

# Hoofdrijbaan N210 krijgt matras op palen als fundering

De aanleg van de nieuwe N210 als duurzame en veilige verbinding heeft de Provincie Zuid-Holland als Design, Construct & Maintenance-contract in de markt gezet. Beheer en onderhoud zijn vroegtijdig in het ontwerp meegenomen.

ING. E.A. KWAST / ING. E.W. DE VRIES

De huidige provinciale weg N210 en parallelweg tussen Krimpen aan den IJssel en Bergambacht in de Krimpenerwaard dateert uit het midden van de twintigste eeuw. Het ruim 14 kilometer lange weggedeelte is voor het overgrote deel aangelegd op een fundering van betonnen bakken op omgekeerde, met de kop omhoog geheide houten palen. Dit innovatieve ontwerp voor een weg op een dik pakket sterk samendrukbare klei- en veenlagen is destijds bedacht door prof. A.S. Keveling Buisman, de stichter van het Laboratorium voor Grondmechanica (tegenwoordig Deltares) in Delft.

De N210 voldoet niet meer aan de veiligheids- en comforteisen van deze tijd en daarom heeft de Provincie Zuid-Holland besloten tot aanleg van een nieuwe hoofdrijbaan en parallelweg. Het project is als DC&M-contract (Design, Construct & Maintenance) in de markt gezet. Het beheren en onderhouden geldt voor een periode van twintig jaar na oplevering.

## Aanvullende eisen

In de tweede helft van 2006 is het project gegund aan Ballast Nedam Infra Projecten. Het ontwerpbureau van Ballast Nedam, Infra Consult+Engineering, heeft in samenwerking



Aanleg van de granulaatmatras op palen.

met Fugro Ingenieursbureau het aanbiedings-, vergunnings- en uitvoeringsontwerp uitgewerkt.

Het DC&M-contract is onder Systems Engineering uitgewerkt. In het Programma van Eisen (PvE) is het gehele werk met circa 250 ontwerp-eisen en circa 150 onderhoudseisen zoveel mogelijk oplossingsvrij gespecificeerd. Op basis van het PvE is de eisenboom opgesteld. In de eisenboom worden de eisen gestructureerd, van globale systeemeisen tot uiteindelijk detaileisen voor bouwstoffen. De door de opdrachtgever aangehouden structuur van systeem en subsystemen en onderliggende eisen is hierbij als basis gebruikt. Hierbij zijn de ontwerp-eisen (Design) en de onderhoudseisen (Maintenance), die van invloed zijn op het ontwerp, in de eisenboom opgenomen. In het algemeen heeft de opdrachtgever gespecificeerd tot het niveau van constructie-eis. De aannemer heeft voor de uitwerking van het vergunnings- en uitvoeringsontwerp aanvullende constructie-, materiaal- en bouwstoffen (materiaalspecificaties) uitgewerkt.

Voorbeeld van een aanvullende eis op het PvE is de aan te houden verkeersbelasting voor de dimensionering van de fundering van de hoofdrijbaan (granulaatmatras op palen). Op basis van de analyse van de aslastmetingen voor het vrachtverkeer, beschikbaar gesteld door de provincie als onderdeel van het PvE, is onderscheid gemaakt tussen een reguliere verkeersbelasting en een calamiteitenbelasting. Voor de reguliere representatieve verkeersbelasting is uitgegaan van de wettelijk toegestane (maximale) aslast van 115 kN (11,5 ton) en een vrachtwagen met een zogenaamde triple achteras met een tussenafstand van 1 meter en een breedte van

2,25 meter. Op basis van de aslastmetingen in de periode 2005-2006 op de bestaande N210 blijkt dat 2,8 procent hieraan niet voldoet. Dit wordt acceptabel geacht, in combinatie met voorziene maatregelen voor de verkeershandhaving. Daarnaast is een extreme calamiteitenbelasting aangehouden met een aslast van 200 kN (20 ton) en een overeenkomstig vrachtwagentype als bij de reguliere verkeersbelasting. Tijdens de aslastmetingen in de periode 2005-2006 is eenmalig een aslast van 200 kN gemeten.

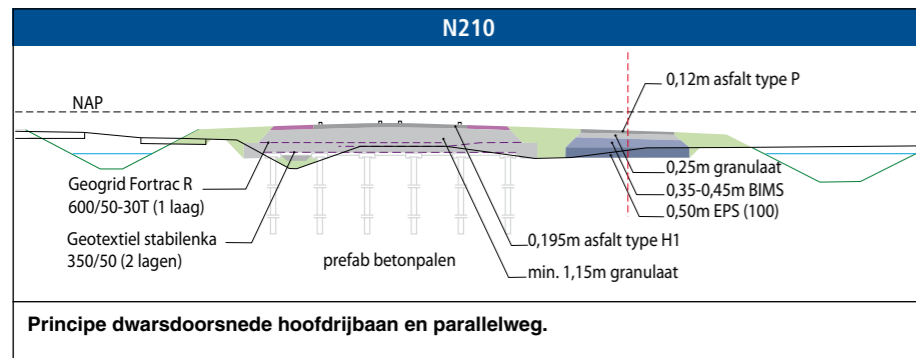
## Verificatie van eisen

Binnen de werkwijze van Systems Engineering zijn verschillende Breakdown Structures gangbaar, afhankelijk van het beoogde doel. Voor het vergunnings- en uitvoeringsontwerp is een objectenboom opgezet, de zogenaamde Systems Breakdown Structure (SBS). Objecten zijn in dit verband fysieke te bouwen elementen. Voor de N210 zijn de objecten geografisch (per perceel) gestructureerd en is een indeling van hoofdrijbaan, parallelweg, rotondes, carpoolplaatsen, busbaan, doelgroepenstrook, bruggen (van landbouwbruggen tot grote bruggen), fiets-tunnels en overkluizingen (gas- en waterleidingen) voor de zes percelen gemaakt. Om aan te tonen dat een object voldoet aan de gestelde eisen en specificaties, vindt verificatie plaats; dit kan in de ontwerp- en/of realisatiefase gebeuren. Bij verificatie in de ontwerpfase wordt op een ontwerptekening of in een ontwerprapport aangetoond dat aan de eis wordt voldaan. Als niet wordt voldaan aan de gestelde eis, vindt een nadere toelichting plaats en eventueel een beschrijving van de te nemen maatregelen. Bij verificatie

## In 't kort

### ONTWERP

- ▶ N210 in Krimpenerwaard krijgt nieuwe hoofdrijbaan en parallelweg
- ▶ Ontwerp- en onderhoudseisen zoveel mogelijk oplossingsvrij gespecificeerd
- ▶ Vier ontwerpvarianten in tenderfase op haalbaarheid onderzocht
- ▶ Granulaatmatras in startvak gedraagt zich na één jaar als verwacht



van de eis tijdens realisatie zullen vaak metingen noodzakelijk zijn.

Gezien het compacte eisenpakket voor de N210 zijn de eisenboom en verificatiematrix in een spreadsheet uitgewerkt. Tijdens het ontwerpproces heeft actieve beheersing van de eisenboom, verificatiematrix en interne en externe raakvlakken plaatsgevonden door het ontwerpteam. Op deze wijze is het ontwerpproces gestructureerd verlopen en is intern en extern aantoonbaar te maken dat wordt voldaan aan de gestelde eisen per object en voor het systeem als geheel.

### Technische oplossingen

Er zijn meerdere wegen die naar Rome leiden. Zo zijn er voor de N210 meerdere technische oplossingen mogelijk. Deze oplossingen zijn in

de tenderfase op hoofdlijnen onderzocht op haalbaarheid. Allereerst is bestudeerd of ze aan de opgelegde eisen voldoen. Daarna is er een inschatting gemaakt van kosten en risico's. De conclusies van het onderzoek worden gepresenteerd in een Trade-off-matrix. Het grote voordeel van deze matrix is dat alle varianten naast elkaar worden gepresenteerd en dat er snel een afweging is te maken.

Voor de N210 zijn in hoofdlijnen vier varianten onderzocht: het opwaarderen van de bestaande bakkenconstructie, het aanleggen van een evenwichtsconstructie met EPS, het aanbrengen van een matrasconstructie en het aanbrengen van een betonnen plaat op palen. De matrasconstructie kent meerdere verschijningsvormen. Bij de N210 is de keuze vooral beperkt gebleven tot de fundatie. Omdat de matras direct door verkeer

wordt belast, is voor de opbouw van de matras gekozen voor een steenmengsel, waarop direct de asfaltconstructie is aan te brengen. Voor de fundatie is uiteindelijk gekozen voor toepassing van prefab betonpalen.

Uit de Trade-off-matrix blijkt dat het opwaarderen van de bestaande bakkenconstructie financieel niet de goedkoopste variant is en ook slecht scoort op het risico omgeving (het zoveel mogelijk beschikbaar houden van de wegverbinding in de huidige functionaliteit). Voor de andere varianten is de bereikbaarheid minder kritisch, omdat de nieuwe weg dan naast de bestaande weg wordt gebouwd en het verkeer zo lang mogelijk gebruikmaakt van de bestaande weg. De EPS-constructie is de goedkoopste variant in aanleg. Deze scoort slecht op de restzettingseisen en daaraan gerelateerd extra onderhoud. De betonnen plaat op palen scoort verreweg het beste op alle eisen, maar is ook met afstand de duurste oplossing. De matrasconstructie levert risico's op, omdat het gedrag van de matras niet goed is te voorspellen. Dit vertaalt zich in een verwachte restzetting. Op basis van de goede prijs-kwaliteitverhouding is uiteindelijk gekozen voor de aanleg van een matras op prefab heipalen voor de hoofdrijbaan.

Voor de parallelweg gelden minder strenge eisen voor de restzetting. Ook is de belasting door verkeer veel lager. In dit geval bleken de kosten maatgevend voor de keuze van de constructie:

de parallelweg wordt uitgevoerd als zettingsarme constructie met EPS.

### Startvak

Gezien het innovatieve karakter van het ontwerp en de omvang van het project, is besloten om voorafgaand aan de daadwerkelijke bouw van de matras een startvak aan te leggen met een lengte van ongeveer 50 meter. Het startvak vormt later onderdeel van de uiteindelijke wegconstructie. Verificatie van verschillende, vaak tijdsgebonden, ontwerpaspecten vindt plaats in het startvak door uitvoering van diverse langdurige metingen. Tevens is in het startvak de uitvoeringsfase- en -wijze, zoals vastgelegd in het uitvoeringsprotocol, in de praktijk beproefd.

Op basis van de monitoringresultaten na circa één jaar meten kan in z'n algemeenheid worden vastgesteld dat de matras zich gedraagt als verwacht. Na aanleg van het startvak heeft een evaluatie plaatsgevonden met de ontwerpers, werkvoorbereiding en uitvoering en is naar aanleiding van de opgedane ervaringen het uitvoeringsprotocol enigszins bijgesteld. De uitvoeringswijze verloopt naar tevredenheid en inmiddels is circa 4 kilometer matras aangelegd.

### Optimalisaties

Hoewel het doorlopen proces nu leidt tot de aanleg van een matras die zich gedraagt zoals vooraf voorspeld, zijn er wel lessen geleerd die moeten leiden tot optimalisaties van de processen in de toekomst. Als in de tenderfase wordt besloten een innovatief ontwerp uit te werken en deze uit een Trade-off-matrix kansrijk is om te worden aangeboden, is het van belang in de tenderfase al extra aandacht te geven aan kritische onderdelen. Het is zaak deze onderdelen in detail te onderzoeken om nog in de aanbidding te kunnen bijsturen.

Het kan zijn dat bijvoorbeeld een gewenste bouwfaserings noodzaakt tot de keuze voor een andere constructie. Het is dan ook van groot belang dat er een nauw samenspel is tussen alle betrokken disciplines: ontwerp, werkvoorbereiding, uitvoering en beheer. Alleen dan is het mogelijk toe te werken naar een breed gedragen oplossing. Dit samenspel moet worden doorgezet bij de verdere uitwerking van het aanbiddingsontwerp tot een uitvoeringsontwerp, om het draagvlak te blijven behouden. Het is dan ook aan te raden om het team van de tenderfase zoveel mogelijk bij elkaar te houden voor de daarop volgende fases, zodat geen kennis verloren gaat. Overigens is het zeker nuttig om het team aan te vullen met nieuwe mensen. Deze nieuwe mensen kijken vaak met een frisse blik naar het ontwerp, waardoor het mogelijk wordt een ontwerp verder te optimaliseren.

*Erik Kwast is eigenaar van Kwast Consult in Houten en gedetacheerd als ontwerpcoördinator voor de N210 bij Infra Consult+Engineering. Ewoud de Vries is ontwerpleider voor de N210 en werkzaam bij Infra Consult+Engineering.*



Aanleg van de evenwichtsconstructie met EPS (afgedekt met folie) en bims – voor de parallelweg van de N210.

EISENBOOM			
Eis	Omschrijving	Verificatie-aspecten	Bron
<b>Systeemeisen</b>			
D.SY.01	Het nieuwe systeem dient in overeenstemming met het voorontwerp bestemmingsplan te zijn. Het ontwerp dient binnen de projectgrenzen te vallen.	Algemeen	Programma van Eisen en 4e Nota van inlichtingen
<b>Verbindingseisen</b>			
D.VB.02a	De aanleghoogte dient in overeenstemming te zijn met Voorontwerp bestemmingsplan. De maximale hoogte van de weg is in dit bestemmingsplan gesteld op NAP 0 meter.	Algemeen	Programma van Eisen en 1e Nota van inlichtingen
D.VB.74	De fundering van de hoofdrijbaan (granulaatmatras op palen) dient te worden gedimensioneerd op een reguliere verkeersbelasting en calamiteitenbelasting op basis van aslastmetingen op de N210 uit 2005 en 2006.	Fundering hoofdrijbaan	Aanvullende eis
D.VB.74a	De reguliere verkeersbelasting bestaat uit een vrachtwagen met drie assen (triple achteras), met een tussenafstand tussen de assen van 1 meter en een maximale asbelasting (representatieve waarde) van 115 kN (wettelijk maximaal toegestaan).	Fundering hoofdrijbaan	Aanvullende eis
D.VB.74b	De calamiteitenbelasting bestaat uit een vrachtwagen met drie assen, met een tussenafstand tussen de assen van 1 meter en een maximale asbelasting (rekenwaarde) van 200 kN.	Fundering hoofdrijbaan	Aanvullende eis
M.VB.01	De verschilzetting in lengterichting mag niet groter zijn dan 0,1 meter per 8 meter.	Algemeen	
M.VB.02	De hellingshoek (knik) bij de overgangsconstructie (aardebaan-kunstwerk) mag niet groter zijn dan 1:80.	Algemeen	
M.VB.03	De restzetting voor de parallelweg mag vanaf de ingebruikname tot twintig jaar na aanleg niet groter zijn dan 0,2 meter.	Parallelweg	Aanvullende eis
<p><b>Voorbeelden van eisen uit de eisenboom voor de N210. De structuur van de eisenboom is: D van Design of M van Maintenance, vervolgens het systeem (SY) of subsysteem (bijvoorbeeld VB van Verbinding) en ten slotte een volgnummer, waarbij subeisen met a, b, et cetera worden weergegeven. Voor de herleidbaarheid van de eisen is het belangrijk de bron van de eisen tijdens het ontwerpproces bij te houden.</b></p> <p><small>(BRON: INFRA CONSULT+ENGINEERING)</small></p>			

TRADE-OFF-MATRIX				
		Variant 2	Variant 3	Variant 4
		EPS-blokken (evenwichtsconstructie)	Granulaatmatras op prefab palen	Betonnen plaat op prefab palen
Kritische functionele eisen/cost drivers	D.VH.02 dwarsvlakheid	- mogelijk zettingverschillen	+	++
	D.AW.01 aansluiten aan bestaande wegen	-	+	+
	D.KW.01 aansluitingen aan kunstwerken	- overgangsconstructies nodig	+	++
Kritische aspecteisen/cost drivers	D.VB.60-65 aansluitingen rotondes	- overgangsconstructies nodig	+	++
	omgeving + bak	- instortingsgevaar talud/bemaling nodig	+/- invloed trillingen	+/-
Interfaces met kabels en leidingen		+	-	+
		flexibele constructie	palen hoh 2,5 m	
Kostenindicatie		+	0	--
Risico	risico geld	--	+	++
	risico tijd	++	+	+
		flexibele uitvoering		
		risico kwaliteit	0	+
		risico omgeving	0	
Bemaling nodig		-	+	+
Verwachte zetting na 20 jaar (30 jaar)		0 (0)	+	++
Prijs voor meerjarig onderhoud over 20 jaar		-	0	++
Ophalen weg bij 'harde' objecten over 20 jaar		bij kunstwerk 0,3 m mogelijk 4 keer reparatie	13 kunstwerken 1 keer reparatie	
		-	0	++

De Trade-off-matrix presenteert de voor- en nadelen van de ontwerpvarianten, zodat snel een afweging is te maken. (BRON: INFRA CONSULT+ENGINEERING)