



Nieuwe ontwikkeling in parametrisch ontwerpen zorgt voor meer efficiëntie

Full scale testlocatie in Geertruidenberg met het nieuwe type Wintrack-masten

Binnen het parametrisch ontwerpproces van de Wintrack-masten in Groningen en Zeeland is een nieuwe combinatie aan ontwerp- en toetsprogramma's gebruikt, waaronder Geotooling voor de paalfunderingen, Grasshopper voor het parametrisch wapeningsmodel en de nieuw ontwikkelde tool UC1-Concrete voor de betondoorsnedes. Met Python-scripts zijn de verschillende tools aan elkaar gekoppeld en zijn rapporten geproduceerd. Automatisch gegenereerde vormtekeningen, palenplannen en wapeningssschetsen zijn ontwikkeld met behulp van Dynamo/Revit. De combinatie aan programma's biedt flexibiliteit in het ontwerpproces, optimalisatie van het ontwerp en garandeert de veiligheid. Met data en technologie wordt een efficiëntie bereikt die voorheen niet mogelijk was.

Ontwerpen is nog vrijwel altijd een iteratief proces; tijdens het ontwerpproces ontstaan nieuwe vragen en inzichten. Ook zijn niet alle gegevens en uitgangspunten op voorhand beschikbaar. Om ideeën visueel te maken gebruiken ontwerpers BIM (Bouw Informatie Model). Veel BIM-modellen worden zo gebouwd dat ze moeilijk zijn te wijzigen, zeker wanneer het gaat om geometrisch complexe modellen. Is het nodig één onderdeel aan te passen? Dan moeten vaak ook wijzigingen worden doorgevoerd aan gerelateerde onderdelen. Een intensieve klus. Reden voor ontwerpers om steeds vaker parametrische ontwerpssoftware te gebruiken.

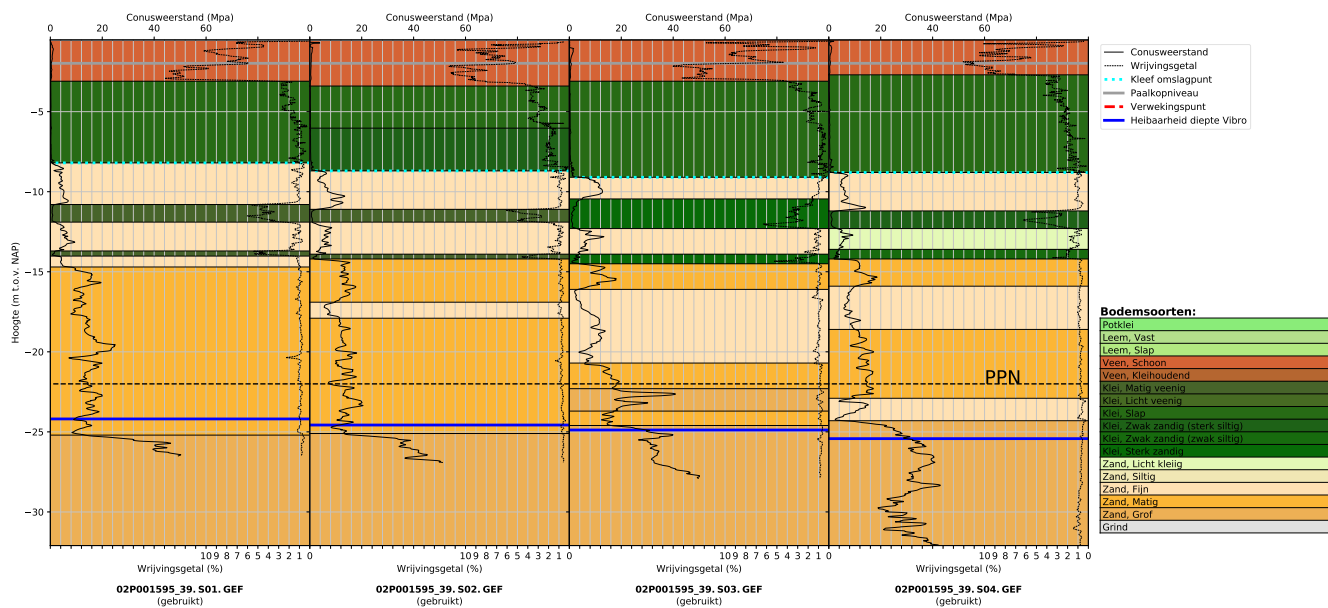
Ontwerp Wintrack-masten

Dit is ook gedaan bij het ontwerp van de twee nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbindingen met Wintrack-masten. TenneT bouwt 121 mastlocaties tussen Eemshaven en Vierverlaten (project Noord-West 380) en 107 tussen Borssele en Rilland (Zuid-West West 380). Voor dit project heeft TenneT het ontwerp gemaakt met een eigen ontwerpteam met engineers, geotechnisch adviseurs, constructeurs, softwareontwikkelaars en ontwerpers van TenneT, DNV GL en Movares.

Repetitie in het ontwerp

Er zijn drie hoofdsoorten Wintrack-masten, maar er zit veel variatie in het ontwerp van de masten zelf en in de funderingen. De grootste variatie in het ontwerp

Mast Nr: 1039, Paal type: vibro 559 -- 3. bodempopbouw



Overzicht bodempopbouw met het voorgestelde paalpuntniveau van het paalfunderingsontwerp

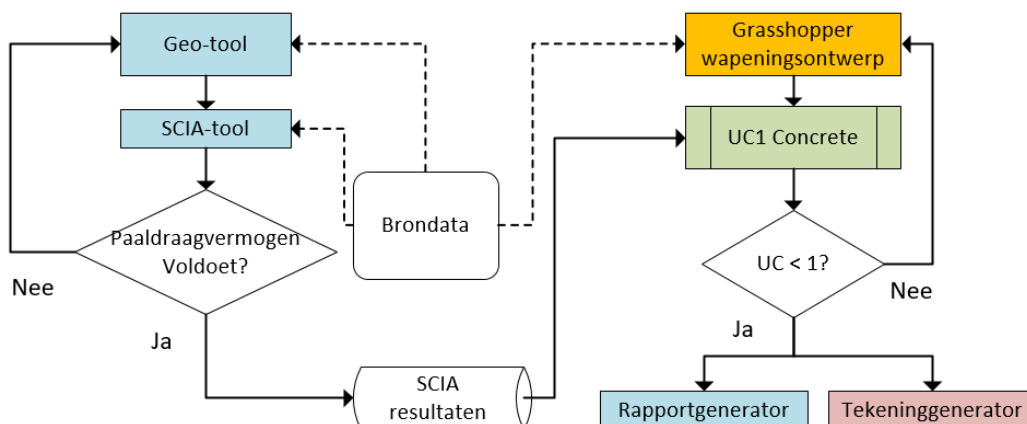
van de mastlocaties zit in de bodemgesteldheid. De hoge mate van herhaling, verscheidenheid in ontwerp plus de benodigde flexibiliteit en snelheid hebben geleid tot het ontwikkelen en gebruiken van parametrische ontwerpsoftware. In dit parametrisch ontwerp-proces kunnen de Geotool, het Grasshopper-wapeningsmodel en UC1-Concrete geïntegreerd worden en leveren een hogere betrouwbaarheid op, houden de snelheid in het proces en maken het ontwerp-proces voorspelbaar. Het aantal handmatige wijzigingen is minimaal. Dit bespaart tijd en kosten in de herberekening en voorkomt fouten. De tools zijn ook standalone te gebruiken.

Geotooling in het paalfunderingsontwerp

De Geotooling levert het ontwerp voor de paalfundering op basis van de bodemgesteldheid en de ontwerpvoorwaarden. De ontwerpopties worden iteratief bepaald door op meerdere momenten de paalfundering te toetsen met de bijbehorende beton-

en wapeningscomponenten. De Geotooling bestaat uit een combinatie van Python-scripts voor druk- en trekdraagkrachtberekeningen, heikbaarheids- en verwekingsanalyses en diverse tools om geheel automatisch de input te verwerken. De uitgangspunten bestaan uit een ontwerprijching en palenplan. Een groot voordeel van de geotooling is de flexibele inrichting, waarbij elk paalsysteem en palenplan mogelijk is.

Op basis van sonderingen kan de randdata automatisch afgeleid worden, zoals de grondlagenopbouw, de grondparameters, de horizontale beddingsgetallen, paalpuntveren (druk en trek), de haalbare puntdiepten en de aanwezigheid van verwekingsgevoelige lagen (in Groningen of elders) als gevolg van aardbevingen. De output van de Geotooling is gebruikt om met behulp van Python parametrische SCIA Engineer-modellen te genereren. Daarnaast is er een grafische presentatie waarmee de mogelijke ontwerpopties en begrenzingen inzichtelijk worden gemaakt. In de output wordt ook vastgesteld of de sonderingen, waarop



Stroomschema voor het parametrisch ontwerp-proces

het ontwerp is gebaseerd, voldoen aan de normtechnische eisen van diepte en aantal.

SCIA Engineer

Met behulp van Python zijn via XML per mastlocatie twee SCIA Engineer-modellen gegenereerd: één model met hoge en één model met lage beddingen en veerconstanten. Deze modellen zijn op de achtergrond doorgerekend en alle snedekrachten hiervan zijn verzameld in Excel. Deze snedekrachtencombinaties zijn vervolgens getoetst aan de bijbehorende wapening met behulp van UC1-Concrete.

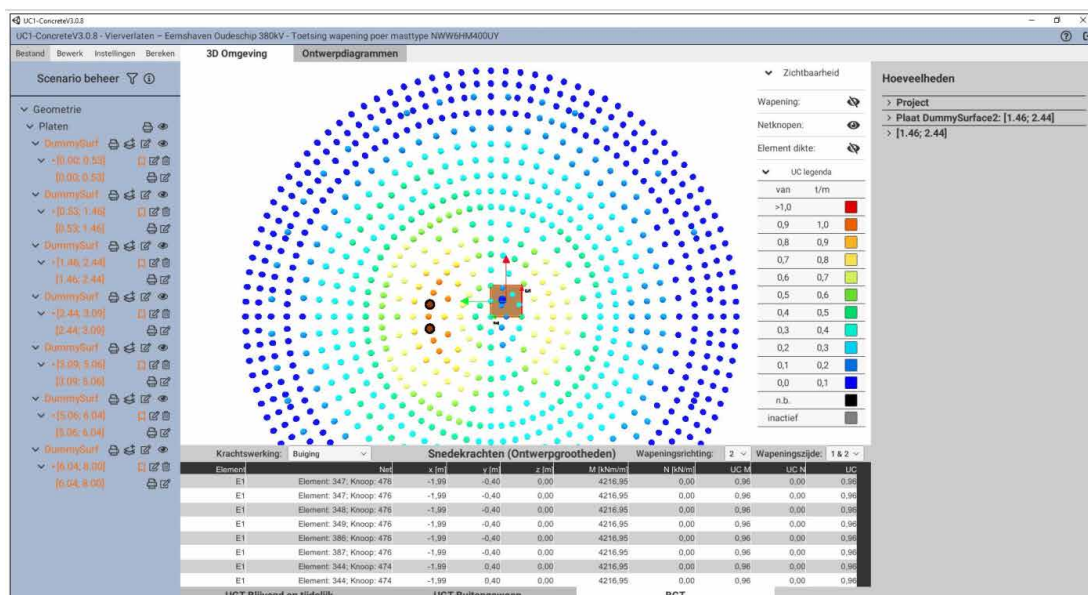
UC1-Concrete

Het door Movares ontwikkelde toets- en ontwerp-programma UC1-Concrete is een nieuwe manier van parametrisch ontwerpen die zorgt voor optimale afmetingen en optimale wapening. Door UC1-Concrete

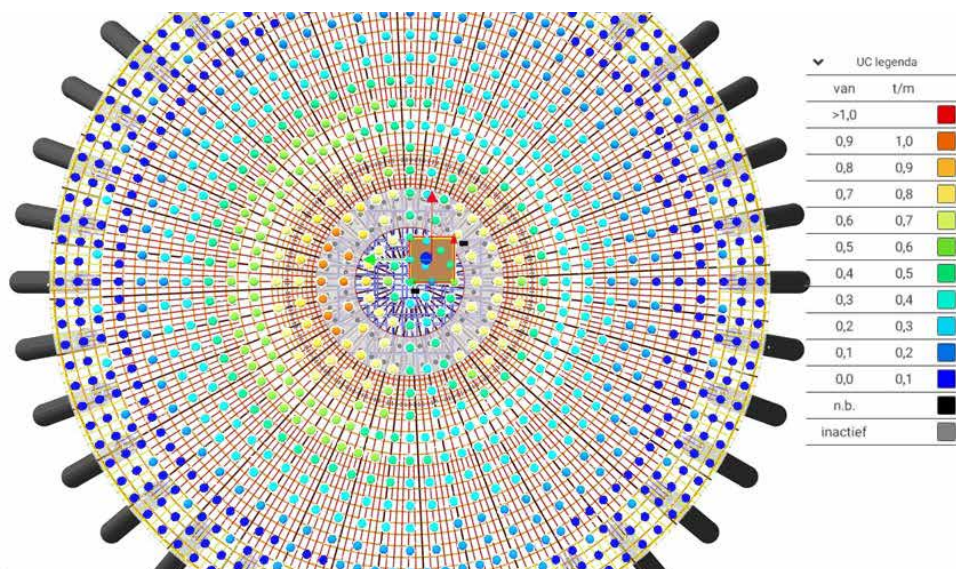
te laten rekenen op de achtergrond worden hoge rekensnelheden behaald. Het programma wordt niet geopend, de invoerdata (wapeningconfiguratie en miljoenen snedekrachtcombinaties uit SCIA) worden automatisch ingelezen, alle situaties worden berekend en vervolgens komen de resultaten eruit. Ideaal voor een parametrisch proces. De wapening kan hierdoor iteratief worden bepaald. Elke poer komt keer op keer terug in de loop en de wapening wordt steeds beter afgestemd op de situatie, net zolang totdat UC gelijk is aan 1: optimale wapening.

Alle ontwerp marges inzichtelijk

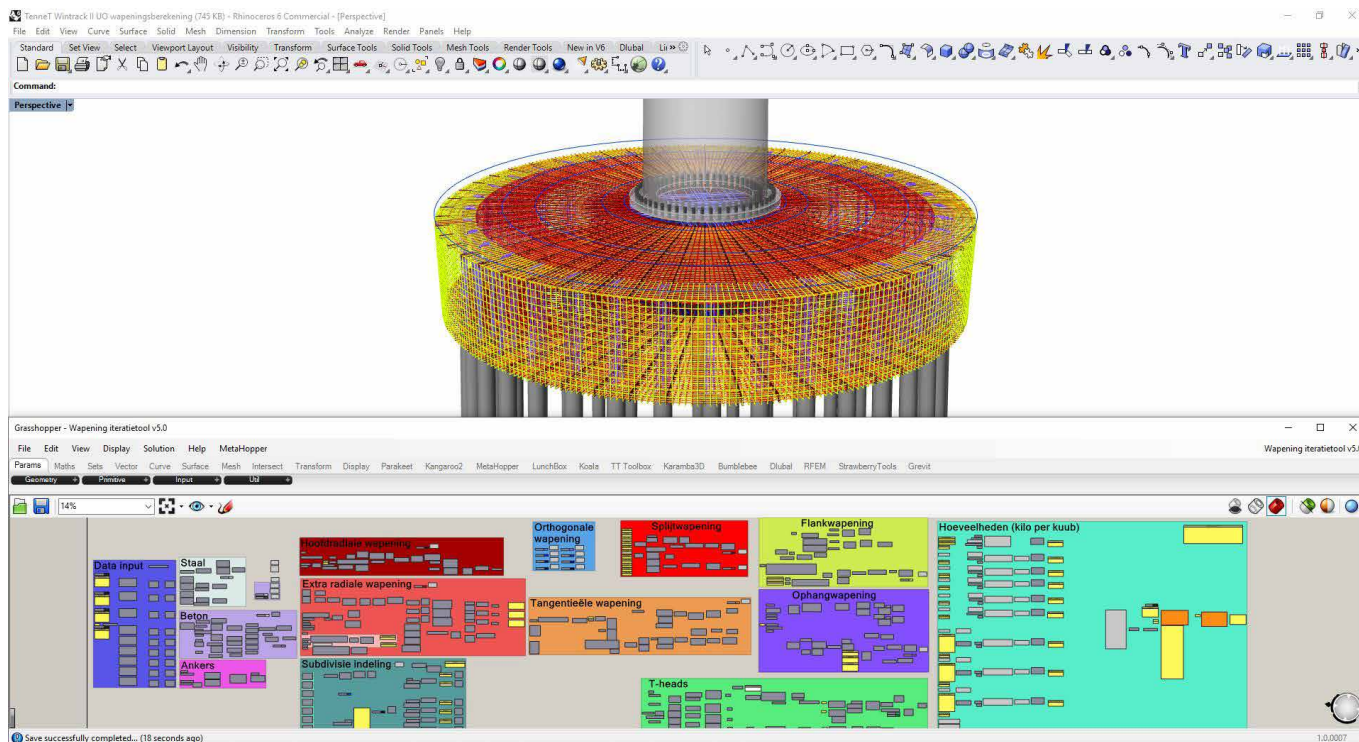
Waar bij een handmatige berekening slechts een aantal snedekrachtcombinaties getoetst wordt op basis van expert judgement, toetst UC1-Concrete alle snedekrachtcombinaties. Deze toetsen hebben allemaal dezelfde kwaliteit, zijn betrouwbaar en geba-



Bovenaanzicht van de fundering van een Wintrack-mast, waarbij alle data per netknoop is getoetst aan de criteria. Ontwerpmarges groter dan 1 voldoen niet (rood), kleiner voldoen wel



Bovenaanzicht wapeningsontwerp mastfundatie TenneT in Grasshopper, met bijbehorende ontwerp marges uit UC1-Concrete



Overzicht van het geautomatiseerde wapeningsontwerp in Grasshopper/Rhino. Voor 43 masttypes is de wapeningconfiguratie automatisch bepaald op basis van geometrische randvoorwaarden (poerafmetingen en ankerkooi-configuratie) en minimum wapening. De exacte materiaalhoeveelheden zijn bepaald en is er een 3D-visualisatie van het ontwerp gemaakt in Rhino

seerd op de Eurocodes. De resultaten van deze toetsen worden uitgedrukt in zogenoemde ontwerpmarges of Unity Checks (UC's). Deze ontwerpmarges worden in een 3D-omgeving gevisualiseerd door middel van een kleurenverdeling.

Grasshopper parametrisch wapeningsmodel

Vanwege de complexe wapening en de grote variatie in masttypes (43 stuks) is besloten om Grasshopper te gebruiken voor het ontwerp van de wapening. Deze wapening is in de eerste plaats bepaald op basis van de minimum wapening en inpasbaarheid, maar vervolgens iteratief aan te passen naar aanleiding van de door UC1-Concrete berekende ontwerpmarges. Daarnaast is met behulp van het Grasshopper-model ook inzicht verkregen in de materiaalhoeveelheden en daarbij de efficiëntie van het ontwerp (kg wapening per m³ beton). Dit kan worden gebruikt voor optimalisatie van het ontwerp en is uiteindelijk ook een handig controlemiddel gebleken richting de aannemer.

Meest optimale oplossing

Parametrisch ontwerpen biedt meerwaarde bij het seriematig ontwerpen van constructies in zowel de tender-, ontwerp- als realisatiefase. Door de snelheid van het ontwerpprogramma UC1-Concrete is het mogelijk om op een tijdbesparende manier opties te genereren die tegelijkertijd rekening houden met de geselecteerde parameters. Het unieke ontwerp-proces draagt ook bij aan kostenoptimalisatie dankzij de mogelijkheid om een ontwerp geautomatiseerd

te testen, te evalueren en bij te sturen. Door gebruik te maken van een parametrisch model, kunnen de resultaten continu worden gezien in elke fase van het proces. Hierdoor kunnen de beste economische keuzes worden gemaakt bij veranderingen. UC1 is nu nog ontwikkeld als ontwerpprogramma voor beton, maar is op een generieke manier opgebouwd zodat het op termijn ook geschikt is voor andere materialen zoals staal.

UC1-Concrete:

Wilco Sponselee, senior adviseur beton, Movares
Bram Scheele, constructeur beton, Movares

Geotool:

Martin den Uil, senior adviseur geotechniek, Movares
Thom Olsthoorn, adviseur geotechniek, Movares

Toepassingsmogelijkheden UC1-Concrete:

- Ontwerpen van constructies in zowel tender-, ontwerp- als realisatiefase
- Herberekeningen van betonconstructies
- Validatiemiddel wapeningsberekeningen van externe partijen
- Wapeningsgenerator op basis van SCIA Engineer of RFEM-resultaten