PRORAIL ZOEKT DENDEREND BREIN MET TUNNELVISIE
De wereld van civiele techniek... jouw wereld?
EEN PROGRAMMA VAN
WOW!
STICHTING TECHNIEK PROMOTIE

EUREKA!CUP 2015

2015: DESIGN, BUILD, MAINTAIN!

EUREKA!CUP 2015

Inhoud

Denderend

De opdrachtgever: Prorail	04
De opdracht	06
Planning	07
Vooronderzoek	08
Ontwerp en Test	10
Opdrachten van Eureka!Cup 2015	12
Deelname aan Eureka!Day	14

Wij dagen je uit!

Weet jij hoeveel kilometer aan spoorwegen er in Nederland ligt? En wist je dat ons land het drukst bereden spoorwegennet heeft van Europa? Weet jij wie al deze sporen onderhoudt en hoe ze dat doen? En hoe weet een machinist of er plek vrij is op een station?

ProRail is het bedrijf dat verantwoordelijk is voor het spoorwegennet van Nederland en is dagelijks bezig met aanleg en onderhoud daarvan. Jeroen Vloemans is een van de medewerkers van ProRail.

Als Systems Engineer is Jeroen verantwoordelijk voor een goede afstemming tussen alle partijen. Het is namelijk erg belangrijk dat tijdens projecten er zoveel mogelijk treinen blijven rijden en de reizigers de stations zo goed mogelijk kunnen gebruiken. De projecten kunnen heel divers zijn zoals het verbouwen van een station of het bou wen van een spoortunnel, juist die afwisseling maakt het werk voor Jeroen zo leuk.

Welke kwaliteiten heb jezelf? Wat vind je leuk om te doen? Onderzoek doen naar het probleem? Creatief nadenken over een oplossing of misschien het bouwen van het prototype? Of presenteer jij vol enthousiasme jullie oplossing aan de jury? Al deze onderdelen komen aan bod bij de Eureka!Cup. We wensen je heel veel plezier met deze ontdekkingstocht en hopen dat je net als Jeroen ontdekt wat je het leukst vindt om te doen.

Het Eureka!Cup projectteam.

Jeroen Vloemans
Leeftijd: 26 jaar
Opleiding: Werktuigbouwkunde en Technische Bedrijfskunde
Functie: Systems Engineer

Nederland heeft het drukst bereden spoorwegennet van heel Europa. In ons land ligt zo'n 7000 kilometer aan spoorwegen. Moet je nagaan hoe lang dat is: van het noordelijkste puntje van Nederland naar het zuiden is ongeveer 300 kilometer. Een simpele berekening laat zien dat een trein 11 keer op en neer kan rijden van noord naar zuid Nederland voor deze afstand van 7000 kilometer is bereikt. Dagelijks rijden treinen van station naar station om mensen en goederen te verplaatsen. Zelf ga je misschien ook wel eens met de trein. ProRail is verantwoordelijk voor het spoorwegennet van Nederland en is dagelijks bezig met het onderhoud en de aanleg ervan.

In september 1839 werd in Nederland de eerste spoorlijn geopend van Amsterdam naar Haarlem. Dat was in 2014 precies 175 jaar geleden! Er is veel gebeurd in al die jaren: tegenwoordig maken reizigers in Nederland elke dag samen 1,1 miljoen treinritten. Sinds de eerste spoorlijn wordt het spoor beheerd en onderhouden. Al ruim 160 jaar ligt die verantwoordelijkheid bij ProRail. Tot 1995 was dit onder de naam van NS, waarna NS werd gesplitst en de afdelingen Railinfrabeheer, Railned en Railverkeersleiding de aanleg, het onderhoud en het beheer op zich namen en NS enkel nog de uitvoering van het treinverkeer deed. In 2005 gingen Railinfrabeheer, Railned en Railverkeersleiding samen verder onder de naam ProRail.

Maar wat doet ProRail eigenlijk? Samen met vervoerders, zoals NS, Syntus en Arriva, zet ProRail zich in om reizigers en goederen veilig en op tijd op hun bestemming te laten komen. Zij willen het spoornetwerk veiliger, betrouwbaarder en duurzamer maken en werken daar dagelijks aan. Dit doen zij door het aanleggen, onderhouden en beheren van spoorwegen en stations zowel boven als onder de grond. ProRail verdeelt bovendien de ruimte op het spoor en regelt al het treinverkeer. Ook de wissels, seinen en overwegen worden door ProRail onderhouden.
Een doel van ProRail is dat mensen aangenaam kunnen reizen. Daarvoor is het bijvoorbeeld belangrijk dat treinen op tijd rijden, reisinformatie duidelijk is en dat mensen zich veilig voelen op het station. Met nieuwe technologieën probeert ProRail het energieverbruik en de CO_2-uitstoot te verminderen.

ProRail

Foto: Jos van Zetten

Het spoorwegennet in cijfers:

ProRail beheert 7.028 kilometer spoor, van Eijsden tot Den Helder en van Roodeschool tot Vlissingen. Het spoor is voorzien van 2.651 overwegen, 7.172 wissels en 11.843 lichtseinen. Onderdeel van het spoornet zijn 725 spoorviaducten, 455 spoorbruggen, 56 beweegbare bruggen en 14 tunnels. Er zijn 402 stations in Nederland.

Foto: Arjan Vlaswinkel

Als je ’s ochtends naar school etst kom je onderweg verschillende verkeersborden tegen. De kans is groot dat je ook verkeerslichten tegenkomt. Al deze borden en lichten geven je informatie: een rood verkeerslicht betekent bijvoorbeeld dat je moet stoppen. Op spoorwegen moet er aan de treinmachinist ook informatie worden gegeven. Naast het spoor staan daarom ook een soort verkeerslichten, deze heten lichtseinen en hebben ook drie kleuren lampen: groen, geel en rood. In Nederland heb je maar liefst 11.500 lichtseinen!

Situatie

Wellicht dat je wel eens onbedoeld door bent gereden toen het verkeerslicht op rood stond, misschien was je afgeleid, misschien kon je het verkeerslicht niet zien doordat er iets voor stond of misschien was je verblind door tegenlicht. Je zult gemerkt hebben dat het gevaarlijk is wanneer je door rood rijdt. Ongeveer 300 keer per jaar gebeurt dit ook bij een trein; gemiddeld ziet een machinist 1 op de 1000 keer een rood lichtsein over het hoofd. Zo’n foutje is natuurlijk gevaarlijk en daarom gaan jullie bekijken hoe je het aantal keren dat het lichtsein niet wordt gezien kunt verminderen.
In tunnels is het extra uitdagend om de lichtseinen goed zichtbaar te maken. Dat heeft een aantal redenen:

- De ruimte in een tunnel is beperkt, een treintunnel wordt niet groter gemaakt dan nodig omdat dat veel extra geld kost. Hierdoor is het vaak moeilijk een goede plek te kunnen vinden om de lichtseinen op te kunnen hangen.
- Behalve de lichtseinen zijn er nog meer ‘installaties’ aanwezig in een treintunnel, zoals verkeersborden. Omdat deze installaties soms voor de lichtseinen hangen kunnen ze ervoor zorgen dat de machinist de lichtseinen niet goed of pas laat ziet.
- In een tunnel is het overdag natuurlijk veel donkerder dan buiten de tunnel, dit zorgt ervoor dat het tegenlicht vanuit de uitgang heel fel of zelfs verblindend kan zijn.

Opdracht

In deze opdracht gaan jullie ProRail helpen de zichtbaarheid van lichtseinen in treintunnels te vergroten. Jullie gaan nadenken over een manier om de kleuren groen, geel en rood duidelijk zichtbaar te maken voor de machinist. Je mag ‘out of the box’ denken, dat betekent dat je creatief moet zijn en iets mag bedenken dat er nog niet is. Je hoeft niet de bestaande vorm te gebruiken, zolang de informatie (het lichtsein) maar zichtbaar is.

Wel moeten de lichtseinen en de locatie ervan aan een aantal randvoorwaarden blijven voldoen:

- De kleuren groen, geel of rood moeten zichtbaar zijn voor de machinist.
- De lichtseinen mogen niet in het ‘pro el van vrije ruimte’ worden geplaatst (Dat is de lege ruimte tussen de trein en andere objecten, daarin mag niets staan of hangen).
- De lichtseinen moeten op een ruime afstand al zichtbaar zijn.

In het vooronderzoek gaan jullie deze eisenlijst zelf nog uitbreiden.

Als eerste gaan jullie aan de slag met het vooronderzoek. In het vooronderzoek ga je het probleem goed bekijken en mogelijke oplossingen bedenken. Daarna gaan jullie het beste idee uitkiezen en uitwerken in een schaalmodel. Dit schaalmodel kunnen jullie gebruiken om het idee te presenteren op school en tijdens de Eureka!Day.

PLANNING

De teams voor dit project bestaan uit vier of vijf perso nen. Tijdens deze opdracht voor ProRail is samen werken erg belangrijk. Zorg voor goed overleg en een duidelijke taakverdeling. Jullie docent(e) is jullie begeleider, bij hem of haar kunnen jullie terecht met jullie vragen en/of problemen. Als hij/zij jullie niet verder kan helpen, kun je de vraag mailen naar het schrijfteam via opdracht6@eurekacup.nl.

We doen ons best jullie zo snel mogelijk te helpen met tips of aanwijzingen. Bij grote drukte kan het echter even duren, dus blijf vooral bezig en wees creatief in je aanpak.

Plan van aanpak

Voor jullie aan de verschillende deelonderzoeken beginnen, is het belangrijk dat jullie voor ieder deelonderzoek een plan van aanpak maken. In een plan van aanpak komen de volgende zaken aan bod:

- Naam van het project.
- Naam van het deelonderzoek.
- Overzicht van werkzaamheden die jullie gaan uitvoeren.
- De taakverdeling.
- Overzicht van wanneer jullie deze taken gaan uitvoeren.
- Overzicht van wanneer jullie gaan overleggen als team.

Deze aanpak is ook belangrijk wanneer je het ontwerp en het schaalmodel gaat maken. Houd hierbij ook rekening met eventuele tegenslagen; vaak gaat iets niet zoals jullie van tevoren gedacht hadden.

Tijdsplanning

De planning van het project is verdeeld over zeven weken. Hieronder staat een richtlijn voor het verloop van het project:

Week 1
- Maken plan van aanpak voor deelonderzoek ‘Lichtseinen’.
- Uitvoeren deelonderzoek ‘Lichtseinen’.

Week 2
- Maken plan van aanpak voor deelonderzoek ‘Tunnels’.
- Uitvoeren deelonderzoek ‘Tunnels’.

Week 3
- Maken plan van aanpak voor deelonderzoek ‘Rekenopdracht’.
- Uitvoeren deelonderzoek ‘Rekenopdracht’.

Week 4
- Maken plan van aanpak voor deelonderzoek ‘Eisenlijst en oplossingen’.
- Uitvoeren deelonderzoek ‘Eisenlijst en oplossingen’.

Week 5 en 6
- Kiezen beste idee/oplossing, schetsen van het schaalmodel.
- Maken/bouwen schaalmodel.
- Ontwerpen van de poster (denk hierbij aan de resultaten van de deelonderzoeken!).

Week 7
- Afmaken poster, schaalmodel en afronden van het project.

Jullie gaan ProRail helpen om nieuwe lichtseinen te ontwerpen voor in tunnels, zodat de machinisten op tijd de informatie krijgen die ze nodig hebben. Voordat jullie een oplossing gaan ontwerpen is het belangrijk dat jullie voorkennis hebben over het onderwerp en dat jullie hebben onderzocht met welke zaken je allemaal rekening moet houden. Onderstaande deelonderzoeken kunnen jullie daarbij helpen.

Deelonderzoek 1: Lichtseinen

Jullie gaan uiteindelijk een ontwerp maken voor lichtseinen in tunnels. Maar voordat jullie zelf een alternatief ontwerp gaan maken, is het belangrijk om te kijken wat lichtseinen nou precies zijn. Vragen die jullie hierbij kunnen helpen zijn:

- Wat zijn lichtseinen?
- Waar kun je ze vinden?
- Hoe werken ze?
- Wat voor informatie geven ze de machinist?

Ga op onderzoek uit en probeer antwoord te vinden op deze vragen. Verzamel de informatie die je vindt en werk deze uit op een poster.

Deelonderzoek 2: Tunnels

Om te weten wat het zicht op een lichtsein kan belemmeren gaan jullie onderzoek doen naar de tunnels waar treinen door heen rijden. Bekijk daarvoor de baanvideo (de link hiervoor staat op de website.) Een baanvideo is een Impje vanuit het perspectief van de machinist. Wat zien we allemaal in een tunnel? Wat kan het zicht op het lichtsein belemmeren?
Op de website van ProRail (www.prorail.nl/reizigers/spoorkaart) kun je een spoorkaart vinden van Nederland, waarop gedetailleerd het spoornetwerk is vastgelegd. Bestudeer deze kaart en zoek daarop ook de treintunnels in Nederland. Geef de locatie hiervan aan op een eenvoudig kaartje. Kunnen jullie alle 14 treintunnels vinden? En liggen ze verspreidt door heel Nederland of komen ze vooral in één regio voor? Welke tunnel ligt het dichtst bij jullie school?

Deelonderzoek 3: Rekenopdracht

Zowel bij het ontwerp als bij de inrichting van een tunnel komt veel rekenwerk kijken. Hier gaan jullie in dit deelonderzoek kennis mee maken door te rekenen aan de zichtbaarheids afstand van seinen en door te rekenen aan de afstand waarover een sein goed zichtbaar is. De zichtbaarheidafstand is de afstand waarover het sein goed te zien moet zijn, uitgedrukt in meters. Deze afstand is afhankelijk van de snelheid van de trein en het aantal seconden tussen het waarnemen en het passeren van het sein.

In de regels staat dat de zichtbaarheidsafstand van een sein gelijk moet zijn aan 9 seconden rijtijd. Oftewel: 9 seconden voor het passeren van het sein moet licht al zichtbaar zijn voor de machinist. Aan de hand van de plaatselijke snelheid van de trein gaan jullie de minimale zichtbaarheidsafstand bepalen.

- Wat is de zichtbaarheidsafstand (in meters) voor een plaatselijke snelheid 80 km/h, 130 km/h en 160km/h?

Hint 1: Welke verschillende afstanden leg je met deze snelheden af in 9 seconden?
Hint 2: Een andere manier van snelheid aangeven is met meter per seconde (m/s) in plaats van met kilometer per uur (km/h). Je kunt een snelheid uitgedrukt in km/h omrekenen naar een snelheid in m/s door het volgende te gebruiken: 3.6km/h = 1m/s.
Op de door jullie berekende zichtbaarheidsafstand moet het sein goed zichtbaar zijn. Dit is niet alleen afhankelijk van objecten die ervoor kunnen staan, maar ook afhankelijk van de lichtsterkte van het sein. In de volgende stap gaan jullie berekenen wat de minimale lichtsterkte van een sein is. Zoals ‘meter’ de eenheid is van afstand, zo is ‘Candela’ de eenheid van lichtsterkte. De volgende formule gaan jullie voor de berekening gebruiken:

$$I_{min} = d^2 \; E_{oog}$$

I_{min} = minimale lichtsterkte van het sein in de richting van het oog van de machinist [candela]
E_{oog} = de lichtsterkte op de zichtbaarheidsafstand, dus ‘ter hoogte van het oog van de machinist’ [candela/m ^{2}]
d = de afstand in meters waarover het sein goed zichtbaar is. [meter]

Bereken Imin voor ‘E_{oog} = 2x10-3 candela’ (overdag) en ‘E_{oog} = 2x10-6 candela’ (’s nachts) waarbij ‘d’= de afstand uit de vorige berekening is.

Deelonderzoek 4: Eisenlijst en oplossingen

Voordat jullie een lichtsein gaan ontwerpen is het goed om na te denken aan welke eisen een lichtsein in een tunnel moet voldoen. Maak een overzicht met een duidelijke beschrijving van die verschillende factoren die meespelen bij het ontwerpen van een lichtsein in een tunnel. Bedenk daarnaast bij elke eis hoe je hier in je ontwerp rekening mee kunt houden. Schrijf dit op in een overzicht.
Na het maken van de eisenlijst maken jullie een beginnetje met ontwerpen! Jullie bedenken een aantal oplossingen om de informatie van de lichtseinen in de tunnel zichtbaar te maken. Probeer daarbij out of the box te denken. Hoe kun je deze drie kleuren in de tunnel zichtbaar maken? Gebruik daarbij de kennis die jullie hebben opgedaan in de vorige deelonderzoeken. Leg de oplossingen eens naast de eisenlijst: welke oplossing voldoet aan de meeste eisen? Verwerk dit in jullie presentatie.

Informatiebronnen

Om de deelonderzoeken goed uit te kunnen voeren, hebben jullie informatiebronnen nodig. Op www.eurekacup.nl staan een paar handige links die jullie op weg kunnen helpen bij jullie onderzoek. Verder kun je natuurlijk ook zelf zoeken in boeken of misschien kunnen mensen uit je omgeving je meer informatie geven. Daarnaast kun je natuurlijk ook op het internet zoeken. Let er wel op dat je betrouwbare bronnen gebruikt, niet alles van internet is namelijk altijd waar. Probeer altijd na te gaan of de bron betrouwbaar is en of de informatie klopt. Probeer eventueel meerdere bronnen te gebruiken om te controleren of de informatie juist is. Geef in jullie presentatie aan welke bronnen jullie hebben gebruikt.

- De lengte van de tunnel is tussen de 60 en 80 cm.
- De tunnel heeft de vorm van een halve cilinder. Jullie mogen zelf bepalen hoe breed en hoe hoog de tunnel wordt. Probeer de tunnel zo klein mogelijk te maken, dit heeft in werkelijk heid immers de voorkeur omdat het goedkoop is.
- De trein is 10 cm breed en 15 cm hoog, om de trein moet een ‘pro el van vrije ruimte’ van minimaal 4 cm zijn. Dat is de ruimte naast en boven de trein waarin geen objecten aanwezig mogen zijn.
- De onderkant van de tunnel is open, zodat hij eenvoudig over de rails kan worden geplaatst.

Nadat de tunnel is gebouwd moet natuurlijk jullie oplossing erin aan worden gebracht. Houd hierbij rekening met het ‘pro el van vrije ruimte’. Zorg dat de lichtseinen goed zichtbaar zijn vanuit de locomotief, dit gaan we ook testen! Vergeet vooral ook niet om creatief te zijn.

Testopstelling

Op de Eureka!Day zal een deel van jullie presentatie bestaan uit het testen van jullie proefopstelling. Om de zichtbaarheid van jullie sein te testen zullen we een baanvideo maken van jullie tunnel. Er zal op de Eureka!Day een modelᵀrein op een rails zijn die door jullie tunnel zal gaan rijden. In de locomotief zit een camera die lmt wat een machinist zou zien. Is het lichtsein goed zichtbaar? We zullen het testen onder verschil-lende omstandigheden. Zodra daar meer details over bekend zijn, zal dit op de website te vinden zijn.

Beoordelingscriteria

Op de Eureka!Day zal een jury de door jullie bedachte oplos sing gaan beoordelen. Jullie moeten de jury gaan overtuigen dat jullie oplossing de beste is. Om het ontwerp te presenteren kan zowel het schaalmodel als de poster helpen. De jury zal letten op de volgende punten:

- Zichtbaarheid van het groen, geel en rode licht.
- Betrouwbaarheid van het ontwerp.
- Veiligheid.
- Realiseerbaarheid (benodigde investeringen).
- Creativiteit / originaliteit.
- Uitwerking van het ontwerp.

Materialen

Jullie mogen zelf de materialen kiezen die gebruikt zullen worden om jullie ontwerp tot een overtuigend schaalmodel te maken. Kijk goed welke materialen op school en thuis beschikbaar zijn. Let wel op dat het schaalmodel vervoerbaar moet zijn, misschien moeten jullie het zelfs bij de Eureka!Day nog deels opbouwen. Kies materialen die passen bij jullie oplossing.