

Ijsslollystokjes brug bouwen

In 2021 hebben twee leerlingen, met steun van hun vader (die echte bruggen heeft gebouwd) een hele goede ijsslollystokjes brug gebouwd. Die brug was zelfs sterker als de brug die vader thuis had gebouwd.

Ook het verslag was Top, en is bijna 1 op 1 in deze wiki overgenomen

- [Materialen](#)
- [Ontwerpeisen en bouwcriteria](#)
- [Keuze voor het ontwerp](#)
- [Bouwproces](#)
- [Testen](#)
- [Bouwtips samenvatting](#)

Materialen

Voor het maken van de brug worden de volgende materialen ([Figuur 2](#)) gebruikt:

- 300 ijslolly stokjes
- Houtlijm
- Wasknijpers
- Plastic mat (ter bescherming van de tafel)



Figuur 2. Materialen

Ontwerpeisen en bouwcriteria

De ontwerpeisen zijn:

- De brug heeft een netto overspanning van 70,0 cm. De echte brug is natuurlijk langer, want de uiteinden liggen op twee tafels, die 70,0 cm uit elkaar staan.
- Over de brug moet een automodel kunnen rijden; lengte 11 cm, breedte 4,5 cm, hoogte 4 cm. Voor het wegdek wordt een strook dun karton van 6,0 x 70 cm gebruikt. Deze strook wordt los op de brug gelegd en hoort dus niet bij de constructie van de brug.

De bouwcriteria zijn:

- Voor de constructie worden alleen ijscostokjes gebruikt.
- De ijscostokjes mogen niet in delen worden gebruikt, je mag er niet in zagen of snijden.
- Er mogen maximaal 300 ijscostokjes worden gebruikt.
- Voor het testen van de sterkte van de brug moet in het midden van de brug een standaard ophanghaak kunnen worden aangebracht.
- De haak maakt geen deel uit van de constructie.
- De lijm mag uitsluitend gebruikt worden als verbindingsmiddel tussen de ijscostokjes en niet als verstevigingsvulling.

Keuze voor het ontwerp

Analyse brugtypen

Er zijn verschillende soorten bruggen. Boogbruggen ([Figuur 3](#)) kom je in het dagelijks leven erg vaak tegen. Bogen zijn erg sterk. Bij deze brug zie je dat het wegdek aan de boog hangt. In het dagelijks leven is een boog brug echt een van de best opties. Maar die worden vaak niet van ijslollystokjes gemaakt maar van metaal. Ijslolly stokjes zijn heel sterk als je er aan trekt. Maar de drukkracht die de stokjes aankunnen is niet zo groot. Bij een boog wordt er gebruik gemaakt van drukkracht. Daarom lijkt ons dat geen handige brug.

Vakwerkbruggen ([Figuur 4](#)) komen in Nederland ook veel voor. Door de beperkt constructiehoogte bij dit type brug is de overspanning kleiner dan bij boogbruggen.



Figuur 3. Boogbrug



Figuur 4. Vakwerkbrug

Voor (zeer) grote overspanningen zijn ook nog andere typen bruggen geschikt, zoals de tuibrug ([Figuur 5](#)) en de hangbrug ([Figuur 6](#)). Tuibruggen komen in Nederland voor, hangbruggen zie je meer in het buitenland.



Figuur 5. Tuibrug



Figuur 6. Hangbrug

Ook bestaat een categorie van bijzondere bruggen, bijvoorbeeld Ponte di Ralto in Venetië in Italië ([Figuur 7](#)) en Tower Bridge in Londen in Verenigd Koninkrijk ([Figuur 8](#)).



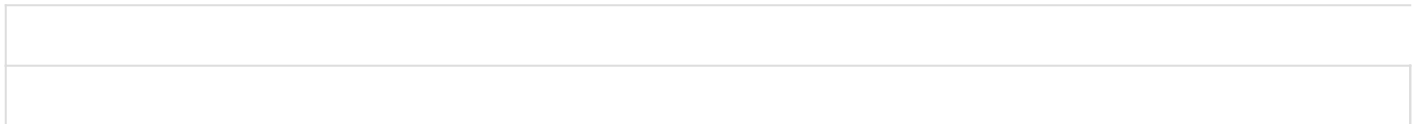
Figuur 7. Ponte di Ralto



Figuur 8. Tower Bridge

Waarom dit brugontwerp?

Boogbruggen zijn sterker dan vakwerkbruggen door de grotere hoogte. We waren onder de indruk van de getoonde voorbeeldbrug ([Figuur 1](#)) in de introductie les en vroegen ons af of deze brug sterker wordt door de brug te versterken met meer stokjes of de brug te versterken door de hoogte te vergroten. Om dit uitteleggen hebben we een kleine schets ([Figuur 9](#)) gemaakt.



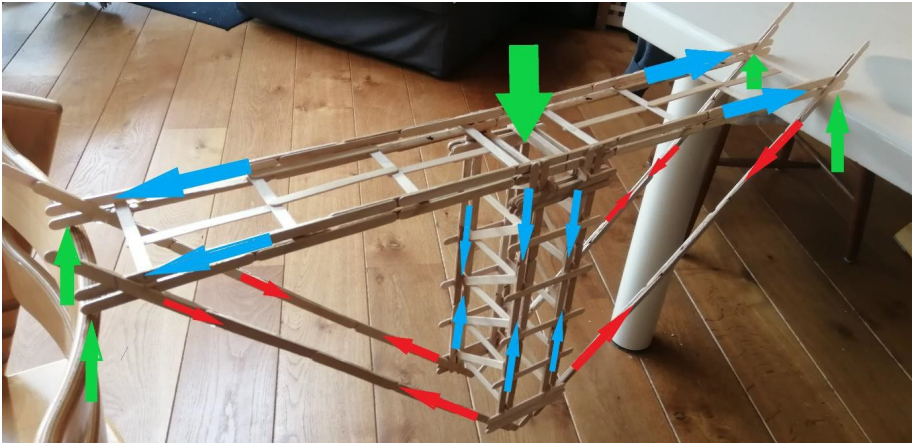
Figuur 9. Toelichting keuze hoofdvorm

Het middenstuk van de voorbeeldbrug is onder de linker brug veel kleiner, de trekkracht in de schuine delen is hier groter dan bij de rechter brug. Omdat de trekkracht bij de rechter brug kleiner is, hebben wij er voor gekozen om het middenstuk onder de brug langer te maken.

Krachtenwerking in de brug

We hebben een brug gemaakt waarin alleen trek- en drukkrachten optreden. In [Figuur 10](#) hebben we in onze brug de krachten getekend. De drukkracht brengt de belasting naar beneden en vervolgens wordt de belasting door de schuine staven omhoog getild waardoor er een trekkracht in de schuine staven ontstaat. Bovenin ontstaat een horizontale drukkracht.

De trekstaven zijn dunner uitgevoerd dan de drukstaven. Vergelijk het met een ongekookte spaghetti. Als je eraan trekt dan kan je hard trekken. Als je lichtjes drukt, dan gaat de spaghetti bol staan en breekt. Om te voorkomen dat de op drukstaven breken zijn deze dikker uitgevoerd en in de het verticale deel onder de belasting zijn diagonalen toegepast. Deze driehoeken maken de op drukstaven sterker.



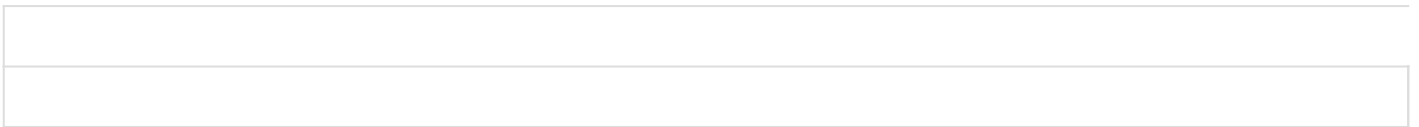
Figuur 10. Belasting wordt door trek- en drukkrachten in de brug afgedragen

Bouwproces

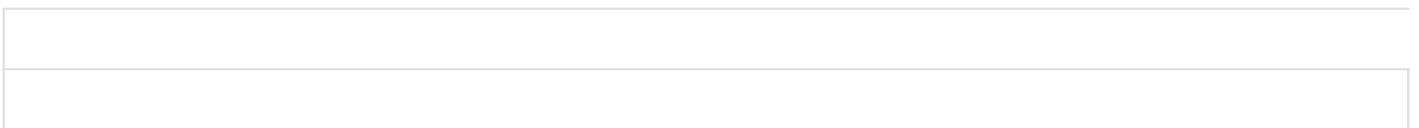
Bouwplan – aanpak

Ons bouwplan begin met het maken van de losse onderdelen ([Figuur 11](#)).

- Acht lange latjes die elkander overlappen tot op de helft, [Figuur 12](#)
- Vier latjes van 6 op 7
- Vier van 3 op 4
- Acht latjes waarbij je veel meer overlapt dan de helft, zodat je aan het uiteinde genoeg ruimte overhoud voor meer dan twee stokjes overdwers met wat ruimte er tussen. Zie [Figuur 12](#) en [Figuur 13](#) hieronder.



Figuur 11. Overzicht van losse onderdelen



Figuur 12. Stokje overlappen elkaar voor de helft



Figuur 13. Door overlapping is er ruimte om stokjes overdwers te lijmen

Voor het brug dek maak je eerst vier losse delen. Als deze delen gedroogd zijn, kan je deze elk weer met drie stokjes aan elkaar maken. Hieronder in [Figuur 14](#) zie je twee van die delen.

Figuur 14.Onderdelenvoorbrugdek

Alsje aldeonder delen af hebt kan je het als volg neerleggen en aan elkaar gaan lijmen, [Figuur 15](#). Let er hierbij op dat er tussen de twee latjes van het wegdek nog ruimte over laat voor een stokje. Zodat je later het brugdek er tussen kan schuiven. Ook zie je in het midden nu maar twee latje liggen, maar er moeten er nog twee bij. Deze moeten aan de binnenkant van de latjes die er al liggen. Ook hier moet je genoeg ruimte overlaten zodat er een stukje tussen past. Ook kan je dan aan de onderkant aan het einde van de punt drie stokjes overdwers toevoegen, hierdoor word de punt goed bij een gehouden. Als het goed is heb je nu de helft van je onderdelen gebruikt en kan je er precies nog zo een maken. Dan heb je er dus twee.

Figuur 15. Zijaanzicht 2D frame

Als dit af is kun je het brugdek tussen de twee 2D onderdelen schuiven. En tussen weerskante in het middenstuk onder het brugdek stokjes steken. Zo worden de 2delen op meerdere plaatsen metelkaar verbonden en kunnen ze niet gemakkelijk uit elkaar. Om deze stokjes te ondersteunen lijm je onder deze stokjes aan het 2D model een stokje, zoals je kan in [Figuur 16](#) hier onder.

Figuur 16. Brugdek wordt tussen de opening van de twee langslatten gestoken

Nu heb je eigenlijk alles gedaan wat er moet gebeuren. Zoals je merkt heb je nogal wat stokjes over. Deze stokjes kan je gebruiken om de brug te verstevigen. Het eindresultaat van onze brug is te zien in [Figuur 17](#).



Figuur 17. Het eindresultaat

Strategie

Toen wij aan onze brug begonnen wisten we dan we maximaal 300 stokjes mochten gebruiken, maar niet of het gewicht ook mee zou wegen in de beoordeling. We hebben er dus voor gekozen om eerst ons ontwerp te testen in te blazen zonder meteen alle stokjes te gebruiken. Dit betekent dat ons ontwerp 2 tot 3 laagjes stokjes telde op verschillende plekken. Toen dit eenmaal stond konden we kijken waar de verstevigingen nodig waren. Voornamelijk bij de belangrijke verbindingen, zoals waar de zij-latten aan het wegdek komen en we hebben een hoop delen verdikt, zodat de brugonderdelen 2 tot 4 stokjes dik zijn. Toen hadden we een sterke brug en nog een aantal stokjes over.

Het werd duidelijk dat het gewicht van de brug ook meespeelde in de beoordeling. Daarom hebben we besloten om de brug zo te laten als hij was. Als het gewicht niet had meegespeeld, hadden we alle stokjes gebruikt omdat elke versteviging een verbetering in de draagkracht teweeg kon brengen. Hoe klein die verbetering ook is, dat maakt niet uit, want het is een verbetering van het origineel en de brug kan dus net wat meer dragen.

Nu het gewicht wél meespeelt moeten we strategisch gaan nadenken. De verhouding draagkracht/gewicht van de brug heeft nu invloed op het eindresultaat. Als je een verhouding hebt van 100/0,3 en je voegt 0,1 kg stokjes toe waardoor de brug 20 kilo extra kan dragen, dan heb je een verbetering van 20 kilo wat geweldig is als het gewicht van de brug niet meetelt, maar als het gewicht van de brug wel meetelt, dan ga je van de verhouding 100/0,3 naar 120/0,4. Dit betekent dat de brug eerst 333,33% van zijn eigen gewicht kan dragen en na de verandering 'maar' 300%. 300% van het eigen gewicht is nog steeds heel goed, maar niet zo goed als 333,33%. Dus wij hebben ervoor gekozen om niet alle stokjes te gebruiken, maar onze brug te laten zoals hij is.

Algemene bouwtips

Algemene tips bij het bouwen zijn:

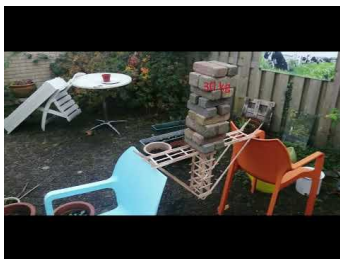
- Maak een bouw pakket. Maak losse onderdelen die je later in elkaar kan zetten. Dit gaat makkelijker dan in één keer 3D bouwen. (Voor zowel het maakproces als het eindproduct is het handig om eerst zoveel mogelijk losse onderdelen te maken en ze later pas aan elkaar maakt. dit is handig bij het bouwen, en je krijgt een beter eindproduct.)
- Netheid is alles. Hoe netter je werkt hoe sterker je brug. Maak dus al je losse onderdelen zo recht mogelijk door ze elke keer plat te drukken tegen een platte ondergrond, [Figuur 18](#).
- Knijpers, knijpers en nog meer knijpers. De lijmhechting wordt het sterkst als je er langdurig veel druk op uitoefent. Gebruik dus zo veel mogelijk knijpers.
- Gebruik plastic knijpers en geen houten knijpers. Houten knijpers worden ook weleens vastgelijmd en deze zijn dan weer lastig los te krijgen.
- Voor het ontwerpen van je brug is het handig om de manier van testen mee te nemen. Bij ons was het bijvoorbeeld een vereiste om een plankje in het midden van je brug te kunnen laten

rusten.

Figuur 18. Netheid is alles

Bouwen in beeld

Van ons bouw hebben alle foto's in een video achter elkaar geplaatst. Bijgaand de link naar deze video. <https://youtu.be/IHgyw0Q-r4c>.



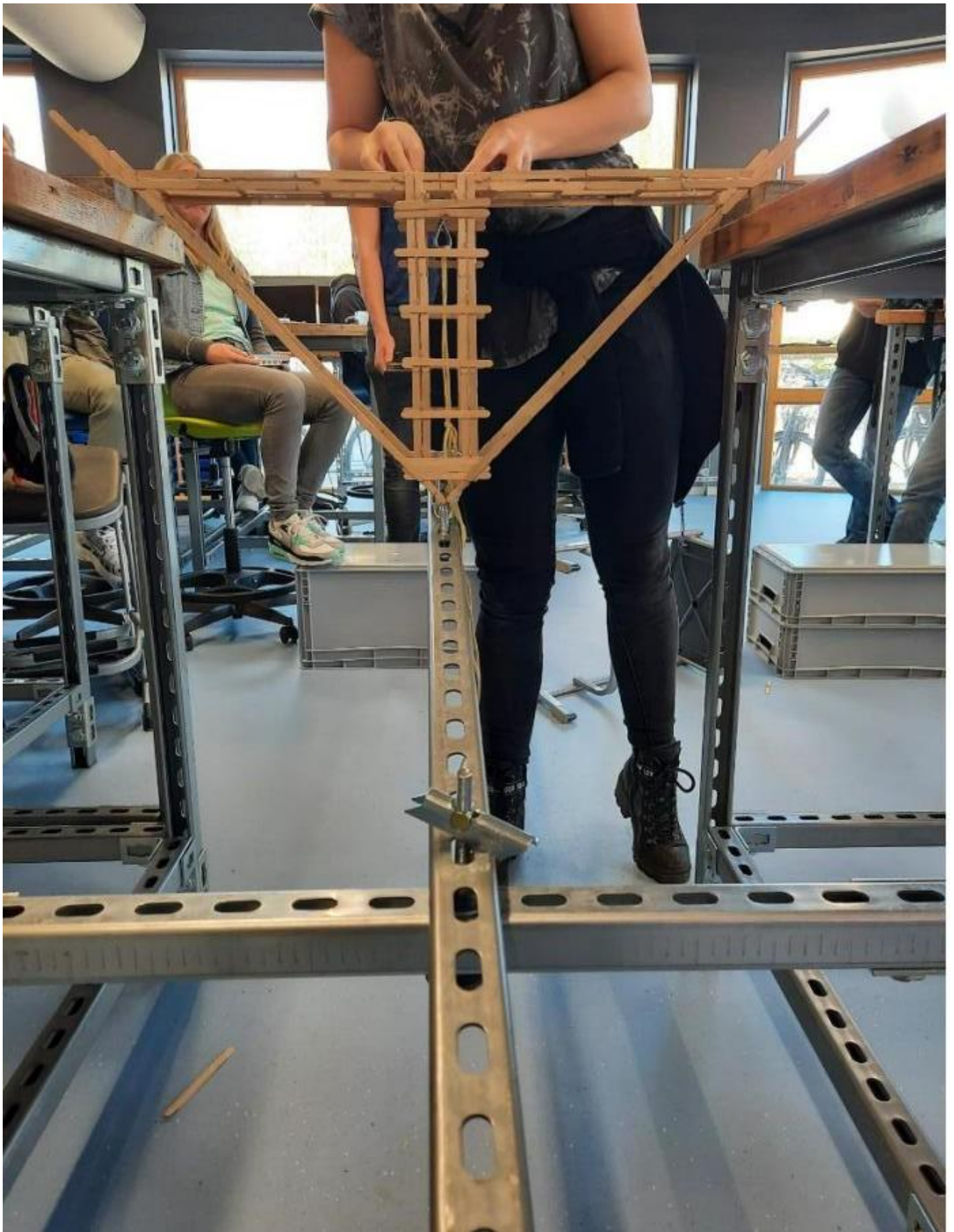
[NLT bouwen van de brug](#)

NLT module:lijmen enhechting. Het bouwen van onze brug
youtu.be

Testen

Manier van testen

Om de brug te testen wordt er een plankje met daar aan een lus op het midden van onze brug geplaatst. De lus hangt naar beneden en daaraan zit een touw. Er wordt als het ware aan de brug getrokken, [Figuur 19](#) en [Figuur 20](#). Voor deze opstelling is door onze docent gekozen om te voorkomen dat als de brug bezwijkt er geen zware gewichten op de vloer vallen, waardoor de vloer mogelijk wordt beschadigd.



Figuur 19. Onze brug is klaar om getest te worden

Je ziet dus de lus met daaraan een touw. Dit touw is vastgemaakt aan een balk die aan één kant rust opeen overdwers balk. Deze overdwers balk zit goedvast en kan geen kant op. Op het moment dat je de lange balk aan de brug hangt komt er dus gewicht aan je brug te hangen. De balk zelf weegt al 16 kilo, dus daar wordt altijd mee begonnen. Op het moment dat je de balk naar beneden duwt komt er meer kracht op de brug te staan. Hoe meer kracht er op je brug komt te staan hoe meer kilo hij dus eigenlijk kan houden. Nadat de balk hangt word er dus geleidelijk meer druk uitgeoefend op het uiteinde van de balk. Tussen de persoon die drukt en de balk zit een soort van weegschaal die in

Newton meet hoeveel kracht er uitgeoefend word. Op een daVinci kastje kan je een mooi grafiekje zien met alle waarden. Op het moment dat de brug breekt kan je dus zien wat de meeste Newton was dat de brug aan kon.



Figuur 20. Testopstelling: hefboom voor trekkracht aan de brug

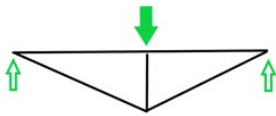
Testresultaat

Wij hadden al een redelijk hoge verwachting van onze brug. Duswij hadden gevraagd of wij als laatste mochten. Zodat onze brug misschien niet kapot hoefde, als we namelijk het hoogste resultaat zouden overtreffen zonder kapot te gaan zou onze brug al gewonnen hebben.

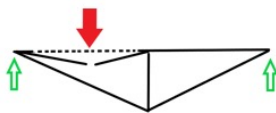
Voordat wij begonnen was de hoogste score rond de 300 Newton (30 kg), dus wij hadden besloten bij de 400Newton te stoppen. En inderdaad bij 400 Newton (40 kg) hadden we nog niks van een kraakje gehoord en we zagen ook geen bezwijking. We durfde het aan om door te gaan, op naar de 500 Newton (50 kg). Ook deze belasting werd zonder gekraak of bezwijken van de brug bereikt. Maar dit keer wilde we echt niet verder. We hadden toch al gewonnen.

Door de belasting van 500 Newton (50 kg) (op het uiteinde van de testopstelling) wordt de trekbelasting aande brug door de hefboomwerking vergroot. Wordt vervolgens het gewicht van de testopstelling erbij opgesteld dan kan onze brug een belasting dragen van 146 kilogramOnze beoordeling

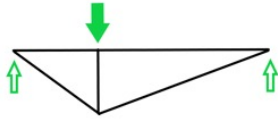
De brug is speciaal ontworpen om een trekbelasting halverwege de brug optimaal te kunnen opnemen ([Figuur 21](#)). Door de wijze van afdracht treden alleen trek- en drukkrachten in de brug op en geen buiging waardoor de brug zeer sterk wordt. Als de belasting op een ander punt van de brug zou staan, dan zal de brug snel bezwijken ([Figuur 22](#)). Om deze belasting op te kunnen, dient de brug volgens [Figuur 23](#) worden aangepast.



Figuur 21. Belasting wordt door brug afgedragen



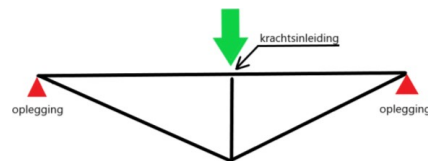
Figuur 22. Brug bezwijkt



Figuur 23. Aanpassing brug, zodat belasting door de brug wordt afgedragen

De brug kan op vier manieren bezwijken:

- Bij de oplegging (het oplegoppervlak is te klein)
- Door de drukkracht bovenin (uitknikken van de bovenzijde)
- Verbinding (bezwijken lijmverbinding)
- Krachtsinleiding van de belasting



Figuur 24. Opleggingen en krachtsinleiding

Onze brug hebben we niet laten bezwijken, maar we kunnen er wel iets over zeggen omdat een aantal bruggen in de testen op elkaar leken. Bij het beproeven van alle bruggen hebben we gezien dat een aantal keren een verbinding bezweek, waardoor de brug vervolgens bezweek. Of dat de krachtsinleiding bezweek. De belasting werd met een vierkant houten plaatje op de brug gezet. Bij twee bruggen braken de stokjes die de belasting naar de brug over moesten overbrengen. Bij een van deze twee bruggen brak ook het vierkante houten plaatje waar de belasting aan was bevestigd. De voorzieningen voor de krachtsinleiding braken, maar de bruggen bleven intact. Het bezwijken van de oplegging of het uitknikken van de bovenzijde hebben we bij de bezwijkproeven niet waargenomen.

Bouwtips samenvatting

Dit overzicht is het resultaat van vele jaren werk, met mislukkingen en successen

Plannen

- Het is veel werk, slim aanpakken werkt veel sneller
- Hou rekening met de droogtijd
- Denk na over wat je doet en vooral wat je gáát doen
- Lengtes zijn makkelijk, vlakken lastiger, 3D moeilijkst

Lijmen:

- Op een snijmat
- Niet te veel lijm: twee kanten dun uitsmeren
- Klemmen: helemaal vol met wasknijpers (een randje blijft zichtbaar)
- Maak het recht: lengtes met randje op de tafel uitlijnen
- 24 uur drogen: dan pas écht stevig. Eerste 2 uur niet bewegen!

Lengtes

- Gebruik álleen rechte goede stokjes (ruil slechte voor goede)
- Twee stokjes dik is bijna altijd sterk genoeg
- Hoeveel stokjes per stuk?
- Hoeveel lengtes heb je nodig?
- Eindig met een vorkje (twee stokjes met een tussenruimte)
- Drie stokjes dik? Verspring slim voor extra sterkte

Vlakken

- Maak ze plat (vlak én recht)
- Tunnel niet te breed (schuine stokjes moeten ook goed te bevestigen zijn)
- Bevestig de tunnel verticaal (snijmat of blokhaak)
- Breedte goed? De schuinen gaan op precies 70 cm in het brugdek
- Maak ze precies gelijk, leg ze op elkaar bij het monteren
- Brugdek, tunneldelen en schuinen precies goed bevestigen (denk goed na en lees je in)
- Verbindingen:
 - Onderlinge afstand parallel lengtes precies één plat stokje
 - 'Weef' de vorkjes
- Drie belangrijke gebieden:
 - Midden boven (trekblok in de tunnel)
 - Midden onder (van tunnel naar schuin)
 - Uiteinden boven (van schuin naar tafel)

- Maak alvast de onderdelen voor het brugdek en de dwarsverbindingen in de tunnel

3D brug

- Hangend tussen de tafels
- Twee vlakken precies verticaal, parallel en haaks op de tafel
- Niet te ver uit elkaar: de tunnel moet ook schuine stokjes goed verlijmen
- Begin met een paar stokjes voor de 3D vorm. Laat drogen (bij voldoende tijd!)
- Check de vorm, pas indien nodig aan, lijm de rest er daarna in (kan ook gewoon op tafel)

Verstevigen

- Je hebt mogelijk stokjes over.
- Gebruik die ter versteviging (midden boven, midden onder, zijkanten boven)
- Een paar goed geplaatste stokjes kunnen de brug véél sterker maken
- Vergeet niet die stokjes goed te klemmen (géén tussenruimte laten)