch ontwerp maakt het bijvoorbeeld mogelijk om direct de plaatsingscoördinatie van

3 www.hetnieuwenormaal.nl

steenstrips te berekenen bij configureerbare metselwerkverbanden. Daarnaast is het in staat om machine- en robotdata te berekenen. Bijvoorbeeld voor freesmachines van modulaire houten bouwsystemen en positionering van plaatmaterialen op HSB-frames. In feite kan dankzij parametrische ontwerpen binnen enkele minuten de vertaalslag van engineering naar productie geheel digitaal worden uitgevoerd.

Kans 3: Faciliteren van mass-customization

Woningconcepten, casco systemen en (modulaire) componenten worden steeds vaker van tevoren ontworpen en geëngineerd voor circulaire en industriële ontwikkeling en productie. Zodra de bouwkundige oplossing is uitgedacht, kunnen ontwerpopties parametrisch worden vastgelegd. De ontwerpopties kunnen uiteenlopen van bijvoorbeeld afmetingen, samenstellingen tot aan materialisatie en meer. Hiermee wordt het mogelijk om binnen een bouwkundig concept talloze varianten samen te stellen om aan de klantwens te voldoen. Dit staat ook wel bekend als *mass-customization*. Door in het parametrisch ontwerp ook rekening te houden met de productiemogelijkheden, kan worden bewerkstelligd dat elke parametrisch instelbare optie realiseerbaar is. Op die manier kan een productielocatie op grote schaal produceren en tegelijkertijd toch continu unieke oplossingen opleveren.

3. Casestudy Vianen:

parametrische calculatie van modulaire houten gevelelementen

Vianen Gevelelementen (hierna Vianen) is een specialist op het gebied van modulaire houtskeletbouw (HSB) gevelvullende elementen voor kenmerkende hoogbouwprojecten. Het bedrijf bestaat al enkele decennia. De afgelopen twee jaar heeft Vianen ingezet op de ontwikkeling van parametrische modellen om de interne processen te versnellen. Dankzij parametrische modellen kan de verbinding worden gemaakt met de nieuwe digitale circulaire waardeketen.



Project Sluishuis te Amsterdam, 2022 (Vianen Gevelelementen)

Een eerste stap die binnen Vianen is genomen, is de parametrisering van het van origine tijdsintensieve calculatietraject. Ontwerpen van gebouwen bij Vianen bevatten vaak honderden elementen met veel variaties, en deze elementen moeten voldoen aan strikte eisen op het gebied van kwaliteit en duurzaamheid. De afgelopen jaren ontvangt Vianen steeds betere BIM-modellen van opdrachtgevers. Traditioneel gezien worden tijdens de calculatiefase de afmetingen en aantallen met de hand berekend, wat ervoor zorgt dat klanten vaak verschillende weken moeten wachten op een offerte. Daarnaast komt het vaak voor dat projecten moeten worden herzien, waardoor projecten meerdere keren opnieuw dienen te worden gecalculeerd. Hierdoor ontstond de wens bij Vianen om gebruik te maken van aangereikte BIM-informatie met als doel de klant veel sneller te voorzien van prijzen.

Daarnaast wil Vianen meer datagedreven werken om meer in control te komen. Deze wens is onderdeel van een grotere transitie binnen Vianen om alle afdelingen integraal met elkaar te verbinden met behulp van digitalisering. Dit betreft onder andere de afdelingen calculatie, engineering, werkvoorbereiding en productie. De doelstelling is om per fase informatie te verrijken en het detailniveau te vergroten, zonder dat men opnieuw hoeft te beginnen. Middels parametrisch ontwerp wordt steeds meer bouwkundige kennis en andere inzichten digitaal vastgelegd. Dankzij de recente ontwikkelingen wordt het op termijn mogelijk om via digitale koppelingen interactief met opdrachtgevers informatie uit te wisselen. Hiermee speelt Vianen volop in op de transitie naar een meer digitale bouwketen.

“Ook als je al tientallen jaren meedraait in de bouwsector, ben je in staat om parametrisering toe te passen in je werkprocessen. Op die manier sluit je aan bij de nieuwe digitale circulaire waardeketen”



Genereren van honderden gevelementen

Om geautomatiseerd een calculatie uit te voeren gebruikt Vianen een BIM-model van het project. Dit model fungeert als bron voor de calculatie. Met name een correct uitgewerkte ruimtereservering van het gevelement is van belang. Om ervoor te zorgen dat opdrachtgevers bouwkundig en model-technisch correcte BIM-modellen aanleveren, heeft Vianen een zogeheten informatiekaart ontwikkeld. In deze informatiekaart staat beschreven waar het BIM-model aan moet voldoen. Daarnaast zijn verschillende gradaties van modelkwaliteit aangebracht, om in aanraking te komen met de snelle calculatiemethode. Een groot deel van de modellen die Vianen momenteel ontvangt voldoet om snel aan de slag te kunnen.



Productie van modulaire HSB-frames

De parametrische software van Vianen herkent de elementen automatisch en daarna worden direct de belangrijke eigenschappen gegenereerd en doorgerekend. De belangrijke eigenschappen betreffen elementtype-classificaties, breedte- en hoogteafmetingen, netto en bruto oppervlaktes en sparringafmetingen. Op basis van deze informatie worden het HSB-frame en de isolatie automatisch gegenereerd. De calculator kan eenvoudig aangeven welke opties toegevoegd mogen worden aan het element. Denk hierbij aan verschillende soorten beplatingen en vakvullingen. Zodra

deze kenmerken zijn toegewezen aan het parametrisch model, genereert het model automatisch al deze onderdelen. Uit het parametrisch model volgen vervolgens de materiaalhoeveelheden in de gewenste eenheid en andere gegevens die belangrijk zijn voor de calculatie.

“Met behulp van parametrische modellen wordt het calculatietraject verkort van weken naar slechts enkele dagen”



Stappen voor een parametrische calculatie:

stap 1

Importeer het IFC-model van het project en filter de HSB-wanden.

stap 2

Valideer de geometrie van de HSB-wanden op volledigheid.
Voeg eventueel de missende onderdelen toe door te modelleren.

stap 3

Genereer van alle elementen de basiseigenschappen frame en isolatie met een druk op de knop.

stap 4

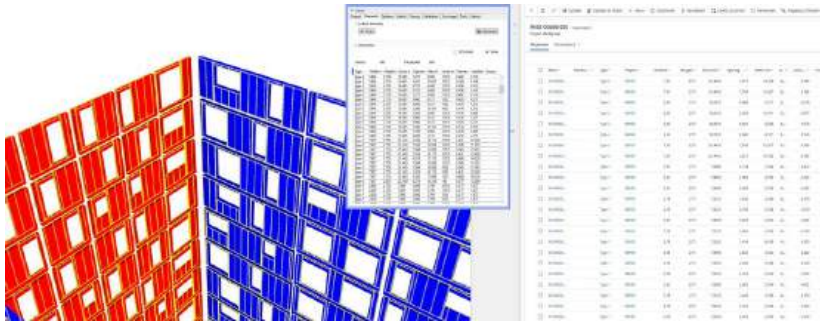
Wijs vervolgens gewenste opties toe (waaronder beplatingen, vakvullingen) door de elementen te selecteren en de optie aan te klikken.

stap 5

Zodra alles gereed is, kunnen alle gegevens als een calculatieversie geëxporteerd worden naar een online calculatiesysteem. Binnen dit systeem wordt de prijs berekend per element en kan een offerte worden geëxporteerd.

stap 6

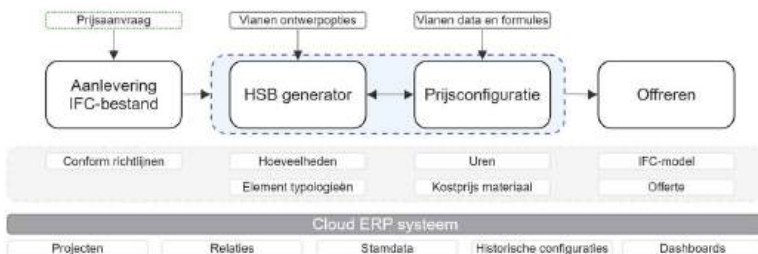
Exporteer tevens een calculatie IFC-model vanuit het parametrisch model ter communicatie met de opdrachtgever.



Parametrische configuratie met koppeling naar een online calculatiesysteem

Koppeling met een online calculatiesysteem

Vanuit het parametrisch model wordt vervolgens een export gemaakt van alle hoeveelheden, waarna alle materiaalprijzen en uren worden bepaald. Dit gebeurt in een online calculatiesysteem waar artikelen en uren-formules in staan. De gegevens vanuit het parametrisch model worden hieraan gekoppeld om vervolgens zeer nauwkeurig alle elementen door te rekenen. Het grote voordeel van deze online omgeving is dat de calculatieafdeling binnen Vianen kan leren van data uit het verleden. Doordat van alle projecten uit het verleden gedetailleerde informatie per element is opgeslagen, kan men dwarsdoorsneden visualiseren van belangrijke kenmerken en relaties. Bijvoorbeeld over gebruik van de grondstoffen, prijzen, veelvoorkomende opties, kostenontwikkelingen en meer. Hiermee worden rapportages en prognoses gedegen onderbouwd.



Digitale calculatie middels een HSB-generator

“Belangrijke elementeigenschappen zoals de RC-waarde en MPG zullen spoedig automatisch meegerekend worden bij de parametrische calculatie”



Zodra de kengetallen voor de offerte gereed zijn, kan uit het online systeem een offerte worden uitgedraaid. Naast dit document levert Vianen tegenwoordig ook een IFC-model van de calculatie mee. Dit is een export vanuit het parametrisch model. Hiermee kan de opdrachtgever precies zien welke elementen zijn gecalculeerd inclusief de toegewezen element-opties. Op basis van deze digitale werkwijze kunnen grote projecten met talloze elementen snel worden geoffreerd en blijft Vianen in control.

De casestudy van Vianen toont aan dat het mogelijk is om stap voor stap parametrisering toe te passen in bestaande bedrijfsprocessen. Parallel aan dit proces is Vianen actief met productontwikkeling om aan te kunnen sluiten bij de digitale en circulaire waardeketen. De synergie die plaatsvindt tussen parametrisering, producten en het in *real time* aanbieden van duurzaamheidswaardes gaat een belangrijke rol spelen in de toekomstige dienstverlening van producenten.

Gebruikte software:

Rhinoceros, Microsoft Dynamics 365 en eigen softwareontwikkelingen
www.vianenkozijnen.nl

Kenmerken

- Parametrische modulaire gevelementen
- Aangestuurd vanuit IFC-modellen van opdrachtgevers
- Interne werkprocestransformatie

4. Interview met Sustainer: een circulair en parametrisch bouwsysteem

Sustainer is een van de voorlopers op het gebied van circulariteit en parametrisch ontwerp in de bouwsector. Met hun vooruitstrevende ideeën over circulair bouwen en een nieuwe digitale manier van werken, zijn zij een voorbeeld voor andere bouwers. Om meer te weten te komen over Sustainer en hoe zij circulair te werk gaan is de CTO, Sol van Kempen, geïnterviewd.

Wat doet Sustainer?

Sustainer is een softwarebedrijf met een eigen bouwsysteem. Sustainer maakt het mogelijk om jouw productie van woningen in hout op een circulaire manier uit te voeren. Ons bouwsysteem is volledig parametrisch. Dit houdt in dat alle bouwkundige details aanpasbaar zijn in maat en tegelijkertijd automatisch worden doorgerekend. Daarmee kunnen we in een vroege haalbaarheidsfase vrijwel alle uitwerkingen al geautomatiseerd uitvoeren. Op die manier worden benodigde materialen en hoeveelheden direct inzichtelijk. Zo helpen we ontwikkelaars, aannemers, architecten en producenten te versnellen in de transitie naar schaalbaar en betaalbaar duurzaam bouwen.

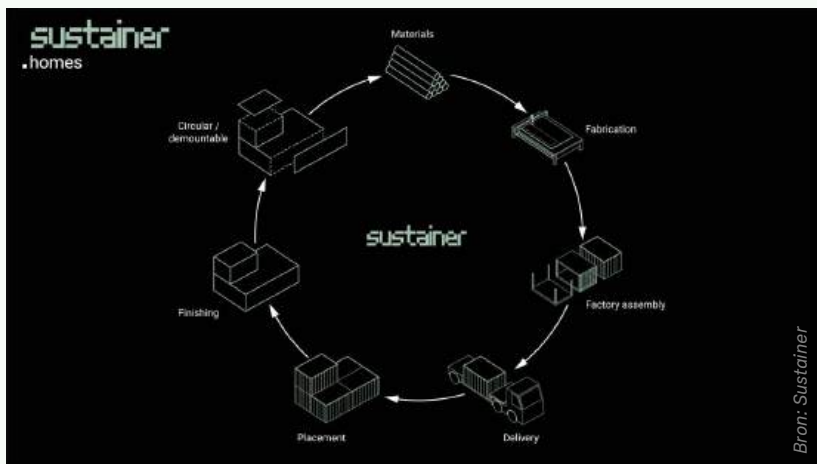
“Het is onze ambitie om op een toegankelijke wijze onze ontwerpmogelijkheden en circulaire informatie te delen met architecten en ontwikkelaars, zodat de best mogelijke circulaire gebouwen kunnen worden geconfigureerd”



Ons bouwsysteem bestaat uit CNC-gefreesde LVL (Laminated Veneer Lumber) onderdelen uit Finland. De onderdelen passen als puzzelstukjes in elkaar en worden als kant-en-klaar bouw pakket naar een assembleur gestuurd. Alle onderdelen passen maar op één manier in elkaar, en gezamenlijk worden de puzzelstukjes tot een 3D-module verwerkt. Deze modules worden vervolgens naar een locatie gebracht. Binnen een paar uur kan een heel gebouw geassembleerd worden. Dit bouwsysteem realiseren wij momenteel op grote schaal samen met onze partner geWOONhout.

Wat is jullie aanpak?

In principe is onze aanpak de verkoop van de digitale technieken en informatie van ons bouwsysteem per module. Wij realiseren alle digitale tekeningen en productiemodellen uit ons parametrisch model die vervolgens direct gebruikt kunnen worden bij de CNC-freesfabriek en assemblagehal. Op die manier wordt vanuit onze opgeleverde digitale modellen direct de bestelling gedaan voor de materialen en worden productietekeningen opgehaald. Tevens ligt daarin vastgelegd wat de bouwvolgorde is van alle onderdelen. Met onze digitale aanpak faciliteren wij een geïntegreerde keten van ontwerp tot en met productie van ons bouwsysteem.



De digitale file-to-factory waardeketen van Sustainer



Bron: Sustainer

Circulaire woningen van Sustainer

Wat maakt jullie bouwsysteem circulair?

Binnen ons bouwsysteem maken we zoveel mogelijk losmaakbare onderdelen. Zo passen we geen lijm en staal toe. Alle verbindingen die niet onomkeerbaar zijn zitten er niet in. Een module kan gedurende zijn levensduur op talloze manieren worden ingezet. Binnen 15 minuten kan een module losgeschroefd worden en getransporteerd. Ook de module zelf kan weer geheel uit elkaar gehaald worden tot zijn eigen sub-componenten waaronder de vloeren en wanden. Deze sub-componenten kunnen op hun beurt weer volledig uit elkaar gehaald worden tot de oorspronkelijke elementen. Daarnaast zijn alle elementen vervaardigd uit biobased plaatmaterialen. Voor ons zijn dat de drie niveaus van circulariteit.

Momenteel werken we binnen Sustainer aan een uitbreiding van een bestaand gebouw waarbij oude modules worden hergebruikt. Daarbij komen ook een paar extra nieuwe modules die we vastzetten aan de reeds eerder gemaakte modules. Ons systeem is dus 1:1 herbruikbaar.

Op welke manier draagt parametrisch ontwerp bij aan circulariteit?

Parametrisch ontwerpen is een middel om ons circulaire doel te bereiken. Het parametrisch ontwerp van ons gebouw helpt ons bij het vastleggen van alle relevante duurzaamheidsinformatie. Tevens is hergebruik van bestaande gebouwelementen een stuk makkelijker geworden door parametrisch ontwerp, doordat je eenvoudiger kan aansluiten op de bestaande orde. Het is bijvoorbeeld binnen parametrisch ontwerp mogelijk om op basis van een pointcloud van een gebouw ons bouwsysteem naadloos erop aan te laten sluiten.

“Parametrisch ontwerpen is een middel om ons circulaire doel te bereiken”



In aanvulling daarop kunnen wij vanuit het parametrisch model een koppeling maken met bijvoorbeeld de MPG (MilieuPrestatie Gebouwen) berekeningen. Het idee is dat je in de parametrische software gelijk al je eindresultaat ziet en dan ook de MPG-waarde.

Welke parametrische tools zetten jullie in?

We werken op basis van het tekenplatform Rhino 3D, waar we onze eigen tools en plug-ins op bouwen. Wij hebben een intern softwareteam van zes medewerkers. In Rhino tekenen wij massa's van de modules, wanden en vloeren. Met behulp van onze eigen software worden vervolgens alle details gegenereerd. Onze plug-in interpreteert alles wat getekend is en kijkt of het reeds eerder is gemaakt. Indien dit zo is, halen we de bouwkundige component op van een online database. Indien het onderdeel nog niet bestaat, dan genereren wij dit met behulp van de parametrische software Grasshopper waar wij onze eigen logica in hebben geprogrammeerd. Vervolgens wordt het nieuwe bouwkundige component online opgeslagen.

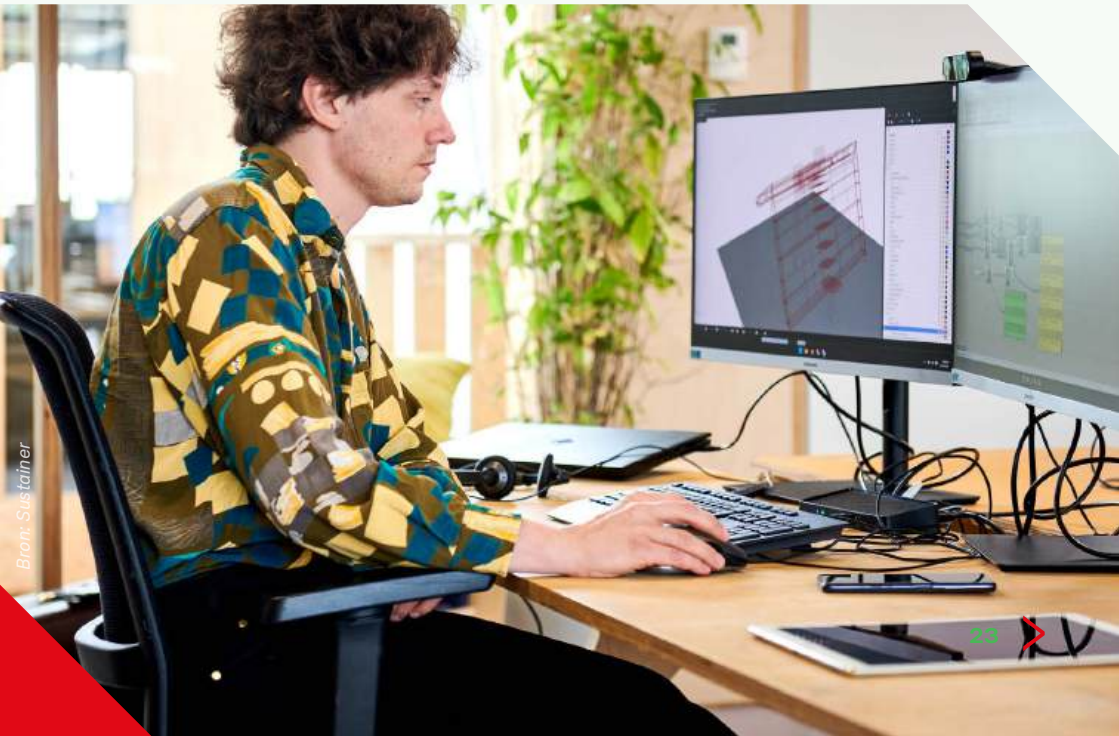
Voor de communicatie met de buitenwereld hebben wij een eigen IFC (Industry Foundation Classes) exportmodule ontwikkeld binnen Rhino. In Rhino wordt alle geometrie van ons bouwsysteem gegenereerd. Vervolgens wordt die informatie omgezet in een IFC-model dat op heel veel verschillende softwareplatforms leesbaar is.

Wij bouwen tevens onze eigen plug-ins om de IFC-modellen handig te kunnen uitlezen. In de fabriek kan vervolgens een module worden ingelezen om die op een praktische manier te produceren. Het detailniveau gaat tot op het werkstation-niveau in de assemblagehal van onze partner. Een lijst van alle producten wordt dan bijvoorbeeld weergegeven in de assemblagehal inclusief 3D-beeld met naamgevingen en werkbeschrijvingen van alle onderdelen.

Waar willen jullie over vijf jaar staan met betrekking tot parametrisch ontwerp en circulariteit?

Over vijf jaar delen wij met architecten en ontwikkelaars op een hele toegankelijke manier onze ontwerpmogelijkheden en alle circulaire informatie om de best mogelijke circulaire gebouwen te configureren. Dat betekent dat we in ons bouwsysteem alle desbetreffende informatie ter beschikking moeten stellen. Daarnaast zal dit op een toegankelijke digitale wijze moeten plaatsvinden. Bijvoorbeeld middels generatieve haalbaarheidsstudies van derden waar een stuk grond wordt gevisualiseerd en waarin je met de data van het Sustainer-bouwsysteem milieu-impact en kosten in kaart brengt en zo tot een optimale ontwerpkeuze komt binnen een uur. Ons bouwsysteem moet het beste in de informatievoorziening zijn en prijscompetitief zijn. Hierdoor wordt het voor de gebruikers verleidelijk om toe te passen. Daarmee kunnen we hopelijk stoppen met het onnodig gebruik van beton en overgaan naar circulaire materialen zoals hout. Sustainer streeft naar het gebruik van slimme tools en informatie, zodat men niet meer terug wil naar de traditionele bouwsystemen. Hiermee maken we een mooie ontwikkeling voor houtbouwoplossingen en geven we invulling aan onze duurzaamheidsvraagstukken.

In-house software development van het parametrische circulaire bouwsysteem



5. Casestudy Neolithic:

materiaalreductie door middel van parametrisering en robotisering

Neolithic is ontstaan uit de behoefte om efficiënter met grondstoffen om te gaan in de bouw- en infrasector. Daarnaast is er ook een groot tekort aan gekwalificeerd personeel. Op beide problemen speelt Neolithic in door het toepassen van parametrisering en robotisering. De focus van Neolithic ligt op het ontwikkelen en 3D-printen van modulaire bouw- en infraproducten. Door gebruik te maken van deze technologie worden producten zeer materiaalefficiënt ontworpen en geprint. Zo hoeft in feite enkel materiaal gebruikt te worden waar het esthetisch gewenst is of constructief benodigd. Vervuilende mallen voor eenmalig gebruik zijn ook niet meer van toepassing. Dit past in de strategie van Neolithic om de bouw- en infra circulair te maken. Neolithic maakt producten zoals verloren bekistingen, taludtrappen/helling trappen, gevelementen, putten en straatmeubilair.

“Per productcategorie kan middels parametrisch ontwerp een grondstofreductie van 60% worden gerealiseerd ten opzichte van traditionele ambachtelijke productiemethoden”



Van digital warehouse naar gerobotiseerde productie

Neolithic focust zich op het ontwikkelen van een *digital warehouse* met parametrische ontwerpen. Middels het digital warehouse kunnen printfaciliteiten verspreid door Nederland worden aangestuurd vanuit een centrale plek. Hiermee wordt gestuurd op de reductie van transportbewegingen in de bouw waarmee veel CO₂ wordt uitgestoten. De productiefaciliteit van Neolithic bestaat uit een industriële robotcel waarmee de bouwkundige producten worden geprint.

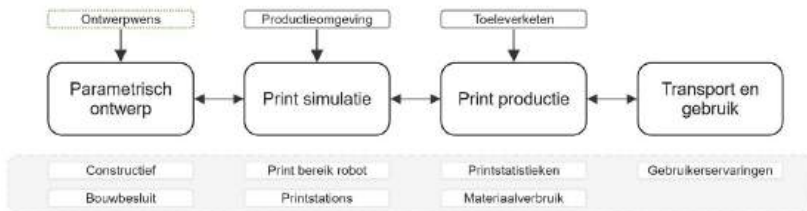
Doordat de productie geheel gerobotiseerd plaatsvindt, is het proces van design naar productie volledig digitaal ingericht. De digitale drager van het gehele proces is een parametrisch model van elk product. Het grote voordeel van digitale integratie door parametrisch ontwerp tot aan productie, is de mogelijkheid om aan klanten *mass-customizable* producten aan te bieden. Hierbij zijn geen menselijke proceshandelingen meer nodig. In aanvulling daarop maakt het parametrisch model het mogelijk om direct van ontwerp naar productie te gaan, waardoor levertijden tussen de één en twee weken zijn, afhankelijk van de productcategorie. Dit staat in groot contrast met traditionele levertijden van vaak wel meer dan vijf weken.

Print hub voor materiaal geoptimaliseerde producten zoals taludtrappen



Digitaliseren van expertise en randvoorwaarden

Producten van Neolithic worden ontwikkeld in samenwerking met partners die specifieke domeinkennis hebben. Gezamenlijk worden parametrische ontwerpparameters bepaald die relevant zijn voor het product. Bijvoorbeeld die van de constructieve expertise om door te rekenen waar enkel materiaal nodig is. Neolithic ontwikkelt vervolgens een parametrisch model. Hierin wordt van verschillende expertises kennis digitaal vastgelegd, waaronder de constructieve limieten, de gewenste ontwerpopties, Bouwbesluit-randvoorwaarden en de productiemogelijkheden van de Neolithic *print cell*. Hiermee kan worden gegarandeerd dat elke ontwerpconfiguratie voldoet aan de productiemogelijkheden van de industriële robot. Daarnaast sluit het aan op de specifieke behoefte van de doelgroep en voldoet het aan de gestelde wetgevingen. Zodra er nieuwe inzichten zijn verkregen, ontwikkelt Neolithic een product door. Dit proces heeft veel weg van productontwikkeling en dit maakt het mogelijk om kennis door de tijd heen te waarborgen en producten van continue vernieuwingen te voorzien. Op die manier kan worden ingespeeld op de veranderende marktbehoefte. Daarnaast maakt deze werkmethodiek het mogelijk om nieuwe producten toe te voegen aan het assortiment. Hiermee groeit continu het beschikbare aanbod.



File-To-Factory vanuit een parametrisch model

Configureren op basis van productiemogelijkheden

Een parametrisch model biedt Neolithic de mogelijkheid om alle printmogelijkheden van een print cell te integreren. Voor Neolithic zijn dit onder andere het minimale en maximale bereik van de robotarm, de posities waar elementen geprint kunnen worden (*work objects*), de coördinaten van elke printpositie om het element te printen (printpad) en logistieke limieten zoals het maximaal transporteerbare gewicht in de faciliteit. Het parametrisch model maakt het mogelijk dat deze belangrijke voorwaarden om de print te kunnen starten direct meegenomen worden bij het configureren van het ontwerp. Productiemogelijkheden van de printfaciliteit worden dus volledig naar de voorkant van de bouwketen gebracht om in een zo vroeg mogelijk ontwerp-stadium optimaal gebruik te maken van alle mogelijkheden en om onvoorziene additionele productiekosten te voorkomen.

Na het configureren van een ontwerp worden verschillende onderdelen direct berekend. Dit omvat onder andere de geometrische weergave van het product, productietekeningen, productkenmerken zoals het gewicht en materiaalbesparing, de productiedata om de robot aan te sturen en de kostprijs.

Kortom, Neolithic is met behulp van parametrisch ontwerp in staat om materiaal-geoptimaliseerde ontwerpen te maken die tevens geheel op maat geproduceerd zijn.

Plaatsing van modulaire en herbruikbare taludtrap elementen



Totstandkoming van een parametrische hellingtrap voor 3D-printen

De configurator van Neolithic is online uit te proberen via www.hellingtrap.nl.

1 Bepaal de doelstelling, scope en doelgroep van het parametrisch model

Het product hellingtrap van Neolithic wordt vermarkt via een online website. De doelstelling is om alle technisch mogelijke hellingtrapconfiguraties beschikbaar te stellen aan de klant op een gebruiksvriendelijke manier.

2 Zorg dat je alle kennis van het desbetreffende product of proces begrijpt alvorens de benodigheden vast te stellen

Voor de hellingtrap is het belangrijk om ontwerpconfiguraties te maken die voldoen aan constructieve eisen, binnen het printbereik van de robotarm passen voor productie én voldoen aan het Bouwbesluit. Gezamenlijk met experts zijn alle randvoorwaarden helder gedefinieerd. Hieruit zijn de ontwerprichtlijnen van een modulaire hellingtrap ontstaan.

3 Definieer de belangrijkste input- en outputparameters

De klant wil een ideale hellingtrap samen kunnen stellen. Daarom zijn inputparameters als lengte, breedte en hoogte belangrijk. Ook zijn opties voor op- en aantreden wenselijk. Een outputparameter is bijvoorbeeld de geometrische weergave van de trap, maar ook de printbestanden, hoeveelheid benodigd printmateriaal en een offertefunctionaliteit.

4 Bepaal de onderlinge verbanden tussen de parameters om de achterliggende informatiestroom te definiëren

De ingevoerde afmetingen moeten zich vertalen naar een ontwerp dat voldoet aan alle randvoorwaarden. Neolithic heeft hiervoor een schema gemaakt waarin de relaties staan beschreven.

5 Bepaal de formules om van de inputparameter naar een outputparameter te komen. Dit kan enkel op logica gebaseerd zijn

Een voorbeeld is de print-grondstofberekening. Om inzichtelijk te krijgen hoeveel materiaal er nodig is om de ontwerpconfiguratie te printen dient de massa berekend te worden. Dit is de som van het volume van alle modulaire elementen plus een marge. Het volume wordt bepaald door het printoppervlak maal de printlaagdikte.

6 Bepaal de software waarin je het parametrisch model wilt bouwen

De hellingtrap is parametrisch geprogrammeerd in het programma Rhinoceros in combinatie met Grasshopper. Door middel van Packhunt Marketplace wordt het model online beschikbaar gesteld.

7 Werk het parametrisch model uit

De ontwikkeling is uitgevoerd middels verschillende sprints waarbij telkens nieuwe functionaliteiten, inputparameters en outputparameters worden toegevoegd.

8 Valideer de accuraatheid van het parametrisch model door zo veel mogelijk combinaties van inputparameters te testen

Neolithic heeft de testcyclus opgeknipt in interne tests, tests met bestaande klanten en in werkgroepen bestaande uit een geselecteerd consortium.

9 Indien nodig, maak meerdere iteraties van stappen 7 en 8. Het kan ook mogelijk zijn dat met nieuw voortschrijdend inzicht de scope bij stap 1 herzien moet worden

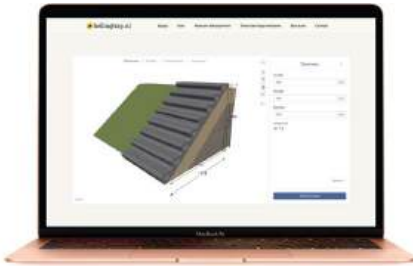
Het parametrisch model is continu in ontwikkeling. Door productontwikkelingen komen er in de toekomst meer ontwerpopties beschikbaar in de configurator.

10 Documenteer de parameters, de relaties tussen de parameters, gemaakte aannames, randvoorwaarden en beperkingen

In het parametrisch model is de code gedocumenteerd met behulp van toelichtingen bij elke functionaliteit. Daarnaast zijn bijvoorbeeld de constructief toelaatbare ontwerpopties beschreven in een rapportage opgesteld door de constructeur.

11 Implementeer het parametrisch model in het proces en verspreid het naar de doelgroep

Het parametrisch model is online beschikbaar gesteld voor iedereen op de bovenvermelde website.



Gebouwde software:

Rhinoceros, Grasshopper, Packhunt Marketplace, RobotStudio

www.neolithic3d.com, www.hellingtrap.nl

Kenmerken

- Materiaalreductie-optimalisatie
- *Configure-to-order* proces
- Gerobotiseerde productie

6. De uitdagingen van parametrische modellen

In dit hoofdstuk worden diverse uitdagingen beschreven om parametrisch ontwerp toe te passen en verder te ontwikkelen. Zoals vaker bij ontwikkelingen kan ook bij parametrisch ontwerp gesteld worden dat het succes hiervan voor een relatief klein deel door technologie wordt bepaald en het overgrote deel door de cultuur van de bouwsector en daarin actieve organisaties.

Uitdaging 1: Het ontwikkelen van parametrische modellen vereist andere vaardigheden

In de bouwsector is het nog geen vanzelfsprekendheid dat informatica en een digitale denkwijze worden gecombineerd bij bouwkundige uitdagingen. Veel ontwikkelaars, ontwerpers en leveranciers kunnen veel baat hebben bij digitalisering en parametrisering van eigen processen. Vandaag de dag is er een tekort aan gekwalificeerd personeel. Het is daarom zinvol om kritisch te kijken naar de eigen interne processen. Handelingen die repeterend zijn, kunnen vaak geautomatiseerd worden. Hier kunnen parametrische modellen goed bij helpen. Het besef dat parametrisch ontwerp hierbij kan helpen is nog niet breed bekend. Activiteiten die zich goed lenen om ontsloten te worden in een parametrisch model zijn bijvoorbeeld het uitwerken van massa-studies, het configureren van veelvoorkomende gebouwelementen, het opmaken van werktekeningen tot en met het automatisch maatvoeren. Het ontwikkelen van een parametrisch model vereist een voorinvestering waar men later veelvuldig de vruchten van kan plukken. Een belangrijke aanbeveling is dan ook om eerst intern te analyseren welke handelingen geautomatiseerd kunnen worden. De partijen weergegeven in het volgende hoofdstuk kunnen helpen bij dergelijke analyses.

Bekende uitdagingen binnen de bouwsector:

- 1 De bouwsector kent vaak een projectmatige aanpak waardoor (digitaal) kennis borgen en hergebruiken niet vanzelfsprekend is.
- 2 In de bouwsector wordt nog te veel gedacht dat handmatig en iteratief werk een vanzelfsprekendheid is.
- 3 In aanvulling daarop is er een gebrek aan kennis over de mogelijkheden van digitalisering en parametrische modellen en de daarbij benodigde programmatuur.
- 4 Tot slot is er ook een gebrek aan tijd en capaciteit om toepassingen uit te denken en parametrische modellen te maken.

“Het ontwikkelen van een parametrisch model vereist een voorinvestering waar men later veelvuldig de vruchten van kan plukken”



Uitdaging 2: Ontsloten parametrische modellen

Parametrisch ontwerpen voor de bouwsector is continu in ontwikkeling. Met name het afgelopen decennium neemt het een grote vlucht. De verwevenheid van parametrisch ontwerp met andere (bouwkundige) applicaties en de uitwisseling van informatie over het internet biedt veel nieuwe mogelijkheden. Veel van de bestaande parametrische oplossingen zijn opzichzelfstaande functionaliteiten. Deze functionaliteiten kunnen online beschikbaar worden gesteld. Een hedendaagse beperking is dat het nog niet haalbaar is om parametrische modellen onderling met elkaar te laten communiceren en reageren op veranderingen. Dit komt doordat de gebruikte modellen niet in samenspraak zijn ontwikkeld. Er zijn namelijk geen afspraken gemaakt waarin is vastgelegd welke informatie gedeeld kan worden voor de verschillende toepassingen tussen parametrische modellen. Hieronder valt het afstemmen van de in- en outputparameters tussen de verschillende parametrische modellen (definities), de gebruikte eenheden en, afhankelijk van het model, de bouwkundige detaillering.

Hiermee wordt tegelijkertijd duidelijk dat het afstemmen van de modellen een complexe uitdaging is. Parameters kunnen bij elk parametrisch model anders zijn. Een standaard afspraak zal de lading daarom lang niet altijd kunnen dekken. DigiC heeft hiertoe het project '[Data delen parametrische modellen](#)' geïnitieerd en vervolgens samen georganiseerd met digiGO. In dit project worden data-standaarden ontwikkeld door een consortium van parametrische experts, gebruikers en opdrachtgevers.

DigiC is actief bezig met het initiëren van innovatieprojecten die bijdragen aan het versnellen van de transitie naar een circulaire bouweconomie. Voor het verkennen van mogelijke innovatieprojecten op het onderwerp parametrisch ontwerpen kunnen geïnteresseerden contact opnemen met Business Developer van DigiC: Louise Savelkoul (louise.savelkoul@romutrechtregion.nl).

7. Actieve spelers op het gebied van parametrisering

Parametrisering kent vele vormen en dat geldt ook voor de spelers die betrokken zijn in dit vakgebied. In het onderstaande overzicht is een verdeling gemaakt in de vorm van de rol die men oppakt. Lang niet alle parametrische oplossingen worden vermeld, want het beschikbare aanbod blijft continu groeien.

Voor alle onderstaande genoemde organisaties geldt dat hun dienstverlening en oplossingen ook van toepassing zijn op circulaire biobased bouwsystemen en industrieel bouwen.

Organisatie	Markt	Ontwikkeling voor eigen gebruik	Maatwerk ontwikkeling en advies	Marktplaatsen en/of data dienst	Kant-en-klare parametrische oplossing	Kennis/innovatieplek	Ketenpositie	Omschrijving
AplusV solutions	Europa		X				Adviseur en softwareontwikkelaar	Parametrische software haalbaarheid t/m productie
Architectures	Europa						Softwareontwikkelaar	Parametrische haalbaarheidsstudies
Autodesk Forma	Wereldwijd				X		Softwareontwikkelaar	Parametrische haalbaarheidsstudies
BoomBuilds	Nederland	X					Ontwikkelaar	Parametrische haalbaarheidsstudies
Bouwlab R&Do	Nederland					X	Kenniscentrum	Smart industry fieldlab expertise digitalisering
Buro de Haan	Nederland		X				Adviseur en softwareontwikkelaar	Parametrische software haalbaarheid t/m productie
Finch 3D	Wereldwijd				X		Ontwikkelaar	Parametrische haalbaarheidsstudies
Heembouw Kantoren	Nederland	X					Turn-key ontwerper	Parametrisch platform distributiecentra
LEVS	Nederland	X					Architect	Architectenbureau met parametrische oplossingen

Organisatie	Markt	Ontwikkeling voor eigen gebruik	Maatwerk ontwikkeling en advies	Marktplaatzen en/of data dienst	Kant-en-klare parametrische oplossing	Kennis/innovatieplek	Ketenpositie	Omschrijving
Neolithic	Nederland	X					Ontwerper en producent	Parametrische 3D-prints
OMRT	Nederland				X		Adviseur en softwareontwikkelaar	Parametrische haalbaarheidsstudies
Packhunt.io	Europa		X	X			Adviseur en softwareontwikkelaar	Parametrische software haalbaarheid t/m productie
Planologic	Europa				X		Adviseur en softwareontwikkelaar	Parametrische haalbaarheidsstudies
PlanFinder	Europa				X		Ontwikkelaar	Parametrische haalbaarheidsstudies
r.tunda	Nederland			X			Adviseur	Parametrische haalbaarheidsstudies
Respace	Nederland	X					Ontwerper en softwareontwikkelaar	Parametrisch houten inbouwsysteem
Shapediver	Wereldwijd			x			Softwareontwikkelaar	Parametrische software haalbaarheid t/m productie
Snaptrude	Wereldwijd				X		Ontwikkelaar	Parametrische haalbaarheidsstudies
Spacio	Europa				X		Softwareontwikkelaar	Parametrische haalbaarheidsstudies
Speckle	Wereldwijd			X	X		Softwareontwikkelaar	Data-uitwisseling
Sustainer	Europa	X					Ontwerper en softwareontwikkelaar	Parametrisch houten bouwsysteem

8. Over deze publicatie

De auteur

Chris Aerts is de oprichter van AplusV Solutions, een consultancy- en softwareontwikkelingsdienstverlener voor de Architecture, Engineering en Construction (AEC) sector. De focus van de dienstverlening ligt op het bevorderen van digitalisering, industrialisatie en productisering in de bouwsector door middel van nieuwe processtrategieën, parametrisering en robotisering. AplusV Solutions is actief bij grote industriële bouwers, halffabricaatleveranciers, ontwerpers en de overheid. Daarnaast is Chris oprichter van het 3D-printbedrijf Neolithic. Hij is afgestudeerd aan de TU Delft faculteit Bouwkunde, leerstoel Architectural Engineering.



Dit document is tot stand gekomen met dank aan:

- Oene Wassenaar, *Algemeen Directeur Vianen*
- Sol van Kempen, *CTO Sustainer*
- Jeroen Veger, *Co-Founder Neolithic*
- Gerben Nij Bijvank, *DigiC*
- Louise Savelkoul, *DigiC*

Over DigiC

DigiC is aanjager van digitalisering binnen de circulaire bouw. Als onderdeel van de ROM Utrecht Region stimuleren ze innovatie, publiek-private samenwerking en kennisdeling. Hierbij richten ze zich op fabrieksmatig bouwen, digitalisering van materialen en slimme bouwlogistiek. Samen versnellen we de circulaire bouw in Nederland.





Sluit je aan bij DigiC!

De kracht van DigiC is dat we het samen doen. Dus kan jouw organisatie waarde toevoegen aan dit innovatie ecosysteem? En wil je meehelpen aan de ontwikkeling van oplossingen voor de circulaire bouweconomie? Dan verwelkomen we je graag in ons netwerk. Scan de QR-code en doe mee!



Volg ons op

LinkedIn



DigiC is een programma binnen Earth Valley, het regionale ecosysteem dat op 11 maart 2022 is gelanceerd. Binnen dit ecosysteem werken ingenieursbureaus, bouwbedrijven, (geo)data & ICT bedrijven, kennisinstellingen en opleidingen actief samen aan de realisatie van een toekomstbestendige, circulaire leefomgeving.