

Ontwerpopdracht WOP3 - Ninjabrugger

WB1643 Werktuigkundig Ontwerpproject 3

Regine Vroom
TU Delft / Mechanical Engineering

Giuseppe Radaelli

Gepubliceerd op 2025-02-10

Laatst bijgewerkt op 2026-07-29

Inhoudsopgave

1 De vloer is lava - tijd voor een Ninjabrugger	2
1.1 Ontwerpuitdagingen	2
1.2 Uitgangspunten en beschrijving van de wedstrijd baan	2
1.3 Beoordelingscriteria	7
1.4 Jury prijzen	8
2 Reglement	8
2.1 Basisregels	8
2.2 Materialen en onderdelen	9
2.3 Veiligheid en afwerking	9
2.4 Maakbaarheid en kosten	10
2.5 Vragen en aanvullingen	10

Bij het doorzoeken van onontgonnen terreinen, zij het voor exploratieve doeleinden of voor reddingsoperaties bij rampspoed, kunnen voertuigen die zich secuur over onvoorspelbaar terrein voortbewegen goed van pas komen. Ze kunnen bijvoorbeeld worden ingezet om informatie over het terrein in te winnen door beeldmateriaal te genereren, maar ook door materiaal aan te voeren (zoals communicatieapparatuur of water), of mensen in veiligheid te brengen. Voertuigen die effectief kunnen worden ingezet voor dit type doeleinden berusten vaak op niet-standaard voortbewegingsprincipes.

Circa 700 eerstejaars-studenten van de studie werktuigbouwkunde in 112 studententeams worden uitgedaagd om in competitie met elkaar een mechanisch apparaat te ontwerpen en vervaardigen dat zich voortbeweegt over een baan bestaande uit beweeglijke plateaus die zich op afstand van elkaar in de lucht bevinden.

De studententeams zullen hun vervaardigde ontwerpen demonstreren op de ontwerpwedstrijd werktuigbouwkunde op donderdag 12 juni 2025. Op deze ontwerp-wedstrijd wordt in competitie bepaald welk ontwerp het beste voldoet. De locatie zal hier op een later tijdstip bekend worden gemaakt.

1 De vloer is lava - tijd voor een Ninjabrugger

De uitdaging is om een Ninjabrugger te ontwerpen die zo ver mogelijk komt door zich van plateau tot plateau voort te bewegen. De plateaus zijn bevestigd aan een aluminium balk, die een zekere flexibeleit heeft, waardoor de plateaus beweeglijk zijn.

1.1 Ontwerpuitdagingen

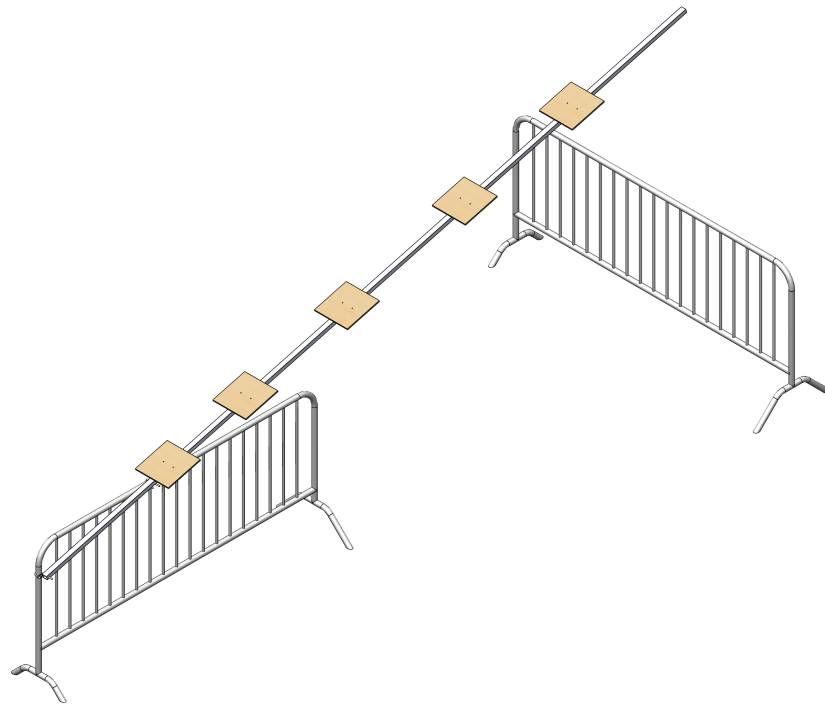
1. Voortbewegen via niet-aangesloten plateaus.
2. Maximaliseren van de afgelegde afstand.
3. Stabiel voortbewegen ondanks de kleine plateaus op de flexibele balk.
4. Aandrijflijnen ontwerpen waarbij energiebron, omzetting, transmissie en last op elkaar afgestemd worden.
5. Rekening houden met de doorbuiging en trilling van de baan onder invloed van het voertuig.
6. Stabiel houvast te bewerkstelligen door het beheersen van onder meer vrijheidsgraden, massaverdeling en wrijving

1.2 Uitgangspunten en beschrijving van de wedstrijd baan

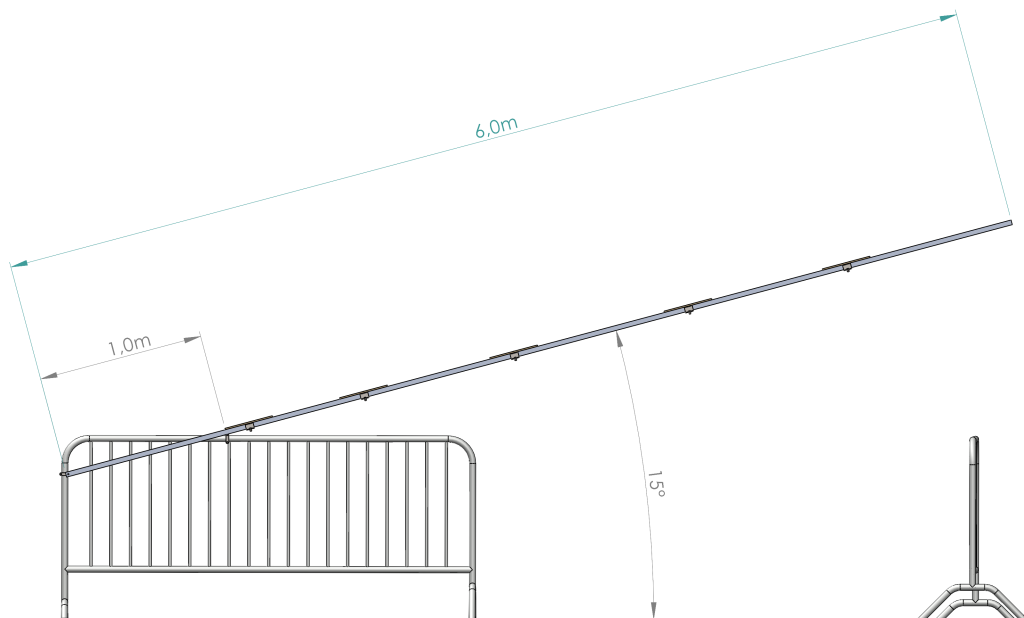
Zie hieronder figuren en foto's met aanzichten en details van de wedstrijd baan. De volgende punten zijn de uitgangspunten voor de wedstrijd.

- Een minimum van 2 en een maximum van 10 plateaus worden bevestigd aan de bovenkant van de buigende balk. De positie van het eerste plateau staat vast, en die van de andere plateaus mag zelf gekozen worden.
- De maximale in één keer te overbruggen afstand is 2.5m.
- In de startpositie heeft de Ninjabrugger alléén contact met het eerste plateau.
- Het hout van het plateau mag geraakt worden, al het andere niet. Er mogen dus ook geen delen van de Ninjabrugger in de lava (vloer) terecht komen.

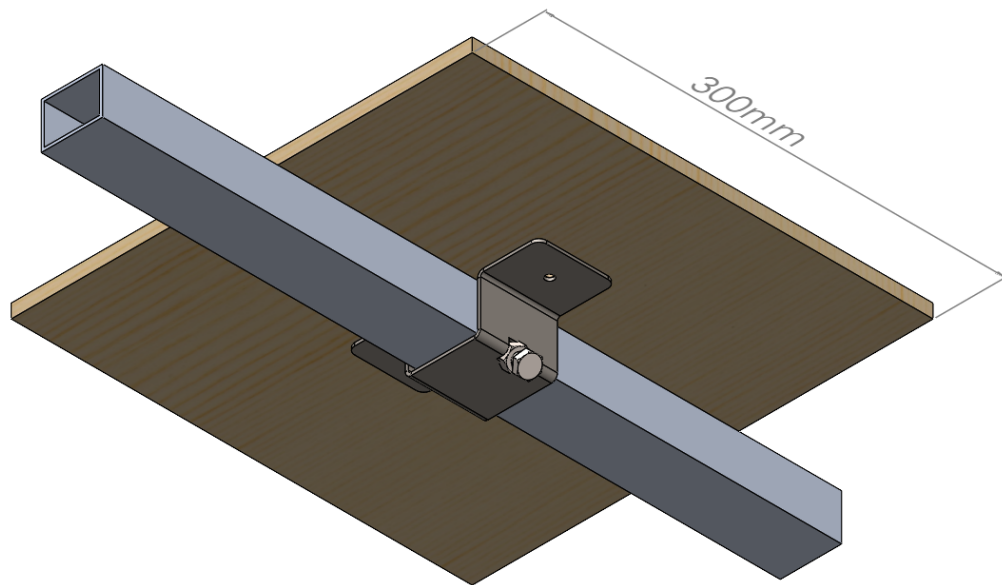
- Er wordt een labvoeding beschikbaar gesteld met twee onafhankelijke DC bronnen (spanning instelbaar van 0V tot 40V, stroombeperking instelbaar van 0A tot 3A).
 - De balk waarop de plateaus bevestigd worden is een aluminium koker (hoogte 30mm, breedte 40mm, dikte 2mm) van 6.0m lang. De ene kant van de balk wordt scharnierend opgehangen aan een dranghek. Op een afstand van 1.0m ligt de balk op een ronde pin die tevens aan het dranghek bevestigd is. Het eerste plateau wordt bevestigd met de achterste rand ter hoogte van de pin. De twee bevestigingspunten worden zo afgesteld dat de balk in onvervormde toestand onder een hoek van 15° staat.*
 - Aan de overkant van de balk wordt de doorbuiging beperkt met een dranghek dat dwars op de richting van de balk staat, zodat bij te grote doorbuiging de balk op de bovenkant van het dranghek komt te rusten. Dit dient als beveiliging tegen plastische vervorming van de balk.
 - Het ontwerp moet in gedemonteerde toestand in een verhuisdoos van 600mm x 400mm x 400mm passen.
- * De tekeningen hieronder zijn een weergave van de standaard bevestiging aan het dranghek. Er is een alternatieve mogelijkheid die vooral voordelig is voor ontwerpen die onder de plateaus hangen, waarvoor in de standaard bevestiging het dranghek in de weg staat. In de alternatieve opstelling worden de pinnen aan de voorkant van het dranghek bevestigd, op zo'n manier dat het eerste plateau meer ruimte onder zich heeft. De hoek, de onderlinge afstand van de pinnen, en de locatie van het scharniergat op de balk blijven hierbij ongewijzigd. Maak het kenbaar aan de organisatie als je gebruik wilt maken van deze mogelijkheid.



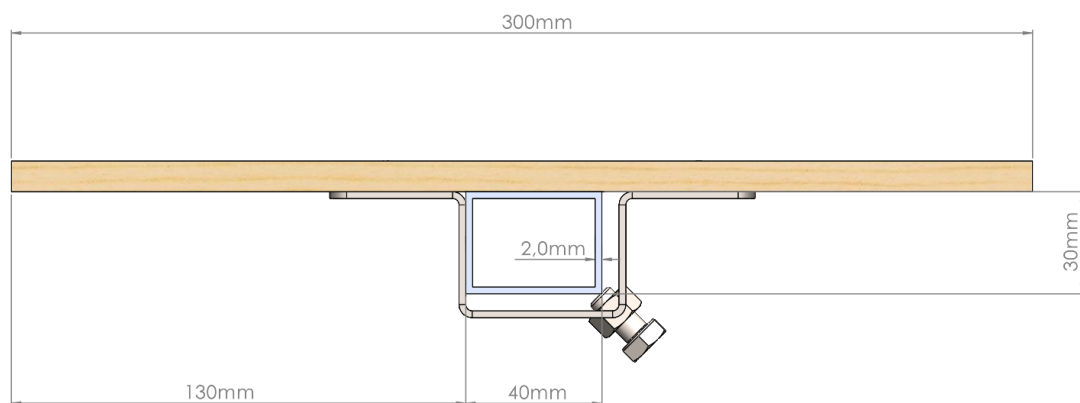
Figuur 1: Isometrisch aanzicht van de wedstrijd baan



Figuur 2: Zijaanzicht van de wedstrijd baan



Figuur 3: Vooraanzicht van een plateau met bevestigingsbeugel



Figuur 4: Vooraanzicht van een plateau met bevestigingsbeugel



Figuur 5: Foto van de hele wedstrijd baan



Figuur 6: Foto van het scharnier



Figuur 7: Foto van de oplegging

Klik hier om de CAD bestanden van de wedstrijd baan te downloaden: [CAD bestanden wedstrijd baan](#)

1.3 Beoordelingscriteria

Het WOP3 project strekt zich uit over twee kwartalen. In elk kwartaal is een individueel tentamencijfer te halen ($T1$) en een cijfer voor het groepswork en individuele vaardigheden ($T2$), zie hierover meer op BrightSpace. Voor het cijfer van het groepswork en de individuele vaardigheden geldt in Q3 de volgende berekening:

$$T2 = \frac{2PD + SW + SR}{4} \pm \text{individuele bonus/malus},$$

waarin PD het cijfer is dat gegeven wordt door de projectdocent op basis van onder meer de gesprekken met de groep, het Ontwerpdossier en de gemaakte modellen en tekeningen, SW is het groeps cijfer dat de groep krijgt als beoordeling van het technischetekeningenpakket en het 3D-CAD model, en SR het individuele cijfer is voor het onderdeel Schriftelijk Rapporteren.

In Q4 geldt de volgende berekening:

$$T2 = \frac{2PD + PC + MP}{4} \pm \text{individuele bonus/malus},$$

waarin PC het prestatie cijfer is dat bepaald wordt op basis van de prestaties op de ontwerpwedstrijd en MP het individuele cijfer is voor het onderdeel Mondeling Presenteren.

De cijfers voor $T2.A$ kunnen worden aangepast op basis van individuele inzet en prestaties in de groep (+1,0 tot -1,0). Deze bonus/malus wordt door de projectdocent bepaald.

De criteria voor het *PD*-cijfer zijn:

- Kwaliteit van het uitgevoerde ontwerpproces: de ontwerpstappen en de samenhang daartussen.
- Kwaliteit van het ontwerp: ideeën voor oplossingen, concepten, voorlopig ontwerp, uiteindelijk ontwerp
- Kwaliteit van de communicatie: Ontwerpdossier, gesprekken aan tafel, tekeningen, modellen

Het Prestatiecijfer (*PC*) wordt bepaald op basis van de prestatiemeting op de ontwerpwedstrijd op 12 juni 2025. De prestatiebepaling wordt als volgt berekend:

$$f = u - nd,$$

waarin u de afgelegde afstand is, gemeten vanaf de voorkant van het 1e plateau tot de achterzijde van het verste plateau dat stabiel wordt bereikt, n het aantal plateaus is van het 1e tot en met het verste bereikte plateau, en d de lengte van de plateaus is, die gelijk is aan $d = 300\text{mm}$. Stabiel bereikt wordt geïnterpreteerd als een toestand waarin de Ninjabrugger in principe had kunnen stoppen bij dat plateau voor een seconde. Dat betekent niet dat tijdens het uitvoeren van de taak de Ninjabrugger ook hoort te stoppen, maar wel dat als de bestuurder ervoor zou kiezen, dat mogelijk moet zijn. In het geval dat de Ninjabrugger contact maakt met meer dan één plateau, telt voor de prestatiebepaling het plateau die het dichtst bij het startplateau is en waar nog contact mee gemaakt wordt.

1.4 Jury prijzen

Naast de formele prestatiebepaling die bepalend is voor de score en het cijfer, worden andere prijzen uitgereikt om bijzondere aspecten en prestaties onder de aandacht te brengen: De jury prijzen. Juryleden hanteren hun eigen criteria voor het bepalen van de winnaar(s) in hun categorieën. De volgende jury prijzen kunnen gewonnen worden:

- Green award, voor het ontwerp dat het meest (en expliciet) rekening heeft gehouden met duurzaamheid, en daarover duidelijk is geweest in de verslaglegging.
- Constructeursprijs, voor het ontwerp dat constructief het beste is uitgewerkt en/of elementen bevat die interessante toepassingsmogelijkheden bieden voor een reële toepassing.
- Science Centre award, voor de meest creatieve of onderscheidende oplossing. De winnende ontwerpen zullen worden ondergebracht in het Science Centrum.
- 3D-CAD award, voor het beste 3D-computermodel.

2 Reglement

2.1 Basisregels

1. De deelnemers hebben 5 minuten om de Ninjabrugger op het wedstrijdveld in gereedheid te brengen.
2. Na het startsein zijn 10 minuten beschikbaar om een afstand af te leggen. Binnen deze 10 minuten mogen zoveel pogingen worden gedaan als de projectgroep wil.

3. De Ninjabrugger mag tussentijds alleen worden aangeraakt als de projectgroep een nieuwe poging wil doen. Alleen in dat geval mogen ook de plateaus aangeraakt/versteld worden.
4. Bij het eindsignaal, als de 10 minuten zijn verstreken, wordt het resultaat door een scheidsrechter vastgesteld; de afgelegde afstand en het aantal gebruikte plateaus. Ook de tijd waarin een poging tot stand is gekomen wordt genoteerd. Bij gelijke score wordt de tijd gebruikt om een verschil te krijgen (alleen in dat geval: hoe sneller hoe beter).

2.2 Materialen en onderdelen

5. De Ninjabrugger wordt bediend met knoppen/schakelaars. Niet met Arduino of soortgelijke programmeerbare elektronica.
6. Er worden twee motoren in bruikleen gegeven. Deze motoren (`motor1`, `motor2`) worden na afloop weer ingeleverd. Het is niet verplicht om deze motoren te gebruiken en het is toegestaan om andere motoren of andere actuatoren te gebruiken.
7. De Ninjabrugger dient demontabel te zijn zodanig dat het verwisselen en afstellen van onderdelen mogelijk is.
8. Het ontwerp moet te fabriceren zijn in de faculteitswerkplaats, en hoort daarom voornamelijk uit metaal te bestaan. Alternatieve materialen zoals hout, composiet e.d., mogen alleen in overleg met de OPDRACHTGEVER via het BrightSpace discussieforum*.
9. Het is niet toegestaan om een ontwerp te maken uit standaard bouwdoosonderdelen zoals lego of meccano. Enkele onderdelen daarvan inbouwen mag eventueel wel, maar alleen na goedkeuring van de OPDRACHTGEVER via het BrightSpace discussieforum*.

2.3 Veiligheid en afwerking

10. Afwerking en veiligheid conform CE-markering, dus bijvoorbeeld geen uitstekende draadeinden, geen scherpe randen, geen onafgeschermd bewegende onderdelen die gevaar kunnen opleveren, geen ruimtes waarin beklemmingen kunnen voorkomen.
11. Stalen componenten moeten worden beschermd tegen roesten. Binnen de TUD-gebouwen of op de TUD-terreinen is verfspuiten niet toegestaan. Gebruik bijvoorbeeld een “vette lap”, beschikbaar in de FW.
12. Het groepsnummer is vooraf duidelijk zichtbaar aangebracht op de Ninjabrugger.
13. Wie zich in het wedstrijdveld begeeft - en dat geldt ook bij tussentijdse testen - draagt geen open sandalen, geen loshangende spullen of haren en bij voorkeur een veiligheidsbril en handschoenen.
14. Het is toegestaan om alternatieve energiebronnen te gebruiken, anders dan de beschikbaar gestelde labvoeding, ook aan boord van de Ninjabrugger. Denk bijvoorbeeld aan batterijen, luchtdruk reservoirs, e.d. Maar, in verband met veiligheid is het verplicht om jullie plannen/ontwerp in dit kader te bespreken met de OPDRACHTGEVER voordat men ze uitvoert. Lithium-ion accu's zijn uitgesloten vanwege het brandgevaar die ze opleveren.

2.4 Maakbaarheid en kosten

15. Maakbaar in 3 werkplaatsmomenten van 4 uur. Een vierde en een vijfde werkplaatsmoment zijn ingeroosterd die bedoeld zijn voor afstellen en testen, en eventuele reparaties of uitloop.
16. Elke groep krijgt 60 euro om te besteden aan materialen en onderdelen. Dit bedrag wordt in de loop van Q3 op de rekening van de penningmeester van de groep gestort. Als richtlijn wordt geadviseerd om daarnaast 10 euro per student extra budget in te leggen. Het vrij te besteden budget is hiermee $60+60=120$ euro per groep van 6 studenten.
17. Er is een budget van 40 euro per groep gereserveerd bij de faculteitswerkplaats (FW) aan materiaal, bevestigingsmiddelen en andere onderdelen, zie de [bestellijst](#) van de FW. Dit bedrag hoeft niet afgerekend te worden. Deze 40 euro aan FW-materiaal is geen harde grens, sommige groepen komen onder dit bedrag uit, andere groepen iets erboven. Maar het betekent wel dat de uitgaven in de FW niet ongelimiteerd zijn. Indien een projectgroep hier ver boven komt is het de bedoeling dat de groep hierover in overleg gaat met de projectdocent en/of de FW om na te gaan of deze uitgaven werkelijk nuttig/nodig zijn voor het ontwerp of wat er aangepast kan/moet worden.
18. De FW lasersnijder en 3D printers zijn beschikbaar. Beperk het 3D-printen tot kleine onderdelen. Maximaal 30 volumepercenten van de Ninjabrugger 3D-printen. Daarnaast is een maximum van 10 uur printtijd per groep ingepland.
19. Sponsoring is toegestaan maar niet nodig. Sponsoring van individuele projectgroepen wordt niet ondersteund door de staf met bijvoorbeeld een brief of een verklaring. De staf kan ook geen offerteaanvragen en dergelijke voor een groep doen. Een door de studenten zelf geregelde tegenprestatie zoals stickers op de Ninjabrugger is toegestaan.
20. Het is niet toegestaan om gesponsorde onderdelen te gebruiken op leenbasis.

2.5 Vragen en aanvullingen

21. Als ontwerper is het van belang in de beginfase van het ontwerpproject in dialoog te treden met de OPDRACHTGEVER om de opdrachtformulering, het reglement en alles wat daarmee te maken heeft scherp te stellen. Dit kan via het BrightSpace discussieforum*.
22. Door voortschrijdend inzicht kan de OPDRACHTGEVER beslissen om de opdrachtbeschrijving aan te passen. Eventuele aanpassingen zullen via "Brightspace-Mededelingen" worden gecommuniceerd.

* of bij concurrentiegevoelige vragen via een mail aan [Giuseppe Radaelli](#).