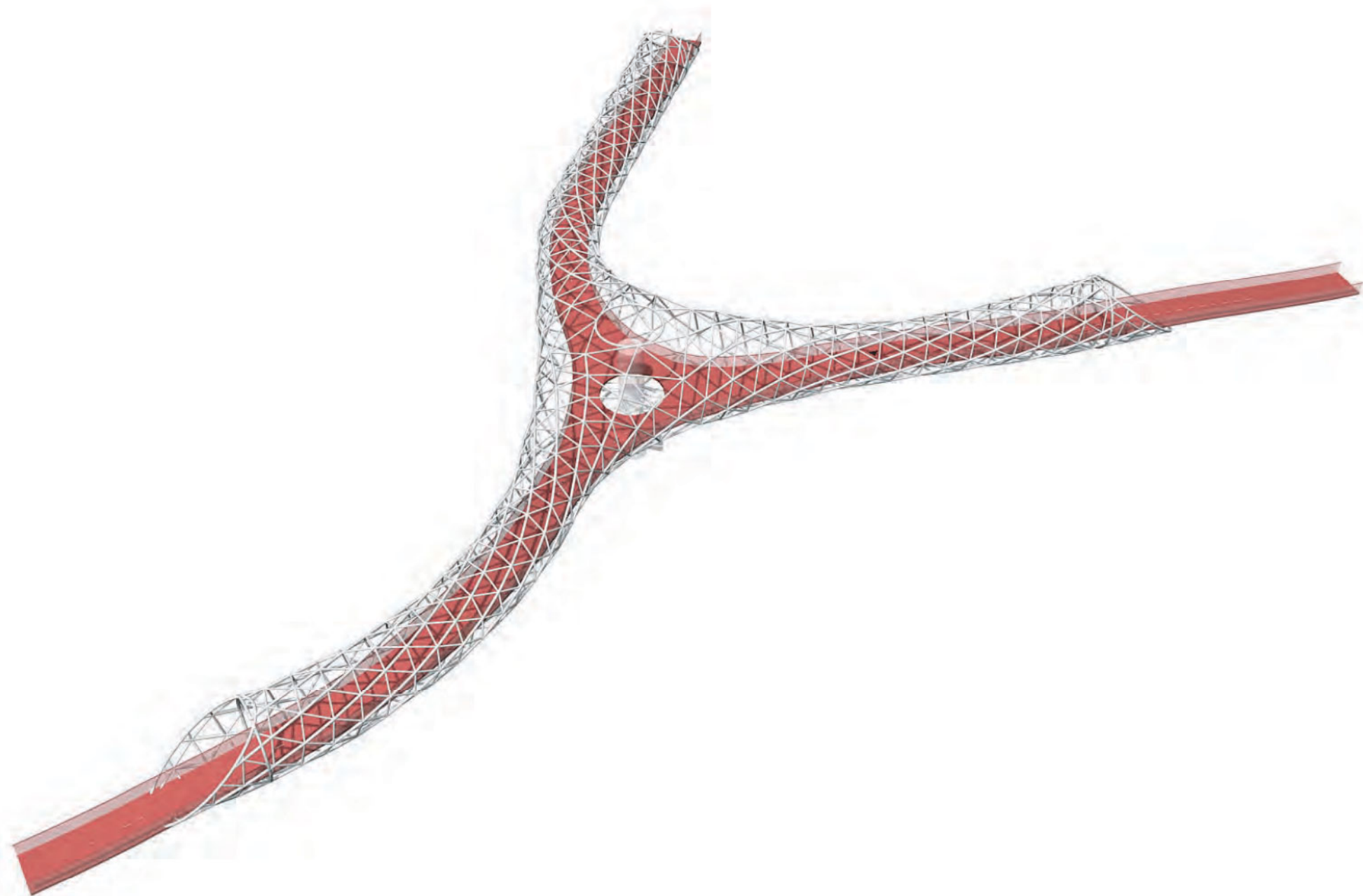


# FIETSBRUG NOORDERPLAATS

ONTWERP VAN EEN FIETS- EN VOETGANGERSBRUG, NOORDERPLAATS TE ANTWERPEN



DE DRIESPRONG VOOR ANTWERPEN NOORD

08 02 2007

**0012 1216**

## **INHOUD**

1. INLEIDING
2. OBSERVATIES
3. DE DRIESPRONG VOOR ANTWERPEN NOORD
4. CONSTRUCTIE & MATERIALISATIE
  - 4.1 ALGEMEEN CONCEPT
  - 4.2 GEOMETRIE
  - 4.3 PRESTATIES
  - 4.4 REALISATIE
5. PLANNING
6. RAMING
7. WERKPROCES MET DE OPDRACHTGEVER
8. KOSTENBEHEERSING

## 1. INLEIDING

Wat ons uitermate boeit aan de opdracht voor het ontwerpen van de Fietsbrug SpoorNoord is om te onderzoeken hoe je op deze locatie die in volle ontwikkeling is een vlotte verbinding kan maken en een hedendaagse stadspoort kan ontwerpen die zich maximaal verankert in zijn omgeving.

Deze bundel toont het resultaat van een intens ontwerpproces. Het voorstel is geen definitief ontwerp maar zal in samenspraak met de opdrachtgever AG ANN en alle actoren in de volgende fase verder worden uitgewerkt.

Graag wil ons team samen met AG ANN deze fietsbrug realiseren. We hopen dat U in deze documenten de geestdrift en de creativiteit terugvindt waarmee wij aan dit voorstel werkten.

## 2. OBSERVATIES

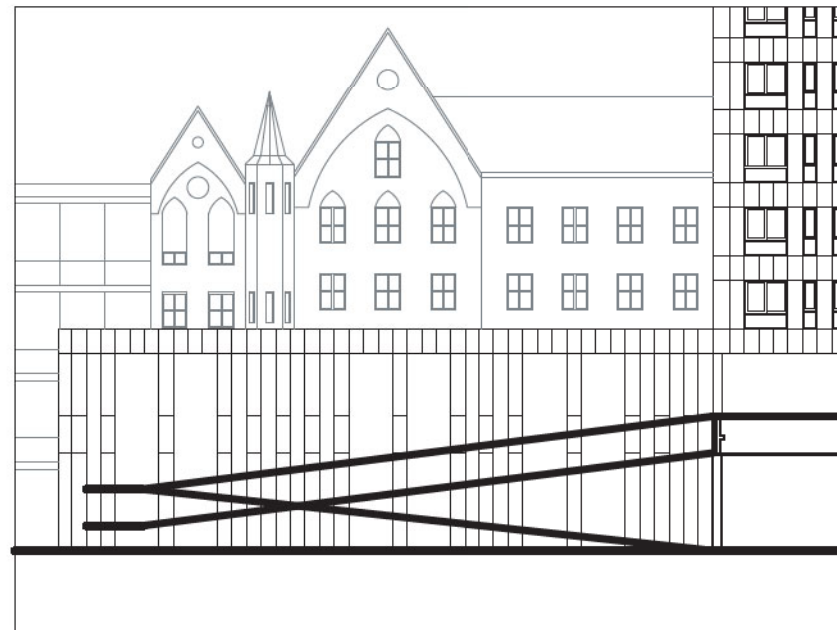
Vandaag is het noordelijke eind van de Leien, de Noorderplaats, een grote infrastructuurknoop bestaande uit grote asfaltvlakken met enkele smalle vluchtheuvels. Drukke verkeersstromen bewegen zich op het maaiveld : auto's, vrachtwagens, lijnbussen, ... Het resultaat is een onherbergzame plaats op schaal van de gemotoriseerd verkeer. Ondanks de reeds aanwezige scholen en de haltes voor openbaar vervoer is er op de huidige Noorderplaats haast geen plaats voor voetgangers en fietsers.

De toekomstplannen voor deze plek gaan het huidige beeld van de Noorderplaats totaal veranderen : de realisatie van het park SpoorNoord, de komst van een nieuwe campus van de Hogeschool Antwerpen, een torengebouw op de Amca-site misschien een nieuw ziekenhuis en de geplande heraanleg van de noordelijke Leien met een aparte tram-en busbaan.

Op dit moment is het nog afwachten hoe de Noorderplaats er precies gaat uitzien. Waarschijnlijk zal het autoverkeer circuleren rond een grote 'ovonde' met centraal ervan ruime haltes voor bussen en trams. Stilaan wordt ook duidelijk dat de omringende bouwprojecten eerder een zakelijke uitstraling zullen krijgen.

Het voorgestelde trace van de voetgangers-fietsersbrug verbindt het nieuwe park rechtstreeks met de sokkel van de Avenuebuilding. Als ontwerpers stellen we ons vragen bij de voorgestelde afwijking van het fietsverkeer via de sokkel van de Avenuebuilding. Fietsers en voetgangers moeten met een zeer steile (14%) en plooiende hellingsbaan (hoeken van 180°) naar het maaiveld. Op het maaiveld bevinden ze zich vervolgens tussen enkele anonieme kantoorgebouwen en moeten dan trachten de verbinding te zoeken naar het fietspadennetwerk dat aansluit in de Londenstraat.

De zichtbaarheid van de voetgangers-fietsersbrug dient niet enkel onderzocht te worden vanuit de verschillende zichtassen van de Leien, maar ook vanuit de as Noorderlaan – Londenstraat. Enkel op deze wijze kan de voetgangers-fietsersbrug ook als stadspoort of icoon dienen en kan ze een betekenisvolle plek voor Antwerpen Noord zijn.



### 3. DE DRIESPRONG VOOR ANTWERPEN NOORD

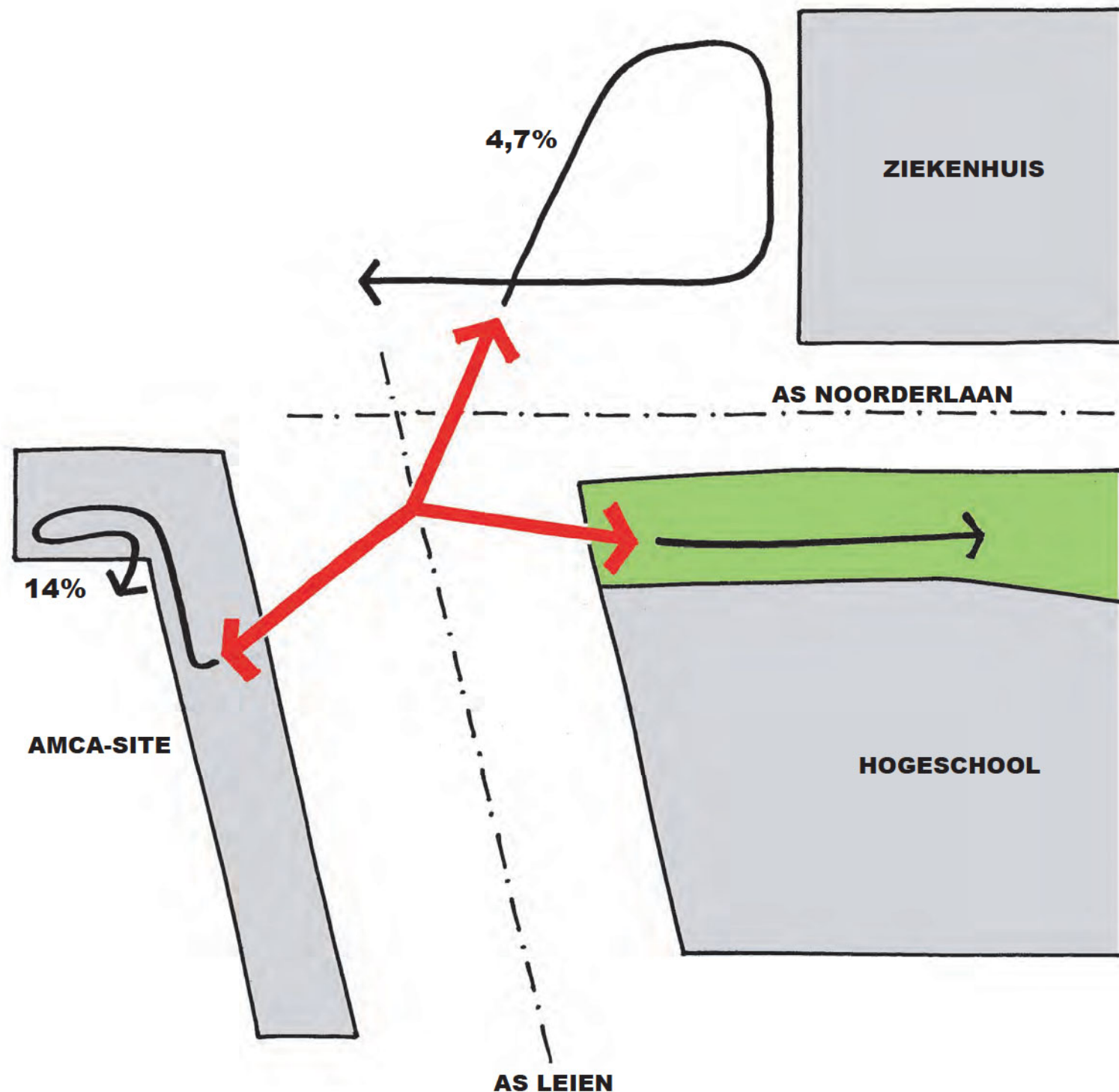
'De leien zijn en blijven geconcipieerd als toonaangevende noordelijke invalsweg of toegang tot de stad. De fietsbrug aan de Noorderplaats heeft dan ook alle potentie in zich om te functioneren als stadspoot. Het bouwproject is qua ligging, zichtbaarheid en representativiteit voor de stad Antwerpen van groot belang'. (projectdefinitie 27 oktober 2006)

Aan het voorgestelde tracé voor de voetgangers-fietsersbrug wordt een derde arm toegevoegd. Deze derde arm verbindt het plein voor het geplande ziekenhuis met SpoorNoord en de Amca-site. Het is stedenbouwkundig een waardevolle aanvulling op de voorgestelde lineaire verbinding. Daarbij ontstaat er een vloeiende, logische en vooral fietsvriendelijke verbinding tussen ParkNoord en het fietstracé naar de Scheldekaaien via de Londenstraat en Amsterdamstraat. Deze extra arm biedt de fietsers de mogelijkheid om via een comfortabele helling over te steken.

Dankzij de driesprong heeft elke belangrijke verkeersader (Noordelaan, Leien, Londenstraat) een volwaardig perspectief op de nieuwe constructie. De driesprong is dus niet enkel een functionele oplossing van logische en veilige verbindingen voor de zwakke weggebruiker. Ze is dus tevens goed zichtbaar als 'stadspoot' bij het binnen- of buitenrijden van de stad.

Deze driesprong verbindt drie stadsdelen met elkaar : SpoorNoord, de Amcasite met de oude dokken en het Eilandje. Dankzij de drie armen doet de driesprong steeds dienst als een hedendaagse stadspoot.

Het centrale knooppunt van de driesprong bevindt zich boven de perrons. In de constructie van de driesprong is ruimte voorzien de voetgangers van de perrons via lift en trap naar de driesprong te leiden en veilig het verkeersknooppunt te laten kruisen.



INPLANTING (1/1000)

Kempenstraat

w1

w2

A

Noorderlaan

V+5.00m

w4

w5

Van Den Wervestraat

CONCEPT

B

B

A

D

D

C

C

V+0.00m

V+3.00m

V+0.00m

V+0.00m

V+1.00m

V+0.50m

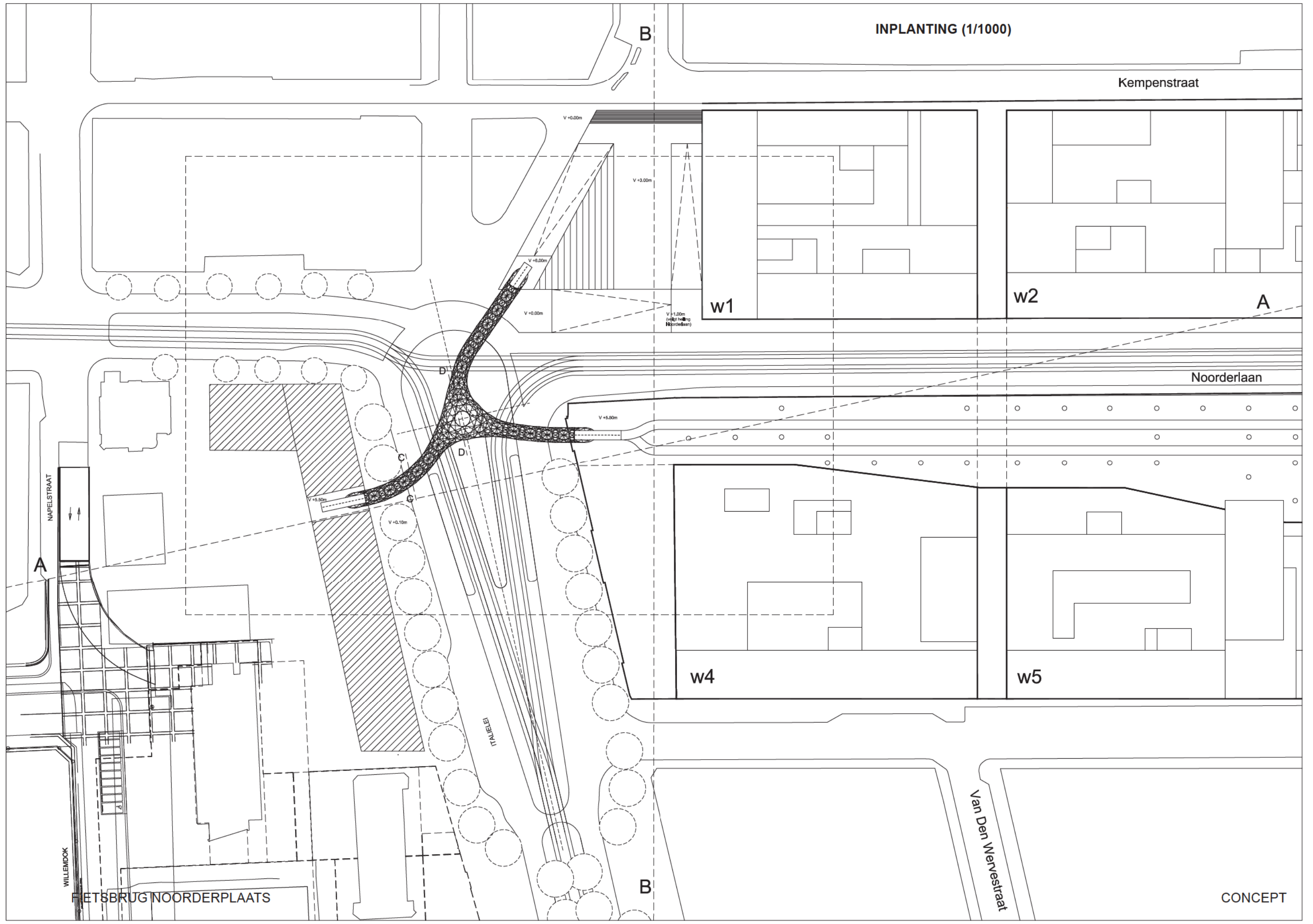
V+0.10m

NAPELSTRAAT

WILLEMDOK

FIETSBRUG NOORDERPLAATS

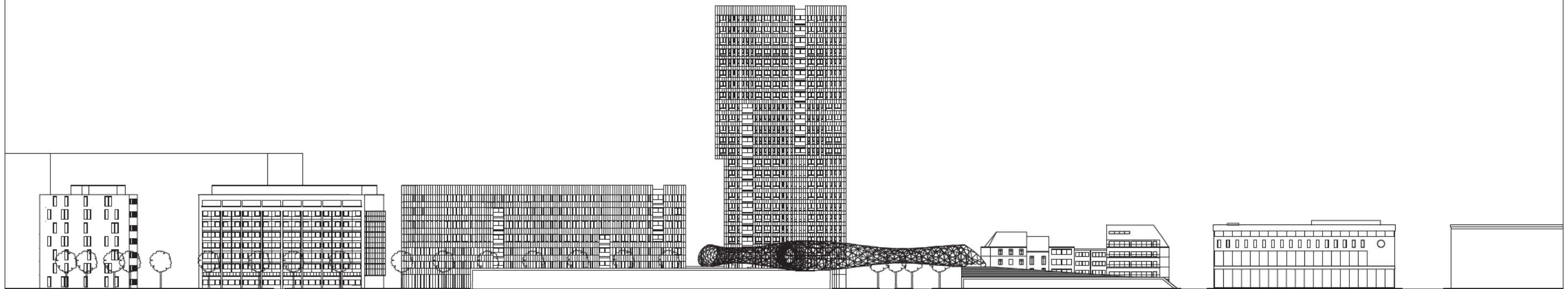
ETEBRIJ



TERREINSNEDES (1/1000)

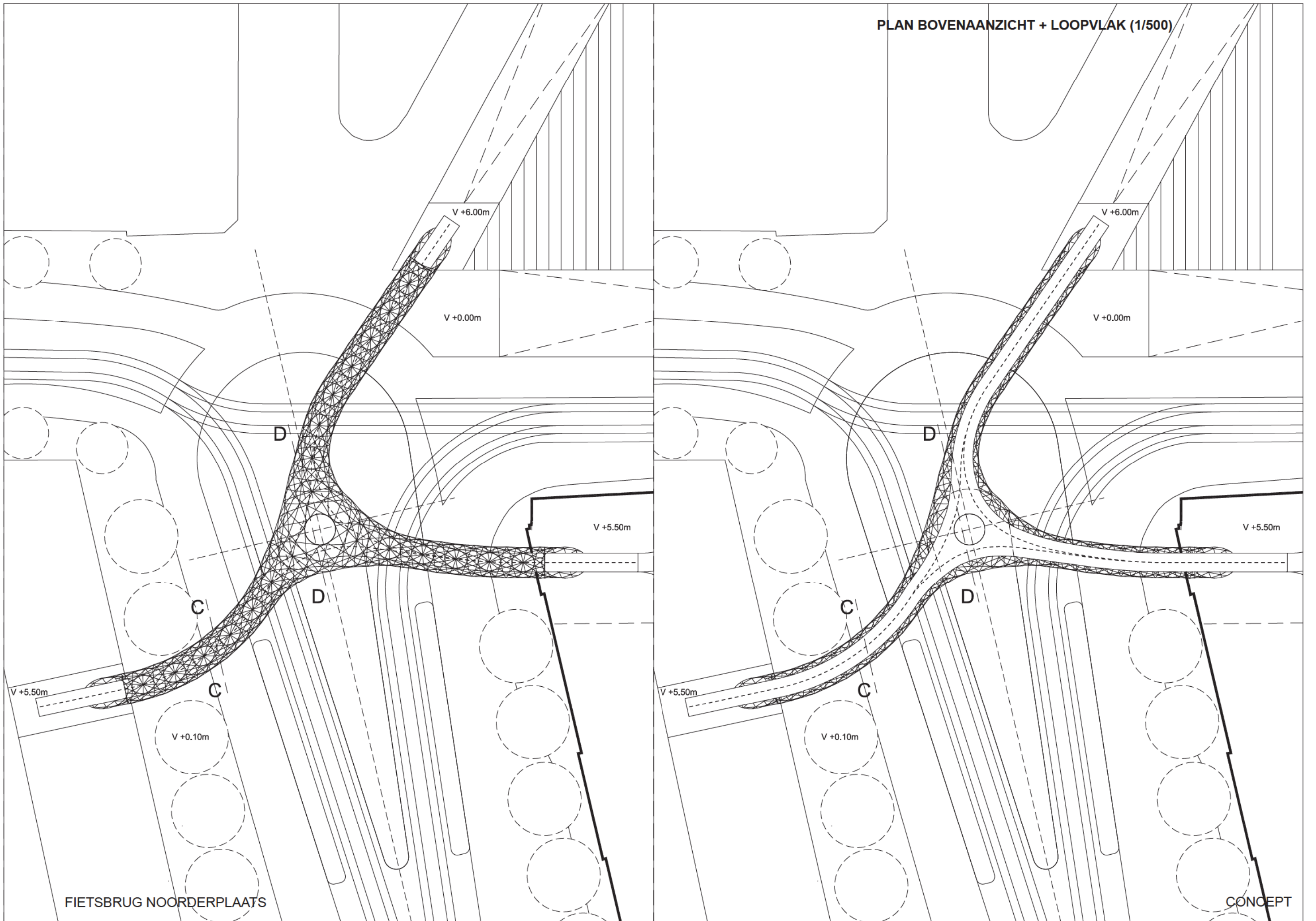


SNEDE AA



SNEDE BB

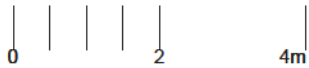
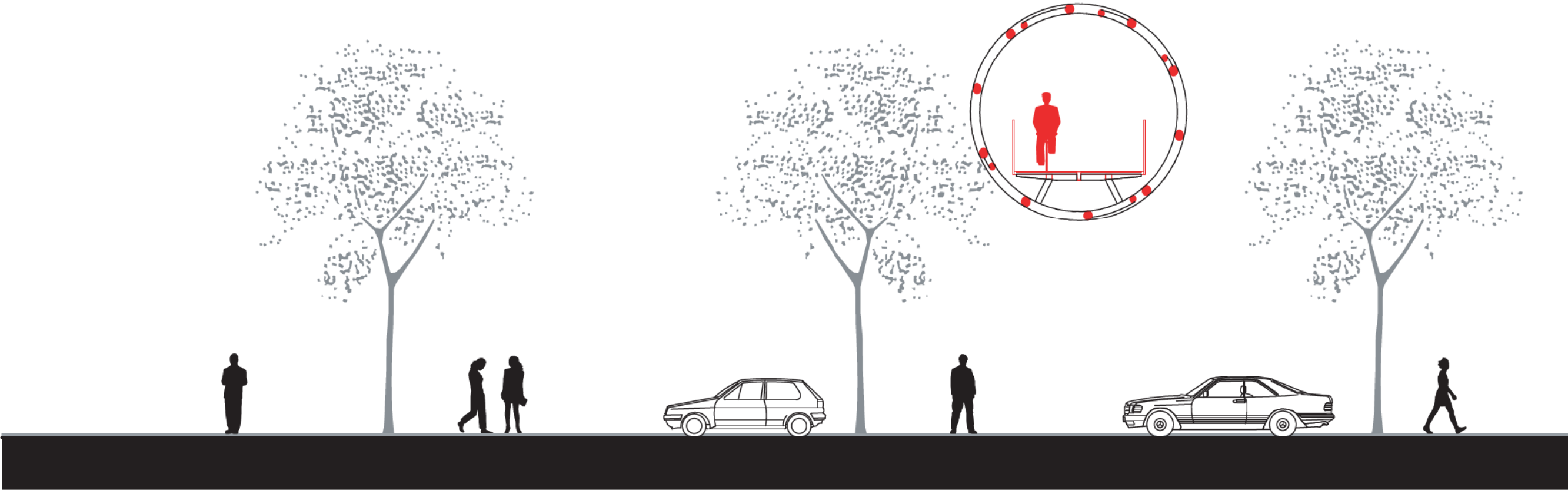
PLAN BOVENAANZICHT + LOOPVLAK (1/500)

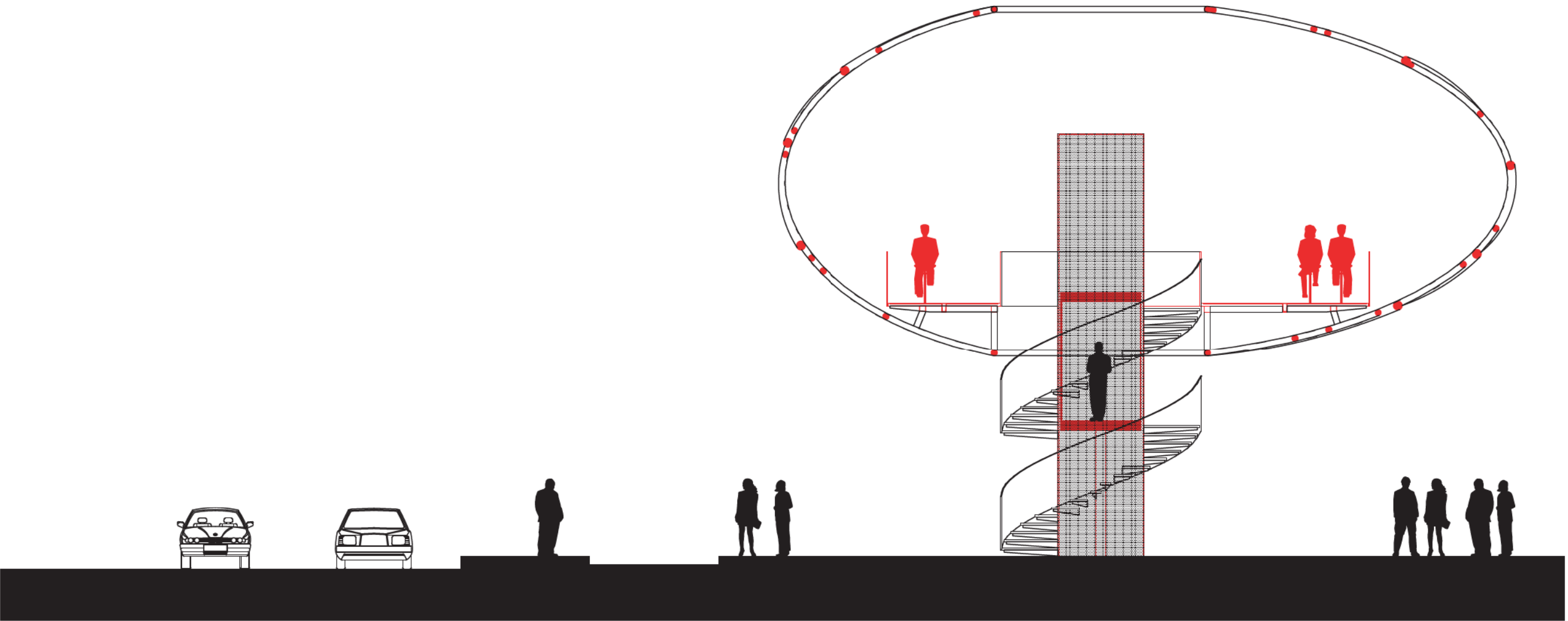


FIETSBRUG NOORDERPLAATS

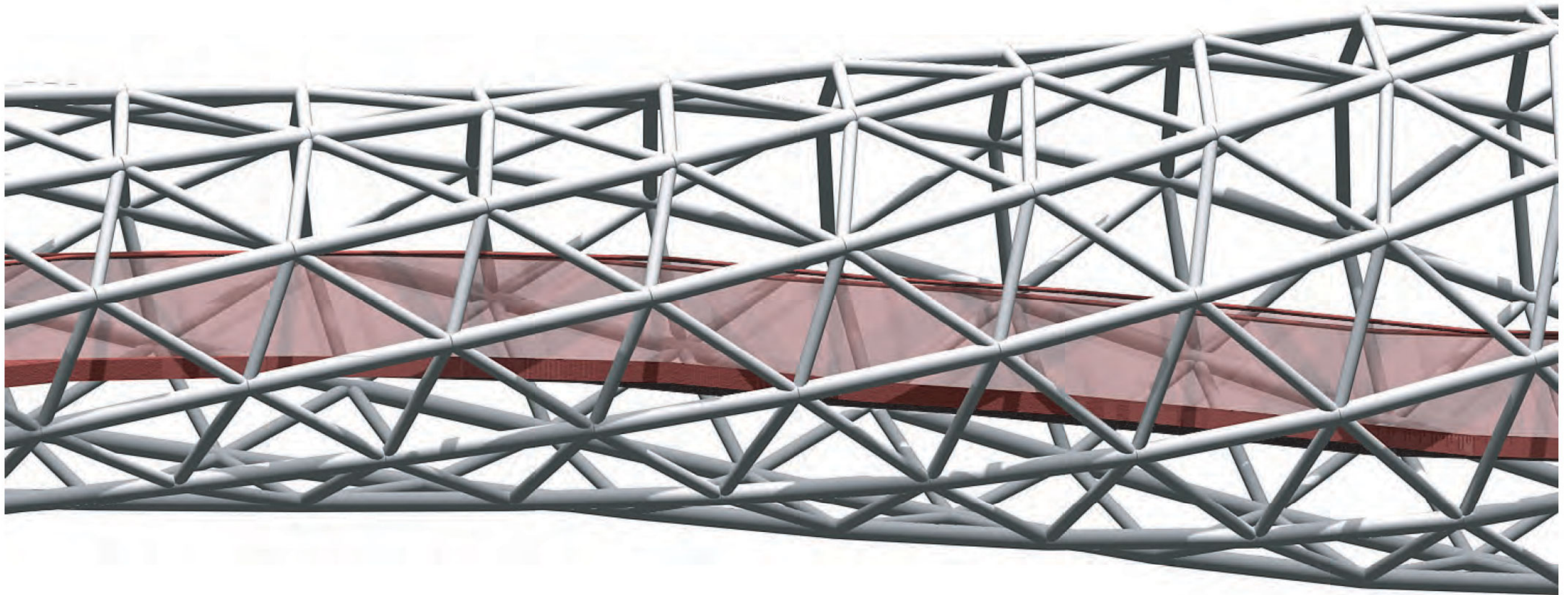
CONCEPT







AANZICHT





FIETSBRUG NOORDERPLAATS

CONCEPT

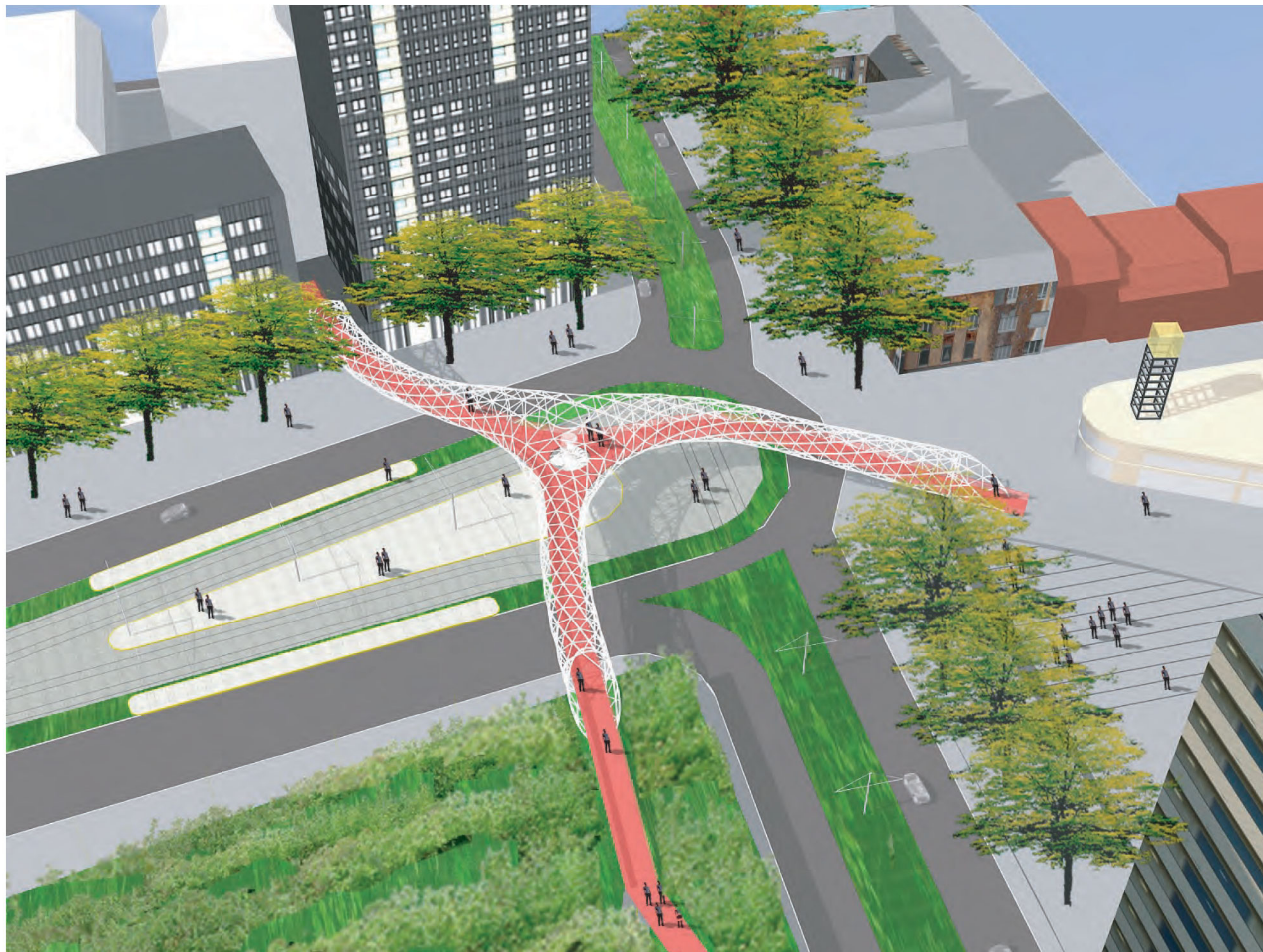








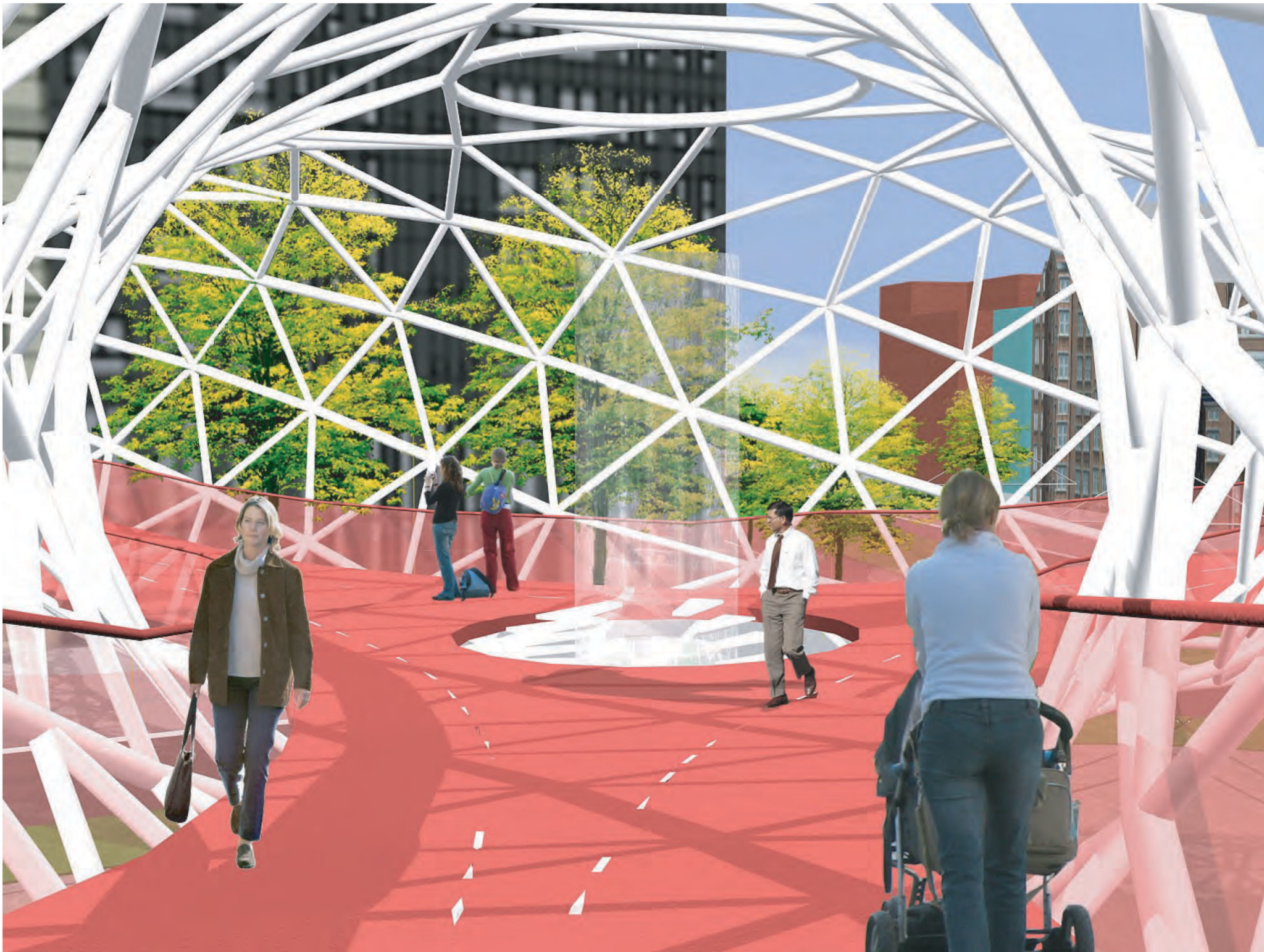









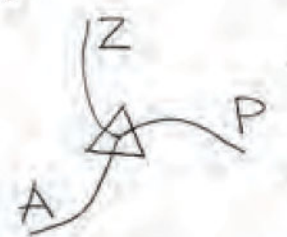


FIETSBRUG NOORDERPLAATS

CONCEPT

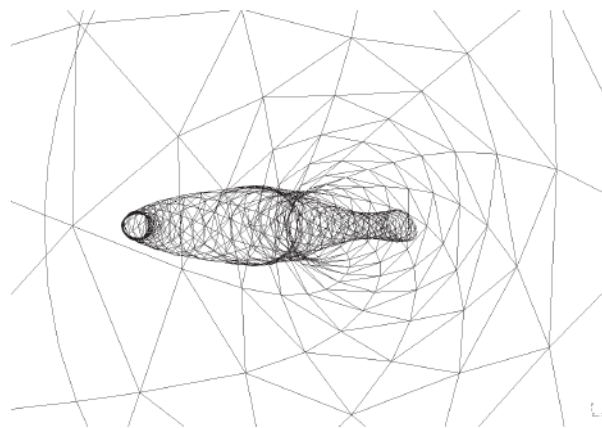




— STRUCTUREEL CONCEPT —

- ① Natuurlijke vorm (organisch) 
- ②  Mazen = gelijkzijdige  $\Delta$  → 3 HELIXEN 
- ③  = behoorlijke wnst (MATERIAAL)
- ④ Hoogte volgt moment  
wanddikte buis volgt N →  → architecturale WINST
- ⑤ Assenmodel  → BROEKSTUK  → VOEIEND  
→ DOORWEVEN OVER BROEKSTUK
- ⑥ Parametriseren in 1 geheel
  - Assenmodel
  - Bomen
  - Eindstuk
- ⑦ 'VOORSPIJVEN' t.p.v. stijgpunt → 3<sup>de</sup> (fijn) 'getrokken' stammpunt  
→ minder slijting  
→ minder vermoeiing. 

AFB 01: basisprincipes van het structurele concept



AFB 02: zijaanzicht versus intern zicht



FIETSBRUG NOORDERPLAATS

4. CONSTRUCTIE & MATERIALISATIE

4.1 ALGEMEEN CONCEPT

AFB 01

**Koker als structuur**

Er werd gekozen voor een 'koker' als macro-structuur. Een koker is van nature uiterst geschikt om zowel buigende als wringende momenten te weerstaan. De buigende momenten worden veroorzaakt door de overspanning op zich, de wringmomenten (torsie) door het gebogen brugtracé.

**Koker als ruimte**

Een dergelijke overspanning maken vraagt een aanzienlijke constructiehoogte – althans als men niet kiest voor bvb. gewelfwerking (met de bijhorende zware horizontale spatkrachten.) Hier wordt de 'constructieruimte' tegelijk een belangrijke 'architecturale ruimte'.

AFB 02

**Stavenstructuur**

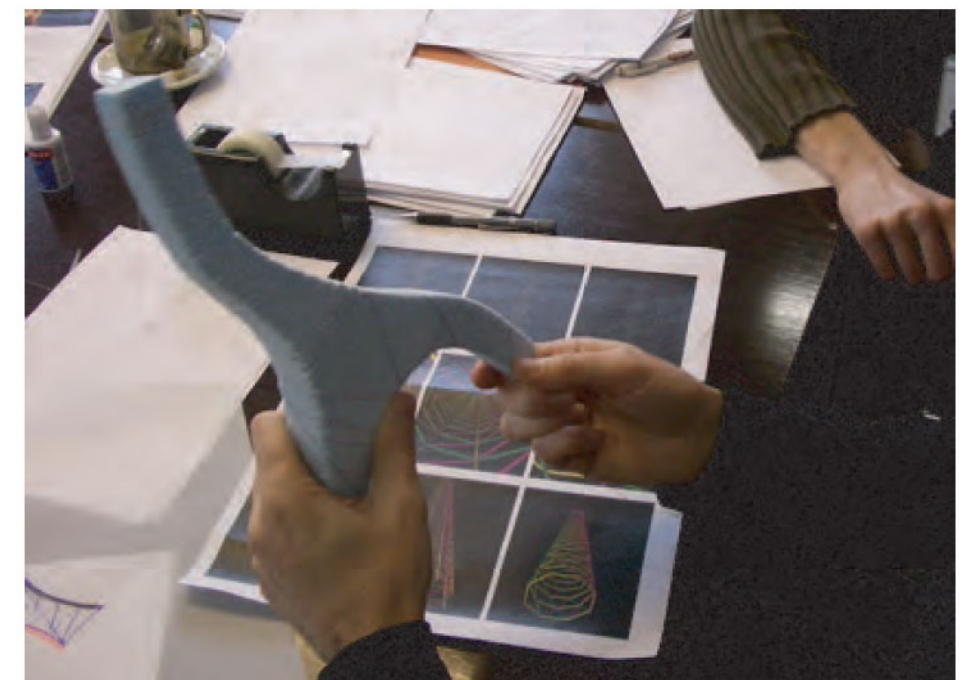
Het materiaal van de koker – gelijkmatig verdeeld langs de omtrek bij een volwandige koker – wordt geconcentreerd in staven langs het kokeroppervlak.

**Driehoeken**

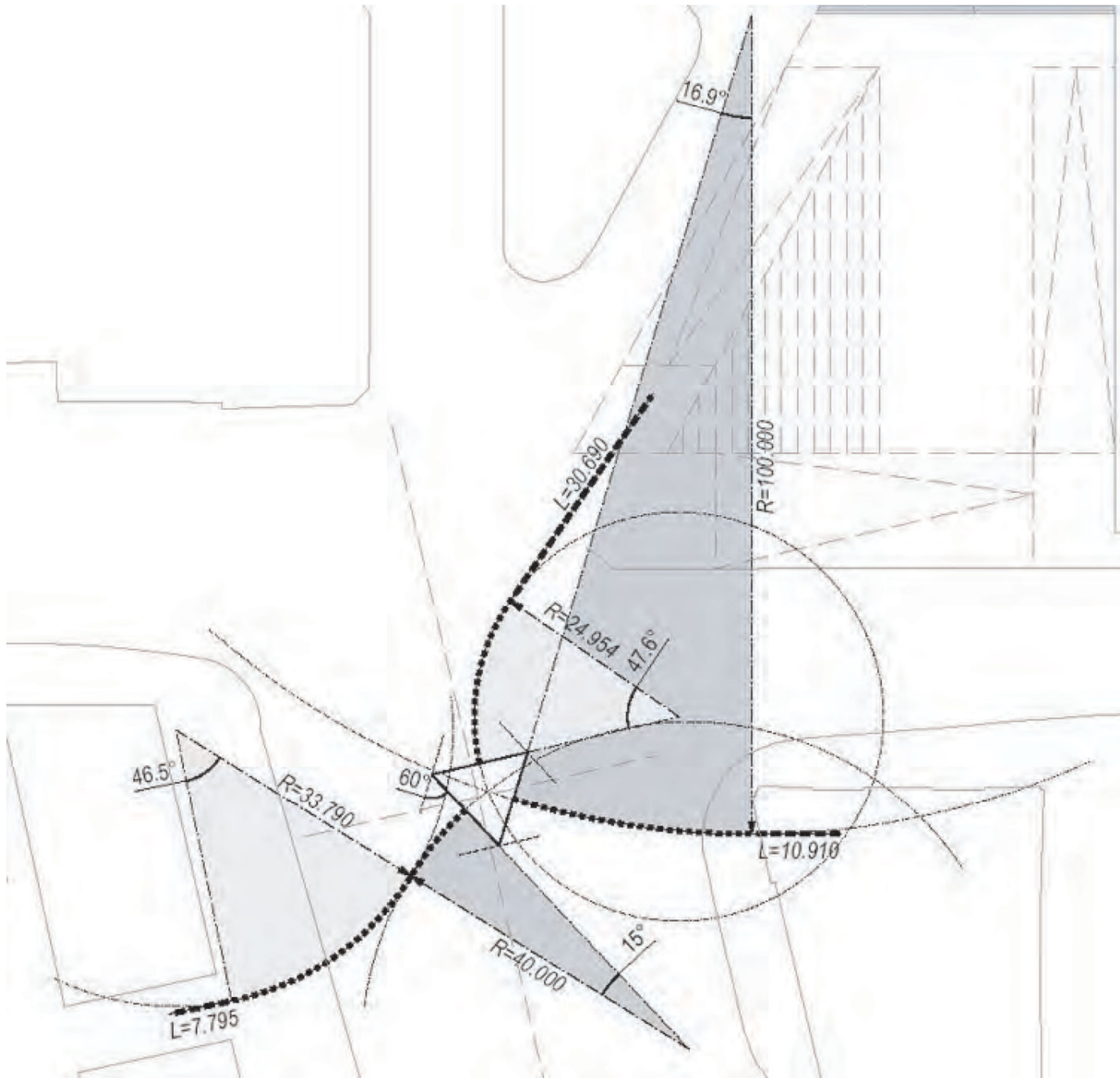
De structuur is volledig opgebouwd uit driehoeken, waardoor een vormvaste geometrie ontstaat. Die triangulatie van de structuur betekent bovendien dat de elementen enkel op trek en druk belast worden, waardoor het materiaal optimaal wordt gebruikt.

**Ronde buizen**

Nog los van het architecturale aspect zijn ronde buizen ideaal voor op druk belaste elementen doordat hun traagheidsstraal rond alle assen gelijk is. Daardoor moeten kleinere reducties toegepast worden bij toetsing van de elementen op knik.



CONSTRUCTIE & MATERIALISATIE



## 4.2 GEOMETRIE

### Wiskundig bepaalde geometrie

De exacte geometrie van de brug wordt beschreven op basis van parameters: tracé van de aslijnen, variatie in hoogte en breedte van de dwarssectie, patroon van de driehoeken (maaswijdte), ...

Op basis van deze getabelleerde gegevens worden alle coördinaten berekend en het 3d-model van de structuur automatisch gegenereerd.

Dit betekent bovendien dat de geometrie heel eenvoudig te wijzigen is, waardoor een dynamisch ontwerpproces mogelijk is.

### Tracé

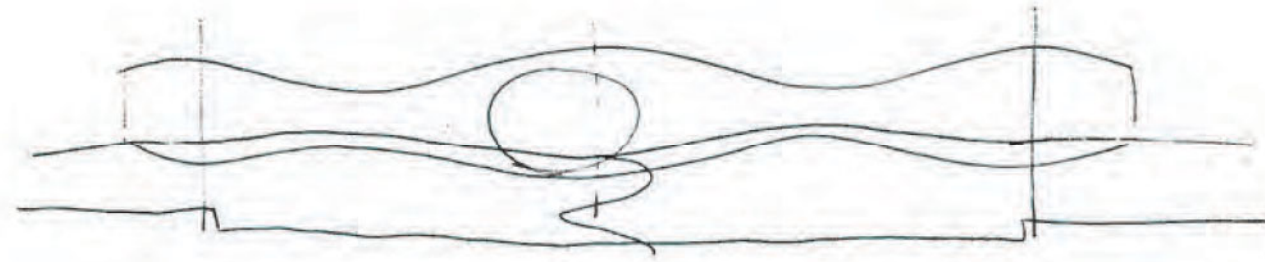
De algemene lay-out van de brug is vastgelegd op basis van het stedenbouwkundig concept.

Drie armen verbinden het optimaal geplaatste stijg-en-daalpunt met respectievelijk de Amca-site, het Park Spoor Noord en het plein voor het toekomstige ziekenhuis.

De basisvorm voor de kern is een gelijkzijdige driehoek met zijde 12 m. Uit de 3 zijden vertrekken de aslijnen van de drie armen, die zijn opgebouwd uit lijnstukken en cirkelsegmenten.

AFB 03

AFB 03: het tracé van de brug, opgebouwd uit een geparametriseerde gelijkzijdige driehoek, lijnstukken en cirkelsegmenten



AFB 04: in de hoogte variërende sectie

#### Variërende sectie

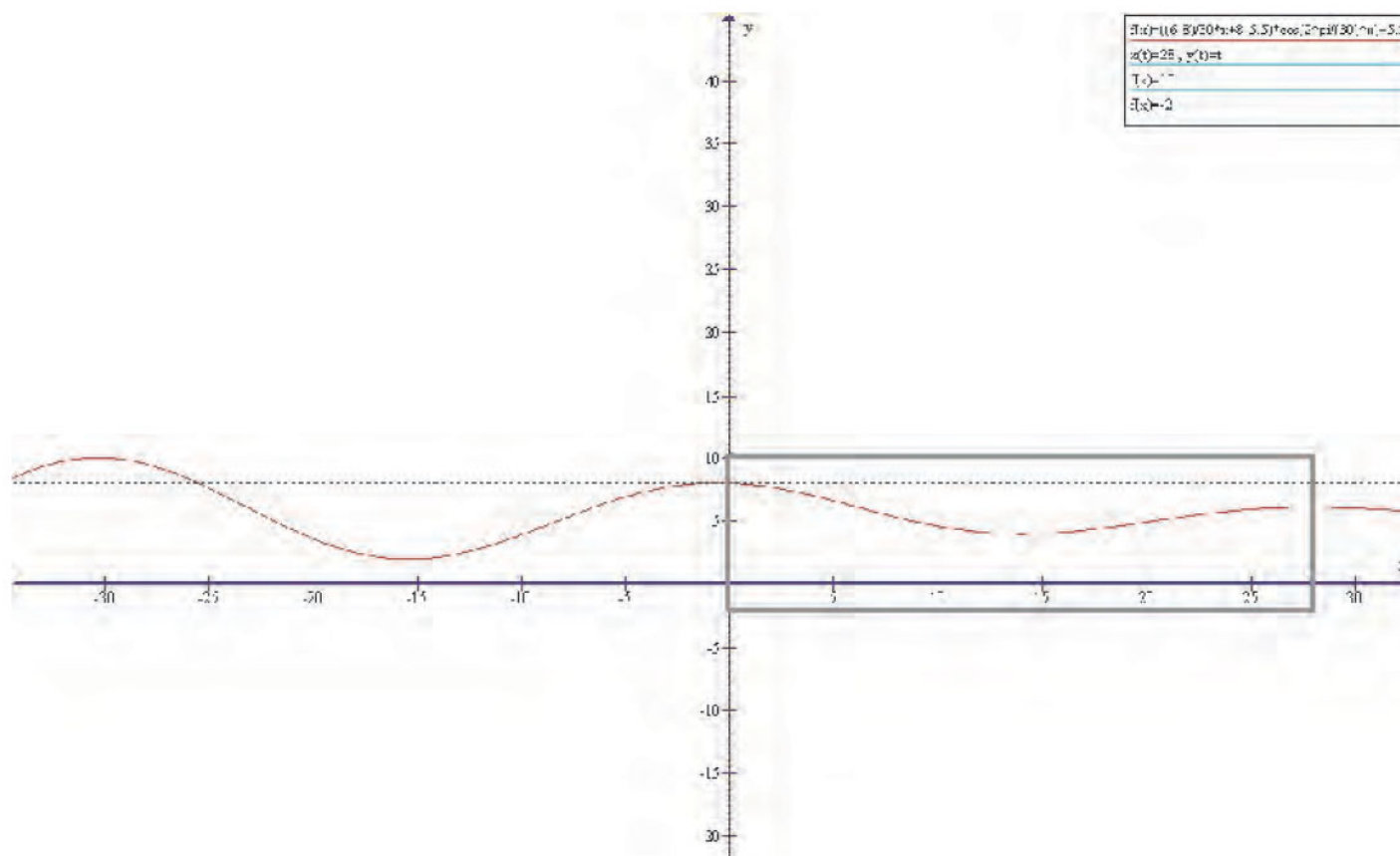
De variatie in hoogte van de structuur wordt bepaald door het verloop van de buigende momenten (op basis van gedeeltelijk ingeklemde uiteinden). Zowel de onderlijn als de bovenlijn volgen deze variatie. Daardoor wordt tegelijk tegemoet gekomen aan de gestelde randvoorwaarden: gabarit-eis van 6 m boven de rijweg, lagere aansluitpunten op de aanlandingen en een nuttige beperking van het niveauverschil t.p.v. het stijg-en-daalpunt.

AFB 04

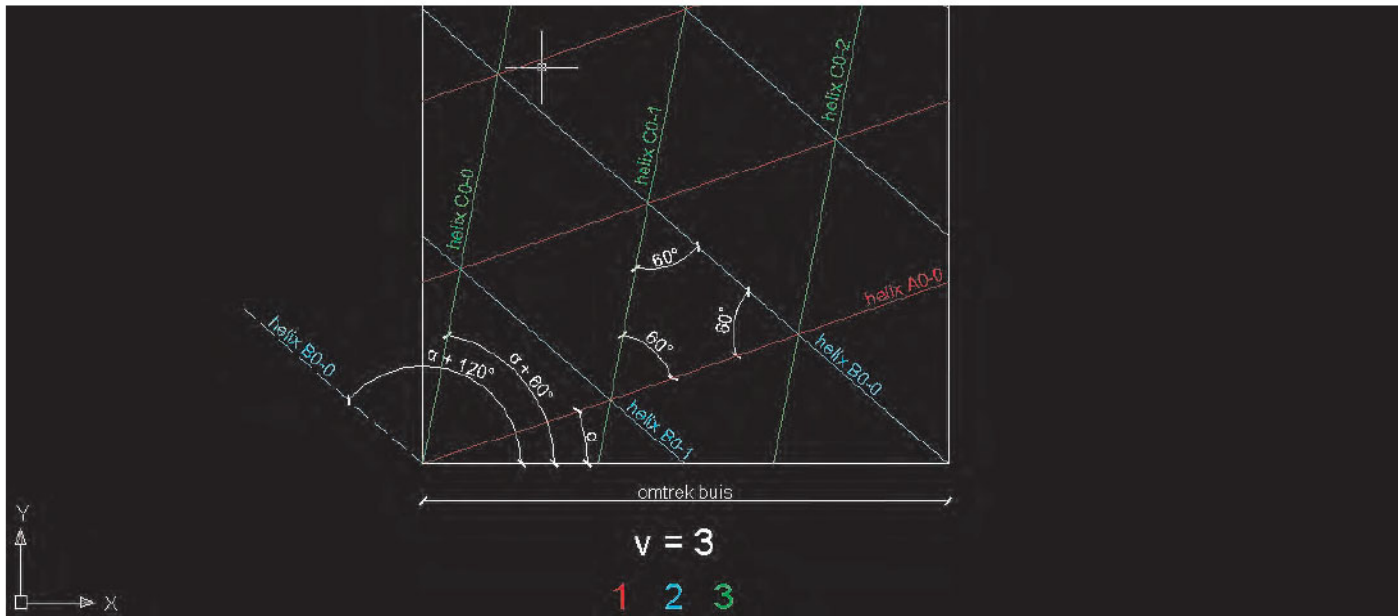
Wiskundig wordt deze variatie beschreven op basis van een verschaalde en verschoven cosinus-functie, wat aansluit bij het verloop van de momentenlijn.

De armen worden breder naar de kern toe, waar ze naadloos aansluiten m.b.v. gemeenschappelijke raaklijnen. Het verloop van de breedte is recht/parabolisch t.o.v. de aslijn.

AFB 05



AFB 05: de variatie van de hoogte wordt beschreven door een periode van cosinusfunctie (zie aangeduide zone)



AFB 06: definitie van de helix families

### Patroon triangulatie

De algemene oplossing voor het trianguleren van een koker bestaat uit 3 families helixen (schroeflijnen) met gelijke straal en variërende spoed. De verhouding spoed/straal is de maat voor de hellingshoek van de helix langs de mantel.

AFB 06

Twee specifieke oplossingen zijn die waar de spoed van één helixfamilie gelijk is aan 0 of oneindig.

Een spoed gelijk aan 0 betekent verticale ringen met een bepaalde tussenafstand. Dit patroon was niet gewenst wegens het dominante ritme. Bovendien is de gewenste continuïteit t.p.v. de kern moeilijk haalbaar door de onderlinge hoekverdraaiing van de assen ( $60^\circ$ ). Een spoed gelijk aan oneindig levert dominante horizontalen op en tegelijk een veelhoekige prismatische sectie, wat evenmin werd nagestreefd.

AFB 07

Behalve deze specifieke patronen zijn er nog oneindig veel andere oplossingen voor de helixdefinities, met variërende maaswijdte. De verhouding tussen het aantal helixen per familie vormt hierbij de parameter.

Bovendien kan het patroon ook rond de omtrek van de koker gerepeteerd worden. Het aantal helixen per familie wordt dan een veelvoud van de repetitiefactor.

AFB 08

### Toegepast patroon

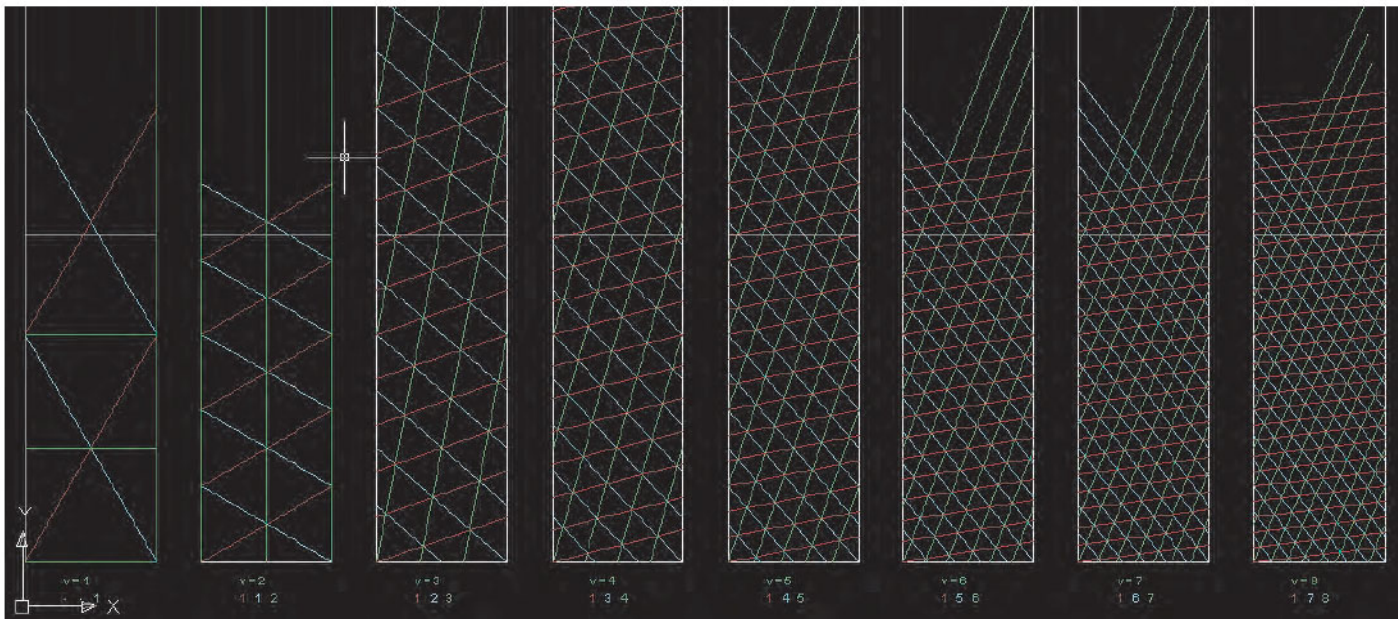
De uiteindelijke keuze van het patroon is bepaald door de nagestreefde continuïteit t.p.v. de kern en de gewenste maaswijdte.

De vooropgestelde visuele continuïteit t.p.v. van de kern vereist een repetitiefactor die veelvoud is van 2. Zo kunnen de helixen van elke arm voor de helft doorlopen in beide andere armen.

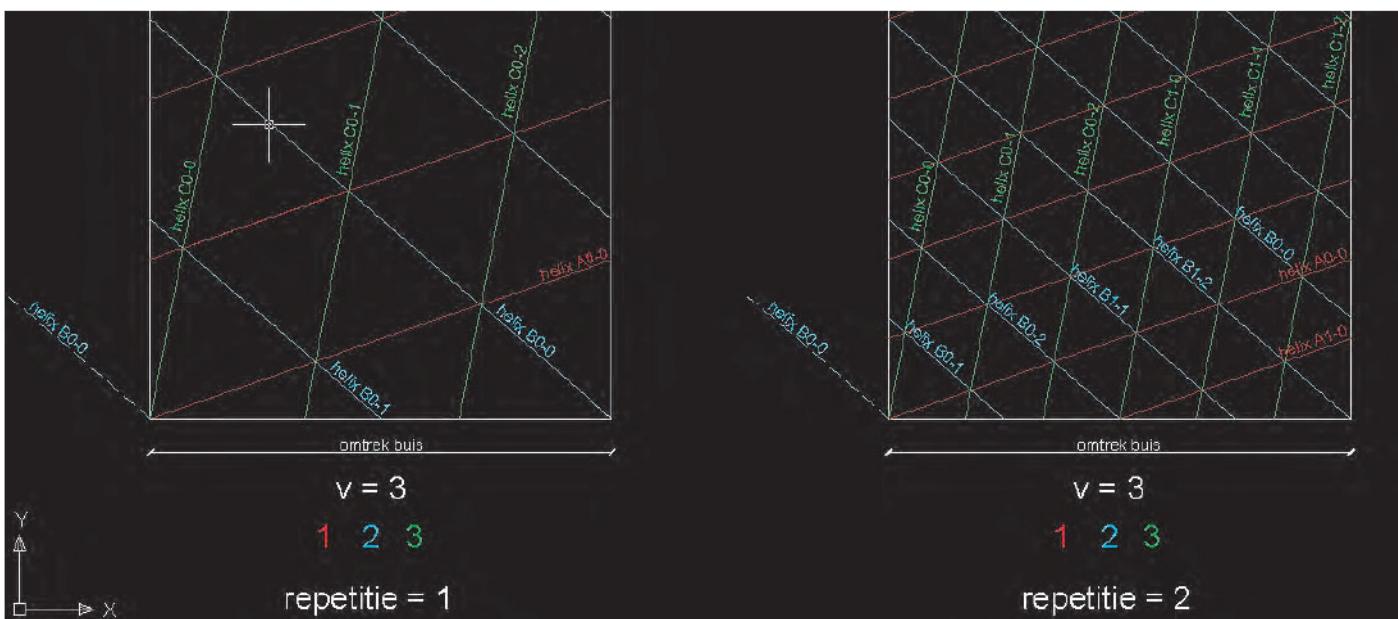
De gewenste 'maaswijdte' wordt gekozen in functie van de nagestreefde transparantie en de slankheid (knikgevoeligheid) van de individuele staven (m.a.w. efficiëntie van het materiaal).

$2_{1-4-5} = 2-8-10$

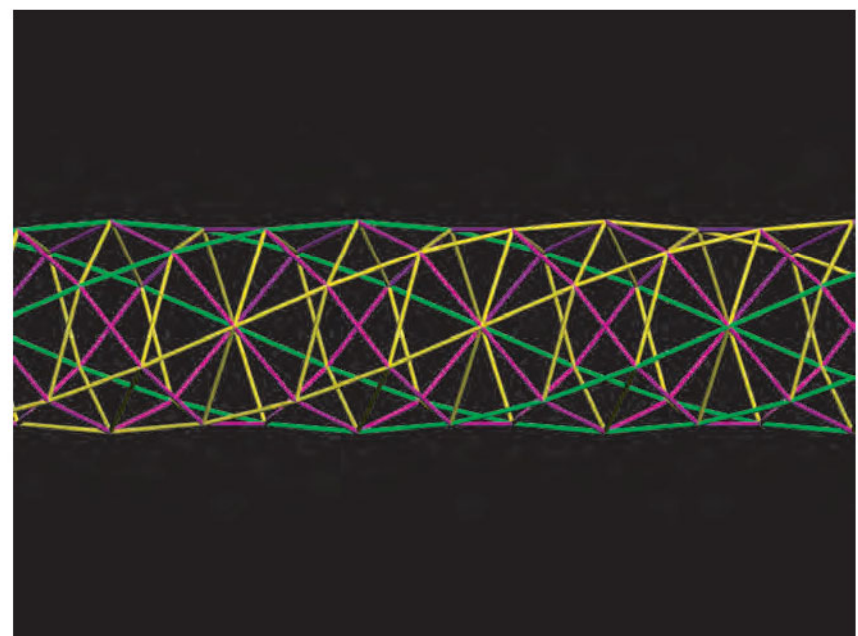
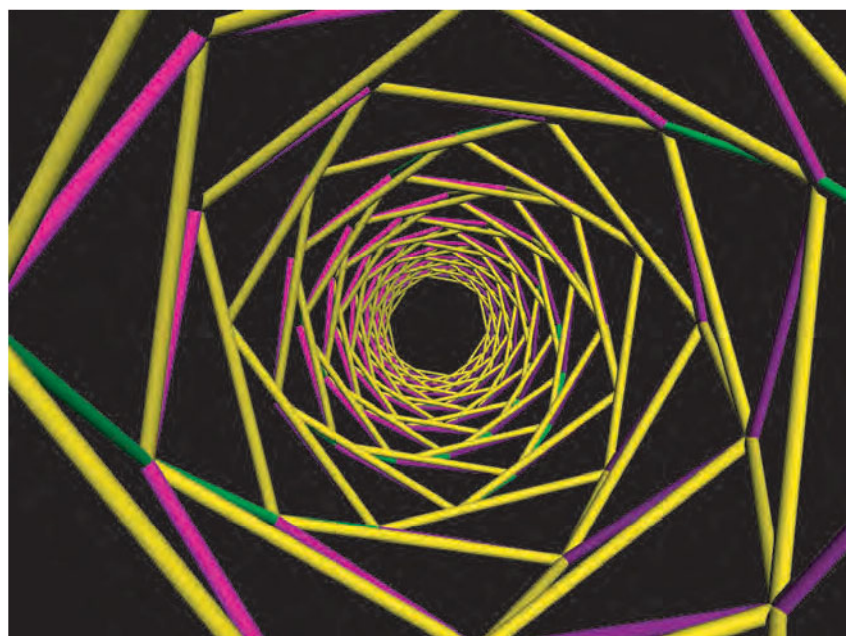
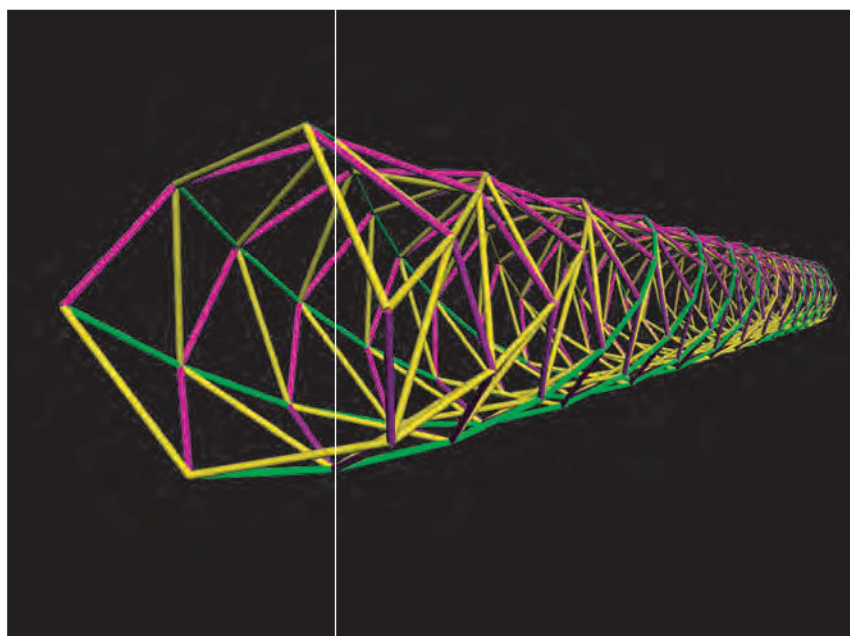
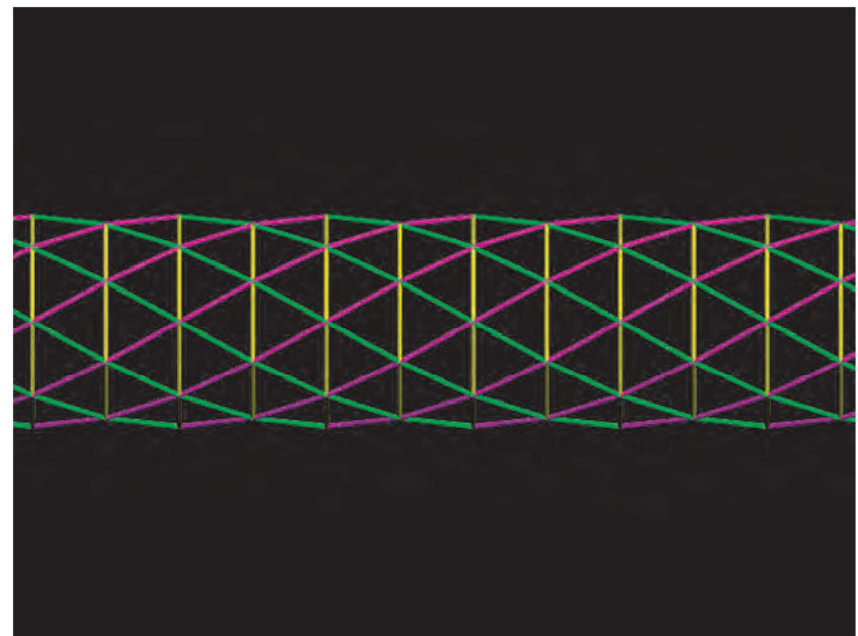
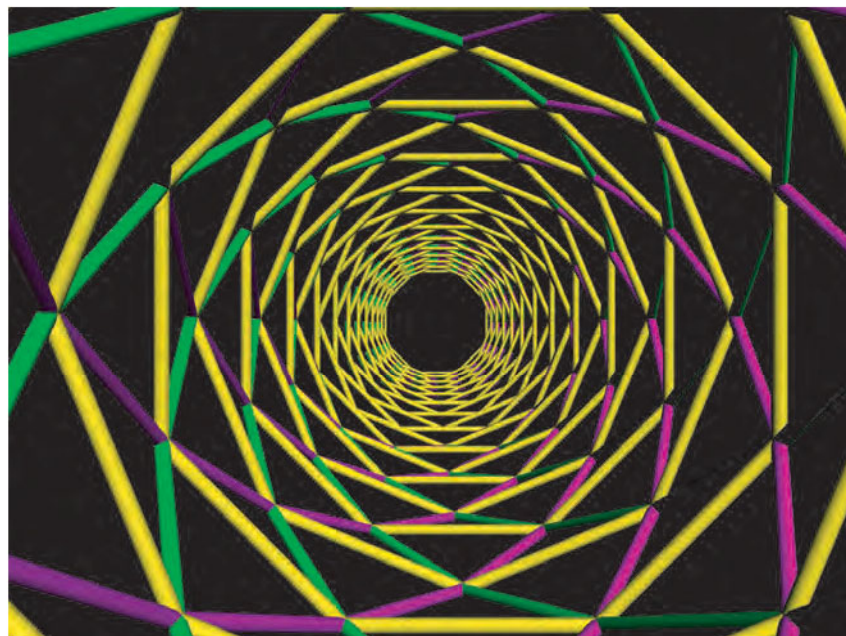
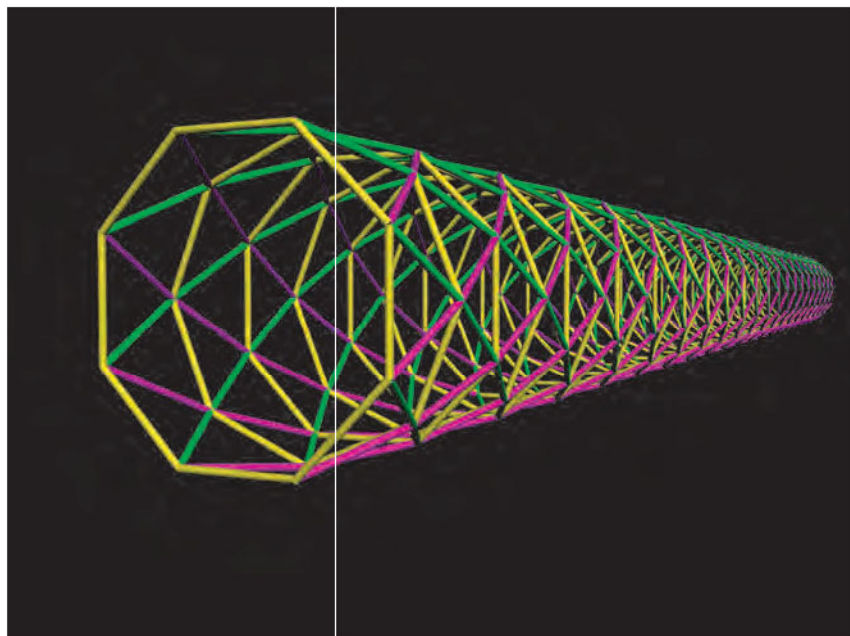
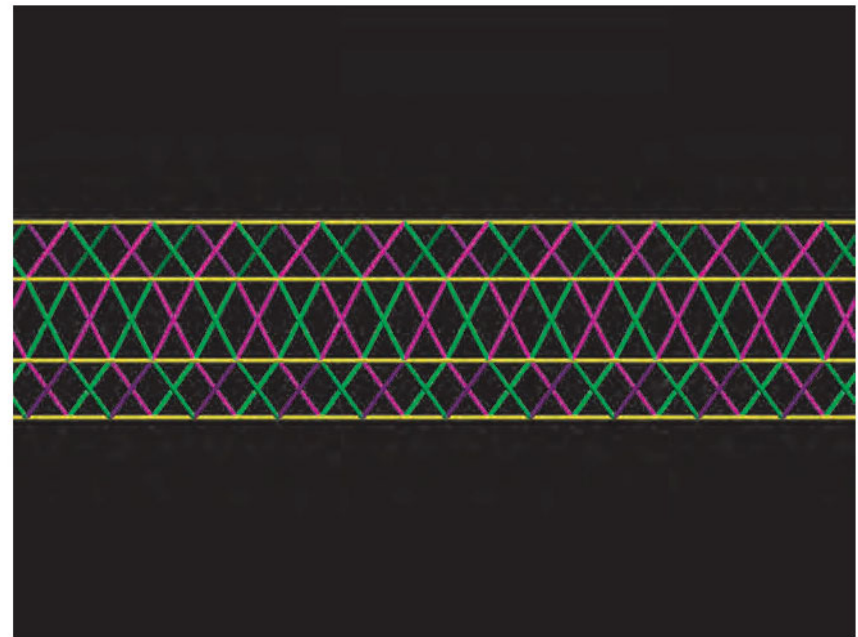
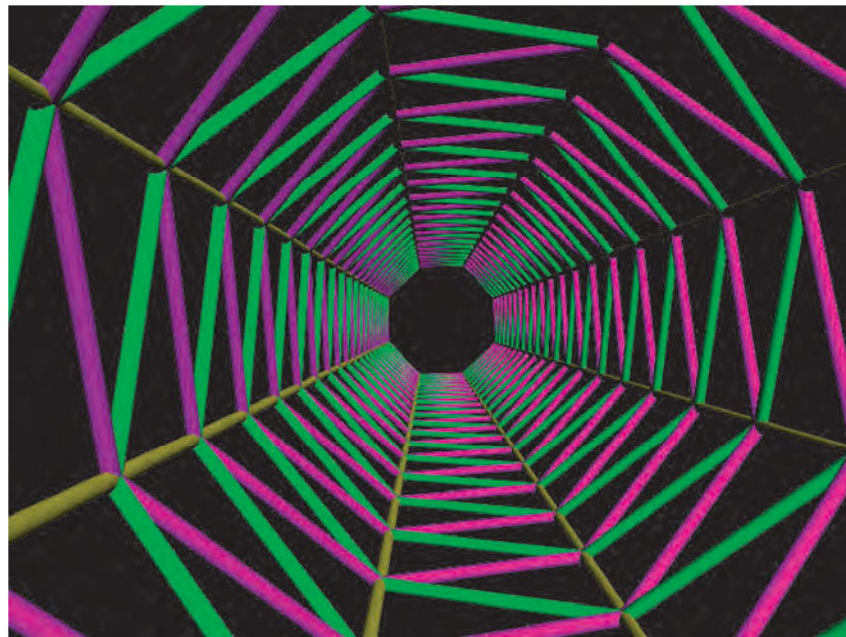
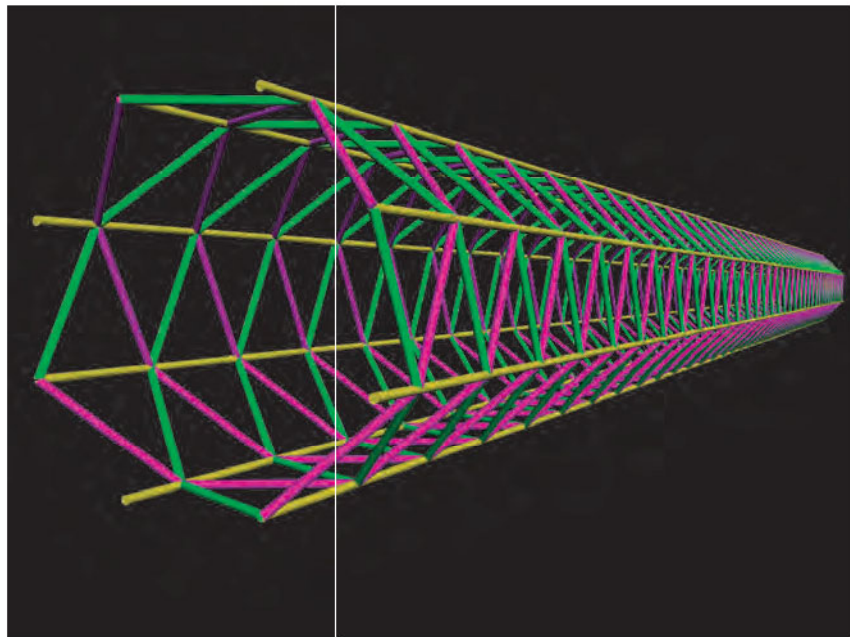
Het in het ontwerp toegepaste patroon is:  $2_{1-4-5}$ . Hierbij staat '1-4-5' voor de verhouding tussen het aantal helixen per familie, en '2' voor de repetitiefactor van het patroon rondom de omtrek van de koker.



AFB 07: de verhouding tussen het aantal helixen per familie als parameter bij de variatie aan patronen



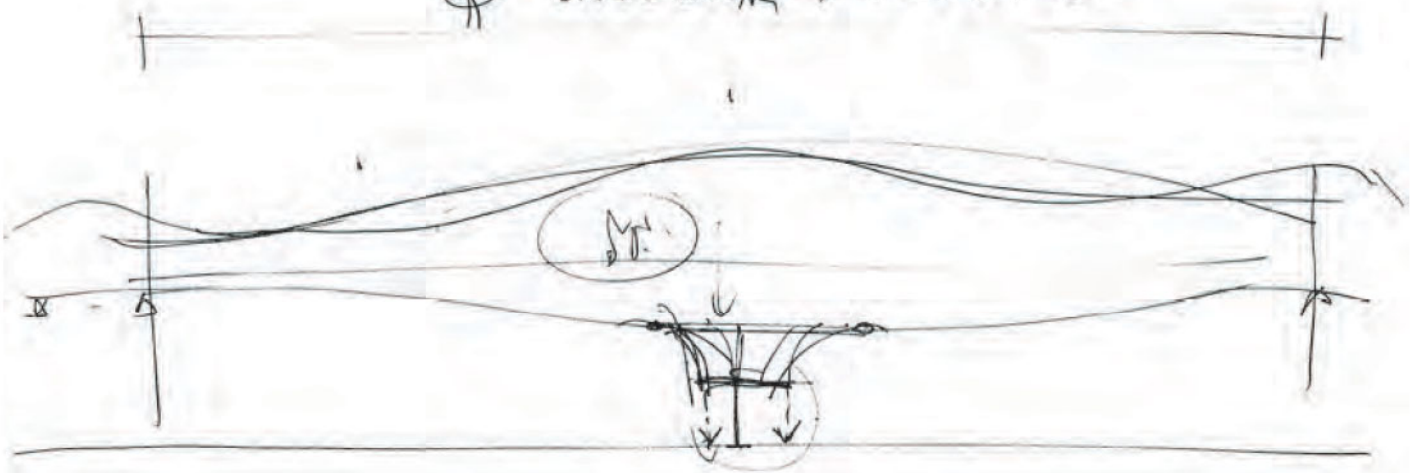
AFB 08: invloed van de repetitie factor op de maaswijdte





17.01.2009

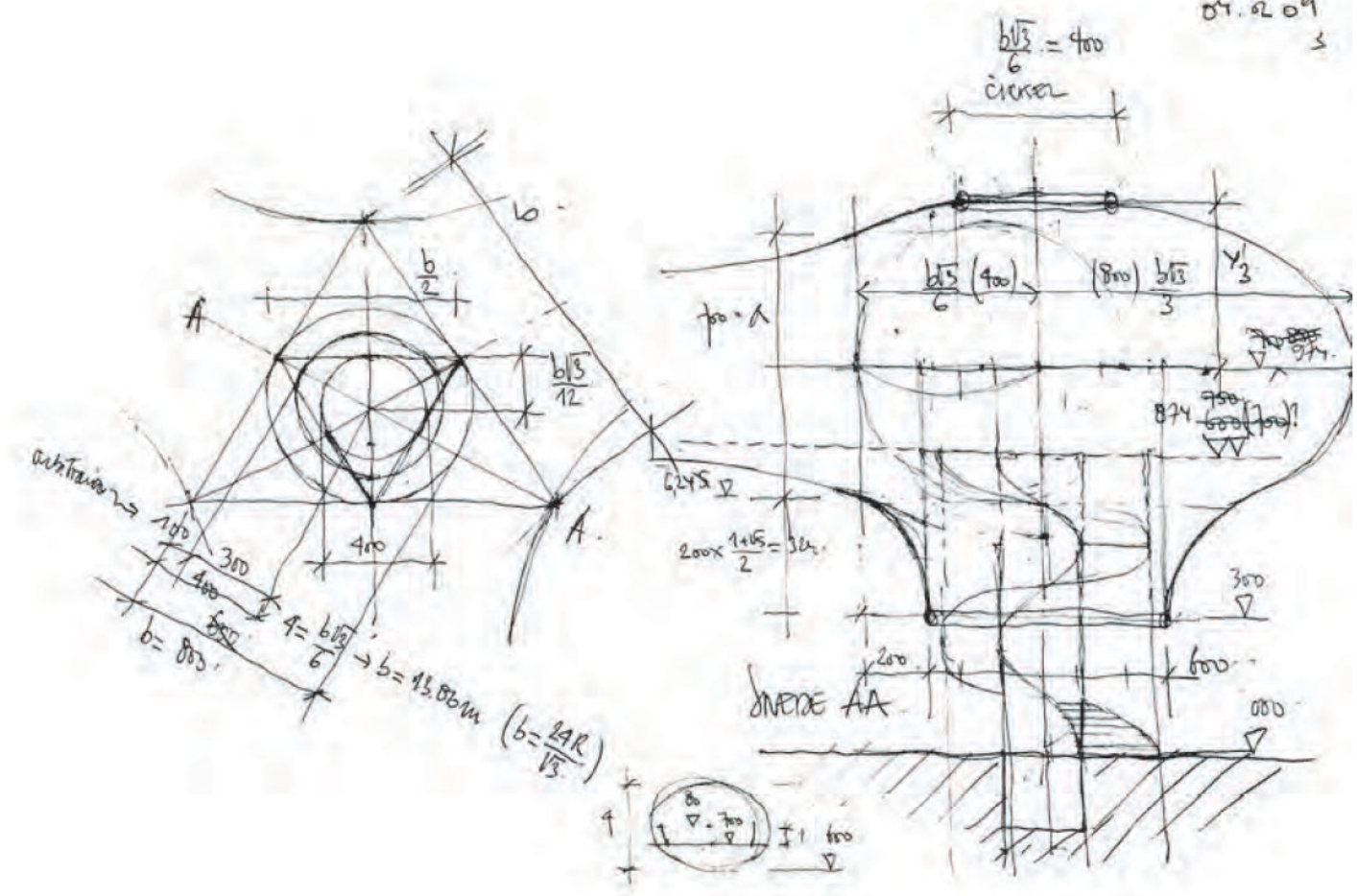
$4 \times 3 = 12 \text{ W/m} \rightarrow \int = 15 \text{ cm} \leftarrow$



$\frac{6 \times 29 \pi}{935 \text{ EN}}$   
 $950 \text{ mm}$

$\frac{1279 \text{ m}}{27.89}$   
 $\frac{1048}{1} - 42 \text{ mm} = \Delta l =$   
 $\Delta l = \alpha \Delta t \cdot l$   
 $42 = \Delta t \cdot 6000 \times 12 \cdot 10^{-6}$   
 $\Delta t = 580,33$

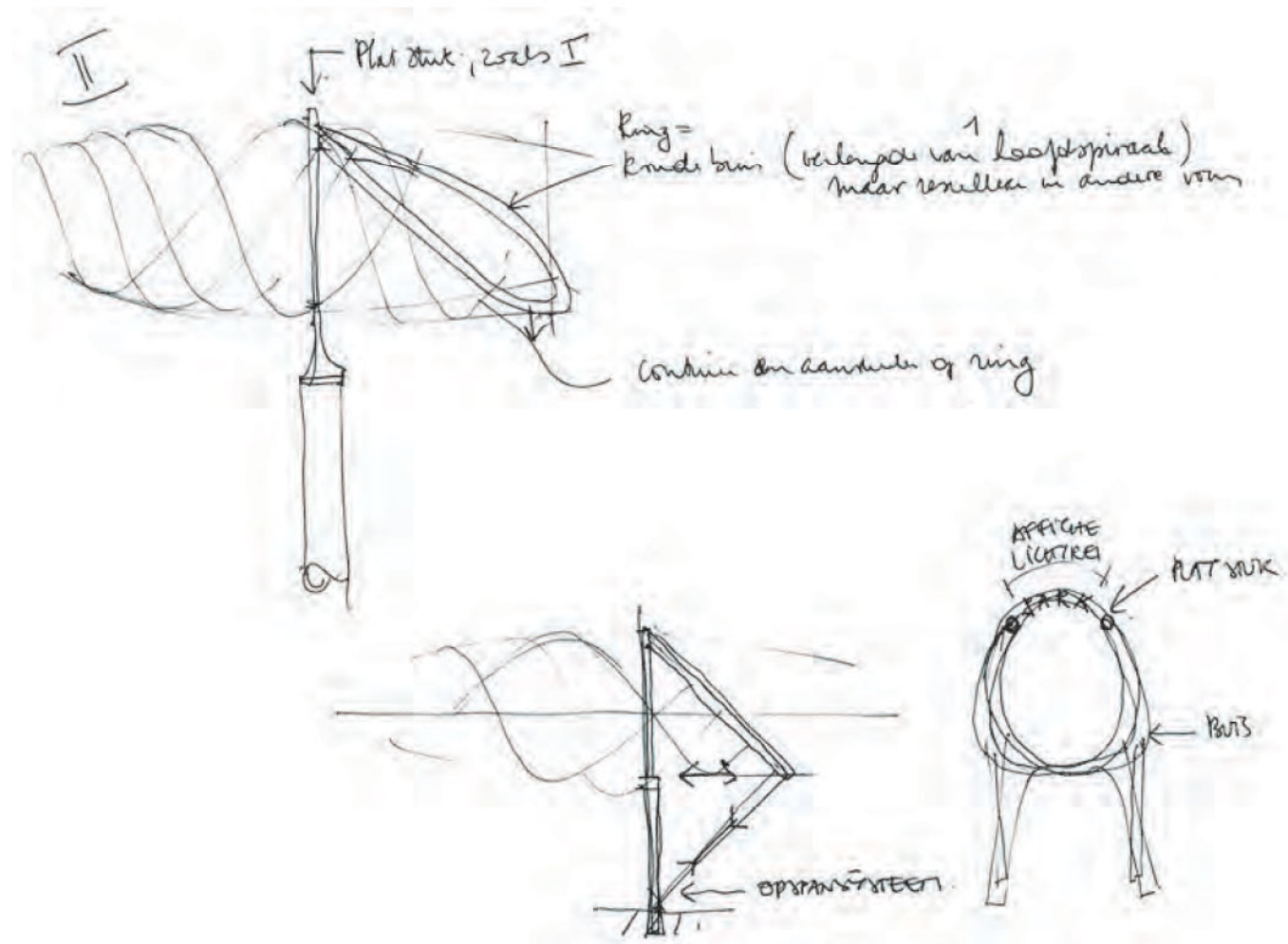
01.02.09



**Middenstuk (kern)**

Over de flanken van de kern wordt het helixennet van de armen naadloos doorgegeven. Rond het middelpunt wordt onderaan een bovenaan respectievelijk een trekking en een drukring ingebracht. Onderaan wordt binnen de trekking het stijg-en-daalpunt gerealiseerd. Er kan onderzocht worden of dit stijg-en-daalpunt wordt uitgewerkt als een hangend vierde been dat naadloos overgaat in de brugstructuur.

AFB 09



AFB 10: concept van de eindstukken

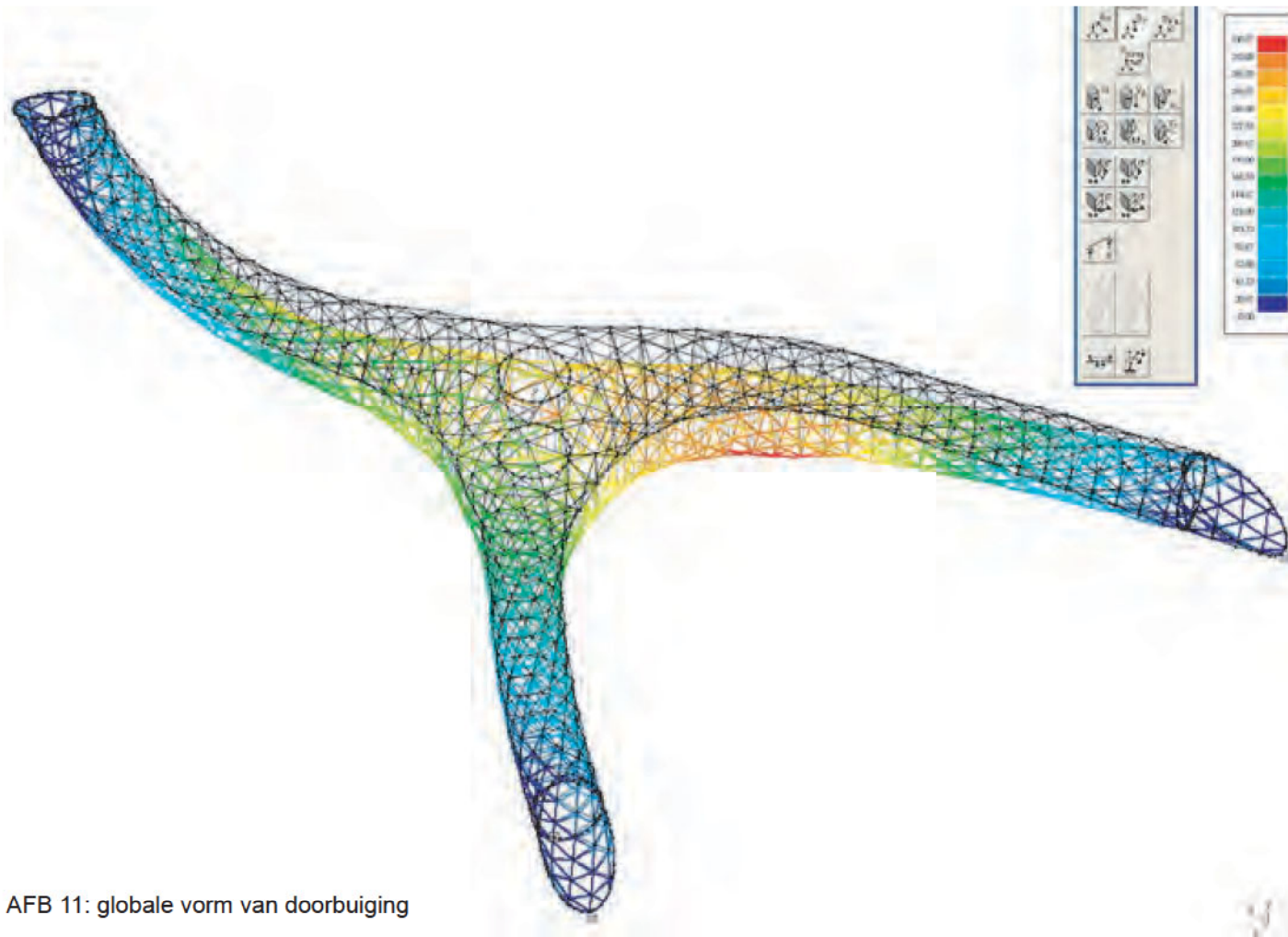
### Eindstukken (aanlandingen)

De eindstukken zijn ontworpen om een (gedeeltelijke) inklemming te realiseren. Deze eindstukken zullen verder uitgewerkt worden na overleg met de diverse partners (ontwerpers Amca-gebouw, Hogeschool Antwerpen, ...) over de krachtsoverbrenging.

AFB 10

### Loopvlak

Het loopvlak bestaat uit een staalplaat met een ondergelast mazenraster dat voor de vereiste stijfheid en sterkte zorgt. Het steunt puntsgewijs op de brugstructuur. Het loopvlak wordt afgewerkt met rood gekleurde bitumen of epoxy. De borstweringen zijn uit roodgetint gelaagd glas.



AFB 11: globale vorm van doorbuiging

### 4.3 PRESTATIES

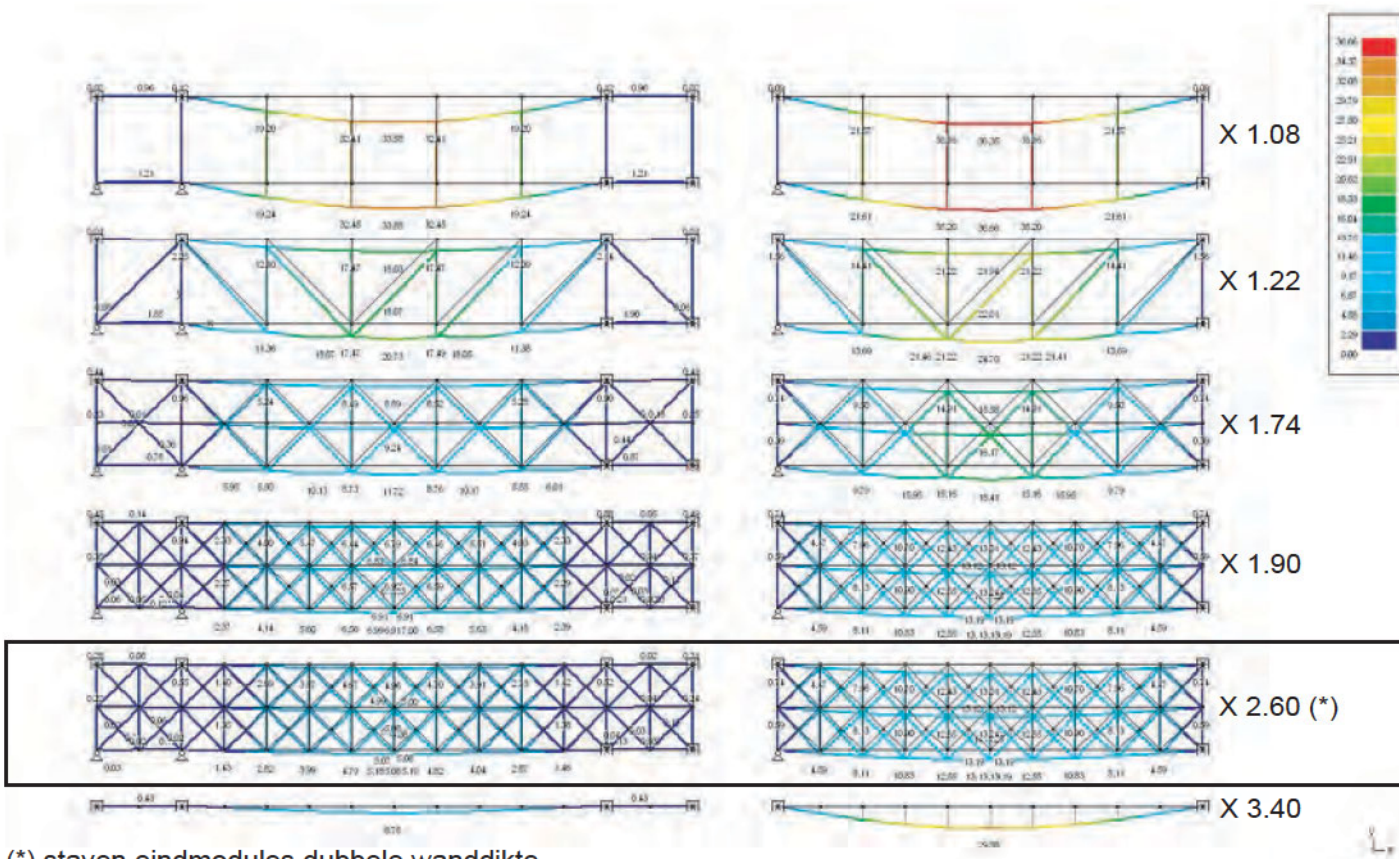
#### Gebruiksgrenstoestanden

AFB 11

De doorbuiging (onder invloed van de gebruiksbelasting) en de verticale trillingen worden mede onder controle gehouden door de brug licht voor te spannen. Op deze manier wordt het variërend deel van de doorbuiging ter plaatse van het stijg-en-daalpunt beperkt.

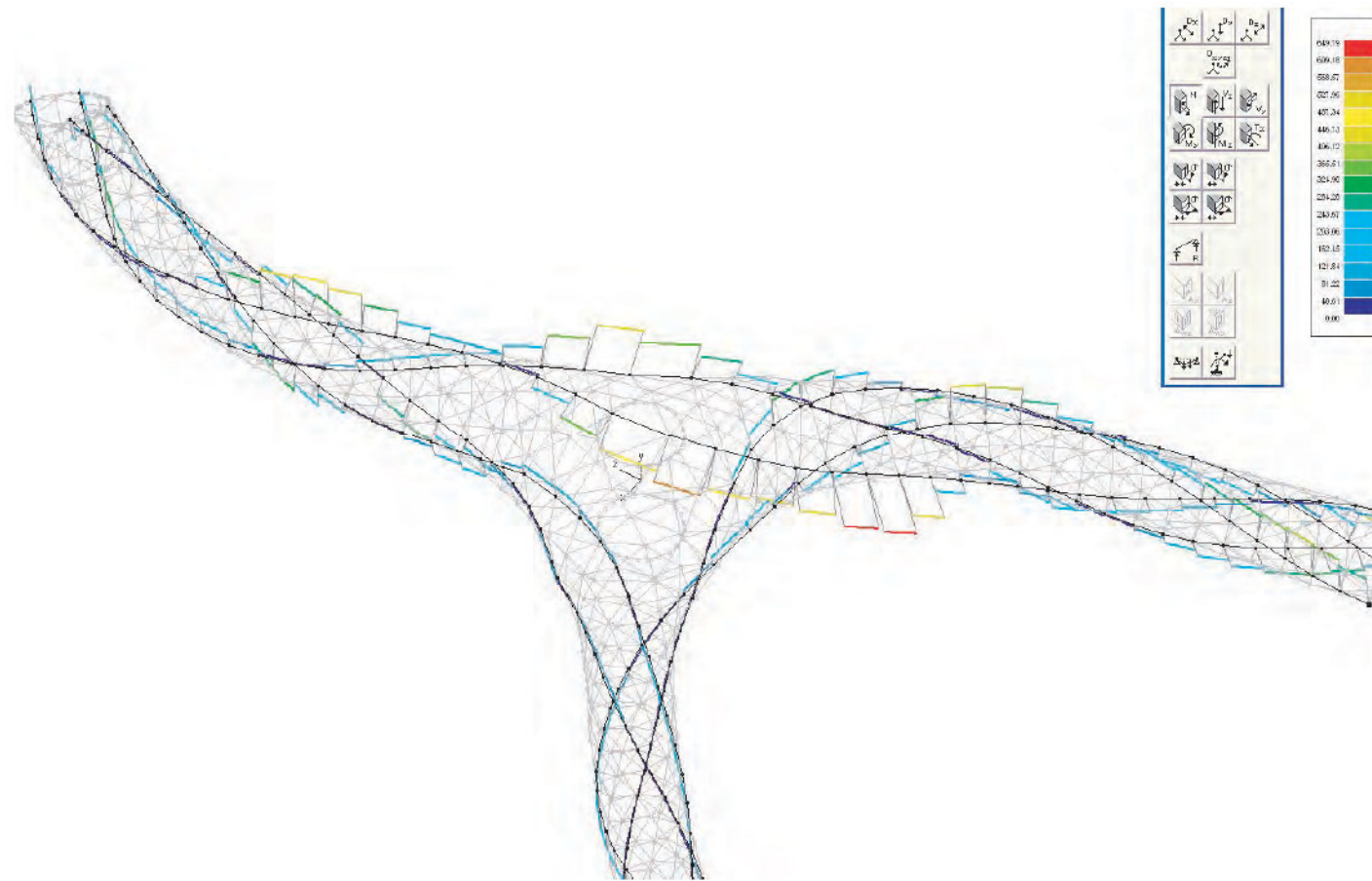
In afwachting van de realisatie van dit stijg-en-daalpunt kan deze opspanner op een andere plaats aangrijpen (vluchtheuvel nabij het centrum van de brug). Horizontale trillingen vormen geen noemenswaardig probleem door de vorm van de structuur (3 armen).

AFB 12



(\* ) staven eindmodules dubbele wanddikte

AFB 12: effect van de inklemming op de structuur

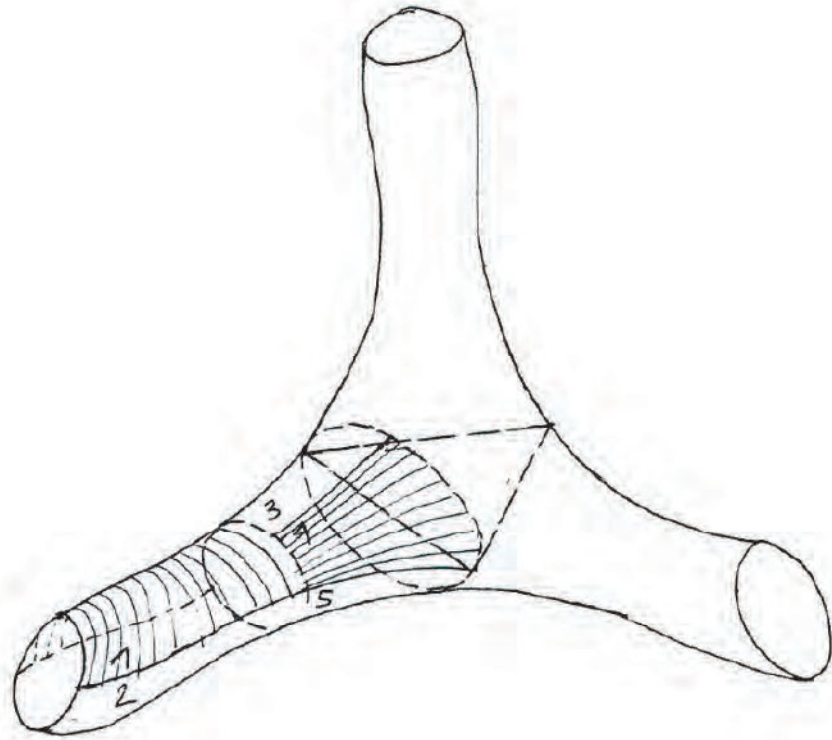


**Uiterste grenstoestanden**

Een doorgedreven optimalisatie van het staalgebruik is mogelijk doordat de wanddikte van de buizen stuk voor stuk kan variëren, in functie van de optredende snedekrachten (trek/druk), rekening houdend met de slankheid van de drukstaven.

AFB 13

AFB 13: verloop van de normaalkracht in enkele karakteristieke helixen met lange spoed



AFB 14: segmentering van de structuur in functie van de transportmogelijkheden

#### 4.4 REALISATIE

##### Model

Uitvoeringsstudie en productie vertrekt vanuit het wiskundig genereerbaar model. Daardoor is de structuur ondanks zijn globale vorm toch beheersbaar.

##### Constructieprincipe

De 'verst dragende' helixen (deze met de langste spoed) worden met een iets grotere buisdiameter uitgevoerd (ca.  $\varnothing 194$  i.p.v.  $\varnothing 140$ ). Deze zijn doorlopend en volgens twee assen gebogen (gewalst).

De andere staven zijn (volgens het huidig ontwerp) rechte staven die tussen deze doorlopende staven gelast worden.

Het geheel wordt met zink behandeld (metallisatie of behandeling met koude zink) en vervolgens geschilderd.

##### Assemblage & montage

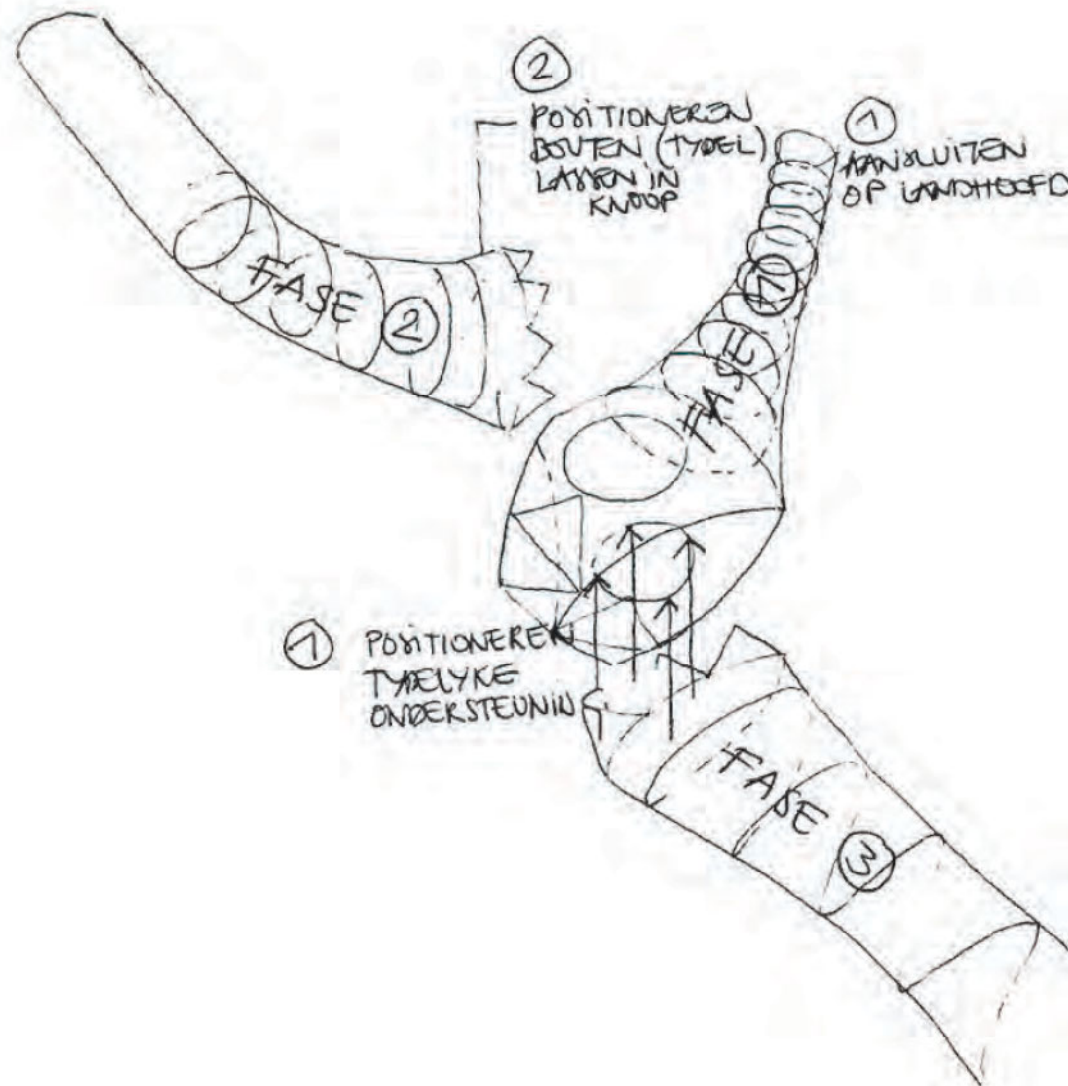
Hoewel we andere opties natuurlijk niet uitsluiten zien we de assemblage en montage als volgt.

In het staalatelier worden stukken samengesteld die transporteerbaar zijn. Dit betekent dat de sectie t.p.v. de uiteinden horizontaal in 2 delen opgesplitst wordt; de bredere kokersecties in de nabijheid van de kern zullen ook verticaal opgedeeld worden.

##### AFB 14

Deze onderdelen worden op de site (beschikbare ruimte links of rechts van de Noorderlaan) geassembleerd tot 3 of 4 delen (de 3 armen, met het middendeel al dan niet aan één van de armen voorzien). Deze delen worden vervolgens m.b.v. kranen op hun definitieve plaats gebracht. In deze fase wordt gebruik gemaakt van tijdelijke steunen, die geplaatst worden op de huidige vluchtheuvels).

##### AFB 15



AFB 15: montageprincipe van de tweede arm op de eerste arm met middenzone