

POORT VAN PARKSTAD¹

GEKROMDE FIETSBRUG OVER DE N274

NABIJ SCHINVELD IN DE GEMEENTE

BEEKDAELEN (VOORHEEN ONDERBANKEN)

Ir. Rob Arts RC | Adams Civiel Advies

Ir. Christa van den Berg | tekstschrijver ipv Delft

Beelden | ipv Delft creatieve ingenieurs



2



1

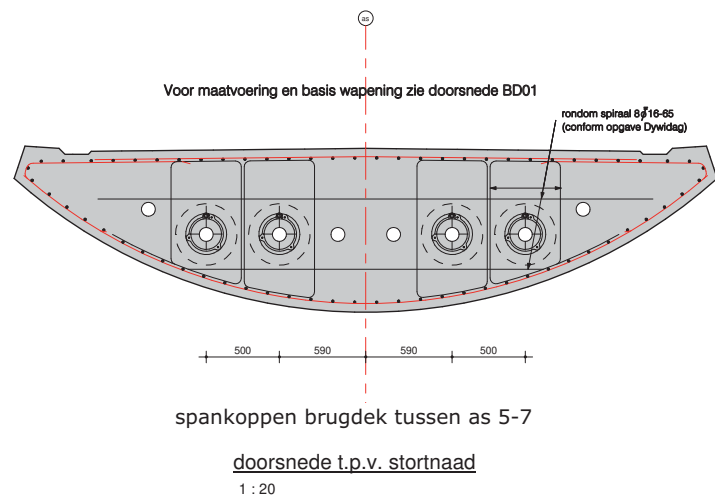
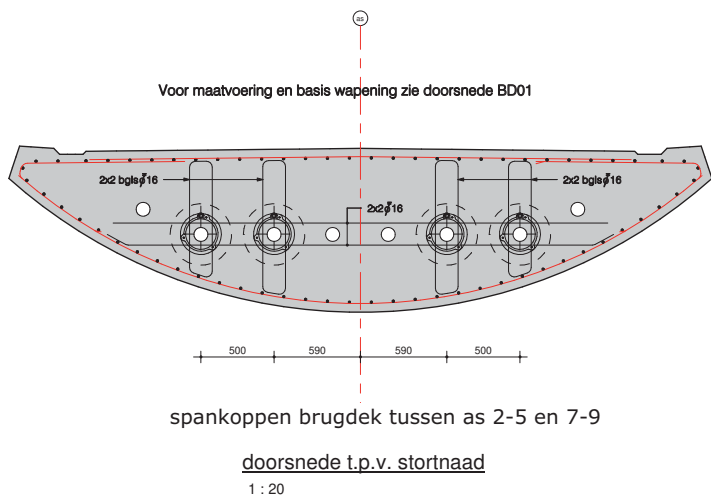
Aan het ontwerp van de brug ging een uitgebreide variantenstudie vooraf

Met de brug is voor fietsers een veilige oversteeek gecreëerd ter hoogte van de nieuwe turborotonde bij de Jabeekerweg. Samen met drie kunstobjecten accentueert de brug de poortfunctie voor de plusregio Parkstad, bij de grens met Duitsland.

TRACÉSTUDIE

Aan het ontwerp van de brug ging een uitgebreide variantenstudie vooraf naar het meest geschikte tracé op basis van onder meer landschappelijke inpassing, fietserscomfort en uitvoeringskosten. Dit leidde tot een 350 m lang tracé, dat bestaat uit een 188 m lange brugconstructie met een fietspad op grondlichamen aan weerszijden (fig. 1). In bovenaanzicht vormt de gehele brug een langgestrekte bocht met een radius van 185 m. De ontwerpers stonden voor een zo slank mogelijke brug voor ogen met grote overspanningen. Om dit mogelijk te maken is gekozen voor een geheel in het werk gestorte constructie met doorlopende voorspanning. Zowel pijlers als brugdek zijn ter plaatse gestort. Dankzij deze uitvoeringsmethode heeft de brug een over de tussensteunpunten doorlopend dek gekregen dat zorgt voor een helder en continu beeld. Door de grote overspanningen is de ruimte onder de brug vrij in te delen en bleef het zicht op het kenmerkende landschap intact.

¹ Dit artikel is eerder verschenen in *Cement 5*, 2020



3 Dwarsdoorsnede brug



4 De fundering in 3D
Beeld: Palte BV

De optie met prefab brugdekdelen is ook onderzocht, evenals prefab dekdelen in combinatie met natte knopen.

Prefab blijkt met name qua bouwtijd voordeliger te zijn, maar is tegelijkertijd ook duurder, meer onderhoudsgevoelig en minder slank. Bovendien zouden de brugdekdelen te groot en zwaar (280 ton) zijn voor transport. Ook de combinatie van een prefab dek met de gewenste slanke steunpunten zou de uitvoering er niet makkelijker op maken. Een eventuele opdeling van de prefab dekken in kleinere secties is overwogen, maar bracht ongewenste consequenties en risico's met zich mee. Een in het werk gestort en voorgespannen dek bleek de beste optie.

BRUGDEK

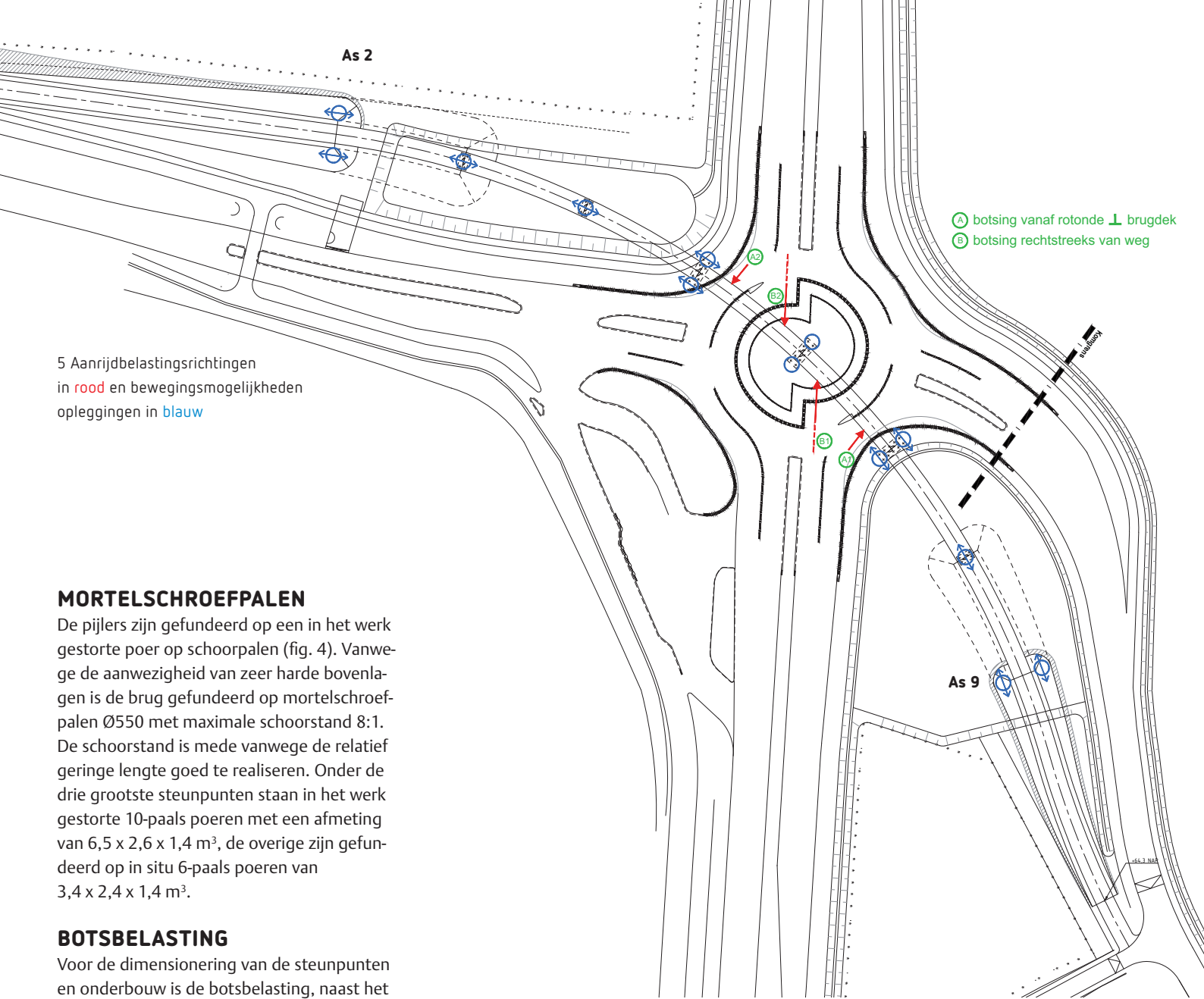
Om de haalbaarheid van de voorspanning in het brugdek te onderzoeken, voerden constructeur en ontwerper een studie uit, waarbij zaken als bouwfasering, principe van stortnaden, globale hoeveelheid voorspanning en het voorspanverloop zijn beschouwd. Een massieve doorsnede is daarbij het uitgangspunt. De beoogde slanke constructie vraagt namelijk om

relatief veel voorspanning, met een groot aantal meerveldse kabels. De kabels lopen van hoog boven de steunpunten naar laag in het veldmidden. Hierdoor is de ruimte voor gewichtsbesparende elementen beperkt wat zowel het ontwerp als de uitvoering complexer zou maken. De studie leidde tot het vastleggen van het principe van de voorspanning: 8 kabels Ø 150, elk met 19 strengen, die gefaseerd worden voorgespannen (zie verder onder 'Voorspanning'). Het 188 m lange dek van de fietsbrug is 4,85 m breed en verdeeld in vijf velden van 28 m en twee eindvelden van 24 m (fig. 4 en 5). Het streven om de krachten en vervormingen in het gehele brugdek van dezelfde orde van grootte te laten zijn, leidt tot de kortere eindvelden. Uit esthetisch oogpunt is gekozen voor een dek met gekromde onderzijde (fig. 8). De maximale dikte is 1,1 m en de betonsterkteklasse is C35/45. Dankzij de constante bochtstraal is het gehele dek met één en dezelfde mal gemaakt die per brugdeel van 28 m bestond uit vier mallen van 7 m. Om reden van esthetiek, budget en uitvoerbaarheid is de gehele brugconstructie na de bouw gekeimd.² De aange-

brachte laag mineraalverf zorgt voor een uniforme kleurstelling van het betonoppervlak (fig. 6a en 8).

Behalve het brugdek zijn ook alle pijlers in het werk gestort. De steunpunten zijn zo ontworpen, dat de aannemer op basis van zijn eigen bouwfasering het aantal te gebruiken bekistingen kon kiezen. Hierbij is toepassing van een enkele mal één van de opties. Uiteindelijk zijn ze inderdaad alle met dezelfde mal gemaakt (fig. 7a en b). Toch zijn de pijlers allemaal anders qua afmetingen: de hoogte varieert en ook wat breedte betreft zijn er twee types. Er is gekozen voor ellipsvormige pijlers die naar boven toe subtiel verbreden. De drie pijlers (as 5, 6 en 7) ter plaatse van de rotonde verlopen in breedte van circa 1700 mm aan de voet tot 2000 mm bij het brugdek (zie fig.6b), de overige pijlers (as 3, 4 en 8) verlopen van 1330-1400 mm aan de voet tot 1600 mm bij het brugdek. Doordat afronding en dikte (maximaal 850 mm) in alle steunpunten gelijk is gehouden, kon één mal volstaan. De onderzijde van de mal is naar wens ingekort en voor de breedste kolommen werd een inzetstuk gebruikt.

² Keimen is het afwerken van beton of metselwerk met een mineraalverf (silicaatverf) die zich goed hecht aan de ondergrond en dampdoorlatend is waardoor de verf niet gaat bladderen. Keimverf heeft een matte, kalkachtige uitstraling in wit of kleur.



5 Aanrijdbelastingsrichtingen in **rood** en bewegingsmogelijkheden oplettingen in **blauw**

MORTELSCHROEFPALEN

De pijlers zijn gefundeerd op een in het werk gestorte poer op schoorpalen (fig. 4). Vanwege de aanwezigheid van zeer harde bovenlagen is de brug gefundeerd op mortelschroefpalen Ø550 met maximale schoorstand 8:1. De schoorstand is mede vanwege de relatief geringe lengte goed te realiseren. Onder de drie grootste steunpunten staan in het werk gestorte 10-paals poeren met een afmeting van 6,5 x 2,6 x 1,4 m³, de overige zijn gefundeerd op in situ 6-paals poeren van 3,4 x 2,4 x 1,4 m³.

BOTSBELASTING

Voor de dimensionering van de steunpunten en onderbouw is de botsbelasting, naast het eigen gewicht en de verkeersbelasting, van groot belang. De calamiteit is hier ruimschoots maatgevend. De N274 is een provinciale weg. Voor provinciale wegen moet normaliter de hoogste categorie van tabel NB.1 – 4.1 van NEN-EN 1991-1-7 worden aangehouden. Omdat de brug de provinciale weg echter kruist ter plaatse van een rotonde, is bepaald dat de brug qua botsbelasting op de tweede categorie (rijkswegen in landelijk gebied) kan worden berekend (zie fig. 5). De snelheid waarmee voertuigen onder de brug door rijden, zal relatief laag zijn; het verkeer moet afremmen voor het de rotonde oprijdt. De brug heeft een vereiste vrije onderdoorgang van 4,6 m. Dit betekent dat er geen reductie van de botsbelasting mogelijk is. Dit alles levert een botsbelasting op van $F_{dx} = 1500$ kN, $F_{dy} = 750$ kN. Zo is voorkomen dat de brug onnodig fors en duur zou zijn.



6a Keimen betonoppervlak
Beeld: Joost Vreugdenhil



6b Pijlers omkist



↑ ↓ 7a en 7b Voor het storten van alle pijlers volstond één houten mal

Beeld: Joost Vreugdenhil



Logischerwijs wordt een eventuele stootbelasting met name opgenomen door de steunpunten rond de rotonde (fig. 5). Daarom zijn deze pijlers forser uitgevoerd. De pijler op as 6, in het midden van de rotonde, is ontworpen als het vaste punt van de brug. Bij een botsing tegen het dek neemt dit steunpunt het grootste aandeel van de aanrijdbelasting op. Het doorgaande dek is vervolgens in staat de aanrijdbelasting te verdelen over meerdere pijlers. De zware wapening $\varnothing 40$ loopt rechtstreeks vanuit de poer in de pijler door zonder overlappingslassen. In dergelijke gevallen mag het wapeningspercentage hoger zijn dan 4%.

FIXATIE

De pijlers nabij de rotonde (as 5, 6 en 7) zijn uitgevoerd met twee opleggingen. De pijlers op as 3, 4 en 8 hebben één centrale oplegging (fig. 5). Er is gekozen voor opleggingen met een fixatie in dwarsrichting. (Zie fig. 8 en 11).

De zware wapening $\varnothing 40$ loopt rechtstreeks vanuit de poer in de pijler door zonder overlappingslassen



8 Al het beton van de brug is uiteindelijk gekeimd

Beeld: Henk Snaterse



9 De bekisting en wapening van een brugdeel met doorvoeren voor de voorspanning.

Beeld: Joost Vreugdenhil

Alleen de oplegging op de pijler op de rotonde heeft aanslagnokken in zowel langs- als dwarsrichting (type V). Het brugdek kan zo de vervorming onder invloed van temperatuur in lengterichting hoofdzakelijk vrij ondergaan en blijft in dwarsrichting op zijn plaats. Horizontale belastingen in dwarsrichting worden op elke as door aanslagnokken opgenomen.

Er zijn rubberopleggingen toegepast met stalen aanslagnokken (type V1). Op een zo laat mogelijk moment tijdens de bouw is de scheefstand van de rubberopleggingen door de tot dan toe opgetreden krimp, kruip en voorspanning geneutraliseerd. Dit is gedaan door het dek kort op te vijzelen en daarna weer te laten zakken. Bij de landhoofden zijn in een zo laat mogelijk stadium de voegovergangen (type 3 mattenvoeg - Freyssinet Multiflex SX270) aangebracht. Dit zodat een deel van de vervormingen door krimp en kruip en de voorspanning al heeft plaatsgevonden.

VOORSPANNING

De definitieve engineering van de voorspanning is in de uitvoeringsfase gedaan. De aannemer kreeg hierbij de vrijheid om de bouwmethode binnen de in het bestek genoemde randvoorwaarden aan te passen. Verder zijn er optimalisaties mogelijk in bijvoorbeeld de keuze van de sterkteklasse van het beton, het verloop van de voorspanning, het toepassen van sparingbuizen, de positie van de stortnaden, de mate van voorspanning en de toepassing van traditionele wapening (fig. 9). Al deze randvoorwaarden bepaalden uiteindelijk de keuze voor het aantal velden per stort. Er is gestort in drie fasen (fig. 5) met twee stortnaden uit het zicht van de rotonde. De eerste stort betrof het middengedeelte van de brug over de rotonde heen van as 5-7. De tweede en derde stort betrof de velden vanaf de landhoofden (in as 2 en 9), tot aan deze stortnaden.

De kunst was een uitvoeringsmethode te kiezen waarbij de bekisting vaker kon worden gebruikt. Het had uiteindelijk ook met minder bekisting gekund, maar dan was de bouwtijd langer geweest.

De toegepaste langvoorspanning is opgebouwd uit acht (19 strengs) voorspankabels met splijtwapening in de kopvlakken van het brugdek (zie fig. 3 en 9). Iedere fase apart is



10 Verbinding kunstobject-brugrand

voorgespannen met vier voorspankabels die voor voldoende draagkracht zorgen voor eigen gewicht en werkbelasting. Hierdoor is het mogelijk te ontkisten, voordat de volledige voorspanning aanwezig is. De bekisting is vervolgens voor de volgende fase opnieuw gebruikt.

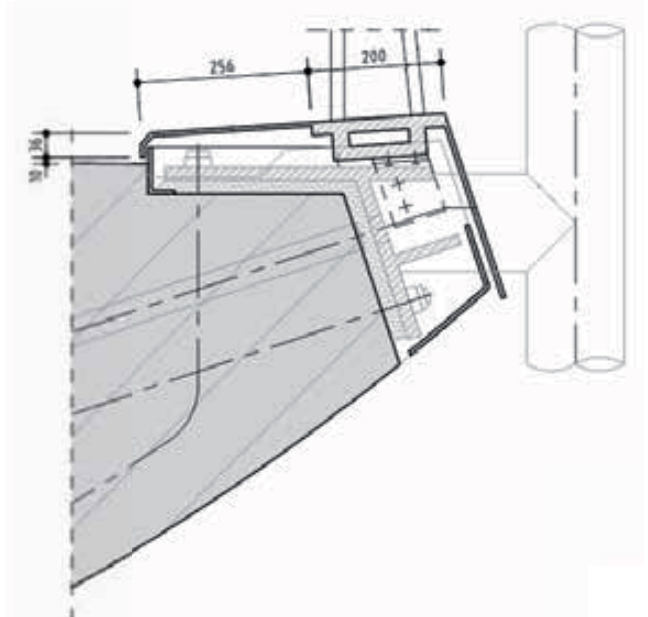
Wat meespeelde bij het aanbrengen van de voorspanning, is dat in fase 1 niet direct op honderd procent kon worden afgespannen. Er zou dan te veel trek boven het steunpunt ontstaan, omdat de drukkrachten onderin

door het eigen gewicht van de uitkraging daar kleiner zijn dan de trekkrachten van 100% voorspanning.

De voorspankabels zijn iedere keer doorgespannen met speciale voorspankoppels. In de eindfase zijn nog vier kabels over de gehele lengte van de brug voorgespannen. Dat gebeurde tweezijdig om de verliezen te beperken. Het totaal aan voorspankabels komt zo op 8 per doorsnede, conform de uitgangspunten van het DO (fig. 9).



11 Oplegging t.p.v. landhoofd met fixatie in dwarsrichting



12 Bevestiging stalen opleggschoen aan brugrand

In de eindfase zijn nog vier kabels over de gehele lengte van de brug voorgespannen.

PROJECTGEGEVENS

Poort van Parkstad, fietsbrug N274 – Beekdaelen (2020)	
opdrachtgever	Provincie Limburg
architect	ipv Delft
constructeur definitief ontwerp constructeur uitvoeringsontwerp	Adams Civiel Advies & Jeroen Koot Constructie Advies Palte B.V.
ontwerp stalen kunstobjecten en brug	Marijke de Goeij
aannemer	BAM Infra Regionaal
leverancier voorspanning	Dywidag Systems International
voegovergangen en opleggingen	Freyssinet



12 Uitgebalanceerd kunstwerk
Beeld: Palte B.V.

KUNSTOBJECTEN

Bij de uitwerking van het brugontwerp vroeg ook de aansluiting van het centrale kunstobject met stalen kubussen om aandacht. Dit object vormt één geheel met twee kleinere kunstobjecten aan weerszijden van de brug. Elk object is opgebouwd uit een stapeling van kubusribben uit stalen buisprofielen. Tezamen visualiseren ze de poortfunctie van de brug. Het grootste kunstobject is daadwerkelijk geïntegreerd in de brugconstructie: de bevestiging bevindt zich uit het zicht. Het kunstwerk is met stalen oplegschoenen en Demu-ankers bevestigd aan het betonnen brugdek. Toegepast zijn twee rijen ankers van vier stuks DEMU 3010 M30x155 A4-80. De oplegschoenen zijn in een inkassing geplaatst, zodat het rvs spijlenhekwerk van de brug vloeiend doorloopt (zie fig. 10 en 12).

Bovendien zorgt de plaatsing van de verbinding in een inkassing voor een groter contactoppervlak, waardoor er meer ruimte is voor de benodigde ankers. Het hekwerk is hier overigens aangebracht op een overbruggingsconstructie in rvs bestaande uit een geïntegreerde koker. Vanwege de hoogte van het kunstobject, zijn de ankers mede getoetst op vermoeiing door windbelasting op de kubusstapeling.