

Klimaatadaptatie van het spoornetwerk: evaluatie van de strategieën, doelen en kansen binnen ProRail

Elise Holubek

06-07-2022



Bachelor Thesis Civil Engineering
University of Twente


Movares
adviseurs & ingenieurs

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

In opdracht van: Movares
Projectduur: april-juni 2022
Externe begeleiding: Michiel Haffmans
Interne begeleiding: prof. dr. ing. K.T. Geurs
Studentennummer: s2317311
Contact: e.d.holubek@student.utwente.nl

Voorwoord

In dit verslag presenteer ik de resultaten van het onderzoek van de bachelor eindopdracht voor de bachelorstudie Civil Engineering aan de University of Twente. Ik heb het onderzoek uitgevoerd in opdracht van Movares voor de businesslijn ProRail. Binnen deze businesslijn worden maatschappelijke thema's onderzocht in relatie tot ProRail, en in mijn geval is dit het thema klimaatadaptatie.

Voor mij persoonlijk is klimaatverandering een zeer belangrijk onderwerp. Tijdens de bachelor Civil Engineering is dit thema regelmatig teruggekomen in verschillende projecten en ben ik mij goed bewust geworden van de gevolgen van klimaatverandering en de hoge nood voor verandering. Ik zou hier dan ook graag nog meer over willen leren in de praktijk en daar heeft dit onderzoek zeker aan bijgedragen.

Ik wil graag Michiel Haffmans bedanken voor de begeleiding tijdens mijn stageperiode bij Movares. Naast ondersteuning van het onderzoek heb ik ook het bedrijf Movares beter leren kennen op een leuke manier. Daarnaast wil ik de medewerkers van Movares bedanken die hun inzichten met mij hebben gedeeld in een interview. Dit heeft mijn onderzoek goed geholpen.

Ook wil ik graag de medewerkers van ProRail bedanken die betrokken waren bij het onderzoek en tijd hadden vrijgemaakt om te vertellen over hun ervaringen. In het bijzonder wil ik Stefan Jak bedanken voor zijn behulpzaamheid en informatie over klimaatadaptatieve projecten en maatregelen.

Tot slot wil ik Karst Geurs bedanken voor het begeleiden van mijn onderzoek vanuit de University of Twente. Ik heb veel geleerd van de opdracht.

Samenvatting

Het frequenter voorkomen van extreme weersomstandigheden resulterend van klimaatverandering zullen een groot gevaar vormen voor het functioneren van het spoornetwerk. Daarom heeft ProRail klimaatadaptatie als hoofddoel gesteld: het spoornetwerk aanpassen aan en voorbereiden voor de extreme weersomstandigheden.

Advies- en ingenieursbureau Movares ondersteunt en adviseert ProRail op klimaatadaptatie. Dit onderzoek is opgezet met als doel om de adviserende en ondersteunende rol van Movares te verbeteren door de belangen van verschillende stakeholders gerelateerd aan de implementatie van klimaatadaptatie bij ProRail in beeld te brengen.

Het onderzoeksplan bestond uit drie fases. In de eerste fase, de oriënterende fase, is het onderwerp klimaatadaptatie verkend in relatie tot Movares en ProRail door interviews af te nemen met beide partijen. De vindingen zijn samengevat in een Stakeholder Analysis. Er zijn negen interviews gehouden met Movares en zeven met ProRail. Deze stakeholders zijn opgedeeld in twee groepen: experts klimaatadaptatie en managers. Binnen de groepen wordt nog onderscheid gemaakt tussen opdrachtgever en opdrachtnemer. De tweede fase is de verdiepende fase. Hier is er dieper ingegaan op de verantwoordelijke en invloedrijke functies gerelateerd aan klimaatadaptatieve projecten en wordt het relatieve belang van het klimaatadaptatie doel in vergelijking met conflicterende doelen onderzocht aan de hand van de Analytical Hierarchy Process. In de laatste fase, de evaluatie fase, zijn gerealiseerde of geplande klimaatadaptatieve maatregelen van ProRail gescoord op de klimaatadaptatieve en conflicterende doelen. Deze scoring heeft een vervolganalyse gekregen waarin de impact van investeringskosten en relatieve wegingen van belang voor de doelen wordt getest. Tot slot zijn de resultaten gevalideerd door validatiegesprekken met experts.

Uit de oriënterende en verdiepende fase kan geconcludeerd worden dat ProRail op organisatorisch niveau klimaatadaptatie wel als hoofddoel heeft gemaakt, maar de doorvertaling van dit doel naar projecten is nog onvoldoende zichtbaar. De Handreiking Klimaatadaptatie helpt wel bij het vinden van potentiële klimaatadaptatieve maatregelen, maar een goed overzicht van context-specifieke kosten en baten en bijbehorende richtlijnen voor de realisatie van deze maatregelen zijn nog niet ontwikkeld. Er is een team Klimaatadaptatie opgezet binnen ProRail die ondersteuning en expertise biedt op het onderwerp, maar binnen de organisatie van ProRail wordt er wisselend beleefd wie er eindverantwoordelijk is voor de implementatie van klimaatadaptatie. In principe is dit de assetmanagement en er zijn hierin ook ontwikkelingen gaande maar deze ontberen nog budget en mankracht.

Een project van ProRail bestaat uit een samenwerking tussen verschillende partijen. Het implementeren van klimaatadaptatie in projecten is ook afhankelijk van deze samenwerkingen. De projectmanager staat hierin centraal. Klimaatadaptatie heeft geen verplicht karakter in een project: het is nog niet duidelijk meegenomen in de ontwerpvoorschriften en productspecificaties. De assetmanagers en opdrachtgevers zijn hierin cruciale partijen, zij kunnen klimaatgerichte eisen stellen bij projecten en inbedden in de organisatie van ProRail. De mate waarin klimaatadaptatie mee wordt genomen binnen een project is nu vooral afhankelijk van de budget en ruimte van het project en de intrinsieke motivatie van de projectmanager. De definitieve keuze om potentiële klimaatadaptatieve maatregelen te realiseren ligt bij de assetmanager en de opdrachtgever en niet bij de partijen met de meeste expertise van het onderwerp. Deze partijen hebben enkel een adviesrol. De kosten van de potentiële maatregelen zijn niet altijd meegenomen binnen het projectbudget. Ook al is de motivatie groot, als er geen financiering is dan zal de maatregel niet gerealiseerd worden.

Samenvatting

In projecten van ProRail worden klimaatadaptieve maatregelen dus wel voorgesteld, maar niet altijd gerealiseerd. De reden hiervoor is de trade-off tussen het klimaatadaptatie doel (verminderen hinder lange termijn onder extreme weersomstandigheden) en conflicterende doelen (verminderen hinder korte termijn onder normale weersomstandigheden en optimaal onderhoud van spoor netwerk). De wegen die het relatieve belang van de doelen representeren verschillen per projectmanager. Hoe hoog het belang is voor klimaatadaptatie hangt af van verschillende factoren: de mate van verantwoordelijkheidsgevoel over de implementatie van klimaatadaptatie, intrinsieke motivatie, de bewustwording van de noodzaak van klimaatadaptatie en kennis over klimaatadaptatie.

Uit de evaluatie fase volgt dat er een aantal klimaatadaptieve maatregelen succesvol gerealiseerd zijn in projecten of die voorgelegd zijn in lopende projecten, waaronder vergroening van spoor en stationsomgeving, wadi's, ondergrondse wateropvang, verhoging elektrotechnische apparatuur, groene daken en waterdoorlatende bestrating. Voor al deze maatregelen geldt: waar hij klimaatadaptief een grote impact heeft, zal het op conflicterende doelen moeten inleveren en vice versa. De kansrijkheid van elke maatregel is afhankelijk van de relatieve belangen voor de doelen van de stakeholder in kwestie. Bij een relatief groot belang voor klimaatadaptatie zullen vergroening, wadi's, ondergrondse wateropvang en verhoging apparatuur het meest kansrijk zijn. Bij een relatief klein belang voor klimaatadaptatie zal de kans groter zijn dat een potentiële maatregel wordt weggestreept als het te veel in conflict komt met andere doelen. In dit geval zijn simpelere maatregelen zoals waterdoorlatende bestrating, verhoging apparatuur en vergroening kansrijk en hebben ze een grotere kans op realisatie dan de complexere maatregelen.

Gebaseerd op de conclusies van het onderzoek zijn er aanbevelingen opgesteld voor Movares:

- Uitwerken en stimuleren van klimaatadaptieve maatregelen in projecten van ProRail met een hoge kans van realisatie en een hoge toegevoegde waarde. Hierbij is het belangrijk dat de relatieve belangen van de verschillende doelen mee worden genomen tijdens het keuzeproces.
- Ontwikkelen van een online GIS-tool met locatie-specifieke klimaatadaptieve maatregelen. Per spoor netwerkllocatie worden passende maatregelen voorgesteld inclusief de kosten en baten.
- Observatie van lopende klimaatadaptieve projecten van ProRail en een lijst met klimaatadaptieve maatregelen bijhouden.
- Organiseren van functie-specifieke interactieve informatiesessies over klimaatadaptatie voor ProRail. Hier zal kennis worden uitgewisseld en succesprojecten worden gedeeld.
- Opzetten van een vervolgonderzoek gericht op de assetmanager en regelgeving binnen ProRail en gericht op de doorvertaling van hoofddoelen naar uitvoeringsniveau binnen ProRail.

Summary

Climate change results in a higher frequency of extreme weather conditions. This will endanger the functioning of the rail network. Therefore ProRail has set climate adaptation as a main goal: adjust the rail network to and prepare the rail network for the expected extreme weather conditions.

Consultancy and engineering firm Movares is supporting and advising ProRail on the theme of climate adaptation. This research has been set up with the goal to improve the advising and supporting role of Movares by analyzing the interests of different stakeholders related to the implementation of climate adaptation at ProRail.

The research plan existed of three phases. Within the first phase, the exploratory phase, the subject climate adaptation has been explored in relation to Movares and ProRail by means of conducting interviews with both parties. The findings have been collected in a Stakeholder Analysis. Nine interviews were conducted with Movares and seven with ProRail. These stakeholders have been divided into two groups: experts climate adaptation and managers. Within these groups, there is a distinction between the client and the contractor. The second phase is the in-depth phase. An in-depth research has been done regarding the responsible and influential functions connected to climate adaptive projects and additionally the relative importance of the climate adaptive goal in comparison to conflicting goals have been analyzed by means of the Analytical Hierarchy Process. In the last phase, the evaluation phase, completed or planned climate adaptive measures of ProRail have been tested against the climate adaptive and conflicting goals. Additionally a follow-up analysis has been computed in which the investment costs and relative weights of the importance of the goals have tested as well. Last but not least, the results have been validated by means of validation sessions with experts.

The following can be concluded from the exploratory and in-depth phase: climate adaptation is indeed set as a main goal on organizational level, however the translation of this goal to the projects is insufficiently visible. The Handreiking Klimaatadaptatie (Guideline Climate Adaptation) is a tool which helps finding potential climate adaptive measures, however a clear overview of context-specific costs and benefits and associated guidelines regarding the realization of these measures has not yet been developed. Within ProRail, a team Climate Adaptation has been set up which offers support and expertise regarding the subject matter, but within the organization there is a mixed picture of who is the supervisor with ultimate responsibility for the implementation of climate adaptation. In principle, this will be the asset management and there are indeed developments going on but budget and manpower is lacking.

A project of ProRail exists of collaborations between multiple parties. The implementation of climate adaptation within the project is dependent on these collaborations in which the project manager has a central position. Climate adaptation does not have a mandatory nature within the projects: it is not implemented within the design regulations and product specifications. The asset managers and clients are crucial parties within this situation, since they wield the power to set demands focused on climate adaptation for the project or embed them in the organization of ProRail. The extent to which climate adaptation is taken in to account within a project is at this moment mostly dependable on the budget and scope of the project and the intrinsic motivation of the project manager. The final choice to realize the potential climate adaptive measures lies with the asset manager and the client of the project instead of the parties with the most expertise on the topic. These parties only have an advisory role. The costs of the potential measures are not always included within the project budget. Even if the motivation for climate adaptation is high, if there is no financing, then the measure will not be realized.

Summary

Thus, climate adaptive measures are suggested within projects but the realization does not always take place. The reason behind this is the trade-off which happens between the climate adaptive goal (reducing long-term hindrance under extreme weather conditions) and conflicting goals (reducing short-term hinder under normal weather conditions and optimal maintenance of rail network). The weights which represent the relative importance of the goals differ per project manager. The weights of the relative importance of climate adaptation depends on multiple factors: the degree of sense of responsibility regarding implementation of climate adaptation, intrinsic motivation, awareness of necessity of climate adaptation and knowledge regarding climate adaptation.

From the evaluation phase follows that a number of climate adaptative measures have been successfully completed in projects or are suggested as potential measures in running projects. These measures include greening of the surroundings of the tracks and stations, wadi's, underground water buffer, elevation of electrotechnical equipment, green roofs and permeable pavements. To all measures applies the following: if the measure contributes a lot to the climate adaptive goal, then it contributes relatively less to the conflicting goals and vice versa. The extent to which the measure is likely to be realized depends on the relative importance of the goals belonging to the stakeholder in question. In case of a relative high importance for climate adaptation, the measures such as greening, wadi's and underground water buffers would have a high chance of realization. In the case of a relative low importance for climate adaptation, the chance that a potential measure will be eliminated when in conflict with other goals is high. In this case, rather simple measures such as permeable pavements, elevation of equipment and greening have a higher chance of realization compared to more complex measures.

Based on the conclusions and results of the research, a number of recommendations have been given to Movares:

- Working out and stimulating climate adaptive measures within the projects of ProRail with a high chance of realization and a high added value. The relative importance of the different goals must be taken into consideration during the selection process.
- Developing of an online GIS-tool displaying location-specific climate adaptive measures. Per rail network location, suitable measures will be suggested including its costs and benefits.
- Observation of running climate adaptive projects of ProRail and keeping a list of the climate adaptive measures used.
- Organizing function-specific interactive information sessions regarding climate adaptation for ProRail. Knowledge will be exchanged here and success projects shared.
- Further research focusing on the role of the asset manager and the regulations within ProRail and further research focusing on the translation of main goals to performance level in ProRail.

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Samenvatting	ii
Summary	iv
Inhoudsopgave	vi
Figuren- en tabellenlijst	ix
Afkortingen- en begrippenlijst	x
1. Introductie	1
1.1 Onderzoeksmotivatie	1
1.2 Betrokken partijen.....	1
1.2.1 Movares	1
1.2.2 ProRail.....	2
1.3 Probleemstelling.....	3
1.4 Onderzoeksdoel.....	3
1.5 Onderzoeksvragen.....	3
1.6 Onderzoeksdomein	4
2. Theoretisch Kader	5
2.1 Klimaatverandering	6
2.2 Technische opzet spoornetwerk.....	6
2.3 Gevaren spoornetwerk en stationsgebied	8
2.3.1 Extreme regenbuien	8
2.3.2 Extreme hittegolven	10
2.3.3 Extreme droogtes	11
2.3.4 Stormen	11
2.4 Basisaspecten projecten ProRail.....	12
2.4.1 Project fases: voorbereiding, verkenning, planuitwerking en realisatie.....	12
2.4.2 Project types: Functie Handhaving en Nieuwbouw.....	12
2.4.3 Regelgeving: productspecificaties, ontwerpvoorschriften en vrije producten.....	13
2.4.4 Project financiering.....	13
2.4.5 Klimaatadaptatie in projecten	13
2.5 Stakeholder Analysis.....	13
2.6 Multi-Actor Multi-Criteria Analysis & Analytical Hierarchy Process.....	14
3. Onderzoeksplan	16
3.1 Oriënterende fase.....	17
3.1.1 Input.....	17
3.1.2 Stakeholder Analysis	17
3.2 Verdiepende fase.....	18
3.2.1 Doelen.....	18

Inhoudsopgave

3.2.2	Overzicht verantwoordelijke en invloedrijke functies	18
3.2.3	Verdiepende gesprekken	19
3.2.4	Analytical Hierarchy Process	19
3.3	Evaluatie fase.....	19
3.3.1	Alternatieven	19
3.3.2	Indicatoren.....	19
3.3.3	Beoordeling.....	19
3.3.4	Validatiegesprekken.....	20
3.3.5	Resultaten en discussie.....	20
4.	Resultaten Stakeholder Analysis	21
4.1	Experts Klimaatadaptatie	21
4.2	Managers	23
4.3	Conclusie	23
5.	Resultaten Analytical Hierarchy Process	25
5.1	Doelen ProRail	25
5.2	Verantwoordelijke en invloedrijke functies projecten ProRail.....	27
5.3	Pairwise Comparison	29
5.3.1	Selectie stakeholders	29
5.3.2	Casussen	29
5.4	Analyse	30
5.4.1	Resultaten casussen.....	30
5.4.2	Berekende wegingen	30
5.5	Conclusie	32
6.	Resultaten Multi-Actor Multi-Criteria Analysis	34
6.1	Klimaatadaptatie in projecten ProRail.....	34
6.1.1	Afgeronde projecten.....	34
6.1.2	Lopende projecten.....	35
6.1.3	Inspiratiebronnen	37
6.2	Alternatieven	39
6.2.1	Overzicht maatregelen	39
6.2.2	Selectie alternatieven	39
6.3	Indicatoren	40
6.4	Beoordeling alternatieven	41
6.4.1	Analyse doelen.....	41
6.4.2	Vervolganalyse investeringskosten.....	43
6.4.3	Vervolganalyse wegingen	44
6.5	Validatie.....	44
6.5.1	Ambitieformulering klimaatrobust spoornetwerk.....	44

Inhoudsopgave

6.5.2	Overzicht functies binnen klimaatadaptieve projecten	45
6.5.3	Invloed-Prioriteit Rooster	45
6.5.4	Overzicht klimaatadaptieve maatregelen binnen projecten	45
6.5.5	Selectie doelen MAMCA	45
6.5.6	Scoring maatregelen MAMCA.....	45
6.6	Conclusie	47
7.	Conclusie en aanbevelingen.....	49
8.	Discussie	54
	Bibliografie.....	55
	Bijlagen	59
	Bijlage A: Stappen Handreiking Klimaatadaptatie	59
	Bijlage B: Resultaten Stakeholder Analysis	60
	B1: Lijst met functies per stakeholder groep	60
	B2: Toelichting zorgen en ambities: Experts Klimaatadaptatie – Opdrachtnemer	60
	B3: Toelichting zorgen en ambities: Experts Klimaatadaptatie – Opdrachtgever	63
	B4: Toelichting zorgen en ambities: Managers – Opdrachtnemer.....	65
	B5: Toelichting zorgen en ambities: Managers – Opdrachtgever	66
	Bijlage C: Projectfuncties ProRail bij implementatie klimaatadaptatie	68
	C1: Projectmanager	68
	C2: Team Klimaatadaptatie	68
	C3: Team Duurzaamheid	69
	C4: Advies- en ingenieursbureaus	69
	C5: Opdrachtgever	69
	C6: Aannemer	69
	C7: Assetmanager	70
	C8: Gebiedsmanager	70
	C9: Systemspecialist	70
	Bijlage D: Resultaten casussen en omzetting in scores	71
	D1: Doel 1 vs doel 2 (casus 1)	71
	D2: Doel 1 vs doel 3 (casus 2)	72
	D3: Doel 2 vs doel 3 (casus 3)	73
	Bijlage E: Uitwerking Analytical Hierarchy Process.....	75
	E1: AHP interview 1	75
	E2: AHP interview 2	75
	E3: Alternatief AHP interview 2.....	76
	E4: AHP interview 3	76
	Bijlage F: Overzicht Klimaatadaptieve Maatregelen	77

Figuren- en tabellenlijst

Figurenlijst

Figuur 1: Stroomschema theoretisch kader	5
Figuur 2: Type wisselstructuren (Dindar et al, 2017) vertaald vanuit Engels (Spilt, sd) (InfraSite, sd)	6
Figuur 3: Doorsnede spoorbedding	7
Figuur 4: Wegspoeling van spoorbedding (Dindar et al, 2017)	8
Figuur 5: Problematische waterafvoer (Dindar et al, 2017)	8
Figuur 6: Spoorbedding bezwijking onder schuifkracht (Dindar et al, 2017)	9
Figuur 7 en Figuur 8: Wateroverlast spoor van Eijsden (ProRail, 2021)	9
Figuur 9: Verbuiging spoorstaven (Clark, 2018)	10
Figuur 10: Relatie temperatuur (degree Celcius) en aantal storingen (number of disruptions) (Van Ommeren et al., 2013)	10
Figuur 11: Bermbranden naast het spoor in Hattem (ProRail, sd)	11
Figuur 12: Kapotte bovenleidingsportaal bij Apeldoorn na storm Eunice (ProRail, 2022)	11
Figuur 13: Kernproces projecten ProRail	12
Figuur 14: Stroomschema onderzoeksplan	16
Figuur 15: Overzicht functies en connecties bij implementatieproces van klimaatadaptatie bij projecten	27
Figuur 16: Invloed-prioriteit rooster klimaatadaptatie	28
Figuur 17: Zaksloot bij Station Driebergen-Zeist (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2021)	34
Figuur 18: Hernieuwd stationsgebouw Assen (ProRail, sd)	35
Figuur 19: Ontwerp vrije kruising Dijkgracht PHS Amsterdam Centraal (Ekelmans, 2022)	35
Figuur 20: Ontwerpvoorbeeld Landschapsplan voor het Spoor I (NS et al., 2020)	37
Figuur 21: Praktische voorbeelden Landschapsplan voor het Spoor I (NS et al., 2020)	38
Figuur 22: Ontwerp klimaatbestendige tramhalte (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2018)	38

Tabellenlijst

Tabel 1: Scale of Comparison vertaald vanuit (Ampe et al., 2008)	15
Tabel 2: AHP Matrix	15
Tabel 3: Resultaten Stakeholder Analysis	22
Tabel 4: Wegingen doelen interview 1	30
Tabel 5: Wegingen doelen interview 2	30
Tabel 6: Alternatieve wegingen doelen interview 2	31
Tabel 7: Wegingen doelen interview 3	31
Tabel 8: Doelen en bijbehorende criteria MAMCA	40
Tabel 9: Indicatoren criteria MAMCA	40
Tabel 10: Beoordeling alternatieven MAMCA analyse doelen	41
Tabel 11: Beoordeling alternatieven MAMCA vervolganalyse investeringskosten	43
Tabel 12: Prioritering scores vervolganalyse investeringskosten	43
Tabel 13: Gewogen scores MAMCA interview 1	44
Tabel 14: Gewogen scores MAMCA interview 3	44
Tabel 15: Kansrijkheid maatregelen relatief belang klimaatadaptatie	50

Afkortingen- en begrippenlijst

Afkortingenlijst

Afkorting	Betekenis
AHP	Analytical Hierarchy Process
CI	Consistency Index
CR	Consistency Ratio
MAMCA	Multi-Actor Multi-Criteria Analysis
PHS	Programma Hoogfrequent Spoorvervoer
RI	Random Index

Begrippenlijst

Begrip	Betekenis
Droogte	Een potentieel neerslagtekort kijkend naar het gemiddelde van Nederland (KNMI, sd)
Duurzaamheid	De overkoepelende term voor maatschappelijke thema's waaronder vermindering CO2-uitstoot, klimaatadaptatie, circulariteit etc.
Extreme regenbuien	Neerslagwaarden boven 50 millimeter in een uur en boven 100 millimeter in een dag (KNMI, sd)
Hittegolf	Een opeenvolging van in De Bilt minimaal 5 zomerse dagen met een maximum temperatuur van 25 graden of hoger waarvan er minimaal drie dagen met een maximum temperatuur van 30 graden of hoger zijn (KNMI, sd)
Klimaatadaptatie	De infrastructuur van het spoor of spooromgeving aanpassen aan en voorbereiden voor extreme regenbuien, hittegolven, droogte of stormen
Klimaatverandering	Het frequenter voorkomen van extreme regenbuien, hittegolven, droogte en stormen
Storm	Gemiddelde windsnelheid minstens 1 uur lang gelijk aan windkracht 9 (KNMI, sd)

1. Introductie

In het eerste hoofdstuk zal als eerste de onderzoeksmotivatie worden toegelicht. Vervolgens worden de betrokken partijen van dit onderzoek besproken, gevolgd door een probleemstelling. Hierop gebaseerd is een onderzoeksdoel opgesteld en zijn er bijbehorende onderzoeksvragen geformuleerd. Tot slot wordt het onderzoek afgebakend in het onderzoeksdomein.

1.1 Onderzoeksmotivatie

Klimaatadaptatie is één van de belangrijke thema's van advies- en ingenieursbureau Movares. Movares is adviserend en ondersteunend partner in het voorbereiden voor en aanpassen aan de klimaatverandering in de open ruimte. Hierbij staat intensieve samenwerking centraal (Movares, sd). Movares gaat met het bedrijf ProRail, verantwoordelijk voor het spoorwagennet van Nederland, deze samenwerking aan. Hiervoor is het van belang dat Movares zich kan verplaatsen in het perspectief van ProRail. Hier zal het onderzoek van deze bachelor eindopdracht aan bijdragen.

1.2 Betrokken partijen

Het bedrijf Movares is het bedrijf waarbij het onderzoek van de bachelor eindopdracht wordt uitgevoerd. ProRail is de opdrachtgever van Movares binnen het onderzoek. De algemene organisatie en bedrijfsstrategie m.b.t. klimaatadaptatie van deze bedrijven zullen worden behandeld.

1.2.1 Movares

Het bedrijf waarbij ik de bachelor eindopdracht uitvoer is advies- en ingenieursbureau Movares. Movares werkt binnen zes thema's: mobiliteit, infrastructuur, digitale transformatie, klimaatadaptatie, energietransitie en circulair bouwen (Movares, sd). De opdracht die Movares uitvoert voor de opdrachtgever van het onderzoek valt binnen twee van deze thema's: infrastructuur en klimaatadaptatie. Binnen het thema klimaatadaptatie staat samenwerking centraal: een integrale aanpak en samenwerking zal resulteren tot de effectieve aanpak die nodig is (Movares, sd). Met deze samenwerking komen mens, middel en methode samen. Om dit te bereiken, is het belangrijk om het thema te verkennen binnen het bedrijf van de opdrachtgever en binnen Movares zelf.

Bij het bedrijf van de opdrachtgever worden de volgende aspecten onderzocht (Movares):

- De bedrijfsstrategie en de link met de vraagstelling
- De ambitie en bijbehorende context van de stakeholder
- Het doel van de vraag, de huidige fase waar we zitten en betrokken disciplines/afdelingen
- Afbakening van de onderwerpen door de opdrachtgever
- De issues, succesfactoren en uitdagingen
- De stakeholders en derden
- De kansen en bedreigingen
- De eisen, wensen en verwachtingen
- De beslissers en hun bijbehorende invloed en perspectief
- De betrokken bedrijfsonderdelen

Binnen Movares worden de volgende aspecten verkend (Movares):

- Link tussen de vraagstelling en strategie/visie van Movares
- Haalbaarheid van het proces van samenwerking
- Impact bestaande dienstverlening en benodigdheden voor resultaten
- De verwachte producten/diensten en bijbehorende randvoorwaarden
- De kans dat de opdrachtgever het punt van opdrachtverstrekking bereikt met Movares
- De kansen van Movares en het totale potentieel van het onderwerp
- Betekenis voor de dienstverlening van Movares

1.2.2 ProRail

De opdrachtgever van Movares is ProRail BV. ProRail is verantwoordelijk voor het spoorwegnet van Nederland. Waar eerst de focus lag op robuustheid, optimalisaties en verantwoording heeft ProRail sinds de afgelopen jaren nieuwe ambities (Movares):

- Aanbod meer vraaggericht i.p.v. aanbod gericht.
- 30% meer capaciteit op het spoor in 2030.
- Implementatie van de maatschappelijke thema's waaronder klimaatadaptatie.

De oude organisatie structuur binnen ProRail was minder geschikt om deze doelstellingen te kunnen behalen. De maatschappelijke thema's zijn in de huidige projecten nog niet altijd opgenomen, maar hier is wel behoefte naar. De nieuwe organisatie structuur streeft naar een eigen netwerk en verbinding met de markt in algemeen en met betrekking tot de maatschappelijke thema's. Er zal ruimte worden gegeven om te experimenteren binnen deze thema's met als doel dat de toepassing van maatschappelijke thema's op termijn een standaard onderdeel wordt van de dienstverlening van ProRail (Movares). De vraagstelling van ProRail aan Movares luidt als volgt:

'Op welke manier kunnen wij in 2030 zorgen voor 30% meer capaciteit en tegelijkertijd te zorgen voor een slimme infrastructuur die beschikbaar, betrouwbaarheid en duurzaam is, opdat wij voldoen aan de gestelde (klimaat)doelen en het alternatief zijn voor vliegtuig en (vracht)auto' (Movares).

Binnen het thema klimaatadaptatie zijn er voor ProRail met name zes klimaateffecten relevant (Boon et al., 2019). Overige speciale effecten vallen binnen punt 7.

1. Wateroverlast
2. Overstroming
3. Hittestress
4. Bliksem- en stormschade
5. Natuur- en bermbranden
6. Verzakking
7. Speciaal effect (erosie, verzilting, paalrot, droogte en afname biodiversiteit)

ProRail gebruikt Handreiking Klimaatadaptatie als beginstap in het zoekproces naar een goede en structurele aanpak om deze klimaateffecten een standaard rol te laten spelen binnen de projecten (Boon et al., 2019). Dit valt onder Aanpak Duurzaam GWW (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). ProRail heeft Green Deal GWW 2.0 ondertekend en daarmee het gebruik van de handreiking als doel gesteld (Green Deal, 2017). De Handreiking Klimaatadaptatie helpt kansen en maatregelen te identificeren in de verkenningsfase van een project passend in de context van het project in kwestie. De stappen die ondernomen worden in de Handreiking Klimaatadaptatie is te vinden in bijlage A.

1.3 Probleemstelling

Het Nederlands spoornetwerk is gebouwd voor een gematigd zeeklimaat met milde winters en relatief koele zomers. Het klimaat de afgelopen jaren aan het veranderen en zal dit resulteren in nieuwe extreme weersomstandigheden. De klimaateffecten zullen het huidige spoornetwerk negatief beïnvloeden. Klimaatadaptatie speelt dus een belangrijke rol om het spoornetwerk effectief te laten blijven functioneren in de nabije toekomst.

Zoals benoemd in paragraaf 1.2.2, zit het bedrijf ProRail momenteel in een transitie fase naar een nieuwe organisatie waarin klimaatadaptatie een standaard onderdeel van zal worden. Klimaatdoelen zijn niet meer vrijblijvend maar worden opgelegd. Het is van belang dat klimaatadaptatie niet langer zal worden gezien als een subdoel maar als een hoofddoel. Om dit te kunnen bereiken, zal er niet alleen een verandering binnen de organisatie van ProRail plaatsvinden maar ook een verandering in de mindset. Om het denkmechanisme goed te kunnen begrijpen, is het voor Movares van belang om het perspectief van ProRail op gebied van klimaatadaptatie scherp in beeld te krijgen. Met duidelijke inzichten in dit perspectief kan de dienstverlening van Movares voor ProRail het beste vorm gegeven worden.

1.4 Onderzoeksdoel

Zoals benoemd in paragraaf 1.2.1 is Movares op zoek naar de link tussen de vraagstelling van ProRail en de visie van Movares vertaald naar een mogelijke dienstverlening. Dit vormt zich in het volgende onderzoeksdoel:

Het onderzoeksdoel is om de adviserende en ondersteunende rol van Movares te verbeteren door de belangen van verschillende stakeholders gerelateerd aan de implementatie van klimaatadaptatie bij ProRail in beeld te brengen.

1.5 Onderzoeksvragen

Om het onderzoeksdoel te behalen is een hoofdvraag opgesteld. De hoofdvraag luidt als volgt:

Wat is de verhouding in het belang tussen klimaatadaptatie doelen en conflicterende doelen binnen ProRail en in hoeverre heeft dit invloed op de realisatie van klimaatadaptatieve maatregelen?

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn er deelvragen opgesteld. Het onderzoeksplan, die wordt beschreven in hoofdstuk 3, zal uit drie fases bestaan. Elke fase beantwoordt een aantal deelvragen. De deelvragen per fase worden nu verder toegelicht.

Fase 1: Oriënterende fase

Fase 1 is de oriënterende fase. In deze fase wordt het onderwerp klimaatadaptatie gerelateerd aan Movares en ProRail verkend. Hiervoor worden oriënterende gesprekken aan gegaan met stakeholders van Movares (opdrachtnemer) en ProRail (opdrachtgever). De volgende deelvragen zullen worden verkend:

Deelvraag 1.1: Wie zijn de stakeholders betrokken bij de projecten van ProRail die kunnen worden geïdentificeerd aan de hand van snow-ball sampling?

Deelvraag 1.2: Wat zijn de interesses, zorgen en ambities van de stakeholders vanuit het opdrachtnemers- en opdrachtgeversperspectief gerelateerd aan de integrale implementatie van klimaatadaptatie bij ProRail?

Fase 2: Verdiepende fase

In de tweede fase zal er dieper worden ingegaan op de rol van klimaatadaptatie in de organisatie en projecten van ProRail en de invloed van de doelen op de implementatie. Hiervoor zullen verdiepende gesprekken worden gevoerd met ProRail. ProRail heeft klimaatadaptatie doelen opgesteld: deze doelen geven weer wat de grootste zorgen zijn over klimaatverandering en wat ProRail wil bereiken op het gebied van klimaatadaptatie, maar ook wat limiterende factoren zijn voor deze doelen. De limiterende factoren zijn gelinkt aan conflicterende doelen. Bepaalde functies zullen verantwoordelijk zijn voor deze doelen of hebben invloed op de mate waarin deze doelen behaald worden. Per stakeholder zal er een hiërarchie van belang van de doelen zijn. Deze hiërarchie kan aangeduid worden met een relatieve weging per doel. Deze wegingen zullen in fase 2 worden bepaald. De volgende deelvragen zullen dus beantwoord worden:

Deelvraag 2.1: Wat zijn de klimaatadaptatie doelen en daaraan gerelateerde conflicterende doelen binnen ProRail?

Deelvraag 2.2: Welke functies hebben invloed op en zijn verantwoordelijk voor de klimaatadaptatie en conflicterende doelen binnen ProRail?

Deelvraag 2.3: Wat zijn de wegingen van de doelen per stakeholder binnen ProRail?

Fase 3: Evaluatie fase

Fase 3 is de evaluatie fase. In deze fase worden een aantal afgeronde of geplande klimaatadaptatie maatregelen geëvalueerd op criteria afgeleid van de doelen van ProRail. De prioritering die hieruit komt zullen de basis vormen voor de aanbevelingen. De laatste twee deelvragen die het onderzoek afronden zijn:

Deelvraag 3.1: Welke maatregelen ten behoeve van klimaatadaptatie zijn al genomen of zijn gepland in de projecten van ProRail?

Deelvraag 3.2: Hoe scoren de huidige en geplande maatregelen ten behoeve van klimaatadaptatie van ProRail op de doelen en hoe vertaalt deze prioritering zich naar aanbevelingen?

1.6 Onderzoeksdomein

Het onderzoek zal focussen op vier gevaren voor het spoor netwerk en stationsgebied resulterend van klimaatverandering:

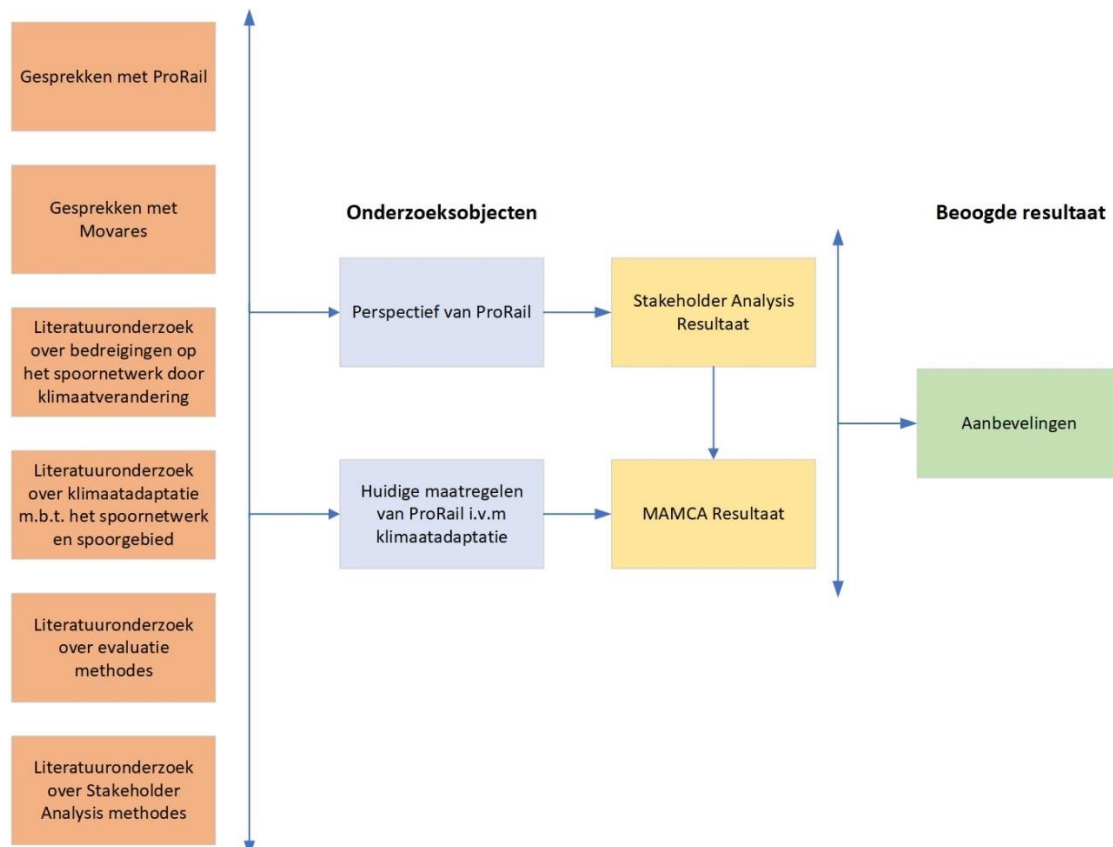
1. Extreme regenbuien
2. Extreme droogtes
3. Extreme hittegolven
4. Stormen

Hier zal gekeken worden naar de directe consequenties van de gevaren op het spoor netwerk en stationsgebied. De verandering in de beleving van de passagiers valt buiten het domein. De klimaatadaptatie doelen zullen gelinkt zijn aan deze gevaren. Bij deze doelen horen mogelijke maatregelen. Deze maatregelen zullen niet volledig uitgewerkt worden maar zullen wel verkend worden binnen het onderzoek. De maatregelen bevatten veranderingen in en rondom het spoor en veranderingen in en rondom spoor gebied zoals stations en bruggen.

2. Theoretisch Kader

In figuur 1 is het stroomschema van het onderzoek voor het theoretisch kader te vinden. De blauwe blokjes zijn de onderzoeksobjecten en het groene blokje het beoogde resultaat. De oranje blokjes zijn de beginstappen en de gele blokjes de tussenstappen om dit resultaat te behalen. De eerste stap zal bestaan uit gesprekken voeren met Movares en ProRail en literatuuronderzoek in verschillende gebieden. Dit allemaal zal als input worden gebruikt voor de onderzoeksobjecten. De onderzoeksobjecten zullen resultaat geven (de gele blokjes) in de vorm van Stakeholder Analysis en Multi-Actor Multi-Criteria Analysis (MAMCA). De resultaten van de Stakeholder Analysis zal ook input zijn voor de criteria gebruikt in MAMCA, vandaar het pijltje tussen de twee gele blokjes. Uiteindelijk zullen er aanbevelingen worden gegeven gebaseerd op de resultaten van de onderzoeken. De aanbevelingen zullen de basis vormen om het onderzoeksdoel te behalen.

Het theoretisch kader bestaat uit zes onderdelen: klimaatverandering, technisch opzet spoor netwerk, gevaren voor het spoor netwerk, basisaspecten projecten ProRail, Stakeholder Analysis en MAMCA. De gesprekken zijn deel van de uitvoering van het onderzoek van de bachelor eindopdracht. Het onderdeel over klimaatverandering zal de algemene negatieve effecten van klimaatverandering toelichten. Vervolgens zal er dieper op in worden gegaan op het technisch opzet van het spoor netwerk van Nederland. Deze kennis is nodig om de specifieke gevaren voor het spoor netwerk resulterend van klimaatverandering goed te begrijpen. Deze gevaren vormen de noodzaak voor ProRail om klimaatadaptief te handelen. Vervolgens wordt de algemene opbouw en aanpak van de projecten van ProRail toegelicht. Door bewust te zijn van de gevaren voor het spoor netwerk en de opbouw van projecten zijn de keuzes voor klimaatadaptieve maatregelen die zijn gedaan in recente projecten van ProRail beter te begrijpen. Naast klimaatadaptatie zijn er meerdere doelen lopend binnen een project van ProRail. Dit zal verder geëvalueerd worden aan de hand van de Stakeholder Analysis en MAMCA.



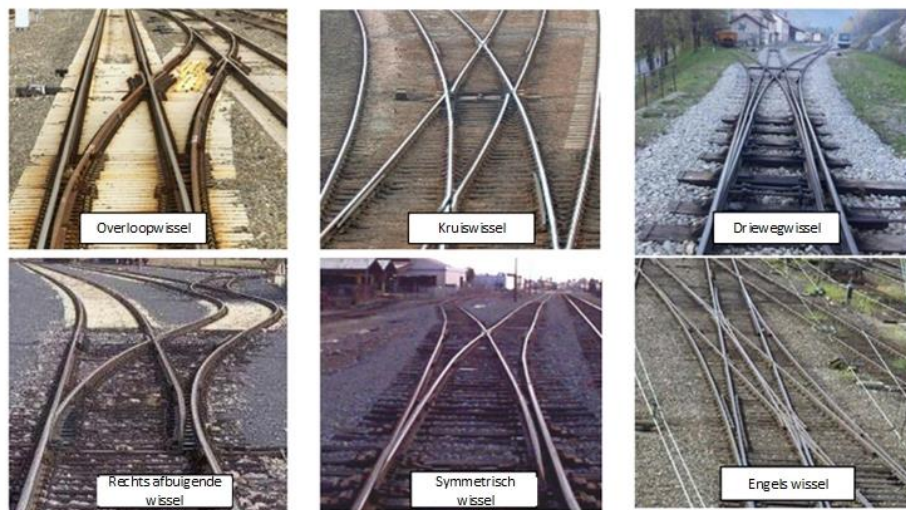
Figuur 1: Stroomschema theoretisch kader

2.1 Klimaatverandering

Het klimaat is enorme veranderingen aan het doormaken wat ook de werking van het infrastructuur zal beïnvloeden. Zo zijn er geleidelijke veranderingen in o.a. stijging in temperatuur, stijging van de zeespiegel en stijging CO₂-concentratie in de atmosfeer. Daarnaast zullen we te maken krijgen met een hogere frequentie van extreme weersomstandigheden zoals extreme regenbuien, droogte, stormen en overstromingen (Nogal et al., 2019). In Nederland zullen de veranderingen ook te merken zijn: door de opwarming van de zee en het smelten van gletsjers zal de zeespiegel blijven stijgen. De zeespiegel is met 0.2 meter gestegen sinds 1880 en de verwachting is dat de zeespiegel nog 0.3 tot 1.2 meter extra zal stijgen tot 2100 (Nogal et al., 2019). Nederland bevindt zich onder zeeniveau waardoor de dreiging van klimaatverandering nog groter wordt. Ook zullen er vaker extreme hittegolven voorkomen: als de aarde met 2 graden warmer wordt, zal 36.9% van de wereldpopulatie blootgesteld worden aan ernstige hittegolven elke 5 jaar (Nogal et al., 2019). Klimaatverandering zal dan ook voor negatieve effecten zorgen op het spoornetwerk in Nederland. Voordat deze bedreigingen worden toegelicht, zal eerst een uitleg worden gegeven over de technische opzet van het spoornetwerk.

2.2 Technische opzet spoornetwerk

In Nederland ligt er ruim 7.000 km spoor (ProRail, sd). In het spoorweg liggen wissels: dit zijn installaties om een trein van het ene spoor naar het andere spoor te leiden. De meest voorkomende type wissels zijn te vinden in figuur 2 (Dindar et al, 2017).



Figuur 2: Type wisselstructuren (Dindar et al, 2017) vertaald vanuit Engels (Spilt, sd) (InfraSite, sd)

In het Nederlandse spoornetwerk liggen er ongeveer 7.000 wissels. Wissels zijn storingsgevoelig en duur: wissels kosten gemiddeld 500.000 euro per stuk. ProRail geeft extra prioriteit aan goed preventief onderhoud van de wissels. Dit doen ze bijvoorbeeld door een meetsysteem te installeren in de wissels waardoor ProRail gelijk actie kan ondernemen zodra er een storing wordt gemeten. Het type wissel dat ProRail gebruikt hangt af van de omstandigheden: als het doel is om een groot aanbod treinen te laten stoppen bij het station, dan wordt er bijvoorbeeld gekozen voor wissels die met hogere snelheid te passeren zijn (ProRail, sd).

Wissels hebben een basis nodig om op gebouwd te worden. Deze basis heet de spoorbedding. De spoorbedding is opgebouwd uit verschillende lagen (Dindar et al, 2017). Deze opbouw varieert per spoor. Een algemene opbouw van de spoorbedding is te vinden in de doorsnede in figuur 3.

Theoretisch Kader



Figuur 3: Doornede spoorbedding

De spoorbedding bevindt zich op de natuurlijke begane grond. De eerste laag is de ondergrond. De samenstelling van de ondergrond is gebaseerd op eigenschappen van type wisselstructuur, denk aan geometrie eigenschappen. De tweede laag is het zandbed. Dit is een zandlaag bestaande uit verschillende soorten zanddeeltjes, zowel grof als middelgroot. Het zandbed vermindert de mechanische spanning resulterend van rijdende treinen en verdeelt deze spanning over de ondergrond. Ook weerhoudt het zandbed de opwaartse beweging van fijne zanddeeltjes uit de ondergrond. Optioneel is deze laag bedekt met geotextiel, dit zorgt er namelijk voor dat het zandbed slijtage en puntbelasting komend van de ballast langer kan weerstaan. Bovenop het zandbed ligt de ballast. In Nederland bestaan de stenen die worden verwerkt tot de ballast grotendeels uit kwarts, een veelvoorkomend mineraal in de aardkorst. De ballast heeft een aantal belangrijke taken: de verdeling van de krachten op het spoor, de waterafvoer en weerstand aan hoge temperaturen van de spoorstaven (ProRail, sd). Op de ballast bevinden zich de dwarsliggers en de spoorstaven waar de treinen op rijden.

Het materiaal dat ProRail gebruikt voor de dwarsliggers is momenteel beton. ProRail is sinds 2019 bezig met het testen van vier nieuwe soorten dwarsliggers die duurzamer zijn dan de huidige betonnen dwarsliggers. De productie van de nieuwe dwarsliggers stoten minder CO₂ uit bij de productie en ze veroorzaken minder geluid en trillingen. Het doel is om de betonnen dwarsliggers op de korte termijn te vervangen door een duurzaam alternatief (ProRail, 2019).

2.3 Gevaren spoornetwerk en stationsgebied

Zoals eerder vermeld zal klimaatverandering leiden tot hogere frequentie van extreme weersomstandigheden. Uit een onderzoek over het treinnetwerk van DART service uit Dublin kan geconcludeerd worden dat deze extreme weersomstandigheden significante en negatieve impact hebben op de reistijden (Brazil, et al., 2017). Voor het onderzoek zullen vier extreme weeromstandigheden verkend worden: extreme regenbuien, extreme hittegolven, extreme droogtes en stormen.

2.3.1 Extreme regenbuien

Extreme regenbuien zijn de grootste oorzaak voor vertraging (Brazil, et al., 2017). De spoorbedding is zeer kwetsbaar voor deze extreme regenbuien. De meest voorkomende negatieve effecten zullen kort behandeld worden (Dindar et al, 2017).

1. Wegspoeling van de spoorbedding

Extreme regenbuien en/of overstromingen kunnen ervoor zorgen dat de spoorbedding deels of in het ergste scenario compleet weggespoeld wordt zoals het geval in figuur 4. Dit resulteert gemiddeld gezien in de hoogste schadekosten van alle gevaren die behandeld worden.



Figuur 4: Wegspoeling van spoorbedding (Dindar et al, 2017)

2. Problematische waterafvoer

Extreme regenbuien kunnen zorgen voor hoge waterstanden bij de ondergrond en het zandbed. Hierdoor kan de ballast vervuild worden met modder waardoor de ballast slechter in staat is om de krachten van de treinen te dragen. Hierdoor is de waterafvoer slechter wat zal leiden tot natte plekken op het spoor zoals in figuur 5.



Figuur 5: Problematische waterafvoer (Dindar et al, 2017)

3. Bezwijking onder schuifkracht

Extreme regenbuien zorgen voor hoog watergehalte in de spoorbedding. Dit kan weer leiden tot minder tot geen druk onder de dwarsliggers. Hierdoor kan de ondergrond omgevormd en verschoven worden als resultaat van de krachten uitgeoefend door treinen. De ondergrond wordt vervolgens naar boven en naar buiten geperst zoals te zien in figuur 6.



Figuur 6: Spoorbedding bezwijking onder schuifkracht (Dindar et al, 2017)

In Nederland zal vooral probleem 2 en 3 voorkomen. Hier sluiten de klimaateffecten beschreven door ProRail in de handreiking bij aan (Boon et al., 2019). 'Wateroverlast' en 'Overstroming' zijn de eerste twee effecten die beschreven wordt in de handreiking. Wateroverlast resulteert van slechte waterafvoer zoals beschreven in punt 2 en kan leiden tot overstroming van infrastructuur, stationsgebied en lagergelegen delen zoals tunnels. Ook valt de toename van de ondergrondse waterdruk in de spoorbedding onder de effecten 'Wateroverlast' en 'Overstroming' van de handreiking wat leidt tot bezwijking van het spoorbed zoals beschreven in punt 3.

Een recent voorbeeld van wateroverlast aan het spoornetwerk is het spoor van Eijsden in de zomer van 2021 (ProRail, 2021). Als resultaat van de hevige regenval en overstromingen in Zuid-Limburg stond het spoor van Eijsden onder water waardoor er geen treinen meer konden rijden tussen Maastricht en Luik. Dit kan voor veel schade zorgen aan het spoor: door het water kunnen elektrische onderdelen defect raken. Zo is het spoor ook nadat het water weer weg is nog steeds onbetrouwbaar.



Figuur 7 en Figuur 8: Wateroverlast spoor van Eijsden (ProRail, 2021)

2.3.2 Extreme hittegolven

Naast het frequenter voorkomen van extreme regenbuien zullen ook hittegolven een groot gevaar vormen voor het spoor (Nogal et al., 2019). Deze gevaren zullen nu behandeld worden.

1. Vervorming en verbuiging van de spoorstaven

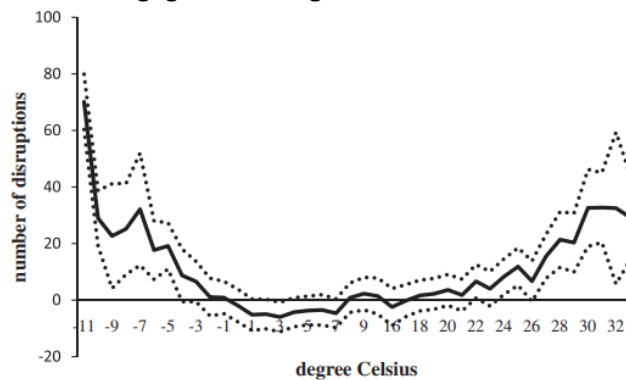
Door een extreme hittegolf kunnen de spoorstaven uitzetten en verbuigen. Bij aanhoudende hitte van boven de 25 graden kan het spoor uitzetten. In lengte hebben de spoorstaven geen ruimte om uit te zetten waardoor de spoorstaven zullen verbuigen (ProRail, sd).



Figuur 9: Verbuiging spoorstaven (Clark, 2018)

2. Oververhitting elektrotechnisch systeem

Het functioneren van het spoornetwerk is afhankelijk van ICT en energie. Dit vormt samen het elektrotechnisch systeem. Het elektrotechnisch systeem bestaat o.a. uit de bovenleidingen en de schakelaars van de wisselaansturingen. Hogere temperaturen kunnen leiden tot ontbranding in de bovenleidingen en ontregeling van de sein- en wisselaansturingen (Boon et al., 2019).. Dit zorgt voor storingen van het spoornetwerk. De relatie tussen temperatuur en het aantal storingen van het Nederlands spoornetwerk is weergegeven in de grafiek hieronder:



Figuur 10: Relatie temperatuur (degree Celcius) en aantal storingen (number of disruptions) (Van Ommeren et al., 2013)

De stippellijnen geven de 95% betrouwbaarheidsinterval aan. Boven de 23 graden neemt het aantal storingen aanzienlijk toe en met een temperatuur boven de 30 graden stijgt het aantal storingen met 30% in vergelijking met de gemiddelde temperatuur (Van Ommeren et al., 2013).

Zowel gevaar 1 als 2 sluiten aan bij het klimaat effect nummer 3 'Hittestress' van de handreiking klimaatadaptatie van ProRail (Boon et al., 2019).

2.3.3 Extreme droogtes

Extreme droogtes betekent dat er voor een langere periode geen neerslag valt. In combinatie met hitte zal dit het spoornetwerk negatief beïnvloeden:

1. Bermbranden

Het risico op bermbranden naast het spoor wordt verhoogd door langdurige droogte. Deze bermbranden zorgen voor hinder op het spoor (ProRail, sd). In figuur 11 zijn de bermbranden te zien van juli 2019 in Hattem. Het treinverkeer tussen 't Harde en Kampen kon hierdoor niet rijden (Verkerk, 2019).



Figuur 11: Bermbranden naast het spoor in Hattem (ProRail, sd)

2. Spoorverzakking

Door extreme droogte zullen de grondwaterstanden dalen. Dit kan leiden tot instabiliteit en daardoor verzakking van de spoorbedding. Wanneer spoorverzakking voorkomt, moet de spoorbedding worden verstevigd en dit kan noodzaak voor complete vernieuwing van het spoor als consequentie hebben. Dit kost tijd en geld. Een recent voorbeeld van de consequenties van spoorverzakking is het spoor tussen Leeuwarden en Buitenpost. In juli 2020 reden hier geen treinen meer voor 9 dagen i.v.m. spoorvernieuwing in opdracht van ProRail over een lengte van vijftien kilometer (Gompel, 2020).

Gevaar 1 en 2 horen respectievelijk bij klimaateffect 5 'Natuur- en bermbranden' en klimaateffect 6 'Verzakking' van de handreiking klimaatadaptatie (Boon et al., 2019).

2.3.4 Stormen

Het frequenter voorkomen van zware stormen zullen leiden tot een verhoging van de stormschade van de infrastructuur (Nogal et al., 2019). Twee vormen van stormschade worden hier toegelicht.

1. Omwaaiende en vliegende objecten

De harde windstoten van de storm kunnen er objecten omwaaien of rondvliegen die vervolgens op het spoor of de bovenleidingen belanden. Hierdoor kan het spoor beschadigd raken en moet het object eerst worden verwijderd voordat de treinen er kunnen rijden. Storm Eunice zorgde voor flinke stormschade op het spoornetwerk in heel Nederland: omgewaaide bomen, takken op het spoor en beschadigingen aan de bovenleidingen (ProRail, 2022).



Figuur 12: Kapotte bovenleidingsportaal bij Apeldoorn na storm Eunice (ProRail, 2022)

2. Blikseminslag

Tijdens de storm is er kans op onweer. Onweer draagt het risico van blikseminslag op de bekabeling en elektrische apparatuur van het spoornetwerk met zich mee. Elke graad Celcius verwarming van de aarde zorgt voor 10% tot 15% toename van de blikseminslagen tijdens een onweersbui (Boon et al., 2019). In augustus 2020 is het spoor tussen stations Groningen en Groningen Europark geraakt door bliksem. Hierdoor is het spoorstelsel beschadigd en konden de treinen niet meer rijden tussen Groningen en Assen (ProRail, 2020).

Zowel het eerste en tweede gevaar vallen binnen klimaat-effect 4 'Bliksem- en stormschade' van de handreiking klimaatadaptatie (Boon et al., 2019).

2.4 Basisaspecten projecten ProRail

In deze paragraaf worden een aantal basisaspecten van de projecten van ProRail behandeld, namelijk de project fases, project types, de regelgeving, financiering en toepassing van klimaatadaptatie.

2.4.1 Project fases: voorbereiding, verkenning, planuitwerking en realisatie

Het kernproces van projecten van ProRail bestaat uit vier fases: Voorbereiding, Verkenning, Planuitwerking en Realisatie (ProRail, 2022).



Figuur 13: Kernproces projecten ProRail

In der Phase Vorbereitung wird das Projektplan aufgestellt und die Randbedingungen für den Start des Projekts festgelegt.

Die Vorbereitungsphase wird gefolgt von der Erkennungsphase. Hierin werden die zu erfüllenden Aufgaben, Kosten, Risiken und die Planung des Projekts festgelegt. Auch werden verschiedene Lösungen analysiert, die die Frage der Machbarkeit beantworten können. Hieraus wird eine Auswahlentscheidung getroffen.

Die dritte Phase ist die Planungsphase. Hierin wird die Auswahlentscheidung weiterentwickelt bis zu einer Projektentscheidung. Die Planungsphase macht die Realisierung des Projekts rechtlich und finanziell möglich.

Die letzte Phase ist die Realisierungsphase. Hierin wird das vorbereitete Projekt durchgeführt und abgeschlossen. Die benötigten Aufgaben werden durchgeführt und am Ende findet eine Projektevaluierung statt und es wird ein Abschlussbericht erstellt.

2.4.2 Projekttypen: Funktionserhaltung und Neuaufbau

Innerhalb von ProRail werden zwei Arten von Projekten unterschieden: Funktionserhaltung und Neuaufbau. Funktionserhaltung dreht sich um die Instandhaltung bestehender Infrastruktur. Diese Projekte sorgen dafür, dass die Züge zuverlässig fahren können. Kleine Störungen sind Teil des täglichen Betriebs, diese fallen nicht unter Funktionserhaltung. Sobald diese kleinen Störungen mehr Aufmerksamkeit erfordern, wird ein Projekt Funktionserhaltung daraus. Bei Neuaufbau-Projekten wird neue Infrastruktur entworfen und gebaut, wie zum Beispiel neue Streckenabschnitte und Stationen.

2.4.3 Regelgeving: productspecificaties, ontwerpvoorschriften en vrije producten

ProRail heeft productspecificaties voorgeschreven. Deze specificaties leggen de eisen vast van te gebruiken bouwstoffen en spoorwegaspecifieke componenten. De productspecificaties zijn leidend voor de aannemers, advies- en ingenieursbureaus en bedrijven in de railinfra-industrie (ProRail, sd). Daarnaast heeft ProRail ontwerpvoorschriften voorgeschreven: hierin staan de voorschriften voor ontwerp, inkoop, bouw, installatie, instandhouding en sloop van railinfraproducten (ProRail, sd). Tot slot zijn er vrije producten: dit zijn bouwstoffen of componenten die niet exact gedefinieerd hoeven te worden zoals moertjes en boutjes. De productspecificaties, ontwerpvoorschriften en vrije producten vormen samen de regelgeving voor bij projecten.

2.4.4 Project financiering

ProRail ontvangt geld van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (ProRail, 2016). Dit geld is gekoppeld aan projecten in Functie Handhaving en Nieuwbouw. Daarnaast wordt er geld gekoppeld aan ideeën en initiatieven binnen ProRail. ProRail voert ook Nieuwbouwprojecten uit in opdracht van regionale overheden. Dan wordt het project gefinancierd door de overheidsinstelling in kwestie.

2.4.5 Klimaatadaptatie in projecten

Voor het implementeren van klimaatadaptatie in de projecten van ProRail is de Handreiking Klimaatadaptatie ontwikkeld, zoals beschreven in paragraaf 1.2.2. De Handreiking Klimaatadaptatie is niet verplicht om te gebruiken bij projecten. De keuze om de Handreiking Klimaatadaptatie te gebruiken en om de uiteindelijke kansen te pakken ligt bij de projectmanager of moet worden opgedragen door de opdrachtgever. Bij Nieuwbouwprojecten wordt klimaatadaptatie op deze manier al vaker meegenomen. In Functie Handhaving komt klimaatadaptatie minder naar voren. In de regelgeving zijn er nog geen specifieke regels en eisen voor klimaatadaptatie.

2.5 Stakeholder Analysis

ProRail heeft als doel gesteld om klimaatadaptatie te implementeren in de projecten. Duurzaamheid wordt dan ook genoemd als één van de vier ambities van ProRail in het jaarverslag van 2020 (ProRail, 2020). Maar klimaatbewuste doelen zijn niet de enige doelen die ProRail stelt. Naast duurzaamheid benoemt ProRail ook de volgende drie ambities: ontwikkeling van maximale capaciteit, betrouwbaarheid van de capaciteit en lagere kosten per treinkilometer (ProRail, 2020). Naast de term 'duurzaamheid' staan de termen 'efficiënt' en 'kostenbewust' ook centraal. Binnen een project uitgevoerd door ProRail zullen meerdere doelen tegelijkertijd aan bod komen. Welk doel prioriteit zal krijgen, zal beïnvloed worden door de belangen en grootste zorgen van de betrokken partijen die de keuzes maken binnen het project. Deze zorgen en belangen zullen mogelijk verschillen per discipline en afdeling binnen ProRail. Een voorbeeld van verschil in prioriteit van de doelen is designkeuzes m.b.t. de spoorbedding: het zandbed kan worden bedekt met geotextiel waardoor hij de slijtage en belasting resulterend van de ballast langer kan weerstaan. Hierdoor zal de spoorbedding beter opgewassen zijn tegen de klimaateffecten. Maar geotextiel is erg prijzig en hierdoor moet er een afweging worden gemaakt tussen duurzaamheid en de hoge kosten (Dindar et al, 2017).

Om deze verschillende doelen duidelijk in beeld te brengen, kan de Stakeholder Analysis gebruikt worden (Varvasovszky & Brugha, 2000). Een stakeholder is een partij die beïnvloed wordt door de uitkomsten van bepaalde keuzes die worden gemaakt binnen een project of een partij die zelf invloed uitoefent op deze uitkomsten (Dandy, et al., 2009).

Een Stakeholder Analysis is een methode die gebruikt wordt om kennis te genereren over betrokken partijen zoals hun gedrag, intenties, onderlinge relaties en interesses. Ook wordt deze methode gebruikt om de invloed en bereikbare middelen van elke partij in kaart te brengen. Het resultaat van de Stakeholder Analysis kan inzichten geven op het ontstaan of veranderen van een beleidsplan en hoe keuzes worden gemaakt in een project (Varvasovszky & Brugha, 2000). De Stakeholder Analysis bestaat uit de volgende stappen (Varvasovszky & Brugha, 2000):

1. Identificeren en benaderen van stakeholders.
2. Verzamelen van gegevens en data.
3. Organiseren, analyseren en presenteren van de data.
4. Gebruik van de resultaten.

2.6 Multi-Actor Multi-Criteria Analysis & Analytical Hierarchy Process

De resultaten van de Stakeholder Analysis bevatten de verschillende doelen van de betrokken partijen. Hoe groot het relatieve belang per doel in vergelijking met de andere doelen is per stakeholder, is nog onduidelijk. Wanneer de relatieve belangen in kaart zijn gebracht, kan dit inzichten geven in de afgewogen keuzes die worden gemaakt door de stakeholders binnen een project. Hier kan een evaluatie methode voor gebruikt worden.

Om de evaluatie zo breed mogelijk te houden, moet de methode zowel kwalitatieve als kwantitatieve criteria kunnen meenemen. Daarnaast moeten de stakeholders betrokken worden bij het proces. Hierop gebaseerd worden er twee type evaluatie methodes overwogen: Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) en Multi-Actor Multi-Criteria Analysis (MAMCA). Het verschil tussen deze twee methodes is de fase waarin de stakeholders bij het proces worden betrokken. Bij MAMCA worden de stakeholders namelijk in een vroegere fase betrokken dan bij MCDA. Daarnaast definieert MAMCA de criteria als doelen van de stakeholders (Ampe et al., 2008). Aangezien het onderzoeksdoel is om de verhouding in het belang tussen de klimaatadaptatie doelen en andere doelen van ProRail in kaart te brengen, valt de keuze op MAMCA.

De Multi-Actor Multi-Criteria Analysis (MAMCA) is een methode die gebruikt wordt om beslissingen te maken bij transport en infrastructurele projecten. MAMCA bestaat uit de volgende zeven stappen (Ampe et al., 2008):

Stap 1: Definieer alternatieven

In de eerste stap zullen de alternatieven gedefinieerd worden die zullen worden geëvalueerd in de MAMCA. De alternatieven kunnen verschillende vormen aannemen, zoals oplossingen en beleidsmaatregelen.

Stap 2: Stakeholder Analysis

Als tweede zal de Stakeholder Analysis worden toegepast zoals besproken in de vorige paragraaf. De Stakeholder Analysis zal binnen MAMCA gebruikt worden als een hulpmiddel om de verschillende stakeholders te identificeren en te bepalen met wie er gesprekken aan moeten worden gegaan en welke perspectieven mee moeten worden genomen in het evaluatie proces.

Stap 3: Bepaal criteria en wegenen

De criteria zijn de doelen van de stakeholders die bepaald zijn in stap 2. De wegenen per criteria zijn gebaseerd op de hoeveelheid waarde die stakeholders hechten aan de doelen en waar dus hun prioriteiten liggen. Om de wegenen te bepalen, zal in dit onderzoek de Analytical Hierarchy Process (AHP) gebruikt worden (Saaty, 1990). Met AHP kan de stakeholder zelf de geïdentificeerde doelen (criteria) met elkaar vergelijken a.d.h.v. de Scale of Comparison. Dit is één op één vergelijking van het belang van een specifiek doel in vergelijking met een ander specifiek doel (Pairwise Comparison).

De Scale of Comparison is te vinden in tabel 1. De relatieve scores die gegeven worden a.d.h.v. de Scale of Comparison worden vervolgens in een Matrix gezet. Een voorbeeld van hoe deze matrix er ingevuld uit kan zien is te vinden in tabel 2. Vervolgens zal de Matrix worden genormaliseerd en worden zo de wegingen bepaald.

Om te zorgen dat het proces van Pairwise Comparison consistent zal blijven, wordt de Consistency Ratio (CR) berekend. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de Random Index (RI) en de Consistency Index (CI). Welke waarde de RI aanneemt, hangt af van de hoeveelheid criteria die meegenomen worden. Als de CR kleiner of gelijk is aan de RI, dan is de schatting van de wegingen goed gekeurd (Saaty, 1990).

Tabel 1: Scale of Comparison vertaald vanuit (Ampe et al., 2008)

Intensiteit van belang op absolute schaal	Definitie	Toelichting
1	Even belangrijk	Twee doelen zijn allebei even belangrijk
3	Middelmatig belang van een boven de ander	Het ene doel wordt begunstigd boven het andere doel
5	Essentieel of groot belang	Het ene doel wordt sterk begunstigd boven het andere doel
7	Heel groot belang	Het ene doel is sterk begunstigd boven het ander en de dominantie is te zien in de praktijk
9	Extreem belang	Er is maximaal bewijsmateriaal dat het ene doel altijd de voorkeur krijgt boven het andere doel
2, 4, 6, 8	Tussenwaarden van twee aangrenzende beoordelingen	Te gebruiken wanneer een compromis nodig is

Tabel 2: AHP Matrix

	Minimale wateroverlast	Minimale kosten	Maximale capaciteit	Minimaal aantal storingen	Maximale efficiëntie
Minimale wateroverlast	1	3	0,333333333	0,5	1
Minimale kosten	0,333333333	1	0,2	0,25	0,333333333
Maximale capaciteit	3	5	1	2	3
Minimaal aantal storingen	2	4	0,5	1	2
Maximale efficiëntie	1	3	0,333333333	0,5	1
Som	7,333333333	16	2,366666667	4,25	7,333333333

Stap 4: Gebruik criteria, indicatoren en meetmethodes

In deze stap worden de indicatoren bepaald. Een indicator wordt gebruikt om te meten in hoeverre een alternatief uit stap 1 bijdraagt aan een criterium. De bijbehorende scores per criterium van een alternatief kan worden bepaald a.d.h.v. een schaal.

Stap 5: Algehele analyse en beoordeling

De verschillende alternatieven samen met de bijbehorende scores per criteria worden samengevoegd in de Decision Matrix. De eindscores per alternatief zullen berekend worden door de Decision Matrix te vermenigvuldigen met de berekende wegingen.

Stap 6: Resultaten

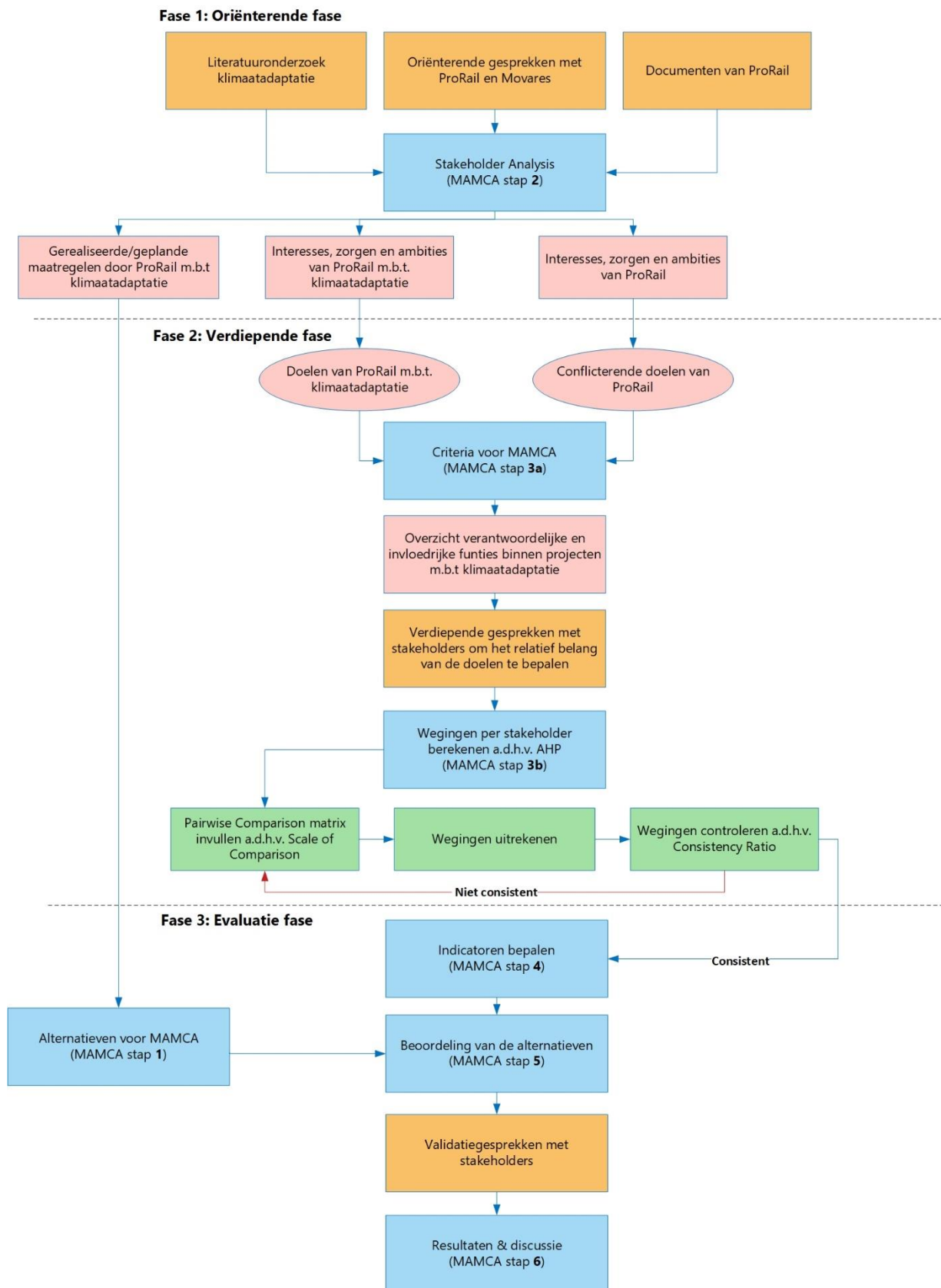
De resultaten geven inzichten over belangrijke stakeholders en belangrijke criteria. Daarnaast kan er een sensitivity analysis worden toegepast: verander de wegingen en kijk in hoeverre de resultaten veranderen.

Stap 7: Implementatie

De laatste stap is de implementatie van het gekozen alternatief in de praktijk. De inzichten van de perspectieven per stakeholder gegenereerd uit de vorige stappen, zal helpen in het opzetten van het implementatie proces.

3. Onderzoeksplan

Om de deelvragen te beantwoorden en daarmee het onderzoeksdoel te behalen, heb ik een onderzoeksplan opgesteld. Het onderzoeksplan is samengevat in figuur 14.



Figuur 14: Stroomschema onderzoeksplan

Het onderzoeksplan is opgedeeld in drie fases: de oriënterende fase, verdiepende fase en de evaluatie fase. Elke fase beantwoordt een aantal deelvragen. De stappen van MAMCA komen terug in deze fases en zijn aangegeven met blauwe blokken (Ampe et al., 2008). Stap 8 van MAMCA zal niet behandeld worden aangezien de implementatie van alternatieven buiten het onderzoek vallen.

3.1 Oriënterende fase

De eerste fase is bedoeld voor oriëntatie op het thema klimaatadaptatie in relatie tot ProRail en Movares. Er zal eerst informatie worden verzameld over verschillende onderwerpen. Dit is aangegeven met oranje blokken. De informatie verkregen uit het literatuuronderzoek en de documenten van ProRail is al afgerond en verwerkt in dit verslag. De oranje blokken zijn de input voor de Stakeholder Analysis (Varvasovszky & Brugha, 2000). De roze blokken representeren de resultaten van de Stakeholder Analysis.

3.1.1 Input

De oranje blokken staan voor de input van het onderzoek. Literatuuronderzoek heb ik gedaan a.d.h.v. de licenties van de Universiteit waarmee ik toegang heb tot wetenschappelijke artikelen. Deze heb ik gebruikt om de effecten van klimaatverandering in beeld te brengen. Het doel van het literatuuronderzoek is om mezelf te oriënteren binnen klimaatadaptatie in de infrastructuur. Het resultaat van het literatuuronderzoek is te vinden in het theoretisch kader in hoofdstuk 2.

Ook heb ik documenten en bronnen van ProRail doorgenomen waarin informatie wordt gegeven over verschillende projectaspecten en ook mogelijke klimaatadaptatieve maatregelen worden voorgelegd die ProRail al heeft geïmplementeerd of die ProRail zou willen implementeren. Dit laatste zal terugkomen in hoofdstuk 4.

Daarnaast zal ik oriënterende gesprekken houden met werknemers van ProRail en Movares uit afdelingen/disciplines gerelateerd aan het onderzoeksdoel. Er zullen zowel interne als externe gesprekken gevoerd worden. De interne gesprekken zullen vooral gebruikt worden om de vraagstelling vanuit ProRail en de rol van Movares binnen deze vraagstelling beter te begrijpen en om contacten te verkrijgen van relevante personen binnen ProRail. De externe gesprekken zullen dieper ingaan op de rol van klimaatadaptatie binnen de projecten en organisatie van ProRail.

Wie er precies zullen worden geïnterviewd, zal worden bepaald a.d.h.v. 'snow-ball sampling' (Dandy, et al., 2009): de eerste gesprekken die gevoerd worden met Movares en ProRail kunnen leiden tot de indicatie van nieuwe stakeholders.

3.1.2 Stakeholder Analysis

De uitkomsten van de gesprekken die worden gevoerd met ProRail en Movares worden gebruikt voor de Stakeholder Analysis (**stap 2 MAMCA**). De stappen van de Stakeholder Analysis worden nu toegelicht (Varvasovszky & Brugha, 2000):

1. Identificeren en benaderen van stakeholders

Zoals benoemd in de vorige paragraaf, zullen er stakeholders geïdentificeerd worden door middel van 'snow-ball sampling' (Dandy, et al., 2009). Hierbij zal er gezocht worden naar stakeholders die betrokken zijn bij de projecten van ProRail. Werknemers vanuit verschillende disciplines/afdelingen zullen worden overwogen. Deze stap zal **deelvraag 1.1** beantwoorden.

2. Verzamelen van gegevens en data

Van de verschillende stakeholders zullen de interesses, zorgen en ambities in beeld worden gebracht. Daarnaast zullen er gerealiseerde en geplande maatregelen van ProRail op gebied van klimaatadaptatie in beeld worden gebracht. Dit aspect zal in een latere fase weer naar voren komen. Zoals eerder benoemd zullen de uitkomsten van de oriënterende gesprekken met de stakeholders en informatie uit documenten van ProRail worden gebruikt.

3. Organiseren, analyseren en presenteren van de data

De roze blokken in figuur 14 representeren de resultaten van de Stakeholder Analysis. De gevonden interesses, zorgen en ambities zullen worden gepresenteerd in een tabel. Hiermee zal **deelvraag 1.2** beantwoord worden. De overige informatie zal in een later deel van het onderzoeksverslag worden gerepresenteerd.

4. Gebruik van de resultaten

De gerealiseerde en geplande klimaatadaptieve maatregelen vormen de alternatieven van MAMCA (**stap 1 MAMCA**). Deze zullen in een latere stap van MAMCA terugkomen.

3.2 Verdiepende fase

De tweede fase zal dieper ingaan op de rol van klimaatadaptatie in projecten van ProRail waaronder de belangrijke betrokken functies en de doelen die er spelen binnen ProRail. De informatie uit de Stakeholder Analysis zal worden omgezet in doelen en een overzicht van betrokken functies en onderlinge connecties van projecten die vervolgens gebruikt worden als input voor de verdiepende gesprekken met de stakeholders. De verdiepende gesprekken zijn aangeduid met het oranje blok. De resultaten van deze gesprekken zullen gebruikt worden om de relatieve wegingen van de doelen per stakeholder te bepalen. De stappen van de Analytical Hierarchy Process die hiervoor genomen moeten worden zijn de groene blokken (Saaty, 1990).

3.2.1 Doelen

In de oriënterende fase zijn de interesses, zorgen en ambities van verschillende stakeholders in beeld gebracht. Deze informatie zal worden omgezet tot doelen van ProRail: doelen die klimaatadaptatie stimuleren maar ook doelen die klimaatadaptatie juist mogelijk beperken. Deze worden respectievelijk klimaatadaptatie doelen en conflicterende doelen genoemd. Met het identificeren van deze doelen wordt **deelvraag 2.1** beantwoordt. De doelen van ProRail vormen de criteria voor MAMCA (**stap 3a MAMCA**).

3.2.2 Overzicht verantwoordelijke en invloedrijke functies

De informatie verkregen uit de oriënterende gesprekken en de opgestelde doelen zal omgezet worden tot een overzicht van de verantwoordelijke en invloedrijke functies betrokken bij projecten en organisatie ProRail in relatie tot klimaatadaptatie. Hiermee zal er een duidelijk beeld gecreëerd worden van de doorvertaling van klimaatadaptatie doelen naar de projecten en de organisatie. Hiermee wordt **deelvraag 2.2** beantwoord. Dit overzicht vormt de basis voor het selecteren van de stakeholders voor de AHP.

3.2.3 Verdiepende gesprekken

Van de geïdentificeerde stakeholders uit fase 1 zal er een selectie worden gemaakt waarmee een verdiepend gesprek wordt aangegaan. Deze selectie hangt af van informatieve factoren zoals de doelen en het overzicht van functies en connecties binnen projecten maar ook limiterende factoren zoals tijd en beschikbaarheid. Tijdens de verdiepende gesprekken wordt er uitgezocht hoe het belang van de doelen zich verhouden tegenover elkaar per stakeholder. Bij de geselecteerde stakeholders worden alle doelen voorgelegd en moet de stakeholder het belang van de doelen vergelijken met elkaar. Voor deze beoordeling zal Pairwise Comparison gehanteerd worden en zullen de Scale of Comparison (tabel 1) en de AHP matrix (tabel 2) worden gebruikt om de resultaten te verwerken.

3.2.4 Analytical Hierarchy Process

De AHP matrices ingevuld door de stakeholders zullen worden gebruikt om de wegen te bepalen van de doelen (**stap 3b MAMCA**). Hierbij worden van elke stakeholder individueel de wegen bepaald. Zoals uitgelegd in paragraaf 2.6, zullen de berekende wegen worden gecontroleerd op consistentie a.d.h.v. de Consistency Ratio. Mocht de Consistency Ratio niet goed zijn, dan zal de matrix zorgvuldig worden aangepast totdat de CR wordt goedgekeurd. Fase 2 zal dus eindigen met de wegen van de doelen per stakeholder. Hiermee is **deelvraag 2.3** beantwoord.

3.3 Evaluatie fase

De laatste fase is de evaluatie fase. In deze fase zullen gerealiseerde en geplande klimaatadaptieve maatregelen gevonden in de oriënterende fase geëvalueerd worden aan de hand van criteria.

3.3.1 Alternatieven

Voor de alternatieven worden de huidige klimaatadaptieve maatregelen van ProRail en maatregelen die zijn voorgesteld binnen lopende projecten gebruikt als potentiële alternatieven. (**stap 1 MAMCA**). Het identificeren van deze maatregelen beantwoordt **deelvraag 3.1**. Zoals aangegeven in het onderzoeksdomein in paragraaf 1.6 zullen mogelijke maatregelen m.b.t. klimaatadaptatie alleen worden verkend en niet diepgaand onderzocht. Er zullen daarom alleen alternatieven worden gekozen waarbij er makkelijk kan worden ingeschat hoeveel een bepaalde ingreep bijdraagt aan verschillende doelen.

3.3.2 Indicatoren

Om de indicatoren te bepalen, zullen er schalen worden opgesteld om te beoordelen in hoeverre een bepaalde ingreep bijdraagt aan het doel in kwestie (**stap 4 MAMCA**). Dit kan zowel kwalitatief als kwantitatief beoordeeld worden. Technische en exacte evaluatie van de maatregelen valt buiten het onderzoeksdomein. De indicatoren zullen daarom enkel een inschatting geven.

3.3.3 Beoordeling

De alternatieven uit de eerste fase zullen worden beoordeeld a.d.h.v. de indicatoren bepaald in de vorige stap (**stap 5 MAMCA**). Mocht er een criteria bijzitten die wel technische en exacte evaluatie vergt als eis om een nuttige en betrouwbare toevoeging te zijn, dan zal ik deze uit de MAMCA laten. Aanvullend zullen de alternatieven ook geëvalueerd worden met de wegen berekend in de verdiepende fase. Hiermee zal het eerste deel van **deelvraag 3.2** beantwoord worden.

3.3.4 Validatiegesprekken

De verhouding in belang tussen klimaatadaptatie doelen en andere gestelde doelen van ProRail is zichtbaar gemaakt en is er een klein beeld geschetst van hoe goed de gerealiseerde en geplande klimaatadaptatieve maatregelen van ProRail scoren op verschillende doelen. Deze prioritering zou mogelijk helpen om links te creëren tussen de vraagstelling van ProRail en de kansen voor Movares. Deze kansen kunnen zich vormgeven als een type dienstverlening, advies of ondersteuning. Er zullen validatiegesprekken aan worden gegaan met als doel om samen met de stakeholders de resultaten te valideren en om te zetten in passende aanbevelingen voor Movares. Deze validatiegesprekken zullen gevoerd worden met verschillende stakeholders uit de Stakeholder Analysis. Er zullen twee soorten gesprekken gevoerd worden: individuele gesprekken met de opdrachtnemer en opdrachtgever met stakeholders die expertise hebben in het vak klimaatadaptatie en een groepsgesprek met de verschillende stakeholders, zowel opdrachtnemer als opdrachtgever en zowel klimaatadaptatie experts als andere functies. Met de validatiegesprekken wordt het tweede deel van **deelvraag 3.2** beantwoord.

3.3.5 Resultaten en discussie

In de laatste stap van fase 3 zullen de resultaten gepresenteerd worden in de vorm van dit onderzoeksrapport (**stap 6 MAMCA**). Elk hoofdstuk van de drie fases eindigt met een deelconclusie waarin de bijbehorende deelvragen worden beantwoord. Het onderzoeksrapport zelf eindigt met een eindconclusie waarin de hoofdvraag wordt beantwoord. Hierin wordt gebruik gemaakt van de resultaten van de MAMCA. Het rapport eindigt met aanbevelingen en een discussie.

4. Resultaten Stakeholder Analysis

In de eerste fase, de oriënterende fase, is er een Stakeholder Analysis opgesteld. Voor het onderzoek zijn er meerdere stakeholders geïnterviewd zowel bij Movares als bij ProRail. Deze verschillende stakeholders zijn opgedeeld in twee groepen. In elke groep zitten stakeholders met overlappende interesses. Binnen elke groep wordt er onderscheid gemaakt tussen opdrachtgevers en opdrachtnemers. De opdrachtgever is in dit geval ProRail en de opdrachtnemer Movares. Hiervoor worden de zorgen en ambities behandeld met betrekking tot de implementatie van klimaatadaptatie in de infraprojecten en organisatie van ProRail. Deze interesses, zorgen en ambities zijn afgeleid zijn uit de oriënterende gesprekken met ProRail en Movares.

Een samenvatting van de stakeholder analysis is te vinden in tabel 3. Een overzicht van de verschillende functies toebehorend aan de stakeholder groepen is te vinden in bijlage B1.

De twee groepen stakeholders zijn:

1. Experts Klimaatadaptatie
2. Managers

4.1 Experts Klimaatadaptatie

De personen die vallen binnen deze groep zijn gespecialiseerd in klimaatadaptatie m.b.t infrastructuur of hebben een specialisatie waar het thema klimaatadaptatie een onderdeel vanuit maakt. Alle geïnterviewde stakeholders zijn in dienst bij Movares of ProRail als adviseur of consultant. De overeenkomende interesses worden hieronder beschreven. De zorgen en ambities van deze groep zijn te vinden in tabel 3. Een toelichting op deze zorgen en ambities is te vinden in respectievelijk bijlage B2 en bijlage B3.

1. Klimaatadaptatie

Alle stakeholders binnen deze groep zijn betrokken geweest bij projecten waar klimaatadaptatie een rol in speelt. Dit zijn zowel projecten bij ProRail als projecten bij andere externe partijen. Ze hebben verstand van de effecten van klimaatverandering en hoe deze verminderd kunnen worden. Samen met de ervaring van implementatie van klimaatadaptatieve maatregelen in het werkveld vormt dit de interesse in klimaatadaptatie.

2. Duurzaamheid

Naast klimaatadaptatie hebben de stakeholders binnen deze groep ook interesse en expertises in andere onderwerpen die gerelateerd zijn aan het verminderen van de negatieve effecten van klimaatverandering. Deze onderwerpen kunnen overlappen met klimaatadaptatie zoals duurzame energie en innovatie. De term duurzaamheid wordt gebruikt als de overkoepelende term voor deze maatschappelijke thema's.

Tabel 3: Resultaten Stakeholder Analysis

Experts Klimaatadaptatie	Interesses	Zorgen	Ambities
Opdrachtnemer	<ol style="list-style-type: none"> 1. Klimaatadaptatie 2. Duurzaamheid 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Onvoldoende bewustwording noodzaak klimaatadaptatie voor infrastructuur bij infrabedrijven 2. Onduidelijke doorvertaling hoofddoelen naar operationeel niveau bij ProRail 3. Ineffectieve vertaling data naar informatie en toepassing van klimaatadaptieve maatregelen 4. Aanhaking klimaatadaptatie in te laat stadium van project bij ProRail 5. Focus op het volgen van richtlijnen i.p.v. kansen binnen projecten ProRail 6. Onduidelijkheid over verantwoordelijkheid klimaatadaptatie van betrokken partijen 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Klimaatadaptatie standaard integreren in verkenningsfase van infraprojecten 2. Advies en ondersteuning bieden in uitwerking klimaatadaptieve maatregelen 3. Zoeken naar de maximale waarde en innovatieve oplossingen m.b.t. klimaatadaptatie in infraprojecten 4. Delen van succesprojecten op gebied van klimaatadaptatie binnen bedrijven
Opdrachtgever	<ol style="list-style-type: none"> 1. Klimaatadaptatie 2. Duurzaamheid 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Onvoldoende bewustwording en kennis over klimaatadaptatie binnen organisatie ProRail 2. Ontbreken capaciteit en budget voor klimaatadaptatie binnen organisatie ProRail 3. Gelimiteerde kansen bij lopende projecten ProRail door budget, planning en ontwerpisen 4. Ontbreken duidelijk overzicht van klimaatadaptieve maatregelen bij projecten ProRail 5. Onvolledige identificatie en aanpak van knelpunten in spoornetwerk 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Handreiking Klimaatadaptatie standaard gebruiken bij projecten ProRail 2. Uitbreiding Team Klimaatadaptatie binnen organisatie ProRail 3. Effectieve samenwerkingen tussen ProRail en externe partijen
Managers	Interesses	Zorgen	Ambities
Opdrachtnemer	<ol style="list-style-type: none"> 1. Project Management 2. Stakeholder Management 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Onbekendheid risico's klimaatverandering bij projectmanagers van infraprojecten 2. Wisselend belang en motivatie voor klimaatadaptatie bij projectmanagers ProRail 3. Extra kosten bij het laten onderzoeken van klimaatadaptatie binnen projecten 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Risico's en kansen van klimaatadaptatie standaard laten analyseren bij projecten ProRail 2. Delen van succesprojecten en samenwerkingen op gebied van klimaatadaptatie binnen ProRail
Opdrachtgever	<ol style="list-style-type: none"> 1. Project Management 2. Stakeholder Management 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Klimaatadaptatie niet meegenomen binnen eisen en budget van projecten ProRail 2. Sneuvelen klimaatadaptieve initiatieven van advies- en ingenieursbureaus door mislopen contract i.v.m. financiering 3. Onvoldoende financiering van ministerie voor ProRail om klimaatambities te realiseren en ontbreken duidelijke prioriteiten m.b.t. klimaatadaptatie van ministerie 4. Verlaagd tempo informatieverbreiding klimaatadaptatie binnen organisatie ProRail 5. Status quo binnen organisatie ProRail om spoor opnieuw te bouwen i.p.v. klimaatadaptief te werk gaan 6. Sneuvelen klimaatadaptieve initiatieven na verkenningsfase door afweging andere prioriteiten in projecten ProRail 7. Weinig ruimte voor klimaatadaptieve initiatieven in regelgeving ProRail door onbekendheid prestatie en ontbreken prestatie-indicator 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informatieve en projectgerichte adviezen en ondersteuning in klimaatadaptatie vanuit advies- en ingenieursbureaus 2. Meer initiatief en activiteit vanuit organisatie ProRail zelf op gebied van klimaatadaptatie 3. Wijzigen productspecificaties en ontwerpvoorschriften ProRail t.b.v. klimaatadaptatie

4.2 Managers

De stakeholders behorend tot de managers groep zijn projectmanagers, gebiedsmanagers en planontwikkelaars. De stakeholders zijn werknemers van Movares en ProRail. De ideeën en expertises van de experts klimaatadaptatie komen uit bij de managers. De managers zullen een belangrijke stakeholder zijn in het uitvoeren van deze klimaatadaptieve plannen. De overeenkomende interesses zijn hieronder toegelicht. De ambities en zorgen zijn te vinden in tabel 3. De toelichting op de zorgen en ambities is te vinden in respectievelijk bijlage B4 en bijlage B5.

1. Project Management

De stakeholders in deze groep zijn geïnteresseerd en gespecialiseerd in management van infraprojecten. Elke stakeholder is betrokken geweest bij projecten van ProRail. Als manager zijn ze verantwoordelijk voor het verloop van het project rekening houdend met de planning, budget en gestelde eisen. Een deel van de stakeholders hebben een expertise in de project management, zoals energievoorziening.

2. Stakeholder Management

Binnen een project zijn er verschillende partijen betrokken met eigen belangen. Dit moet gemanaged worden. De personen binnen de groep Managers hebben allemaal te maken met stakeholder management. De managers gaan samen met de betrokken partijen een samenwerking aan om samen tot een oplossing te komen voor de vraagstukken.

4.3 Conclusie

Voor de oriënterende fase van het onderzoek zijn twee deelvragen opgesteld. Deze zullen nu beantwoord worden.

Deelvraag 1.1: Wie zijn de stakeholders betrokken bij de projecten van ProRail die kunnen worden geïdentificeerd aan de hand van snow-ball sampling?

De eerste gesprekken zijn gevoerd met stakeholders binnen Movares die expertise hebben in klimaatadaptatie en ProRail hiermee adviseren en ondersteunen binnen projecten. Via deze gesprekken kwam ik in contact met de klimaatadaptatiegroep van ProRail en de planontwikkelaars, project- en gebiedsmanagers van ProRail en Movares direct betrokken bij deze klimaatadaptieve projecten. Dit leidde tot een opdeling van de stakeholders in twee groepen: de experts klimaatadaptatie en de managers. Deze groepen zijn vervolgens weer opgedeeld in opdrachtnemer en opdrachtgever zoals aangegeven in deelvraag 1.2.

Deelvraag 1.2: Wat zijn de interesses, zorgen en ambities van de stakeholders vanuit het opdrachtnemers- en opdrachtgeversperspectief gerelateerd aan de integrale implementatie van klimaatadaptatie bij ProRail?

Een overzicht van de interesses, zorgen en ambities van de stakeholders is gegeven in tabel 3. Alle groepen hebben grotendeels dezelfde zorgen benoemd: er is onvoldoende bewustwording van klimaatverandering en er zijn geen duidelijke richtlijnen voor de realisatie van klimaatadaptieve maatregelen in projecten. Daarnaast spelen de thema's financiering, regelgeving en motivatie een cruciale rol.

Het perspectief van de opdrachtgever bevat grotendeels zorgen resulterend van interne zaken bij ProRail op organisatorisch gebied, zoals onvoldoende bewustwording en kennis over klimaatadaptatie, onvoldoende budget en capaciteit voor het onderwerp en het tempo van informatieverspreiding. Daarnaast is er op dit moment een status quo binnen de organisatie waarin klimaatadaptatie niet een duidelijke plek heeft.

Resultaten Stakeholder Analysis

De opdrachtnemer identificeert vooral zorgen op projectbasis gerelateerd aan de onbekendheid van risico's klimaatverandering, wisselend belang en motivatie voor klimaatadaptatie, focus op de richtlijnen en de extra kosten die komen kijken bij de implementatie van klimaatadaptatie.

De ambities van de vier groepen stakeholders overlappen met elkaar: zowel vanuit de kant van de opdrachtnemer als opdrachtgever is er de ambitie om klimaatadaptatie te implementeren in projecten en om daarvoor samenwerkingen met elkaar aan te gaan. Beide partijen hebben dus hetzelfde doel voor ogen. Hoe dit doel wordt beïnvloed door andere doelen en hoe het zich ontwikkelt in de organisatie en projecten van ProRail, zal verder onderzocht worden in de verdiepende fase van het onderzoek.

5 Resultaten Analytical Hierarchy Process

De tweede fase van het onderzoek is de verdiepende fase. Uit de resultaten van de Stakeholder Analysis en informatie uit de documenten van ProRail zijn algemene doelen van ProRail geïdentificeerd die kunnen conflicteren met doelen gerelateerd aan klimaatadaptatie. Daarnaast is er met de informatie vergreken uit de oriënterende gesprekken (en mogelijk later aangevuld met informatie uit de verdiepende gesprekken) een overzicht gecreëerd van connecties tussen de verantwoordelijke en invloedrijke partijen binnen een project en de rol van klimaatadaptatie hierin. Hierop gebaseerd zijn de stakeholders geselecteerd bij wie de AHP zal worden uitgevoerd.

Om een beter beeld te krijgen van het relatieve belang van deze doelen zijn er drie casussen opgesteld die worden voorgelegd aan de geselecteerde stakeholders tijdens de verdiepende gesprekken. De antwoorden op deze casussen zijn geanalyseerd met gebruik van Pairwise Comparison. Tot slot is het relatieve belang van klimaatadaptatie en de conflicterende doelen berekend met gebruik van de AHP. De wegen die hieruit komen zijn geëvalueerd en dienen ter ondersteuning voor het beantwoorden van de hoofdvraag.

5.1 Doelen ProRail

Drie projectdoelen worden gebruikt bij de Analytical Hierarchy Process. Alle doelen zijn relevant voor de projecten van ProRail die nu worden uitgevoerd of op de planning staan.

Doel 1: Verminderen hinder en vertraging op lang termijn onder extreme weersomstandigheden

Klimaatverandering resulteert tot het frequenter voorkomen van extreme weersomstandigheden. Zoals benoemd in paragraaf 2.1, zal de kans op extreme weersomstandigheden toenemen samen met de opwarming van de aarde. Volgens de interviews uit de Stakeholder Analysis zal na 2050 een kritische periode aanbreken voor het spoorstelsel. Deze extreme weersomstandigheden zullen op de lange termijn negatieve effecten op het spoorstelsel hebben zoals toegelicht in paragraaf 2.3. Door deze negatieve effecten zal het spoorstelsel verhinderd worden en de dienstregeling vertraging oplopen. Het toepassen van klimaatadaptatieve maatregelen bij spoor- en stationsomgeving zullen de negatieve effecten verminderen en zodoende hinder en vertraging verminderen op de lange termijn.

Doel 2: Verminderen hinder en vertraging op kort termijn onder normale weersomstandigheden

ProRail is verantwoordelijk voor het spoorstelsel zodat reizigers en goederen veilig en op tijd met de trein op hun bestemming aan komen. Het is hierbij van belang dat het spoorstelsel betrouwbaar en functionerend is zodat de treinen kunnen rijden volgens de afgesproken dienstregeling. Storingen van het spoorstelsel zullen dit in gevaar brengen. In de periode 2011 tot en met 2022 zijn er ruim 41.500 storingen gemeld. Hiervan is ongeveer 30% veroorzaakt door een defecte trein en 20% door sein- en wisselstoringen. Slechts 2% van het aantal storingen in deze periode werd veroorzaakt door extreme weersomstandigheden (Rijden de Treinen, 2022). Storingen onder normale weersomstandigheden gebeuren dagelijks en zullen op de korte termijn leiden tot hinder en vertraging. Daarnaast kunnen geplande werkzaamheden een oorzaak zijn van aanpassing van de dienstverlening. Ook dit kan leiden tot hinder op een spoortraject en daarmee vertraging voor de treinen. Het is het doel van ProRail om deze hinder en vertraging zo veel mogelijk te verminderen.

Doel 3: Optimaal onderhouden van het spoorstelsel

ProRail onderhoudt het spoorstelsel in Nederland (ProRail, sd). Hierbij speelt optimalisatie een belangrijke rol: het realiseren van de meest efficiënte en effectieve aanpak van onderhoud. Aspecten zoals kwaliteit, kosten en tijd worden hierbij met elkaar vergeleken.

Resultaten Analytical Hierarchy Process

Doel 2 en 3 zijn de conflicterende doelen van doel 1. Door één doel maximaal te behalen, zal je bij een ander doel moeten inleveren. Er is dus sprake van een trade-off. Het realiseren van klimaatadaptieve maatregelen zullen helpen om doel 1 te behalen. De baten van deze maatregelen zullen voornamelijk op de lange termijn zichtbaar zijn. Op de korte termijn zal het daarentegen mogelijk in conflict komen met doel 2 en 3.

Zo zijn er werkzaamheden nodig voor het implementeren van klimaatadaptieve maatregelen waardoor een spoortraject of station niet toegankelijk of bruikbaar is voor een periode. Hierdoor zal de dienstverlening aangepast moeten worden waardoor hinder en vertraging op de korte termijn juist vergroot in plaats van verminderd wordt. Doel 1 en 2 zijn op deze manier in conflict met elkaar.

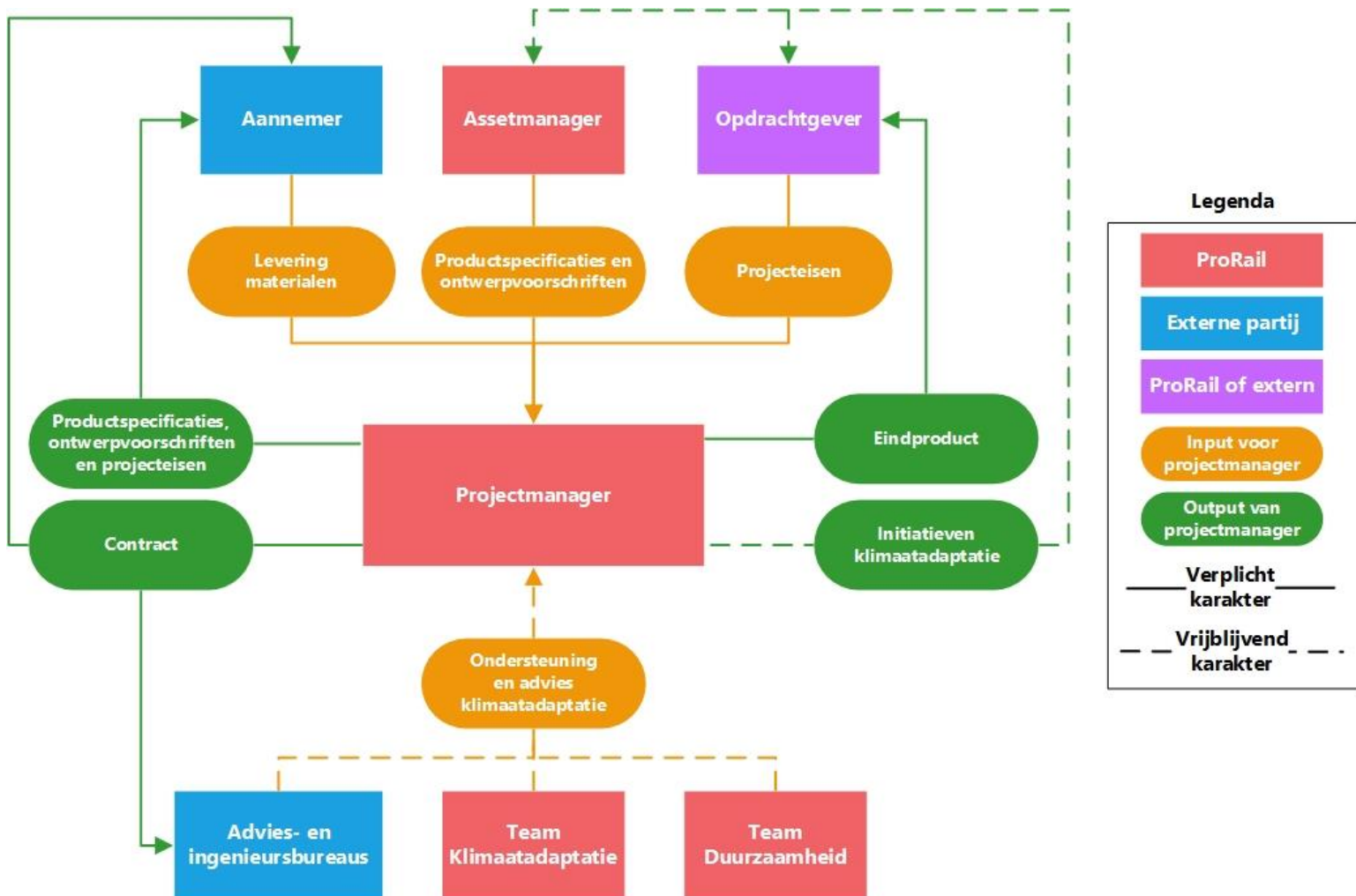
Ook zal de implementatie van klimaatadaptieve maatregelen mogelijk voor extra onderhoud kunnen zorgen aan het spoor of stations. Dit extra onderhoud kan zorgen voor een lagere efficiëntie en hogere kosten in de vorm van meer arbeidsuren. Twee voorbeelden kwamen ter sprake bij de interviews voor de Stakeholder Analysis: bij vergroening rondom het station zullen de planten bewaterd moeten worden en bij het witspuiten van de spoorstaven moet er regelmatig opnieuw geleverd worden. Doel 1 en 3 zullen op deze manier met elkaar in conflicteren.

5.2 Verantwoordelijke en invloedrijke functies projecten ProRail

Met de informatie uit de oriënterende gesprekken (en mogelijke aanvulling van verdiepende gesprekken) is een overzicht gemaakt waarin de verschillende projectfuncties en hun onderlinge connecties zijn weergegeven die mee spelen bij het implementatieproces van klimaatadaptatie in projecten. Het overzicht is te vinden in figuur 15.

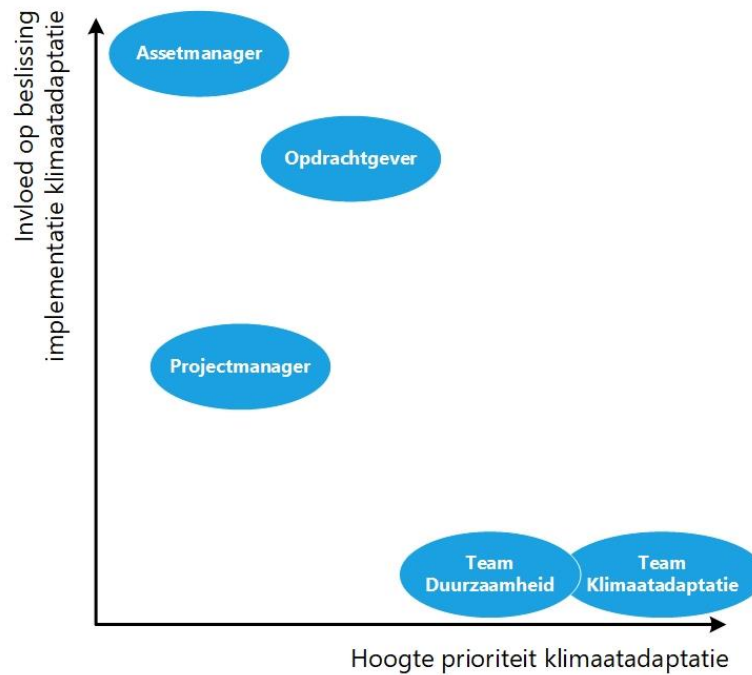
In de legenda is de betekenis van de verschillende kleuren en vormen aangegeven. Een doorgetrokken lijn geeft een input of output weer met een verplicht karakter. Dit houdt in dat deze flow altijd zal voorkomen in een project en verplicht is om te volgen. Een stippellijn geeft een vrijblijvend karakter weer. Dit is het geval bij het geven van ondersteuning en advies over klimaatadaptatie en het voorleggen van initiatieven. Dit zijn niet verplichte onderdelen van het projectproces om uit te voeren of aan te nemen en daarom zullen deze stromingen niet altijd voorkomen. Naast de projectfuncties zichtbaar in figuur 15 zijn er nog twee andere functies die indirect gelinkt zijn aan het proces: de gebiedsmanager en systeemspecialisten. De verschillende functies en connecties worden in detail toegelicht in bijlage C.

Zoals te zien in figuur 15 hebben een aantal projectfuncties zekere invloed op de keuze of klimaatadaptatieve initiatieven worden uitgevoerd of niet. In figuur 16 is deze invloed uitgezet tegenover de prioriteit van klimaatadaptatie waarin de functies binnen ProRail worden meegenomen. De functie 'opdrachtgever' kan zowel ProRail zelf als een externe partij zijn.



Figuur 15: Overzicht functies en connecties bij implementatieproces van klimaatadaptatie bij projecten

Resultaten Analytical Hierarchy Process



Figuur 16: Involed-prioriteit rooster klimaatadaptatie

Van deze vijf stakeholders heeft de assetmanager de meeste invloed op de beslissing. De assetmanager kan er namelijk voor zorgen dat klimaatadaptatie meer standaard wordt meegenomen in de productspecificaties en de ontwerpvoorschriften. Deze zijn leidend voor alle projecten van ProRail. Het beeld dat geschetst werd van de assetmanager uit de oriënterende gesprekken is dat de assetmanager als hoofdprioriteit heeft dat de assets in goede conditie zijn zodat de treinen betrouwbaar kunnen rijden. Dit is de reden dat klimaatadaptatie een lagere prioriteit krijgt toegewezen in figuur 16 vergeleken met de andere stakeholders. In de werkelijkheid heeft klimaatadaptatie hierin wel een hoge prioriteit, aangezien door klimaatverandering de assets in gevaar komen. Als klimaatadaptatie nu niet wordt meegenomen in de assetmanagement, dan zal dit op lange termijn extra geld kosten. Dit beeld van de assetmanager wordt waarschijnlijk niet bij iedereen binnen de organisatie van ProRail op deze manier beleefd.

De opdrachtgever kan naast de ontwerpvoorschriften en productspecificaties extra klimaatgerelateerde eisen stellen aan een project en heeft daarom ook een hoge invloed. De opdrachtgever heeft vaak wel duurzaamheidsambities opgesteld, vandaar dat de prioriteit hoger ligt dan bij de assetmanager. Het hoofddoel van de opdrachtgever blijft dat de opdracht volledig uitgevoerd wordt.

De projectmanager moet de eisen en regelgeving volgen die is opgelegd door de opdrachtgever en assetmanager, maar kan er wel zelf voor kiezen om klimaatadaptatie alsnog te laten onderzoeken binnen een project en klimaatadaptatieve initiatieven voor te leggen als het budget en planning dit toelaat. Qua prioriteit zit de projectmanager tussen de assetmanager en opdrachtgever in: de projectmanager heeft mogelijk wel intrinsieke motivatie om klimaat mee te nemen binnen de projecten, maar het hoofddoel zal blijven om de opdracht volledig uit te voeren.

Tot slot hebben we Team Duurzaamheid en Team Klimaatadaptatie. Beide partijen hebben klimaatadaptatie als hoge prioriteit maar ook een lage invloed. Ze bieden ondersteuning en advies aan op het gebied van klimaatadaptatie maar de keuze in hoeverre dit wordt gebruikt ligt bij de andere projectfuncties van figuur 16.

5.3 Pairwise Comparison

5.3.1 Selectie stakeholders

Uit de Stakeholder Analysis van hoofdstuk 4 en de analyse van de vorige paragraaf volgt dat de projectmanager een centrale rol heeft binnen het proces om klimaatadaptieve maatregelen te realiseren binnen projecten van ProRail. Ondanks dat uit figuur 16 volgt dat de projectmanager niet de hoogste invloed of prioriteit heeft, lopen er wel connecties tussen de projectmanager en de andere partijen die wel een hoge invloed of prioriteit hebben. Daarom zijn de casussen voorgelegd bij drie stakeholders uit de groep ‘Managers-Opdrachtgever’ uit de Stakeholder Analysis.

5.3.2 Casussen

Het relatieve belang van de drie doelen wordt bepaald a.d.h.v. Pairwise Comparison. Er zijn drie casussen opgesteld voor de geselecteerde stakeholders waarbij het relatieve belang van de doelen getest wordt. Doel 1 wordt in de eerste en tweede casus vergeleken met respectievelijk doel 2 en 3. In de derde casus wordt het relatieve belang van doel 2 en 3 getest.

De drie casussen worden voorgelegd aan de geselecteerde stakeholders tijdens de verdiepende gesprekken. De antwoorden uit de interviews zullen worden geanalyseerd aan de hand van de Scale of Comparison (tabel 1). Een deel van de casussen is open voor interpretatie, zoals de exacte duur en impact van de vertraging. Hier zal met de project- en gebiedsmanagers over gediscussieerd worden om meer inzicht te krijgen in de limitatie van implementatie klimaatadaptieve maatregelen binnen projecten. De drie casussen worden hieronder beschreven.

Casus 1: Realiseren waterbuffer

Je bent de projectmanager bij een project van de bouw van een nieuwe onderdoorgang onder het station door. We bevinden ons in de verkenningsfase van het project. De Handreiking Klimaatadaptatie wordt gebruikt bij dit project en zodoende worden de risico's en kansen met betrekking tot het klimaat in beeld gebracht: het grootste risico is overstroming van de onderdoorgang en als oplossing wordt de waterbuffer onder de grond voorgesteld. Deze waterbuffer creëert kansen: naast wateropvang kan het opgevangen water gebruikt worden in tijden van droogte, bijvoorbeeld voor bewatering van het groen. De installatie van de waterbuffer zorgt wel voor hoge constructiekosten en lange constructietijd. Dit zal betekenen dat op de korte termijn het station en spoor niet bruikbaar zijn wat voor vertraging en hinder zal zorgen voor de reizigers. Hoe zal er met deze beslissing om worden gegaan?

Casus 2: Witverven spoorstaven

Je bent projectmanager van een project bij de aanleg van een nieuw stuk spoor. Er wordt overwogen om de spoorstaven wit te verven: dit zal de hittestress verminderen en zo de kans op het uitzetten en verbuigen van de spoorstaven verkleinen. Deze klimaatadaptieve maatregel vergt alleen wel extra onderhoud: de spoorstaven zullen regelmatig opnieuw wit geleverd moeten worden. Hoe zal er met deze beslissing om worden gegaan?

Casus 3: Materiaalkeuze dwarsliggers

We hebben een ander project waarbij er een stuk spoor hernieuwd moet worden. We bevinden ons in de planuitwerking fase. Er moet een keuze gemaakt worden tussen twee materialen voor de dwarsliggers. Materiaal 1 is ruim op voorraad met een betrouwbare leverdatum, maar is kwalitatief niet het beste en vergt veel onderhoud. Extra inspectiemiddelen zullen moeten worden ingezet wat voor meer arbeidsuren en kosten zal zorgen. Materiaal 2 heeft een betere kwaliteit en zal weinig onderhoud nodig hebben, maar de leverbaarheid is onzeker. Hierdoor is de kans aanwezig dat de benodigde materialen niet volledig en op tijd geleverd worden waardoor de einddatum van het project uitgesteld moet worden. Dit zal leiden tot onzekere en langdurige werkzaamheden op het spoor en vertraging voor de treinen. Hoe zal er met deze beslissing om worden gegaan?

5.4 Analyse

De casussen zijn besproken in de verdiepende gesprekken en deze resultaten zijn geanalyseerd. Per gesprek zijn de antwoorden besproken en geëvalueerd waarna de intensiteit van belang is bepaald a.d.h.v. de Scale of Comparison (tabel 1). Vervolgens zijn de berekende relatieve wegingen besproken.

5.4.1 Resultaten casussen

De resultaten van de casussen zijn te vinden in bijlage D. De antwoorden gegeven op casus 1, 2 en 3 zijn te vinden in respectievelijk bijlage D1, D2 en D3. Per interview wordt het gegeven antwoord beschreven en vervolgens wordt hier een toelichting op gegeven waarin de intensiteit van belang wordt bepaald.

5.4.2 Berekende wegingen

Voor de drie interviews zijn de uiteindelijke scores berekend. De AHP matrix en bijbehorende berekening van de Consistency Ratio in Excel is te vinden in bijlage E.

5.4.2.1 Interview 1

De berekende wegingen van het eerste interview zijn te vinden in de tabel hieronder.

Tabel 4: Wegingen doelen interview 1

Doel 1	0,11
Doel 2	0,53
Doel 3	0,36

Uit de berekeningen van de Consistency Ratio komt dat de wegingen consistent zijn. Zowel doel 2 als doel 3 hebben een hogere prioriteit dan doel 1. Doel 2 heeft net iets hogere prioriteit dan doel 3, maar dit verschilt niet merkwaardig veel. Er wordt dus vooral gekeken naar de problemen die zich voortdoen op de korte termijn, zowel voor het ontstaan van hinder en vertraging als het complexer worden van het onderhoud. Dit kan de implementatie van klimaatadaptieve maatregelen belemmeren.

5.4.2.2 Interview 2

De berekende wegingen van interview 2 zijn te vinden in tabel 5.

Tabel 5: Wegingen doelen interview 2

Doel 1	0,33
Doel 2	0,35
Doel 3	0,32

Uit de berekening van de Consistency Ratio komt naar voren dat deze wegingen niet consistent zijn. De reden hiervoor is dat doel 1 belangrijker wordt geacht dan doel 2 maar minder belangrijk dan doel 3 terwijl doel 2 belangrijker wordt geacht dan doel 3. De wegingen zijn daarom voor alle drie de doelen ongeveer hetzelfde, maar deze zijn dus niet consistent.

Er zijn drie verschillende casussen gebruikt voor de doelen. Het relatieve belang van de verschillende doelen is mogelijk afhankelijk van het persoonlijke gevoel van urgentie en noodzaak die speelt binnen de casussen. Zo wordt in casus 1 het risico van extreme regenbuien en de noodzaak voor goede wateropvang zeer hoog ervaren. Het doel om in de toekomst hinder te verminderen heeft daarom prioriteit. In casus 2 wordt het risico voor het uitzetten en verbuigen van de spoorstaven minder hoog ervaren en zullen andere doelen hier zwaarder tegenop wegen. Daarnaast wordt er expliciet benoemd dat deze afweging door de assetmanager gemaakt zal worden en dit buiten het invloedsveld van de projectmanager ligt. Dit kan ook meespelen in hoeverre de noodzaak ervaren wordt. Uit casus 3 wordt duidelijk dat een soortgelijke situatie zich ook in de praktijk heeft voorgedaan en daarbij op dit moment het verminderen van hinder op de korte termijn boven optimaal onderhoud wordt gekozen.

Mocht de noodzaak voor klimaatadaptatie minder ervaren worden bij casus 1, soortgelijk aan de conclusie gegeven in casus 2 (doel 2 sterk begunstigd boven doel 1, intensiteit 5), dan zijn de scores wel consistent en levert dit de volgende scores op:

Tabel 6: Alternatieve wegingen doelen interview 2

Doel 1	0,09
Doel 2	0,68
Doel 3	0,23

In dit geval is het relatieve belang voor het implementeren van klimaatadaptatieve maatregelen lager, soortgelijk aan de wegingen berekend van de interview met de gebiedsmanager.

5.4.2.3 Interview 3

De berekende wegingen van interview 3 zijn te vinden in de volgende tabel:

Tabel 7: Wegingen doelen interview 3

Doel 1	0,60
Doel 2	0,28
Doel 3	0,12

Uit de berekeningen van de Consistency Ratio komt dat de wegingen consistent zijn. Het verminderen van hinder en vertraging op de lange termijn heeft significant het grootste belang. Uit het interview kwam ook naar voren dat de projectmanager het implementeren van duurzaamheidsthema's waaronder klimaatadaptatie als deel van zijn verantwoordelijkheid beschouwd. Als dit niet wordt meegenomen in de huidige projecten, dan komt het spoornetwerk op de lange termijn in kritische toestand terecht. Het verminderen van hinder en vertraging op de korte termijn is ook nog steeds van belang maar heeft duidelijk een lagere prioriteit dan doel 1. Optimalisatie van het onderhoud heeft relatief het laagste belang. Deze relatieve wegingen suggereren dat de noodzaak voor klimaatadaptatie hoog ervaren wordt en daarom regelmatig zal worden meegenomen binnen een project.

5.5 Conclusie

In de verdiepende fase zijn er drie deelvragen onderzocht. Deze worden nu langsgegaan.

Deelvraag 2.1: Wat zijn de klimaatadaptatie doelen en daaraan gerelateerde conflicterende doelen binnen ProRail?

ProRail heeft verschillende doelen die moeten worden nagekomen. Binnen deze doelen bevinden zich klimaatadaptatie doelen en doelen die hiermee mogelijk conflicteren. Doel 1 is een doel gelinkt aan klimaatadaptatie en doel 2 en 3 de mogelijke conflicterende doelen van doel 1.

Doel 1: Verminderen hinder en vertraging op lang termijn onder extreme weersomstandigheden.

Doel 2: Verminderen hinder en vertraging op kort termijn onder normale weersomstandigheden.

Doel 3: Optimaal onderhouden van het spoor netwerk.

Deelvraag 2.2: Welke functies hebben invloed op en zijn verantwoordelijk voor de klimaatadaptieve en conflicterende doelen binnen ProRail?

Voor het beantwoorden van deze deelvraag wordt er onderscheid gemaakt tussen de organisatie van ProRail en de projecten.

Organisatie van ProRail

De implementatie van maatschappelijke thema's waaronder klimaatadaptatie is een nieuwe ambitie en één van de hoofddoelen van het bedrijf ProRail. Binnen de organisatie van ProRail is er een groep gevormd die zich inzet voor klimaatadaptatie. Deze groep bestaat uit ongeveer tien personen uit verschillende takken van de organisatie. Ze zijn op dit moment bezig met het opstellen van een uitvoeringsagenda voor het ministerie waarin een voorstel wordt gedaan hoe ProRail het spoorstelsel in 2050 klimaatrobust kan maken. Daarnaast is de Handreiking Klimaatadaptatie ontwikkeld.

Er is wel een team binnen de organisatie die ondersteuning en kennis biedt op gebied van klimaatadaptatie, maar wie er als eindverantwoordelijke wordt geacht voor het onderwerp zelf wordt wisselend beleefd binnen de organisatie. In principe is de assetmanagement eindverantwoordelijk voor klimaatadaptatie. Dit is een ontwikkeling dat momenteel speelt binnen ProRail en overgebracht probeert te worden maar waar nog budget en mankracht voor ontbeert. De veiligheid en betrouwbaarheid van het spoorstelsel is de eindverantwoordelijkheid van de systeemspecialist. Klimaatadaptatie is hier ook cruciaal: op de lange termijn zal klimaatverandering voor hinder zorgen voor het spoor netwerk. Maar het implementeren van maatschappelijke thema's op de korte termijn is niet deel van de verantwoordelijkheid van de systeemspecialist. Binnen de organisatie zelf is er daarom mogelijk onduidelijkheid over wie er officieel verantwoordelijk en daarmee aansprakelijk is voor de implementatie van klimaatadaptatie in het spoor netwerk.

Projecten van ProRail

Een overzicht van de verschillende functies die een rol spelen in een project is te vinden in figuur 15 en de verhouding tussen invloed en prioriteit per functie in figuur 16. Binnen elk project moeten de projecteisen, ontwerpvoorschriften en productspecificaties worden nageleefd. Klimaatadaptatie komt niet terug in deze regelgeving en heeft daarmee geen verplicht karakter. Klimaatadaptatie kan wel een verplicht karakter worden opgelegd door het mee te nemen in de eisen van het project in kwestie (door de opdrachtgever) of door de ontwerpvoorschriften en productspecificaties van ProRail hierop aan te passen (door de assetmanager). Mocht klimaatadaptatie binnen een project geen verplicht karakter opgelegd krijgen, dan heeft het een vrijblijvend karakter. In dit geval is het aan de projectmanager zelf om te beslissen of klimaatadaptatie zal worden onderzocht of niet.

De projectmanager kan ondersteuning en adviezen krijgen op het gebied van klimaatadaptatie van verschillende partijen: Team Klimaatadaptatie van de organisatie ProRail, advies- en ingenieursbureaus en Team Duurzaamheid (in het geval van overlappende onderwerpen). De klimaatadaptatieve maatregelen die voortkomen uit de Handreiking Klimaatadaptatie en/of adviezen van ondersteunende partijen worden via de projectmanager mogelijk voorgelegd bij de assetmanager en opdrachtgever.

Deelvraag 2.3: Wat zijn de wegen van de doelen per stakeholder binnen ProRail?

De berekende wegen voor drie stakeholders is te vinden in paragraaf 5.4.2. Zoals besproken in de vorige deelvraag staat de projectmanager centraal in projecten van ProRail. De trade-off die speelt binnen een project tussen de drie gestelde doelen is daarom getest bij project- en gebiedsmanagers aan de hand van opgestelde casussen. Een aantal van de antwoorden hadden overlap met elkaar, maar de relatieve wegen per interview verschilden. Zo had het doel om hinder en vertraging op de lange termijn te verminderen (doel 1) een relatief laag belang bij interview 1 (weging 0,11) en een relatief hoog belang bij interview 3 (weging 0,60).

Alle drie doelen zijn belangrijke doelen binnen ProRail. De relatieve wegen van belang van de drie doelen zullen verschillen per projectmanager. Hoe hoog de prioriteit voor doel 1 is hangt af van verschillende factoren. Een van die factoren is hoogstwaarschijnlijk de mate waarin de projectmanager bewust is van en kennis heeft over de klimaateffecten die een rol spelen in de context van het project. Dit kan wisselen per klimaateffect: zo kan wateroverlast een bekend veld zijn maar hittestress minder. Een andere factor is mogelijk de mate waarin de projectmanager het gevoel heeft dat hij invloed heeft op de kwestie. Minder invloed kan gelijk staan aan een lager belang. In dit geval verschuift de projectmanager het belang van doel 1 naar een andere partij die meer invloed op het vraagstuk heeft. Tot slot zou intrinsieke motivatie een belangrijke rol kunnen spelen: meer initiatief en motivatie van de projectmanager zelf voor klimaatadaptatie zal gelijkstaan aan een hoger relatief belang voor doel 1.

6 Resultaten Multi-Actor Multi-Criteria Analysis

De derde en laatste fase van het onderzoek is de evaluatie fase. In deze fase worden klimaatadaptieve maatregelen uit afgeronde en lopende projecten van ProRail geëvalueerd aan de hand van de doelen opgesteld in de verdiepende fase. Allereerst zullen de projecten van ProRail waar klimaatadaptatie een rol in speelt worden toegelicht. Vervolgens zijn de laatste stappen van MAMCA gevolgd: bepalen van de alternatieven en indicatoren en de uiteindelijke beoordeling. Deze beoordeling is gevalideerd in de validatiegesprekken en vervolgens omgezet in aanbevelingen voor Movares.

6.1 Klimaatadaptatie in projecten ProRail

ProRail heeft in de afgelopen jaren succesprojecten afgerond op het gebied van klimaatadaptatie. In deze projecten zijn klimaatadaptieve maatregelen gerealiseerd. Daarnaast zijn er op dit moment een aantal projecten lopend waarin klimaatadaptatie wordt onderzocht en mogelijk gerealiseerd. Deze paragraaf geeft een overzicht van deze projecten en bijbehorende klimaatadaptieve maatregelen. Aan het eind van de paragraaf worden een aantal inspiratiebronnen voor klimaatadaptatie gebruikt door ProRail behandeld. De informatie is verkregen uit de oriënterende gesprekken, verdiepende gesprekken en documenten van ProRail.

6.1.1 Afgeronde projecten

Klimaatadaptatie is een relatief nieuw onderwerp bij ProRail en klimaatadaptieve maatregelen zijn daarom nog niet frequent gerealiseerd in projecten. Er zijn drie succesprojecten die openbaar gedeeld zijn door ProRail. De Handreiking Klimaatadaptatie is niet gebruikt bij deze projecten aangezien deze nog niet bestond toen deze projecten van start gingen.

6.1.1.1 Ondergrondse wateropvang en vergroening - Station Driebergen-Zeist

Dit project betreft de vernieuwing van Station Driebergen-Zeist (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2021). Het doel van dit project was om het station een groen en duurzaam station te maken. Zo werden er duurzame materialen gebruikt en sloopmateriaal herbruikt. Het station is vergroend door bomen. Ook zijn de twee overwegen vervangen door een onderdoorgang. Bij dit laatste spelen de gevaren van klimaatverandering een grote rol: de extreme regenbuien verhogen het risico op wateroverlast zoals het onderlopen van de onderdoorgang. Om dit te voorkomen, worden er ook klimaatbestendige aanpassingen gedaan bij project Driebergen-Zeist. Zo wordt het water afgevoerd naar een wateropvang aangelegd onder het stationsplein. De opvang heeft de capaciteit van een olympisch zwembad. Het water in de wateropvang wordt gebruikt voor de bewatering van het groen en overtollig water stroomt af naar een zaksloot (figuur 17).



Figuur 17: Zaksloot bij Station Driebergen-Zeist (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2021)

6.1.1.2 Ondergrondse wateropvang - Station Deventer

Aan station Deventer is er recent een klimaatadaptieve aanpassing gedaan (ProRail, 2020). Vóór de aanpassing van ProRail werd het regenwater opgevangen door perronkappen en vervolgens afgevoerd in het riool. Door de extreme regenbuien zal het riool overbelast raken en zo wateroverlast veroorzaakt worden. Om wateroverlast te verminderen, worden de afvoerbuizen losgekoppeld van het riool en in plaats daarvan wordt het regenwater opgevangen in een ondergrondse opslag. Deze opslag werkt multifunctioneel: naast wateropslag werkt het als een buffer die met een leiding water kan afvoeren naar het Rijsterborgherpark. In tijden van droogte kan dit park efficiënt gebruik maken van de buffer.

6.1.1.3 Groen dak en aanbrengen schaduw - Station Assen

Het vernieuwingsproject van station Assen is in 2020 afgerond. In dit project is het stationsgebouw hernieuwd. Dit gebouw is verkozen tot het beste gebouw van 2021. Het nieuwe stationsgebouw heeft een groen dak. Dit groene dak is voorzien van sedum: plantjes die regenwater vasthouden en voor natuurlijke koeling zorgen (ProRail, 2021). Daarnaast creëert de overkapping van het dak schaduw dat de hittestress vermindert.



Figuur 18: Hernieuwd stationsgebouw Assen (ProRail, sd)

6.1.2 Lopende projecten

De Handreiking Klimaatadaptatie bestaat ongeveer vier jaar. Deze Handreiking wordt in het begin van een project toegepast. Het zal daarom nog jaren duren voordat voor deze projecten de realisatiefase aanbreekt. De verwachting is wel dat de voorgestelde klimaatadaptieve maatregelen gerealiseerd zullen worden.

6.1.2.1 Vergroening - PHS Amsterdam Centraal

De aanpassingen bij station Amsterdam Centraal zijn onderdeel van de Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS). Dit programma focust op het verhogen van de capaciteit, kwaliteit en robuustheid van de railinfrastructuur (ProRail, 2020). Onderdeel van PHS Amsterdam Centraal is dat Emplacement Dijkgracht deels wordt opgeheven: de wissels worden vervangen door een vrije kruising. Op de stukken grond die vrijkomen door het opheffen van de sporen zal groen worden aangelegd. Aan de zuidkant komt er ruimte vrij voor een parkje (Ekelmans, 2022). Vergroening zal de hittestress verminderen. Klimaatadaptatie en omgeving worden gecombineerd en daarmee worden kansen gecreëerd. In het gebied van het project heb je ook te maken met een hoogteverschil. Dit resulteert mogelijk in problemen bij extreme regenbuien zoals wateroverlast en overstromingen. De discussie hierover wordt momenteel gevoerd. Het ontwerp voor de inrichting van de vrije kruising ligt klaar. De verwachte einddatum van de realisatie van deze ontwerpen is 2028 (Ekelmans, 2022).



Figuur 19: Ontwerp vrije kruising Dijkgracht PHS Amsterdam Centraal (Ekelmans, 2022)

6.1.2.2 Vergroening en groene dak – PHS Alkmaar-Amsterdam

Bij project Hoogfrequent Spoor Alkmaar-Amsterdam liggen klimaatadaptieve voorstellen klaar. Het project is onderdeel van Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS). Het onderzoek van de Handreiking Klimaatadaptatie heeft een hele reeks maatregelen opgeleverd zoals het aanleggen van groene daken en groene structuren bij stations. De toepassing van deze maatregelen wordt nu verder onderzocht. ProRail is momenteel in gesprek met het ministerie over de financiering van de klimaatadaptieve maatregelen. De kosten van de maatregelen komen namelijk bovenop het gestelde projectbudget. Dit is een groot discussiepunt van het project. De bouwwerkzaamheden hebben een startdatum van 2023 en de verwachte einddatum van het project is 2028 (ProRail, sd).

6.1.2.3 Infiltratiebakken, vergroening en waterdoorlatende bestrating - PHS Nijmegen en westentree

Ook deel van Programma Hoogfrequent Spoor is PHS Nijmegen en westentree. In de ontwerpplannen zijn klimaatadaptieve maatregelen toegevoegd: infiltratiebakken zoals wadi's en waterdoorlatende bestrating om wateroverlast te verminderen en vergroening in de stationsomgeving om de hittestress te verminderen (ProRail, 2021). De verwachte einddatum voor PHS Nijmegen en westentree is 2027 (ProRail, 2021).

6.1.2.4 Wateropvang, waterdoorlatende bestrating, wadi's en schaduw – Station Wolfheze

Bij het project van station Wolfheze wordt de overweg aan de Wolfhezerweg vervangen door een onderdoorgang. Dit is een relatief klein project. Bij het project is Handreiking Klimaatadaptatie gebruikt. Hieruit kwam dat de onderdoorgang een groot risico loopt op overstroming. Ook heeft dit gebied te maken met droogte. De klimaatadaptieve maatregel die is voorgesteld is om een wateropvang te realiseren die het water in de tunnel opvangt. Dit water wordt vervolgens afgevoerd naar een zone waarin het gefilterd wordt zodat het gebruikt kan worden in tijden van droogte. De locatie voor deze filterzone is de plek waar een oud stuk spoor wordt opgeheven. Dit is ook onderdeel van het project. Daarnaast zullen de straten van het stationsplein waterdoorlatend gemaakt worden, wadi's worden aangelegd en schaduwplekken gecreëerd worden. De klimaatadaptieve maatregelen zijn goed vorm gegeven en worden positief ontvangen. De realisatiefase van het project zal starten in 2024 en eindigen in 2025 (ProRail, sd).

6.1.2.5 Verhoging elektrisch apparaat – Havenspoorlijn Maasvlakte

Het project van de Havenspoorlijn in de Maasvlakte focust op de assentellers. Zand en wind geeft problemen voor elektronica bij het spoor. Er wordt onderzocht of daar extra onderhoud op moet worden gepleegd en of het meetapparaat moet worden verbeterd. Handreiking Klimaatadaptatie is gebruikt bij dit project en leidt tot een klimaatadaptief voorstel: verhogen van de schakelkasten en andere elektra zodat het risico dat de apparatuur aangetast wordt door wateroverlast, overstroming en neerslag verminderd wordt. Dit voorstel wordt verder onderzocht.

6.1.2.6 Maatregelen hittestress – Maaslijn

De Handreiking Klimaatadaptatie wordt ook gebruikt bij het project bij de Maaslijn: de spoorverbinding tussen Nijmegen en Roermond. Er zijn veel uitdagingen maar de ruimte voor implementatie is niet zo groot. De kans op waterproblemen, overstroming en hittestress is groot. Het resultaat van de Handreiking is dat het opstelspoor niet bij station Venlo moet worden gerealiseerd maar juist een stuk van Venlo vandaan. Het opstelspoor zorgt namelijk voor veel hitte en daarom is het beter om het opstelspoor in een koeler gebied te plaatsen. De Handreiking klimaatadaptatie wordt in dit geval gebruikt als ondersteuning in de zoektocht naar geschikte locaties voor bepaalde functies. De startdatum van het project is 2022 en de einddatum is nog onbekend (ProRail, sd).

6.1.2.7 Maatregelen watersituatie – Station Eindhoven Centraal

Er worden aanpassingen gemaakt bij station Eindhoven Centraal waaronder de aanleg van een nieuwe ondergrondse fietsenstalling. De gemeente wil op diezelfde locatie een oude waterloop die momenteel ondergronds ligt bovengronds halen. De combinatie van de plannen voor de ondergrondse fietsenstalling en de waterloop vormt zich tot een complex stuk engineering. Hier wordt de Handreiking Klimaatadaptatie gebruikt om de watersituatie te analyseren. Dit onderzoek is momenteel lopend. De verwachte einddatum van het project is 2026 (ProRail, sd).

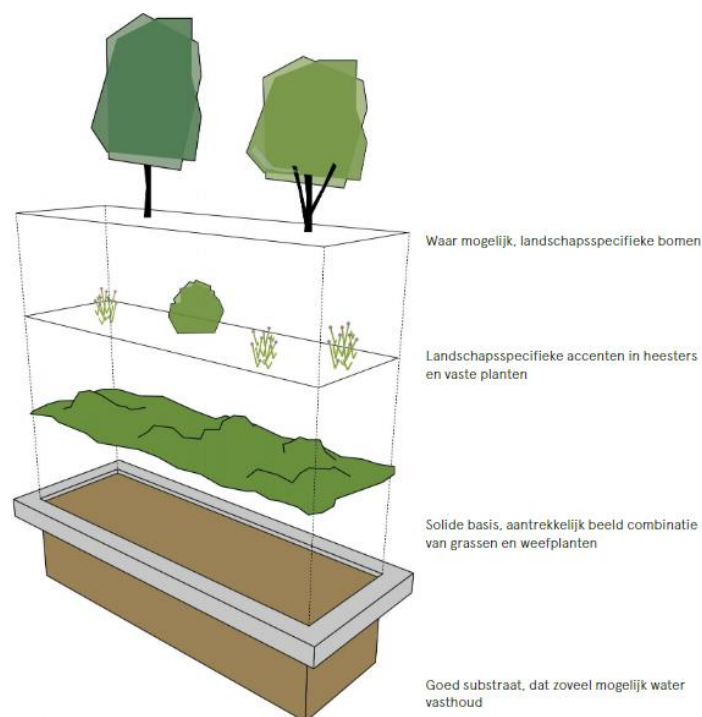
6.1.3 Inspiratiebronnen

Naast de afgeronde en lopende projecten waar ProRail klimaatadaptieve maatregelen toepast, gebruikt ProRail ook bronnen ter inspiratie voor klimaatadaptatie. Deze bronnen worden nu kort toegelicht.

6.1.3.1 Landschapsplan voor het Spoor & Groenblauwe Netwerken

Landschapsplan voor het Spoor is een driedelig handboek waarin ontwerprichtlijnen worden gegeven voor vergroening rondom het spoor en stations.

Deel 1 betreft de beplanting in het reisdomein van stations (NS et al., 2020). Het vergroenen van de omgeving van het spoor en stations draagt bij aan klimaatadaptatie: het groen vermindert de hittestress en wateroverlast. Groen neemt water op en daarbij zorgt het toepassen van groen voor verkoeling van stations door de verdamping van water en creëren van schaduw. Daarnaast heeft vergroening ook nog andere voordelen: vergroening creëert een vriendelijke en gezonde uitstraling en ondersteunt de biodiversiteit (NS et al., 2020). Een voorbeeldontwerp van vergroening dat gehanteerd wordt is te vinden in figuur 20 en een voorbeeld uit de praktijk in figuur 21. Daarnaast geeft het handboek exacte richtlijnen over de verschillende soorten bloemen, planten en bomen die geplant kunnen worden en worden verschillende eigenschappen van grotere stations in Nederland samengevat (vorm, belevingswaarde, sortiment groen, vitaliteit en duurzaamheid).



Figuur 20: Ontwerpvoorbeeld Landschapsplan voor het Spoor I (NS et al., 2020)



Figuur 21: Praktische voorbeelden Landschapsplan voor het Spoor I (NS et al., 2020)

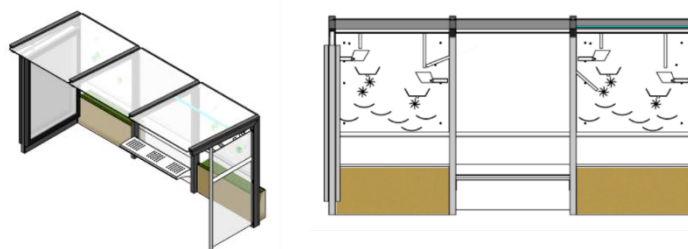
Deel 2 betreft de beplanting in de stationsomgeving (NS et al., 2021) Op het gebied van klimaatadaptatie wordt er voornamelijk gefocust op de waterberging, zoals het toepassen van waterdoorlatende verhardingen en wadi's. In dit handboek worden ook voorbeelden gegeven van passende maatregelen en soorten groen.

Deel 3 betreft de begroeiing in de spoorberm (NS et al., 2021). ProRail bereidt een contractvorm voor waarbij het beheer van het groen losstaat van het spoortechnisch onderhoud. Het handboek geeft inrichtings- en beheerprincipes van groen naast het spoor. Dit zijn voornamelijk stroomschema's. Klimaatadaptatie komt in het derde deel minder naar voren.

De vergroening rondom het spoor en stations is onderdeel van het Groen-Blauw netwerk (Well & Ludwig, 2020). Het Groen-Blauw netwerk is een natuurlijk netwerk dat groene elementen (bomen, planten, grasvelden etc.) linkt met blauwe elementen (waterafvoersysteem, waterbuffer etc.). Deze links zorgen voor multifunctionaliteit en klimaatadaptatie. Het systeem van figuur 22 is een voorbeeld van de link tussen groene en blauwe elementen en hoe dit multifunctionaliteit creëert: de grassen, planten en bomen zorgen voor verkoeling en schaduw waardoor hittestress beperkt wordt en een goed substraat zorgt voor betere waterafvoer bij extreme regenbuien. Daar komen ook nog andere voordelen los van klimaatadaptatie bij kijken zoals eerder benoemd in deze paragraaf. Voorbeelden van maatregelen passend binnen het Groen-Blauw netwerk zijn te vinden op de site genaamd Groenblauwe Netwerken (Atelier GROENBLAUW, sd)

6.1.3.2 Kennisportaal Klimaatadaptatie

In de Handreiking Klimaatadaptatie (Boon et al., 2019) staat aangegeven dat de voorbeelden van Kennisportaal Klimaatadaptatie (Kennisportaal Klimaatadaptatie, sd) worden gebruikt als inspiratie. Zo is er een klimaatbestendige tramhalte ontworpen in Delft waarbij regenwater wordt opgevangen door het dak van de tramhalte. Vervolgens wordt het regenwater afgevoerd naar plantenbakken (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2018). Dit zou een mogelijke kans zijn voor ProRail om te overwegen bij een design van een station.



Figuur 22: Ontwerp klimaatbestendige tramhalte (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2018)

6.2 Alternatieven

6.2.1 Overzicht maatregelen

In de vorige paragraaf zijn klimaatadaptieve maatregelen benoemd uit afgeronde en lopende projecten van ProRail. Binnen Movares is er momenteel een trade-off matrix in ontwikkeling voor het onderwerp klimaatadaptatie. In deze matrix worden verschillende klimaatadaptieve maatregelen getoetst tegen een aantal criteria. Daarnaast zijn er informatieve bronnen beschikbaar op het internet over klimaatadaptieve maatregelen. De aanvullende bronnen gebruikt voor de tabel zijn 'Landschapsplan voor het Spoor', 'Kennisportaal Klimaatadaptatie' en 'Groenblauwe Netwerken' benoemd in paragraaf 6.1.3.

De klimaatadaptieve maatregelen uit de projecten, trade-off matrix en informatieve bronnen zijn samengevoegd in één overzicht. Dit overzicht is te vinden in bijlage F. Het overzicht is een tabel waarin klimaatadaptieve maatregelen zijn gecategoriseerd in de vier gevaren voor het spoor resulterend van klimaatverandering: extreme regenbuien, hittegolven, droogte en stormen. Voor elke maatregel is aangegeven of deze is opgenomen in de trade-off matrix van Movares en/of dat Movares betrokken was bij het project en of de maatregel is toegepast of onderzocht wordt bij ProRail. In het laatste geval wordt de maatregel gekoppeld aan het project in kwestie van paragraaf 6.1. Er wordt hierin onderscheid gemaakt tussen afgeronde en lopende projecten. Voor grotendeel van de maatregelen is een link toegevoegd met extra informatie over de maatregel in kwestie.

6.2.2 Selectie alternatieven

Zoals benoemd in het onderzoeksplan worden de klimaatadaptieve maatregelen van de afgeronde of lopende projecten beschouwd als potentiële alternatieven voor de MAMCA. Deze potentiële maatregelen zijn ook opgenomen in bijlage F. Uit de potentiële maatregelen zijn de maatregelen geselecteerd die voldoende kunnen worden getest tegen de criteria (de doelen opgesteld in paragraaf 5.1) Maatregelen die te breed zijn of waar weinig informatie over beschikbaar is, zullen daarom niet geselecteerd worden. De gekozen alternatieven zijn:

- Verhoging elektrotechnische apparatuur (nummer 1 bijlage F)
- Ondergrondse wateropvang (nummer 3 en 18 bijlage F)
- Wadi's (nummer 4 bijlage F)
- Waterdoorlatende bestrating (nummer 5 bijlage F)
- Vergroening spoor en stationsomgeving (nummer 8 en 15 bijlage F)
- Groen dak sedumbepanting (nummer 10 en 17 bijlage F)

6.3 Indicatoren

De criteria van de MAMCA worden afgeleid uit de doelen opgesteld in paragraaf 5.1. De afgeleide criteria is te vinden in tabel 8. Er zullen kwalitatieve indicatoren gebruikt worden in de vorm van opgestelde schalen. De indicatoren van de criteria zijn te vinden in tabel 9.

De schaal loopt van 1 t/m 3. Een score van 3 is de beste situatie en score 1 is het minst goede scenario. Er is gekozen voor een schaal van drie aangezien de beoordeling niet exact en technisch zal zijn maar enkel uit kwalitatieve indicatoren bestaat. Duidelijke afbakening van deze kwalitatieve indicatoren kan lastig zijn en om de onderlinge verschillen duidelijk te houden is er daarom gekozen voor een schaal van drie.

Tabel 8: Doelen en bijbehorende criteria MAMCA

Nummer	Doel	Criteria
1	Verminderen hinder en vertraging op lang termijn onder extreme weersomstandigheden	Minimale hinder lange termijn
2	Verminderen hinder en vertraging op kort termijn onder normale weersomstandigheden	Minimale hinder korte termijn
3	Optimaal onderhouden van het spoornetwerk	Optimaal onderhoud

Tabel 9: Indicatoren criteria MAMCA

Criteria	Score		
	1	2	3
1. Minimale hinder lange termijn	De maatregel zal op de lange termijn weinig of geen impact hebben op het spoorstelsel en insignificant bijdrage leveren aan het verminderen van de negatieve gevolgen van extreme regenbuien, hitte, droogte en/of stormen.	De maatregel zal op de lange termijn voldoende impact hebben op het spoorstelsel om een deel van de negatieve gevolgen van extreme regenbuien, hitte, droogte en/of stormen te verminderen. De prestatie van de maatregel is lastig te voorspellen.	De maatregel zal op de lange termijn een grote impact hebben op het spoorstelsel en negatieve gevolgen van extreme regenbuien, hitte, droogte en/of stormen significant beperken. De prestatie van de maatregel is zeer betrouwbaar.
2. Minimale hinder korte termijn	De maatregel zal op de korte termijn voor veel hinder zorgen. Er is een lange buitendienststelling nodig voor de constructie en/of het station is deels niet bereikbaar en de exacte duur hiervan is onzeker door factoren zoals levering materialen en complexiteit van de constructie.	De maatregel zal op de korte termijn voor hinder zorgen. Er is een buitendienststelling ingepland voor de constructie en/of het station is deels niet bereikbaar en dit is bekend bij de reizigers. De constructie zelf is vrij simpel en voorspelbaar.	De maatregel zal op de korte termijn voor weinig tot geen hinder zorgen. Er is geen buitendienststelling nodig of grote gebiedsafzetting voor de constructie van de maatregel en levert geen overlast op.
3. Optimaal onderhoud	De maatregel vergt veel extra onderhoud bovenop het normale onderhoud van het spoorstelsel. Er moet minimaal één keer per week onderhoud worden gepleegd.	De maatregel vergt extra onderhoud bovenop het normale onderhoud van het spoorstelsel. Het onderhoud is niet wekelijks maar er zijn wel extra werkuren nodig per maand.	De maatregel vergt weinig tot geen onderhoud. Het extra onderhoud dat bovenop het normale onderhoud van het spoorstelsel komt door de maatregel is niet significant.

6.4 Beoordeling alternatieven

De beoordeling van de alternatieven is opgedeeld in drie verschillende analyses. De eerste analyse is ‘analyse doelen’, hierin zullen de maatregelen beoordeeld worden op de drie benoemde doelen. De tweede en derde analyse zijn een uitbreiding op ‘analyse doelen’. In ‘vervolganalyse investeringskosten’ wordt de impact van kosten en de relatie tussen kosten en de doelen geanalyseerd. In ‘vervolganalyse wegingen’ worden de gewogen scores berekend met behulp van de wegingen uit de Analytical Hierarchy Analysis.

6.4.1 Analyse doelen

De gekozen alternatieven worden beoordeeld op de drie criteria a.d.h.v. de indicatoren. Het resultaat is te vinden in tabel 10. Hierna is er een korte toelichting gegeven per alternatief. De onderbouwing van de scores is gebaseerd op een aantal factoren: informatie uit bronnen over klimaatadaptieve maatregelen, informatie uit de oriënterende en verdiepende gesprekken en de mate waarin ProRail bekend is met de klimaatadaptieve maatregelen in kwestie.

Tabel 10: Beoordeling alternatieven MAMCA analyse doelen

Alternatieven	Criteria	Minimale hinder lange termijn	Minimale hinder korte termijn	Optimaal onderhoud	Totaal score
Verhoging elektrotechnische apparatuur		2	2	3	7
Ondergrondse wateropvang		3	1	2	6
Wadi's		3	2	1	6
Waterdoorlatende bestrating		1	3	2	6
Vergroening spoor en stationsomgeving		3	3	1	7
Groen dak sedumbepanting		2	1	3	6

Verhoging elektrotechnische apparatuur

Het verhogen van elektrotechnisch apparatuur langs het spoor werd in de interviews benoemd als een simpele maatregel. Het verhogen van de kasten vermindert de kans op storingen bij overstromingen en wateroverlast, maar de impact van de maatregel hangt af van de ernst van de situatie. Het elektrisch apparatuur bevindt zich naast het spoor en daarom is een buitendienststelling nodig voor het uitvoeren van de maatregel. De uitvoering zelf is niet complex. Het apparatuur krijgt al veel onderhoud, deze maatregel levert geen extra onderhoud op.

Ondergrondse wateropvang

De wateropvang kan voor meerdere functies ingezet worden: bij extreme regenval kan het water worden opgevangen en met extreme droogte kan dit water gebruikt worden. Door de wateropvang ondergronds te maken, kan een relatief grote opslagvolume gerealiseerd worden afhankelijk van de beschikbare ruimte. De werking van de maatregel is betrouwbaar en al vaker gerealiseerd bij ProRail. De constructie van de ondergrondse wateropvang is relatief complex en vergt engineering expertise en ruimte. Een buitendienststelling is zeker nodig. De maatregel zorgt voor extra onderhoud, voornamelijk van het beheer van het opgevangen water (GroenBlauwe Netwerken, sd).

Wadi's

Wadi's zijn beplante greppels met een doorlatende bodem. Regenwater wordt afgevoerd naar de wadi in plaats van de riolering. Wadi's infiltreren en bufferen regenwater waardoor wateroverlast en verdroging beperkt wordt. Wadi's zijn betrouwbaar, een heftige regenbui infiltreert binnen 24 uur. De aanleg van wadi's vergt meetwerk en expertise over de bodem, maar hiervoor zijn ontwerprichtlijnen opgesteld gebaseerd op vorige wadisystemen. Als de wadi wordt gerealiseerd bij het station, dan zal dit deel tijdelijk niet bereikbaar zijn. Wadi's vergen wel veel extra onderhoud: ze moeten in het groeiseizoen wekelijks gemaaid worden en regelmatig schoongemaakt worden van zwerfvuil (GroenBlauwe Netwerken, sd).

Waterdoorlatende bestrating

Bij regenval kan het regenwater bij waterdoorlatende bestrating in de bodem wegzakken en daarmee het riool ontlasten. Bij kleine buien kan het regenwater bij deze maatregel direct de bodem infiltreren, maar bij extreme regenbuien zal het water alsnog via de riolering of oppervlaktewater afgevoerd moeten worden. Daarnaast zullen waterdoorlatende verhardingen op lang termijn dichtslibben ondanks goed onderhoud (GroenBlauwe Netwerken, sd). De constructie daarentegen is vrij simpel en is niet minder dan het aanleggen van een pad. Dit zal minimale hinder opleveren. Om de levensduur van de waterdoorlatende bestrating zo lang mogelijk te maken, is goed onderhoud essentieel. ZOAB-reiniging is hiervoor effectief. Dit zorgt voor extra onderhoud dan voorheen (Kennisbank GroenBLauw, sd).

Vergroening spoor en stationsomgeving

Zoals beschreven in paragraaf 6.1.3.1 zijn er veel voordelen op de lange termijn bij het vergroenen van spoor- en stationsomgeving. Het handboek 'Landschapsplan voor het Spoor' geeft duidelijke richtlijnen en ontwerpideeën voor vergroening per situatie. De uitvoering van de maatregel is simpel en hier zal vaak geen buitendienststelling voor nodig zijn. Deze maatregel vergt wel wekelijkse onderhoud, namelijk het bewateren van het groen.

Groen dak sedumbepanting

Groene daken hebben een positieve impact op verschillende klimaateffecten. Zo houden de plantjes regenwater vast. Sedumbepanting kan veel water opslaan en kan daarmee ook lange droogteperiodes doorstaan. Echter is het buffereffect nog maar gering bij extreme regenbuien. Maar het groene dak heet ook impact bij extreme hittegolven: het water verdampt en zorgt daarmee voor verkoeling van de omgeving. Door groene daken te implementeren op stationsgebouwen zal hiermee de stationsomgeving verkoeld worden (GroenBlauwe Netwerken, sd). Er zijn duidelijke uitvoeringsrichtlijnen en technische gegevens beschikbaar over groene daken, maar uit de interviews kwam naar voren dat voor het implementeren van groene daken op stationskappen mogelijk een volledige reconstructie nodig is van het dak. Dit zal leiden tot een langere constructietijd en buitendienststelling. Sedumbepanting heeft een langere levensduur dan conventionele bitumineuze of EPDM-daken (GroenBlauwe Netwerken, sd). De groene daken hoeven enkel jaarlijks gecontroleerd te worden op zaailingen van grotere planten. Het extra onderhoud is minimaal.

6.4.2 Vervolganalyse investeringskosten

In de Stakeholder Analysis van hoofdstuk 4 en de antwoorden op de casussen van hoofdstuk 5 werd het onderwerp kosten vaak genoemd als zorg: zo worden de kosten van klimaatadaptieve maatregelen niet altijd meegenomen in het projectbudget en sneuvelen klimaatadaptieve initiatieven doordat de investering te risicovol en te hoog is. Voor de tweede analyse zal daarom ‘minimale investeringskosten’ als een vierde criteria worden toegepast. Met deze resultaten zal geanalyseerd worden of de investeringskosten invloed hebben op de prioritering van de maatregelen in vergelijking tot de uitkomsten van de vorige analyse. De evaluatiematrix van de tweede analyse is te vinden in tabel 11 en de gevonden prioritering in tabel 12. De hoogste score staat gelijk aan een prioritering van 1 en zo door.

De indicatoren van dit criterium is gebaseerd op de informatie op de informatieve site GroenBlauwe Netwerken (Atelier GROENBLAUW, sd). Voor alle maatregelen in de MAMCA zijn op deze site de constructiekosten gedefinieerd (met uitzondering van ‘verhoging elektrotechnische apparatuur’). De hoogte van de kosten is op de site aangegeven met één, twee of drie vierkantjes. Hoe meer vierkantjes, hoe hoger de constructiekosten. Voor de criterium ‘minimale investeringskosten’ van de MAMCA geldt: score 3 is gelijk aan één vierkantje (dus laagste relatieve investeringskosten), score 2 aan twee vierkantjes en score 1 aan drie vierkantjes (hoogste relatieve investeringskosten). De bronnen horende bij de maatregels zijn te vinden in bijlage F. De maatregel ‘verhoging elektrotechnische apparatuur’ werd in de interviews benoemd als een zeer simpele maatregel. Het verhogen van de apparatuur zal naar inschatting niet meer kosten dan het aanleggen van bestrating of groen en krijgt daarom een score van 3 toegewezen.

Tabel 11: Beoordeling alternatieven MAMCA vervolganalyse investeringskosten

Alternatieven	Criteria	Minimale hinder lange termijn	Minimale hinder korte termijn	Optimaal onderhoud	Minimale investeringskosten	Totaal score
Verhoging elektrotechnische apparatuur		2	2	3	3	10
Ondergrondse wateropvang		3	1	2	1	7
Wadi's		3	2	1	2	8
Waterdoorlatende bestrating		1	3	2	3	9
Vergroening spoor en stationsomgeving		3	3	1	3	10
Groen dak sedumbepanting		2	1	3	2	8

Tabel 12: Prioritering scores vervolganalyse investeringskosten

Maatregel	Totaalscore analyse investeringskosten	Prioritering (1 = best)
Verhoging elektrotechnische apparatuur	10	1
Vergroening spoor en stationsomgeving	10	1
Waterdoorlatende bestrating	9	2
Wadi's	8	3
Groen dak (sedum)	8	3
Ondergrondse wateropvang	7	4

6.4.3 Vervolganalyse wegingen

In paragraaf 5.3.2 zijn er casussen voorgelegd bij drie managers waar relatieve wegingen voor de drie doelen uitkwamen. Deze wegingen worden nu toegepast bij de MAMCA scores van tabel 10. Voor deze analyse zullen alleen consistente wegingen mee worden genomen. Bij interview 2 kwam er een inconsistente weging uit. Daarom zal de gewogen beoordeling alleen voor interview 1 en 3 uitgevoerd worden.

De gewogen scores zijn te vinden in tabel 13 en tabel 14 voor interview 1 en interview 3 respectievelijk. Deze gewogen scores leveren een prioritering op van de maatregelen passend bij de persoon in kwestie.

Tabel 13: Gewogen scores MAMCA interview 1

Maatregel	Gewogen score	Prioritering (1 = best)
Waterdoorlatende bestrating	2,42	1
Verhoging elektrotechnische apparatuur	2,36	2
Vergroening spoor en stationsomgeving	2,28	3
Groen dak (sedum)	1,83	4
Wadi's	1,75	5
Ondergrondse wateropvang	1,58	6

Tabel 14: Gewogen scores MAMCA interview 3

Maatregel	Gewogen score	Prioritering (1 = best)
Vergroening spoor en stationsomgeving	2,76	1
Wadi's	2,48	2
Ondergrondse wateropvang	2,32	3
Verhoging elektrotechnische apparatuur	2,12	4
Groen dak (sedum)	1,84	5
Waterdoorlatende bestrating	1,68	6

6.5 Validatie

Voor de validatie zijn er twee soorten gesprekken gevoerd: individuele validatiegesprekken en groepsgesprek. Er zijn individuele gesprekken gevoerd met stakeholders uit de groep Expert Klimaatadaptatie. De bijbehorende functies zijn te vinden in bijlage B1. Bij deze functies staat 'validatie' achter de bijbehorende datum. Bij het groepsgesprek waren ongeveer tien mensen aanwezig zowel van ProRail als Movares. Dit was een combinatie van projectmanagers en adviseurs/consultants met expertise op verschillende onderwerpen. Vooraf aan dit groepsgesprek werden de bevindingen uit dit rapport gepresenteerd. Daarna werd er een discussie gestart met verschillende stellingen rondom duurzame thema's zoals klimaatadaptatie. De resultaten en conclusie van het onderzoek zijn tijdens de validatiegesprekken aan bod gekomen. De bevindingen die hieruit kwam zullen nu kort besproken worden.

6.5.1 Ambitieformulering klimaatrobuust spoornetwerk

Tijdens het groepsgesprek kwam er een discussie over de term klimaatrobuustheid in zijn algemeen. De term klimaatrobuustheid werd als een te brede term gebruikt. Daarnaast miste de presentatie concrete voorbeelden van klimaatadaptatie. De ambitie is om het spoornetwerk van Nederland klimaatrobuust te maken, maar er is niet genoeg geld verkregen vanuit het ministerie om heel Nederland aan te pakken. Hieruit volgt dat het als zeer belangrijk wordt ervaren om prioriteiten te stellen met betrekking tot specifieke locaties en klimaateffecten. Dit punt is ook benoemd als zorg in de Stakeholder Analysis.

6.5.2 Overzicht functies binnen klimaatadaptieve projecten

In figuur 15 zijn een aantal belangrijke functies weergegeven die een rol spelen binnen de implementatie van klimaatadaptatie in projecten van ProRail. Echter mist dit plaatje een tweetal belangrijke stakeholders: de railsystemengineers en het team Omgevingsmanagement. Deze functies hebben ook belangrijke connecties met de rest van de stakeholders en het proces op zich.

6.5.3 Invloed-Prioriteit Rooster

In figuur 16 zijn een vijftal stakeholders weergegeven in een Invloed-Prioriteit rooster. Het verantwoordelijkheidsgevoel en daarmee de prioriteit voor klimaatadaptatie wisselt per projectmanager. Hoe meer verantwoordelijkheidsgevoel de projectmanager heeft, hoe meer hij zal anticiperen op klimaatadaptatie en daarmee ook hoe groter de impact. De projectmanager zal daarom niet een vaste plek moeten krijgen in het rooster, maar zal gerepresenteerd moeten worden als een stijgende lijn van linksonder naar rechtsboven.

6.5.4 Overzicht klimaatadaptieve maatregelen binnen projecten

In bijlage F is een lijst met klimaatadaptieve maatregelen van ProRail te vinden. Hierop kwam het discussiepunt of deze bij ProRail zijn opgenomen in een leerdocument inclusief de functionaliteit en benodigd onderhoud per maatregel. De maatregelen van ProRail opgenomen in bijlage F zijn gehaald uit de interviews en uit een onofficiële lijst bijgehouden door een stakeholder uit de groep Experts Klimaatadaptatie. Het bijhouden van een dergelijk leerdocument zal helpen om kennis op te slaan en toe te passen bij andere projecten.

6.5.5 Selectie doelen MAMCA

De maatregelen zijn in de MAMCA op vier verschillende doelen gescoord. Uit de validatiegesprekken kwam echter naar voren dat het vooral waardevol zou zijn als er gefocust wordt op meekoppelkansen. Dit zal leiden tot doelen gerelateerd aan biodiversiteit, meerwaarde voor de mens en ruimtelijke kwaliteit. Daarnaast bestaat klimaatadaptatie uit meerdere doelen, zoals het verminderen van hittestress, verminderen van wateroverlast en droogte beperking. In de MAMCA zijn deze doelen allemaal samen genomen. Nu komt de maatregel 'verhoging elektrotechnische apparatuur' uit als hoogste score, terwijl deze enkel bijdraagt aan wateroverlast beperking maar niet aan hitte en droogte beperking.

6.5.6 Scoring maatregelen MAMCA

In paragraaf 6.4.1 zijn de maatregelen gescoord op de doelen er is hier een toelichting op gegeven. Over een aantal van deze maatregelen is gediscussieerd tijdens de validatiegesprekken.

6.5.6.1 Wadi's

Wadi's hebben een score van 1 gekregen op 'optimaal onderhoud' met als reden dat ze wekelijks gemaaid moeten worden. Er zijn echter veel types wadi's waaronder hoogstwaarschijnlijk ook varianten die niet wekelijks gemaaid hoeven te worden en daarmee beter zouden scoren op dit doel.

6.5.6.2 Vergroening

De maatregel vergroening is meer een ruimtekwestie dan een constructiekwestie. In hoog stedelijke stationsgebieden zal het een lasterige kwestie zijn om groen aan te leggen dan in landelijke stationsgebieden waar veel ruimte is. De hoeveelheid ruimte zal bepalen hoeveel groen er zal komen en welk type groen hiervoor geschikt is. Dit heeft impact op de scoring van de verschillende doelen.

Daarnaast scoort deze maatregel een 1 op 'optimaal onderhoud'. Het aanleggen van groen zorgt niet per se voor meer onderhoud maar eerder voor een ander soort onderhoud. De tegels worden nu bijvoorbeeld vervangen met groen. Nu hoef je minder tegels schoon te maken dan voorheen.

In de vervolganalyse investeringskosten krijgt de maatregel vergroening een score van 3 op het doel 'minimale investeringskosten'. Maar de investeringskosten kunnen ook een stuk hoger uitpakken. Het planten van een boom kan bijvoorbeeld 3000 euro meer kosten dan normale planten.

6.5.6.3 Groen dak

De maatregel groen dak scoort een 1 op 'minimale hinder korte termijn'. De onderbouwing hiervoor is dat de aanleg van een groen dak mogelijk betekent dat er een reconstructie moet plaatsvinden van de stationskappen. Het gewicht van de groene daken wisselt per type groen dak. Daarnaast zijn de hoeveelheid extra berekeningen afhankelijk van de constructie van het dak in kwestie. Ook wisselt de klimaatadaptieve impact per type dak. Zo zijn er naast sedumbepanting ook intensievere groene daken.

6.5.6.4 Waterdoorlatende bestrating

De maatregel waterdoorlatende bestrating krijgt een score van 1 op 'minimale hinder lange termijn'. Het klimaatadaptieve effect zal wisselen per type bestrating. Er bestaat namelijk ook een type waterdoorlatende bestrating gecombineerd met een krattensysteem, of bestrating gecombineerd met groen.

6.6 Conclusie

In de evaluatie fase van het onderzoek worden de laatste twee deelvragen beantwoord:

Deelvraag 3.1: Welke maatregelen ten behoeve van klimaatadaptatie zijn al genomen of zijn gepland in de projecten van ProRail?

Vooraf in de stationsomgeving zijn er klimaatadaptatieve maatregelen gerealiseerd of gepland, langs het spoor is dit nog wat minder van toepassing. Er zijn een aantal projecten waar klimaatadaptatieve maatregelen succesvol gerealiseerd zijn, namelijk bij Station Driebergen-Zeist, Station Deventer en Station Assen. Hier zijn ondergrondse waterbergingen geconstrueerd, is de stationsomgeving vergroend en is er een groen dak aangelegd. Daarnaast zijn er minstens zeven lopende projecten van ProRail waaronder projecten van PHS waarin klimaatadaptatie onderzocht wordt aan de hand van de Handreiking Klimaatadaptatie. Hiermee worden geschikte klimaatadaptatieve maatregelen geïdentificeerd. Een overzicht van potentiële klimaatadaptatieve maatregelen inclusief de bijbehorende afgeronde of lopende projecten is te vinden in bijlage F.

Deelvraag 3.2: Hoe scoren de huidige en geplande maatregelen ten behoeve van klimaatadaptatie van ProRail op de doelen en hoe vertaalt deze prioritering zich naar aanbevelingen?

De beoordeling van de maatregelen is uitgevoerd in drie varianten: analyse doelen, vervolganalyse investeringskosten en vervolganalyse wegingen. Daarnaast zijn er gesprekken gevoerd over validatie van de resultaten en het formuleren van de aanbevelingen.

Analyse doelen

Klimaatadaptatie speelt op dit moment een rol binnen een aantal lopende projecten, zowel grote projecten binnen Programma Hoogfrequent Spoor als kleinere projecten. De concrete klimaatadaptatieve maatregelen die bij deze projecten voorgelegd zijn, zijn geëvalueerd op criteria afgeleid van de drie doelen. De scores zijn te vinden in tabel 10.

Alle maatregelen scoren 6 of 7 punten, maar hebben wel allemaal een andere puntenverdeling op de criteria. De gewenste situatie is natuurlijk dat de maatregelen elk 9 punten scoren, dan halen ze namelijk het uiterste uit alle drie de doelen. Zoals eerder vermeld is dit zeer onwaarschijnlijk omdat de doelen elkaar mogelijk conflicteren. Elke maatregel scoort op minstens één criteria de volle punten wat gelijk staat aan de beste scenario voor het doel in kwestie. Alle maatregelen (op waterdoorlatende bestrating na) hebben voldoende of grote impact op de klimaateffecten. Ondanks dat deze klimaatadaptatieve maatregel samenkomt met hinder op de korte termijn of extra onderhoud, worden de maatregelen serieus overwogen en (mogelijk) gerealiseerd bij de projecten van ProRail. Er is geen 'perfecte' maatregel met een score van 9, maar dat lijkt in dit geval ook niet nodig te zijn.

Vervolganalyse investeringskosten

In de tweede analyse wordt de impact van de investeringskosten geëvalueerd als aanvulling op de andere doelen. De scores zijn te vinden in tabel 11. Drie maatregelen scoren het beste op het doel 'minimale investeringskosten', namelijk verhoging elektrotechnische apparatuur, waterdoorlatende bestrating en vergroening. Hierin is een relatie te vinden met het doel 'minimale hinder korte termijn'. De maatregelen die hoog scoren op 'minimale hinder korte termijn' scoren ook hoog op 'minimale investeringskosten'. Zo hebben waterdoorlatende bestrating en vergroening allebei een score van 3 op beide genoemde doelen. Daarnaast scoren de ondergrondse wateropvang en het groene dak allebei een 1 op 'minimale hinder korte termijn' en een 1 of 2 op 'minimale investeringskosten'. De reden hiervoor is waarschijnlijk dat de hoogte van de investeringskosten afhangt van de benodigde ruimte, materialen, expertise en werkuren voor de constructie van de maatregel. Hoe complexer de constructie, hoe hoger de investeringskosten en dus ook hoe langer de hinder op de korte termijn.

In tegenstelling tot de vorige analyse zijn er nu wel significante verschillen in de scores van de maatregelen. De prioritering die hieruit komt is te vinden in tabel 12. Er zijn twee maatregelen met de hoogste score van 10, namelijk verhoging elektrotechnische apparatuur en vergroening spoor en stationsomgeving. Na deze gedeelde eerste plek volgt de tweede plek die toebehoort aan de maatregel waterdoorlatende bestrating. Dit zijn de drie eerdergenoemde maatregelen die een score van 3 hebben op het doel 'minimale investeringskosten' en daarmee dus ook hoog scoren op het doel 'minimale hinder korte termijn'. De maatregel ondergrondse wateropvang heeft met een score van 7 punten de laagste score.

Vervolganalyse wegenen

De derde analyse evalueert de maatregelen met behulp van de wegenen verkregen aan de hand van de Analytical Hierarchy Process. Gebaseerd op deze gewogen scores volgt een prioritering. Deze prioritering van beide interviews zijn te vinden in tabel 13 en tabel 14.

Bij interview 1 had 'minimale hinder lange termijn' een relatieve lage wegen van 0,11 en lag het meeste belang bij 'minimale hinder korte termijn' en 'optimaal onderhoud'. Uit tabel 13 volgt dat waterdoorlatende bestrating de maatregel is die het beste aansluit bij de relatieve belangen van de geïnterviewde. Dit is een logische uitkomst, aangezien deze maatregel maximaal scoort op 'minimale hinder korte termijn' en een gemiddeld scoort op 'optimaal onderhoud'. Naast deze maatregel scoren verhoging elektrotechnische apparatuur en vergroening ook relatief hoog met een prioriteit van respectievelijk 2 en 3. De waterdoorlatende bestrating scoort het laagst en belandt op plek 6.

Bij interview 3 had 'minimale hinder lange termijn' een relatieve hoge wegen van 0,60, gevolgd door 'minimale hinder korte termijn' met 0,28 en 'optimaal onderhoud' met 0,12. De relatieve wegenen van interview 3 zijn significant verschillend dan de wegenen van interview 1 en daarmee is de prioritering van de maatregelen ook anders. Zo staat vergroening op plek 1 en volgen wadi's en de ondergrondse wateropvang op respectievelijk plek 2 en 3. Alle drie de maatregelen hebben de maximale score op het doel 'minimale hinder lange termijn'. De prioritering is consistent met het antwoord gegeven van de eerste casus in interview 3 (bijlage D1), hier werd de ondergrondse wateropvang als een belangrijke en effectieve klimaatadaptieve maatregel ontvangen. Waar waterdoorlatende bestrating bij interview 1 de hoogste score krijgt, krijgt deze maatregel hier de laagste score.

Aanbevelingen

Om de resultaten effectief te kunnen vertalen naar aanbevelingen, zijn er validatiegesprekken aangegaan met verschillende stakeholders. De bevindingen zijn samengevat in paragraaf 6.5. Hieruit kwam naar voren dat de terminologie gebruikt voor klimaatrobustheid en de kennis hierover wisselt per persoon. Het zal waardevol zijn om informatie over klimaatadaptatie te verduidelijken, bijvoorbeeld door meer informatiesessies en het ontwikkelen van een kennistool. Een dergelijke kennistool zal kunnen helpen om de knelpunten in het spoornetwerk beter te identificeren en te communiceren. Daarnaast is er in de feedback aangegeven dat het bijhouden van een leerdokument van klimaatadaptatie als waardevol wordt ontvangen. Tot slot is de scoring van de MAMCA bekeken door experts. De geselecteerde maatregelen zijn te breed en daardoor kan er discussie ontstaan over de scoring. Zo kan een maatregel minder goed scoren op een bepaald doel in deze MAMCA terwijl er in realiteit meerdere varianten zijn van deze maatregel waarvan een aantal wel goed scoren op het doel. De focus moet liggen op het behalen van meerwaarde: waar kan je goed op scoren? Ook als er weinig beweegruimte is binnen een project, is er een mogelijke variant van een maatregel die wel past binnen de context en de belangen van het project.

7 Conclusie en aanbevelingen

7.1 Conclusie

Aan het begin van het onderzoek is een hoofdvraag opgesteld. Door het beantwoorden van de deelvragen in de drie fases van het onderzoek kan de hoofdvraag beantwoord worden. De hoofdvraag luidt als volgt:

Wat is de verhouding in het belang tussen klimaatadaptatie doelen en conflicterende doelen binnen ProRail en in hoeverre heeft dit invloed op de realisatie van klimaatadaptatieve maatregelen?

In de oriënterende fase van het onderzoek kwam naar voren dat zowel de experts klimaatadaptatie als de managers dezelfde ambitie voor ogen hebben: klimaatadaptatie implementeren in projecten van ProRail en daarvoor effectieve samenwerkingen aangaan. Klimaatadaptatie zal op de lange termijn voor minder hinder en vertraging zorgen resulterend van extreme weersomstandigheden. Dit vormt een belangrijk doel voor ProRail. In de verdiepende fase werd echter duidelijk dat het maximaliseren van dit klimaatadaptatie doel mogelijk kan betekenen dat er moet worden ingeleverd bij andere conflicterende doelen, zoals het verminderen van hinder en vertraging op de korte termijn en optimaal onderhoud. Met al deze doelen krijgt een projectmanager te maken binnen een project.

De verhouding in belang tussen het klimaatadaptatie doel en de conflicterende doelen is aangegeven met een relatieve weging per doel. Deze wegingen verschillen per stakeholder, wat dus betekent dat het relatief belang van de doelen wisselt per stakeholder in kwestie. Vanuit ProRail zelf is er geen prioriteit gesteld voor het ene doel boven het andere doel. De prioriteit wordt bepaald door de projectmanager zelf. Hoe hoog het belang is voor het klimaatadaptatie doel hangt af van verschillende factoren: de mate van verantwoordelijkheidsgevoel over de implementatie van klimaatadaptatie, intrinsieke motivatie, de bewustwording van de noodzaak van klimaatadaptatie en kennis over klimaatadaptatie. Hier komt weer in terug dat het binnen de organisatie van ProRail wisselend beleefd wordt wie er eindverantwoordelijk is voor de implementatie van klimaatadaptatie. Ook zijn dit punten benoemd als zorgen m.b.t. implementatie van klimaatadaptatie bij ProRail in de Stakeholder Analysis.

In de evaluatie fase werden zes afgeronde of geplande klimaatadaptatieve maatregelen van ProRail geëvalueerd. Hier kwam uit dat de trade-off die zich afspeelt bij de klimaatadaptatieve en conflicterende doelen opgelegd aan de projectmanagers ook terug te zien is in al deze klimaatadaptatieve maatregelen. Als een maatregel hoog scoort op één doel, zal het minder hoog scoren op een ander doel. De waarschijnlijkheid dat een klimaatadaptatieve maatregel wordt gerealiseerd hangt af van het relatieve belang tussen de klimaatadaptatieve en conflicterende doelen. Uit de evaluatie volgen kansrijke maatregelen passend bij een relatief groot en relatief klein belang voor klimaatadaptatie doelen. Het relatieve belang voor de conflicterende doelen is in dit geval ongeveer even groot.

Een overzicht van de kansrijke maatregelen is te vinden in tabel 15. De maximale gewogen score is gelijk aan 3. In het geval van relatief groot belang voor het klimaatadaptatie doel zal een gewogen score hoger dan 2.5 betekenen dat de maatregel de maximale punten scoort op het klimaatadaptatie doel én voor de conflicterende doelen minstens voor beide een 2 scoort of voor de één een 3 en voor de ander een 1. De maatregel past in dit geval goed in de visie van de projectmanager alle doelen meegenomen en daarom is de kans zeer groot dat deze gerealiseerd zal worden. De maatregelen die vallen in de categorie 'gemiddeld' scoren ook nog steeds een 2 of een 3 op klimaatadaptatief effect.

Conclusie en aanbevelingen

In het geval van een kleiner relatief belang zijn er geen maatregelen die een gewogen score hoger hebben dan 2.5, maar wel met een gemiddelde score in kansrijkheid. Deze maatregelen hebben misschien klimaatadaptief gezien niet het beste effect, maar hebben wel een grotere kans om gerealiseerd te worden in deze context dan de klimaatadaptieve maatregelen met een grotere impact. Deze bevinden zich namelijk grotendeels in de categorie 'laag': deze maatregelen scoren dusdanig laag op de conflicterende doelen die een hoger belang hebben waardoor deze maatregelen een grotere kans hebben om weggestreept te worden in een project.

Tabel 15: Kansrijkheid maatregelen relatief belang klimaatadaptatie

Kansrijkheid maatregel	Relatief groot belang klimaatadaptatie (+/- 0,6)	Relatief klein belang klimaatadaptatie (+/- 0,1)
Hoog (gewogen score > 2,5)	Vergroening spoor en stationsomgeving	-
Gemiddeld (2 < gewogen score < 2,5)	Wadi's	Waterdoorlatende bestrating
	Ondergrondse wateropvang	Verhoging elektrotechnische apparatuur
	Verhoging elektrotechnische apparatuur	Vergroening spoor en stationsomgeving
Laag (gewogen score < 2)	Groen dak (sedum)	Groen dak (sedum)
	Waterdoorlatende bestrating	Wadi's
		Ondergrondse wateropvang

Tot slot kwam financiering van de klimaatadaptieve maatregelen regelmatig terug in het onderzoek: als zorg in de Stakeholder Analysis, als limiterende factor voor realisatie in de casussen van de AHP en als extra criteria in de MAMCA. Ongeacht of het relatieve belang voor klimaatadaptatie vanuit de projectmanager hoog of laag ligt, als er geen financiering beschikbaar is voor het implementeren van de klimaatadaptieve maatregel dan zal de maatregel niet gerealiseerd worden. De benodigde financiering is een extra stok achter de deur. Echter is er uit de MAMCA geconcludeerd dat er een relatie is tussen het doel 'minimale hinder korte termijn' en 'minimale investeringskosten': als de één laag scoort, zal de ander hoogstwaarschijnlijk ook laag scoren en vice versa. Als investeringskosten de limiterende factor blijkt te zijn in een project, zou er gekeken kunnen worden naar maatregelen zoals verhoging elektrotechnische apparatuur, vergroening en waterdoorlatende bestrating.

De scoring van de maatregelen kan exacter en concreter gedaan worden door de context en de omgeving van het project in kwestie mee te nemen in de analyse en daarbij verschillende varianten van een maatregel te overwegen. Daarnaast moeten er meerdere doelen gerelateerd aan maatschappelijke thema's mee worden meegenomen in de MAMCA om zo de maximale toegevoegde waarde uit de maatregel te halen.

7.2 Aanbevelingen

De conclusie van de hoofdvraag vervolgt zich in het voltooien van het onderzoeksdoel:

Het onderzoeksdoel is om de adviserende en ondersteunende rol van Movares te verbeteren door de belangen van verschillende stakeholders gerelateerd aan de implementatie van klimaatadaptatie bij ProRail in beeld te brengen.

Er zijn een aantal aanbevelingen opgesteld voor Movares gebaseerd op de bevindingen van de validatiegesprekken. Deze worden nu toegelicht.

1. Uitwerken en stimuleren van klimaatadaptieve maatregelen met een hoge kans van realisatie en een hoge toegevoegde waarde bij projecten ProRail

Movares ondersteunt en adviseert ProRail bij verschillende duurzaamheidsthema's waaronder klimaatadaptatie in de projecten. Movares helpt bijvoorbeeld met het invullen van de Handreiking Klimaatadaptatie waar potentiële klimaatadaptieve maatregelen uitkomen. De aanbeveling voor Movares is om ook te specialiseren in het uitwerken van deze potentiële maatregelen waarbij er gekeken wordt naar de kosten, baten, benodigde materialen, impact op de projectplanning en de impact op andere maatschappelijke doelen allemaal afgestemd op de context van het project.

De MAMCA zoals uitgevoerd in dit onderzoek kan hierbij als hulpmiddel gebruikt worden. Het is belangrijk dat er verschillende varianten van een maatregel worden gebruikt in de MAMCA om zo de maatregel te vinden met de hoogste toegevoegde waarde. Het invullen van de MAMCA kan worden gedaan door een team bestaande uit experts in verschillende vakgebieden: naast klimaatadaptatie experts wordt het bijvoorbeeld ook aangeraden om ecologen er bij te betrekken om zo de maximale toegevoegde waarde te behalen op het gebied van biodiversiteit.

Om te voorkomen dat de potentiële maatregelen niet worden weggestreept in een later stadium van het project, is het aan te raden om inzichten te verkrijgen in het relatieve belang van de klimaatadaptatie doelen en mogelijke conflicterende doelen die spelen tijdens het project. Hierop gebaseerd kunnen de meest kansrijke maatregelen worden geselecteerd zoals uitgevoerd in de MAMCA /AHP en weergegeven in tabel 15. Het is mogelijk dat er hierdoor in het begin vooral simpele klimaatadaptieve maatregelen worden gerealiseerd met een kleinere klimaatimpact door een laag relatief belang, maar dit telt dan wel als een geslaagde implementatie van klimaatadaptatie in een project van ProRail. Een groot aantal van dit soort kleinere succesprojecten kan leiden tot de inbedding van klimaatadaptatie in de organisatie van ProRail. Zodra klimaatadaptatie wordt geïmplementeerd in het systeem, zal het ook sneller en op grotere schaal terugkomen in de individuele projecten. In dit geval zal het relatieve belang voor klimaatadaptatie doelen vergroten waardoor ook maatregelen met een hoge effectiviteit een grotere kans van realisatie hebben.

2. Ontwikkeling online GIS-tool van overzicht locatie-specifieke klimaatadaptieve maatregelen

Er bestaan veel klimaatadaptieve maatregelen maar er mist een duidelijk overzicht van deze maatregelen. Movares kan een online GIS-tool ontwikkelen waarin voor Nederland locatie-specifiek de klimaatrisico's voor het spoor netwerk duidelijk worden gemaakt en suggesties worden gegeven voor passende klimaatadaptieve maatregelen. Deze maatregelen zijn afgestemd op de locatie in kwestie inclusief aspecten zoals geografische ligging, grondtype en ruimte zodat de maximale effectiviteit van de maatregel gerealiseerd kan worden. Daarnaast kan er gelijk informatie worden bijgevoegd over de verschillende varianten van de maatregel en de geschatte kosten en baten. Deze online tool maakt het voor ProRail toegankelijker om klimaatadaptatie mee te nemen binnen projecten en makkelijker om potentiële maatregelen te selecteren. Daarnaast kan deze tool helpen om de gevaren van klimaatverandering voor het spoor netwerk zichtbaar te maken om zo het bewustzijn van de urgentie te vergroten en knelpunten te identificeren.

3. Aanvullen lijst klimaatadaptieve maatregelen en observeren lopende projecten

Movares heeft een trade-off matrix van klimaatadaptatie in ontwikkeling. Net zoals in MAMCA worden de maatregelen geëvalueerd tegen criteria. In de matrix van Movares zijn deze criteria exacter en technischer. In bijlage F zijn deze maatregelen weergegeven. Een aantal van de maatregelen die in de matrix van Movares staan, worden ook al toegepast in de projecten van ProRail. Echter zijn er ook een groot aantal maatregelen die wel zichtbaar zijn in projecten van ProRail maar niet op Movares' lijst staan en andersom.

Daarnaast zijn er nog innovatieve maatregelen waar naar gekeken kan worden door beide partijen. Klimaatadaptieve maatregelen waar ProRail al een aantoonbaar succesproject van heeft, zullen sneller nogmaals worden gerealiseerd omdat dit al eerder gelukt is. Daarnaast geef ik de aanbeveling om de ontwikkelingen van de lopende projecten te volgen en om uiteindelijk waar te nemen of de voorgestelde maatregelen allemaal daadwerkelijk gerealiseerd zijn. Zo ja, dan zijn dit nieuwe succesprojecten die vervolgens weer actief gedeeld kunnen worden. Zo niet, dan is het interessant om te onderzoeken waar precies in het proces en waarom de klimaatadaptieve maatregel niet gerealiseerd is.

4. Functie-specifieke interactieve informatiesessies over klimaatadaptatie voor ProRail

Klimaatadaptatie is voor veel mensen binnen ProRail een vrij nieuw onderwerp waardoor ze er weinig kennis over hebben. Daarnaast worden de gevaren van klimaatverandering en de urgentie voor klimaatadaptatie bij het spoor netwerk nog niet door iedereen duidelijk genoeg ervaren. Tijdens het validatiegroeps gesprek en de interviews heb ik gemerkt dat het houden van een interactief gesprek over klimaatadaptatie al meehelpt met het creëren van deze bewustwording. Mijn aanbeveling voor Movares is daarom om gerichte informatiesessies te organiseren voor verschillende departementen van ProRail. Het is dan van belang dat dit interactieve sessies worden over klimaatadaptatie gelinkt aan de dagelijkse bezigheden van de groep in kwestie. Er worden nu twee voorbeelden gegeven: een sessie voor projectmanagers en een sessie voor assetmanagers.

In een sessie gericht op projectmanagers kan er gevraagd worden aan de managers wat hun zorgen zijn op gebied van klimaatverandering, wat de term klimaatadaptatie voor hun inhoudt en hoe ze dit terug zien in hun projecten. Daarnaast kunnen er voorbeelden gedeeld worden van succesprojecten van ProRail op gebied van klimaatadaptatie maar ook internationale voorbeelden. De projectmanagers leren niet alleen van Movares maar ook van elkaar. Op deze manier maakt de projectmanager zichzelf bewust waar hij op dit moment staat op gebied van klimaatadaptatie maar ook waar hij zichzelf zou willen zien staan. Movares kan hier op inhaken door toe te lichten welke ondersteuning en adviezen ze gericht kunnen geven aan projectmanagers.

De sessie gericht op assetmanagers kan gebruikt worden om deze groep te ondersteunen en adviseren in hoe zij een groot verschil kunnen maken op deze maatschappelijke kwestie ondanks dat het mogelijk nog niet volledig als hun verantwoordelijkheid wordt beschouwd binnen de organisatie. Dit kan ondersteund worden door voorbeelden van succesvolle klimaatadaptieve initiatieven met een laag risicoprofiel of mogelijke lage investeringskosten.

Conclusie en aanbevelingen

5. Vervolgonderzoek rol assetmanager en regelgeving bij ProRail

De assetmanager speelt een belangrijke rol in de implementatie van klimaatadaptatie bij ProRail. Door de ontwerpvoorschriften en productspecificaties aan te passen ten behoeve van klimaatadaptatie, zal klimaatadaptatie een verplicht karakter krijgen binnen ProRail. Een vervolgonderzoek zou kunnen focussen op de rol van de assetmanager en de bestaande regelgeving van ProRail. Voor het onderzoek zou het meerwaarde opleveren om de assetmanagers te interviewen en om de ontwerpvoorschriften en productspecificaties te analyseren. Waar zitten de mogelijkheden en de ruimte voor kleine aanpassingen ten behoeve van klimaatadaptatie? Wat zijn limiterende factoren voor het uitvoeren van deze aanpassingen?

6. Vervolgonderzoek hoofddoelen en verantwoordelijke functies binnen organisatie ProRail

Binnen de organisatie van ProRail is er een wisselend beeld over de eindverantwoordelijkheid voor de implementatie van klimaatadaptatie. Een vervolgonderzoek zou zich kunnen verdiepen in deze kwestie door duidelijk in beeld te brengen wie waar officieel verantwoordelijk voor is binnen ProRail en hoe dit impact heeft op de uitvoering van de gestelde hoofddoelen. Hoe kunnen klimaatadaptatie doelen opgelegd vanuit ProRail zich wortelen in de organisatie van ProRail?

8 Discussie

In het onderzoek is er gebruik gemaakt van drie onderzoek methodologieën. In dit hoofdstuk zal er een discussie gepresenteerd worden over het verloop en de uitkomsten van deze drie methodologieën: Stakeholder Analysis, AHP en MAMCA.

Stakeholder Analysis

De Stakeholder Analysis is gebruikt om mijzelf te oriënteren op het onderwerp klimaatadaptatie in relatie tot ProRail, Movares en het spoornetwerk. Hiervoor heb ik de stakeholders opgedeeld in vier groepen, maar niet binnen elke groep heb ik evenveel mensen gesproken. Dit kan er toe leiden dat het perspectief waar ik verslag van heb gegeven mogelijk minder breed is in de ene groep in vergelijking met een andere groep.

Daarbij kwam ook kijken dat ik in het begin veel tijd moest steken in het bouwen van een netwerk voordat ik bij de contactpersonen van ProRail uitkwam die mij goed kunnen helpen met het onderzoek. Dit leidde er ook toe dat ik belangrijke stakeholders zoals de assetmanager pas in een later stadium van het onderzoek identificeerde en deze door tijdkort niet meer kon opnemen in de Stakeholder Analysis.

Analytical Hierarchy Process

Voor de AHP heb ik drie casussen opgesteld waar de wegingen van de doelen op gebaseerd zijn. Deze casussen bevatten echter wel redelijke specifieke situaties. Zo bevatten casus 1 en 2 allebei een specifieke klimaatadaptieve maatregel. Het is mogelijk dat er een andere uitkomst was zodra er een andere maatregel was gebruikt. De casussen zijn niet allesomvattend in relatie tot de wegingen.

De trade-off die speelt tussen de verschillende doelen is een complex proces. Deze trade-off is afhankelijk van de context. Hierdoor kan er inconsistentie ontstaan in de AHP. Het is daarom lastig om het relatieve belang van de doelen uit te drukken in één set van drie getallen. Daarnaast kan er in twijfel worden getrokken hoe veelzeggend de relatieve wegingen zijn. Voor een beginonderzoek over nieuwe onderwerpen zoals klimaatadaptatie kunnen deze wegingen ingezet worden als onderbouwing voor een bepaalde conclusie of realisatie. In het geval van dit onderzoek is dit de conclusie dat de prioriteit voor klimaatadaptatie wisselt per projectmanager. Vervolgens worden er een aantal mogelijke redenen gesuggereerd die mee worden genomen in de rest van het onderzoek. De wegingen werken dus vooral ter onderbouwing maar de exacte waardes zijn op wetenschappelijk niveau minder bruikbaar.

Ondanks dat de casussen en wegingen niet allesomvattend zijn, waren de antwoorden en resultaten wel erg nuttig en hielpen ze om een beter beeld te schetsen van de denkprocessen gaande in projecten en de betrokken partijen.

Multi-Actor Multi-Criteria Analysis

De alternatieven van de MAMCA bestaan uit klimaatadaptieve maatregelen die vervolgens beoordeeld zijn aan de hand van indicatoren. Echter zijn dit kwalitatieve indicatoren en zijn ze niet gebaseerd op kwantitatieve data. De toegekende scores zijn slechts een algemene inschatting met als onderbouwing de resultaten van de interviews en informatieve sites. De resultaten zijn daarom niet te gebruiken als exacte richtlijnen maar wel als een startblok voor verder onderzoek.

Bibliografie

- Ampe, J., Macharis, C., & De Witte, A. (2008). The Multi-Actor, Multi-Criteria Analysis Methodology (MAMCA) for the Evaluation of Transport Projects: Theory and Practice. *Journal of Advanced Transportation*, 183-202.
- Atelier GROENBLAUW. (sd). *Maatregelen*. Opgehaald van nl.urbangreenbluegrids.com: <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/>
- Boon, E., Goosen, H., Grond, V., Jak, S., & Ter Meer, J. (2019). *Handreiking Klimaatadaptatie ProRail*. ProRail.
- Brazil, W., Caulfield, B., Morton, C., Nogal, M., O'Connor, A., & White, A. (2017, Februari 2). Weather and rail delays: Analysis of metropolitan rail in Dublin. *Journal of Transport Geography*, pp. 69-76.
- Clark, J. (2018, Juni 27). *Roads melt and rail tracks buckle as UK heatwave strikes*. Opgehaald van newcivilengineer.com: <https://www.newcivilengineer.com/latest/roads-melt-and-rail-tracks-buckle-as-uk-heatwave-strikes-27-06-2018/>
- Dandy, N., Graves, A., Hubacek, K., Morris, J., Prell, C., Posthumus, H., . . . Stringer, L. C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural. *Journal of Environmental Management*, 1933-1949.
- Dindar, S., Kaewunruen, S., & Sussman, J. M. (2017, Mei 17). Climate Change Adaptation for GeoRisks Mitigation of Railway Turnout System. *Procedia Engineering*, pp. 199-206.
- Ekelmans, N. (2022). Dijkgracht groene entree Amsterdam. *Movares Magazine*.
- Gompel, M. V. (2020, juli 16). *Geen treinen tussen Leeuwarden en Buitenpost vanwege spoorverzakking*. Opgehaald van spoorpro.nl: <https://www.spoorpro.nl/spoorbouw/2020/07/16/geen-treinen-tussen-leeuwarden-en-buitenpost-vanwege-spoorverzakking/>
- Green Deal. (2017). *Duurzaam GWW 2.0*. Opgehaald van greendeals.nl: <https://www.greendeals.nl/green-deals/duurzaam-gww-20>
- GroenBlauwe Netwerken. (sd). *Groene daken*. Opgehaald van nl.urbangreenbluegrids.com: <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/green-roofs/>
- GroenBlauwe Netwerken. (sd). *Natuurdak*. Opgehaald van nl.urbangreenbluegrids.nl: <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/green-roofs/extensive-green-roofs/nature-roof/>
- GroenBlauwe Netwerken. (sd). *Regenwateropslag onder gebouwen, bijvoorbeeld: parkeergarages*. Opgehaald van nl.urbangreenbluegrids.com: <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/rainwater-storage-below-buildings-such-as-parking-garages/>
- GroenBlauwe Netwerken. (sd). *Wadi's*. Opgehaald van nl.urbangreenbluegrids.com: <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/bioswales/>
- GroenBlauwe Netwerken. (sd). *Waterdoorlatende verhardingsmaterialen*. Opgehaald van nl.urbangreenbluegrids.nl: <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/porous-paving-materials/>

Bibliografie

- InfraSite. (sd). *Wissel*. Opgehaald van [infrasite.nl](https://www.infrasite.nl/glossary/wissel/): <https://www.infrasite.nl/glossary/wissel/>
- Kennisbank GroenBLauw. (sd). *Waterdoorlatende verharding*. Opgehaald van nl.urbangreenbluegrids.com:
<https://nl.urbangreenbluegrids.com/kennisbank/effecten/waterdoorlatende-verharding-waterpasserende-verharding-halfverharding-en-doorgroeibare-verharding/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (2018, April 12). *Klimaatbestendige tramhalte in de gemeente Delft*. Opgehaald van klimaatadaptatienederland.nl:
<https://klimaatadaptatienederland.nl/@190557/tramhalte-delft/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (2021, januari 27). *De toekomst van een complex spoornetwerk*. Opgehaald van klimaatadaptatienederland.nl:
<https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/interviews/toekomst-complex-spoornetwerk/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (sd). *Voorbeelden*. Opgehaald van klimaatadaptatienederland.nl:
<https://klimaatadaptatienederland.nl/voorbeelden/>
- Klimaat-effectatlas. (sd). *Klimaat-effectatlas*. Opgehaald van [klimaat-effectatlas.nl](https://www.klimaat-effectatlas.nl):
<https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>
- KNMI. (sd). *Droogte*. Opgehaald van [knmi.nl](https://www.knmi.nl): <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/droogte>
- KNMI. (sd). *Extreme neerslag*. Opgehaald van [knmi.nl](https://www.knmi.nl): <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/extreme-neerslag#:~:text=Vaak%20wordt%20extreme%20neerslag%20gedefinieerd,een%20dag%20met%20zware%20neerslag>'.
- KNMI. (sd). *Hittegolven*. Opgehaald van [knmi.nl](https://www.knmi.nl): <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/lijsten/hittegolven>
- KNMI. (sd). *Storm*. Opgehaald van [knmi.nl](https://www.knmi.nl): <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/storm>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Handreiking Aanpak Duurzaam GWW*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Movares. (sd). *Klimaatadaptatie: alleen samen werkt het!* Opgehaald van movares.nl:
<https://movares.nl/klimaatadaptatie/>
- Movares. (sd). *Samen werkt het*. Opgehaald van [Movares.nl](https://movares.nl): <https://movares.nl/>
- Movares. (sd). *Verkenning thema's PowerPoint*.
- Nogal, M., O'Connor, A., Val, V. D., & Yurchenko, D. (2019). Climate Change-Related Risks and Adaptation of Interdependent Infrastructure Systems. In E. Bastidas-Arteaga, & M. G. Stewar, *Climate Adaptation Engineering* (pp. 207-242). Butterworth-Heinemann.
- NS, ProRail, & Spoorbeeld. (2020). *Landschapsplan voor het Spoor I*.
- NS, ProRail, & Spoorbeeld. (2021). *Landschapsplan voor het Spoor I*.
- NS, ProRail, & Spoorbeeld. (2021). *Landschapsplan voor het Spoor II*.

Bibliografie

- ProRail. (2016, november 15). *Veelgestelde vraag: Hoe legt ProRail financiële verantwoording af?* Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/nieuws/veelgestelde-vraag-hoe-legt-prorail-financiele-verantwoording-af>
- ProRail. (2019, Juli 9). *ProRail taset duurzame dwarsliggers*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/nieuws/prorail-test-duurzame-dwarsliggers>
- ProRail. (2020). *Organisatie en activiteiten*. Opgehaald van jaarverslagprorail.nl: <https://www.jaarverslagprorail.nl/verslag/profiel/organisatie-en-activiteiten>
- ProRail. (2020, maart 25). *PHS Amsterdam Centraal naar volgende fase*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/nieuws/phs-amsterdam-centraal-naar-volgende-fase>
- ProRail. (2020, Augustus 14). *Schade door blikseminslag bij Groningen Europark groot*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/nieuws/schade-door-blikseminslag-bij-groningen-europark-groot>
- ProRail. (2020, maart 25). *Station Deventer klimaatproof*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/nieuws/station-deventer-klimaatproof?>
- ProRail. (2021, november 22). *Een duurzaam station*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/series/duurzame-mobiliteit/een-duurzaam-station>
- ProRail. (2021, juli 15). *Geen treinen van Maastricht naar Luik door wateroverlast*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/nieuws/wateroverlast-limburg>
- ProRail. (2021, juni 30). *Ontwerptracébesluit PHS Nijmegen en westentree ter inzage*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/nieuws/ontwerptracebesluit-phs-nijmegen-westentree-ter-inzage>
- ProRail. (2021, september 21). *Station Assen beloond met publieksprijs Beste Gebouw van 2021*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/nieuws/station-assen-beloond-met-publieksprijs-beste-gebouw-van-2021>
- ProRail. (2022, februari 20). *Alle stormschade verholpen*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/nieuws/alle-schade-verholpen>
- ProRail. (2022). *Procedure Derdenwerk*. ProRail.
- ProRail. (sd). *Alkmaar-Amsterdam*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/programmas/programma-hoogfrequent-spoorvervoer/phs-alkmaar-amsterdam>
- ProRail. (sd). *Kwartshoudende ballast*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/samenwerken/leveranciers/veilig-werken/kwartshoudende-ballast>
- ProRail. (sd). *Lente en zomer*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/reizen/het-weer/lente-zomer>
- ProRail. (sd). *Nieuwe fietsstallingen Eindhoven Centraal*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/projecten/nieuwe-fietsstallingen-eindhoven-centraal>
- ProRail. (sd). *Onderdoorgang*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/projecten/wolfheze-onderdoorgang>

Bibliografie

- ProRail. (sd). *Opwaardering Maaslijn*. Opgehaald van prorail.nl:
<https://www.prorail.nl/projecten/maaslijn>
- ProRail. (sd). *Over ons*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/over-ons>
- ProRail. (sd). *Spooronderhoud*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/over-ons/wat-doet-prorail/spooronderhoud>
- ProRail. (sd). *Spoorvernieuwing*. Opgehaald van prorail.nl: <https://www.prorail.nl/over-ons/wat-doet-prorail/spoorvernieuwing>
- ProRail. (sd). *Vernieuwing van station Assen*. Opgehaald van prorail.nl:
<https://www.prorail.nl/projecten/vernieuwing-station-assen>
- ProRail. (sd). *Voorschriften en specificaties*. Opgehaald van prorail.nl:
[https://www.prorail.nl/samenwerken/leveranciers/regelingen/bedrijfsvoorschriften-en-productspecificaties#:~:text=Regelingen%20Voorschriften%20en%20specificaties&text=De%20bedrijfsvoorschriften%20van%20ProRail%20zijn,%2D%20en%20afnameformulier%20\(BEA\)](https://www.prorail.nl/samenwerken/leveranciers/regelingen/bedrijfsvoorschriften-en-productspecificaties#:~:text=Regelingen%20Voorschriften%20en%20specificaties&text=De%20bedrijfsvoorschriften%20van%20ProRail%20zijn,%2D%20en%20afnameformulier%20(BEA))
- Rijden de Treinen. (2022). *Statistieken*. Opgehaald van rijdendetreinen.nl:
<https://www.rijdendetreinen.nl/statistieken>
- Saaty, T. L. (1990, September 5). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, pp. 9-26.
- Spilt, N. (sd). *Wissels en aanverwante constructies*. Opgehaald van nicosplit.com:
https://www.nicosplit.com/index_wissels.htm
- Van Ommeren, J. N., Rietveld, P., Verhagen, W., & Xia, Y. (2013, January). Railway infrastructure disturbances and train operator performance. *Transportation Research Part D*, pp. 97-102.
- Varvasovszky, Z., & Brugha, R. (2000). A stakeholder Analysis. *Health Policy and Planning*, 338-345.
- Verkerk, S. (2019, Juli 24). *Bermbranden naast treinspoor en A50 bij Hattem*. Opgehaald van gld.nl:
<https://www.gld.nl/nieuws/2417639/bermbranden-naast-treinspoor-en-a50-bij-hattem>
- Well, F., & Ludwig, F. (2020, November 3). Blue-green architecture: A case study analysis considering the synergetic effects of water and vegetation. *Frontiers of Architectural Research*, pp. 191-202.

Bijlagen

Bijlage A: Stappen Handreiking Klimaatadaptatie

Stap 1: Bepaal contour plangebied en omgeving/regio

Per project dat wordt uitgevoerd door ProRail wordt er een gebied gespecificeerd waarin de geselecteerde klimaateffecten zich voordoen. Binnen deze omgeving gaat ProRail op zoek naar effectieve samenwerkingen of afstemmingen met organisaties en/of groepen.

Stap 2: Bepaal impact huidige situatie

In deze stap wordt er per klimaateffect een score toegekend. Deze score geeft weer hoe groot de impact is vóór de ingreep van het project binnen het gebied bepaald in stap 1. De scores die kunnen worden toegekend zijn:

1. Geen impact (niet leidend tot schade of overlast)
2. Lage/gemiddelde impact (kans op overlast)
3. Grote impact (kans op grote schade)

De beoordeling van de impact is gebaseerd op de informatie uit de Klimaat-effectatlas (Klimaat-effectatlas, sd) en mogelijk lokale informatie.

Stap 3: Bepaal impact na realisatie project

In de derde stap wordt de impact ingeschat ná de ingreep in de situatie dat er geen maatregelen m.b.t. klimaatadaptatie zijn getroffen. Hier worden de volgende scores toegekend:

1. Kans op positieve impact (kans tot extra ruimtelijke kwaliteit, beleving en functies)
2. Lage/gemiddelde impact (effecten blijven gelijk, worden gecompenseerd)
3. Grote kans tot negatieve impact (effecten verergeren)

Deze impact zal worden ingeschat door bijvoorbeeld deskundigen.

Stap 4: Oriënteer je op kansen

In deze stap wordt er gekeken naar de kansen die voortkomen uit de knelpunten geïdentificeerd in stap 2 en 3. Deze kansen kunnen bestaan uit aanpassingen in ruimtelijke structuur, architectuur en inrichting om negatieve klimaateffecten te verminderen en kansen voor extra ruimtelijke kwaliteiten of extra gebruiksmogelijkheden. In deze stap spelen de volgende vragen een belangrijke rol:

1. Wordt een probleem opgelost door een maatregel op locatie of zijn er grotere inspanningen nodig?
2. Zijn er andere partijen nodig om deze oplossingen te realiseren?
3. Heeft het nemen van maatregelen ook andere voordelen dan het beperken van negatieve effecten?
4. Welke partijen kunnen mogelijk ook profiteren van deze baten?

Stap 5: Maak voorstel ambitie klimaatadaptatie

De kansen opgesteld in stap 4 worden nu meegenomen als input voor het opstellen van een voorstel voor een klimaatambitie van het project in kwestie. Dit zijn de ambitieniveaus:

- Ambitieniveau 1: Effecten worden niet verergerd.
- Ambitieniveau 2: Verminderen overlast of schade van de klimaateffecten.
- Ambitieniveau 3: Reduceren klimaatschade en bereiken meerwaarde (ruimtelijk en functies) voor omgeving en/of regio.

Stap 6: Bepaal ambitie klimaatadaptatie (door stakeholders)

Stap 1 tot en met 5 worden uitgevoerd door ProRail. Het voorstel volgend uit stap 5 is de voorbereiding voor het ambitieoverleg dat wordt gevoerd tussen ProRail en de stakeholders van het project. In dit gesprek wordt de ambitie voor klimaatadaptatie vastgelegd.

Bijlagen

Bijlage B: Resultaten Stakeholder Analysis

B1: Lijst met functies per stakeholder groep

Experts Klimaatadaptatie – Opdrachtnemer	
<i>Functie</i>	<i>Datum gesprek</i>
Senior adviseur Water en Ruimte bij Movares	21-4-22 , 30-6-22 (validatie)
Consulant Water en Ecologie bij Movares	28-4-22
Adviseur Water en Klimaat bij Movares	29-4-22 , 5-7-22 (validatie)
Strategisch Adviseur Energietransitie bij Movares	3-5-22
Senior Adviseur Duurzaamheid bij Movares	17-5-22
Adviseur Hydrologie bij Movares	6-5-22
Innovation Lead and Sustainability Consultant bij Movares	6-5-22
Experts Klimaatadaptatie – Opdrachtgever	
<i>Functie</i>	<i>Datum gesprek</i>
Beleidsadviseur Ruimte bij ProRail	9-5-22 , 9-6-22, 5-7-22 (validatie)
Beleidsmedewerker Natuur & Landschap bij ProRail	16-5-22
Managers – Opdrachtnemer	
<i>Functie</i>	<i>Datum gesprek</i>
Projectmanager ERTMS bij Movares	17-5-22
Senior adviseur Energiesystemen bij Movares	17-5-22
Managers – Opdrachtgever	
<i>Functie</i>	<i>Datum gesprek</i>
Projectmanager bij ProRail	23-5-22
Gebiedsmanager Noord-West ProRail	31-5-22
Projectmanager bij ProRail	31-5-22
Planontwikkelaar bij ProRail	1-6-22
Projectmanager Omgevingsmanager bij ProRail	9-6-22

B2: Toelichting zorgen en ambities: Experts Klimaatadaptatie – Opdrachtnemer

Zorgen

1. Onvoldoende bewustwording noodzaak klimaatadaptatie voor infrastructuur bij infrabedrijven

De risico's van klimaatverandering wordt nog niet goed ervaren. Eerst moet er een heftige gebeurtenis plaatsvinden dat dicht bij je komt, zoals de overstromingen in Limburg in de zomer van 2021. Pas na een ingrijpende gebeurtenis begrijpt men de noodzaak. Dit geldt ook voor de infrastructuur: klimaatadaptatie is een ondergeschoven onderwerp en dit komt pas op de agenda wanneer er iets aangrijpends gebeurt, zoals een heftige overstroming van het spoor of een station. Doordat er weinig bewustzijn is van de noodzaak van klimaatadaptatie in de infrastructuur, wordt er minder geld in klimaatadaptatie gestoken omdat het onbekend is of dit een waardevolle investering zal zijn. Dit is een grote zorg, aangezien na 2050 een kritische periode zal aanbreken en de zeespiegel harder zal gaan stijgen. Ondanks dat 2050 nog ver weg lijkt, is de urgentie voor klimaatadaptatie groot. De infrastructuur die nu wordt gebouwd, heeft gemiddeld een levensduur van 80 tot 100 jaar en zal klimaatrobuust moeten zijn.

2. Onduidelijke doorvertaling hoofddoelen naar operationeel niveau bij ProRail

ProRail heeft als ambitie om maatschappelijke thema's, waaronder klimaatadaptatie, standaard te implementeren in de projecten. Deze hoofddoelen (strategisch niveau) worden vertaald naar programma's (tactisch niveau) en vervolgens naar deelprojecten (operationeel niveau). Een voorbeeld van een programma ontwikkeld op tactisch niveau is Handreiking Klimaatadaptatie. Er wordt dus op hoog niveau een ambitie uitgesproken, maar op operationeel niveau hebben de mensen betrokken bij de realisatie van het project in de eerste instantie andere prioriteiten: de opdracht goed en volledig uitvoeren houdend aan het budget en planning. De maatschappelijke thema's komen aan de orde zodra het voorgenoemde geregeld is. Er lijkt een kloof te zijn tussen de uitgesproken ambities en de projecten op operationeel niveau. Als de doorvertaling van de hoofddoelen tot exacte projectdoelen niet duidelijk is, dan worden ambities minder snel nageleefd.

3. Ineffectieve vertaling data naar informatie en toepassing van klimaatadaptatieve maatregelen

Er is veel data en kennis over klimaatadaptatie en klimaatverandering. Het aantal maatregelen ten behoeve van klimaatadaptatie bij het spoor en stationsomgeving waaruit gekozen kan worden is groot. De zorgen liggen vooral bij de vertaling van deze data naar informatie die wordt gebruikt bij de projecten van grote infrastructuur beheerders waaronder ProRail. De data wordt nog niet op een effectieve manier vertaald en gedeeld met betrokken partijen. Dit zorgt ervoor dat het lastiger kan zijn om op een goede manier invulling te geven op klimaatadaptatie. Er is behoefte naar informatieverstrekking over de problematiek in kwestie waarbij de algehele potentie van een maatregel in beeld wordt gebracht in relatie tot de context, omgeving, budget en effectiviteit.

4. Aanhaking klimaatadaptatie in te laat stadium van project bij ProRail

Binnen ProRail zijn er een aantal projecten waarbij klimaatadaptatie wordt meegenomen en kansen worden verkend. De zorg is alleen dat dit in een te laat stadium gebeurt van het project. Klimaatadaptatie wordt in de meeste gevallen in een lopend project aangehaakt op het punt dat het ontwerp al klaar ligt. In dit geval zijn de eisen van een project al opgesteld, zowel door ProRail zelf als aanvullende eisen van de stakeholders. De aanvullende eisen van de stakeholders kunnen een stok achter de deur zetten voor het pakken van kansen m.b.t. klimaatadaptatie. Door klimaatadaptatie pas laat te introduceren bij de stakeholders, kan het zijn dat de stakeholders niet allemaal in dezelfde richting denken op dit gebied.

5. Focus op het volgen van richtlijnen i.p.v. kansen binnen projecten ProRail

Binnen het bedrijf ProRail draait het vooral om efficiëntie, functionaliteit en het volgen van richtlijnen. Tijdens een infraproject wordt er in de eerste instantie gekeken naar de minimale eisen van de ontwerprichtlijnen. Dit kan er toe leiden dat er mogelijke kansen worden gemist, bijvoorbeeld op het gebied van klimaatadaptatie. In deze gevallen is de maximale waarde er nog niet uitgehaald.

6. Onduidelijkheid over verantwoordelijkheid klimaatadaptatie van betrokken partijen

De meeste partijen betrokken bij een infraproject zijn voorstander van verduurzamen, maar het is onduidelijk bij wie welke verantwoordelijkheid ligt. Bij het gebruik van de Handreiking Klimaatadaptatie wordt er een scorebord ingevuld. Dit scorebord heeft een bepaalde scope. De gebieden en problemen die buiten deze scope liggen, worden niet meegenomen. Het is onbekend bij welke partij de verantwoordelijkheid ligt om ook deze gebieden en problemen aan te pakken. Daarnaast is er een verantwoordelijkheidsprobleem op organisatie niveau bij de verzekeringspartijen. Wanneer er problemen ontstaan bij het spoor resulterend van klimaatverandering, kan het zijn dat de treinen niet meer rijden. In dit geval claimt de reiziger NS, de NS richt zich naar ProRail en ProRail richt zich naar de verzekeraar. De verzekeraar kan als standpunt hebben dat ProRail verantwoordelijk is voor het voorkomen van de klimaatrisico's en zodoende deze situaties niet meer willen verzekeren.

Ambities

1. Klimaatadaptatie standaard integreren in verkenningsfase van infraprojecten

Bij een infraproject zijn er een aantal onderwerpen die standaard worden meegenomen vanaf het begin, zoals veiligheid, budget en capaciteit. Het doel is dat klimaatadaptatie ook standaard meegenomen wordt in de verkenningsfase van een project. Zodra er in de verkenningsfase al wordt nagedacht over klimaatadaptatie, zijn de risico's, kansen en het bijbehorende kostenplaatje al duidelijk voordat de ontwerpfase start. Op deze manier kunnen de stakeholders ook beter betrokken worden bij de vraagstukken en kunnen de mogelijke extra kosten al ingecalculereerd worden. Het implementeren van maatregelen ten behoeve van klimaatverandering zullen op deze manier een gezamenlijke en weloverwogen keuze zijn.

2. Advies en ondersteuning bieden in uitwerking klimaatadaptatieve maatregelen

Adviesbedrijven zoals Movares kunnen ProRail adviseren en ondersteunen bij de technische en context-specifieke uitwerking van de maatregelen van klimaatadaptatie. Movares adviseert en ondersteunt ProRail al met het maken van quickscans en het invullen van de Handreiking Klimaatadaptatie. De ambities liggen bij de eerste stap die genomen moet worden na het afsluiten van de Handreiking Klimaatadaptatie. De kansen op het gebied van klimaatadaptatie zijn geïdentificeerd, maar de exacte haalbaarheid en prestatie van deze maatregelen in de praktijk zijn nog onbekend. Movares kan de toegevoegde waarde van de geïdentificeerde maatregelen in beeld brengen door middel van een analyse bestaande uit de kosten, baten, benodigde materialen, impact op de projectplanning afgestemd op de context van het project. Ook zou Movares hier op een hoger level advies en ondersteuning kunnen bieden door een GIS-tool te ontwikkelen waarin risico gebieden gekoppeld worden aan klimaatadaptatieve maatregelen die hierbij goed zouden passen met betrekking tot geografische ligging en de risico's in kwestie.

3. Zoeken naar de maximale waarde en innovatieve oplossingen m.b.t. klimaatadaptatie in infraprojecten

Om de maximale waarde voor klimaatadaptatie uit een infraproject te halen, is het belangrijk om verder te kijken dan de geschreven ontwerprichtlijnen. De ambitie is om te streven naar het maximale in plaats van het minimale. De ambitie is ook om innovatieve oplossingen te overwegen die minder voor de hand liggend zijn, bijvoorbeeld het realiseren van een magneetzweeftrein. Onder druk van klimaatverandering zullen innovatieve oplossingen steeds meer als potentiële oplossingen beschouwd worden. Daarbij zouden er gesprekken kunnen worden gevoerd om de ontwerprichtlijnen te veranderen ten behoeve van de toekomst.

4. Delen van succesprojecten op gebied van klimaatadaptatie binnen bedrijven

Klimaatadaptatie is een relatief onbekend onderwerp bij een project van ProRail in vergelijking met andere onderwerpen zoals veiligheid en betrouwbaarheid. Er zijn echter zeker projecten van ProRail waarbij klimaatadaptatie succesvol is geïmplementeerd in het ontwerp en in de realisatie. Een voorbeeld hiervan is het project van station Driebergen-Zeist. Deze successen mogen veel meer gedeeld worden en op de kaart worden gezet, zowel bij de opdrachtnemers als de opdrachtgevers. Deze succesprojecten zijn een voorbeeld en inspiratie voor andere lopende en beginnende projecten.

B3: Toelichting zorgen en ambities: Experts Klimaatadaptatie – Opdrachtgever

Zorgen

1. Onvoldoende bewustwording en kennis over klimaatadaptatie binnen organisatie ProRail

De core business van ProRail is het beheren van het spoornetwerk zodat de treinen kunnen rijden. De gevolgen van klimaatverandering zullen dit doel bedreigen, maar onderwerpen zoals klimaatadaptatie zitten nog niet verworven binnen de core business. Binnen de organisatie van ProRail zelf hebben de meeste werknemers weinig ervaring gehad met de problemen resulterend van klimaatverandering. Daarnaast is er een gebrek aan kennis over duurzame thema's waaronder klimaatadaptatie. Dit zorgt ervoor dat er binnen de infraprojecten zelf in de eerste instantie gefocust wordt op andere aspecten dan klimaatadaptatie.

2. Ontbreken capaciteit en budget voor klimaatadaptatie binnen organisatie ProRail

ProRail heeft de opdracht gekregen vanuit het ministerie om een uitvoeringsagenda op te stellen waarin een voorstel wordt gedaan hoe ProRail het spoorstelsel in 2050 klimaatrobust kan maken. Deze opgave zal erg kostbaar zijn op de korte termijn. Mocht het spoorstelsel niet klimaatrobust gemaakt worden, dan levert dit op de lange termijn flinke schade op wat ook zorgt voor hoge kosten. Het opstellen en de realisatie van de plannen in de uitvoeringsagenda is een complex traject: dit vergt geld, capaciteit en tijd binnen de organisatie van ProRail. Het onderwerp klimaatadaptatie wordt momenteel opgepakt door een groep van tien werknemers van ProRail door de organisatie heen. Deze groep is bezig om de klimaatadaptieve toekomst vorm te geven. De toekomstvisie bestaat uit locatiegerichte aanpak van exacte maatregelen. Hiervoor is er nauwe samenwerking nodig met andere betrokken partijen. Er is daarom behoefte naar extra steun vanuit de organisatie van ProRail voor dit onderwerp in de vorm van extra mensen en extra budget.

3. Gelimiteerde kansen bij lopende projecten ProRail door budget, planning en ontwerpeisen

De looptijd van de projecten van ProRail wisselt per project. Zo heb je kortere projecten maar ook projecten waar 10-15 jaar nodig is voor de ontwerpfase. Veel projecten die nu lopen, zijn al jaren geleden gestart en hebben al een budget en planning vaststaan en een ontwerp klaarliggen. Deze projecten worden nu geconfronteerd met klimaatverandering. Handreiking Klimaatadaptatie kan alsnog worden ingezet om kansen te identificeren voor klimaatadaptatie, maar de uitvoering van deze kansen worden mogelijk gelimiteerd door het vastgestelde budget, planning en huidige ontwerpeisen.

4. Ontbreken duidelijk overzicht van klimaatadaptieve maatregelen bij projecten ProRail

Klimaatadaptatie is een complex onderwerp: er zijn genoeg maatregelen maar het effect per maatregel hangt af van de context en de omgeving. De Handreiking Klimaatadaptatie wordt gebruikt om kansen te identificeren op gebied van klimaatadaptieve maatregelen. De zorgen ontstaan bij de stap die genomen moet worden na het gebruik van de Handreiking Klimaatadaptatie: de realisatie van de klimaatadaptieve maatregelen. In de spoortechniek ontbreekt er een overzicht van de denkbare klimaatadaptieve maatregelen voor bij een project afgestemd op de context en de omgeving. Dit is nodig om de meest effectieve maatregel voor het project in kwestie te selecteren en om het keuzeprocess toegankelijker te maken voor de managers.

5. Onvolledige identificatie en aanpak van knelpunten in spoornetwerk

Bij het opstellen van de uitvoeringsagenda klimaatrobustheid voor het ministerie zullen er prioriteiten gesteld moeten worden. Er zullen keuzes gemaakt worden wat betreft de klimaateffecten en regio's er als eerste aangepakt moeten worden. Zo is Utrecht Centraal een belangrijke centrale locatie voor het spoornetwerk. De verbouwing van Utrecht Centraal is afgerond in 2016. Dit was een 6 jaar durend project. Na een onderzoek bleek dat het nieuwe Utrecht Centraal niet klimaatrobust is en gevoelig is voor de klimaateffecten hittestress en wateroverlast. Aangezien er net een groot project is afgerond bij Utrecht Centraal, zal er minder snel nog een project worden opgestart. Toch zouden er extra maatregelen ten behoeve van klimaatadaptatie moeten worden genomen om te voorkomen dat Utrecht Centraal een knelpunt wordt. Dit zijn cruciale afwegingen die mee moeten worden genomen, zowel door ProRail als door het ministerie.

Ambities

1. Handreiking Klimaatadaptatie standaard gebruiken bij projecten ProRail

Met het gebruik van Handreiking Klimaatadaptatie bij infraprojecten van ProRail wordt het integreren van het thema klimaatadaptatie toegankelijker en makkelijker gemaakt. Momenteel is er een vernieuwde verbeterde versie van de Handreiking in ontwikkeling. Het doel is dat deze Handreiking standaard gebruikt wordt bij de verkenningsfase van projecten zodat er nog genoeg tijd is om budget aan te vragen voor de maatregelen en om de stakeholders er actief bij te betrekken. Op deze manier zal het meenemen van klimaatadaptatie niet meer vrijblijvend zijn maar een standaard onderdeel van de projecten.

2. Uitbreiding Team Klimaatadaptatie binnen organisatie ProRail

Alle takken van het bedrijf ProRail hebben invloed of worden beïnvloed door de ontwikkelingen op het gebied van klimaatverandering. Het is belangrijk dat al deze takken deze ontwikkelingen ook goed meekrijgen, zoals het succesvolle gebruik van de Handreiking Klimaatadaptatie bij nieuwe projecten. Het doel is dat de verschillende takken van de organisatie van ProRail duurzame thema's waaronder klimaatadaptatie zullen omarmen. Om meer bewustwording te creëren, is er de ambitie om het team dat klimaatadaptatie oppakt binnen ProRail uit te breiden. Met meer capaciteit en meer budget zal er meer bereikt kunnen worden om klimaatadaptatie op de kaart te zetten bij de hele organisatie van ProRail.

3. Effectieve samenwerkingen tussen ProRail en externe partijen

Het spoorstelsel klimaatrobust maken voor het jaar 2050 is een grote en complexe uitdaging. Naast extra steun vanuit ProRails organisatie zelf zijn er ambities om samenwerkingen aan te gaan met externe partijen. Hierdoor kan kennis verbonden worden en zal er samen naar het gemeenschappelijke doel worden gewerkt. Advies- en ingenieursbureaus zoals Movares kunnen ProRail ondersteunen in het uitwerken van context-specifieke maatregelen en de bijbehorende kosten en baten.

B4: Toelichting zorgen en ambities: Managers – Opdrachtnemer

Zorgen

1. Onbekendheid risico's klimaatverandering bij projectmanagers van infraprojecten

Het doel dat de projectmanager van ProRail wordt opgelegd is om een project succesvol uit te voeren zodat het spoorstelsel functioneert. Een infraproject brengt risico's met zich mee die dit doel mogelijk in gevaar brengen. Het is de taak van de projectmanager om overzicht te houden over deze risico's. Een aantal risico's worden al standaard onderzocht bij een infraproject bij ProRail, zoals risico's omtrent veiligheid. De risico's van klimaatverandering worden niet standaard onderzocht bij projecten van ProRail. Dit hangt af van de projectmanager en projectcontext in kwestie. Mocht er een project zijn met een stabiele omgeving dan zullen de risico's van klimaatverandering sneller onderzocht worden dan een project waar al veel andere risico's zijn. Daarnaast ligt het aan de hoeveelheid kennis over de risico's van klimaatverandering: als een projectmanager niet goed weet welke risico's klimaatverandering met zich meebrengt voor het spoorstelsel en hoe er met deze risico's om kan worden gegaan, dan zullen duurzame thema's zoals klimaatadaptatie minder snel mee worden genomen.

2. Wisselend belang en motivatie voor klimaatadaptatie bij projectmanagers ProRail

De meeste bedrijven waaronder ProRail hebben duurzaamheidsambities en vinden het klimaat belangrijk. Echter komt dit niet altijd terug in de realisatie van de projecten van ProRail. Movares ondersteunt en adviseert projectmanagers op het gebied van klimaatadaptatie door de risico's en kansen in beeld te brengen. Het is aan de projectmanager hoeveel hiervan daadwerkelijk wordt opgevangen in het project. Het belang van en de intrinsieke motivatie voor klimaatadaptatie wisselt per projectmanager.

3. Extra kosten bij het laten onderzoeken van klimaatadaptatie binnen projecten

Projectmanagers kunnen advies- en ingenieursbureaus zoals Movares inhuren om duurzame thema's waaronder klimaatadaptatie te onderzoeken. Dit zorgt wel voor extra kosten, wat mogelijk een projectmanager van weerhoudt om deze stap te zetten of er toe zal leiden dat er wordt gevraagd om het onderzoek in een zeer kort tijdsbestek te voltooien.

Ambities

1. Risico's en kansen van klimaatadaptatie standaard laten analyseren bij projecten ProRail

Het doel is dat klimaatadaptatie standaard bij de verkenningsfase van een project van ProRail op de agenda komt te staan. Hierbij kan de deskundigheid van externe partijen zoals Movares ingezet worden om de risico's en vrijblijvende maatregelen op het gebied van klimaatverandering en klimaatadaptatie te analyseren. Op deze manier zullen de projectmanagers steeds meer bekend worden met het onderwerp en met de dienstverlening van Movares.

2. Delen van succesprojecten en samenwerkingen op gebied van klimaatadaptatie binnen ProRail

Het actief delen van succesprojecten zal helpen om meer vertrouwen en bewustwording te creëren over klimaatadaptatie bij projectmanagers en andere functies binnen ProRail. Dit gaat zowel over het implementeren van succesvolle maatregelen ten behoeve van klimaatadaptatie als over succesvolle samenwerkingen tussen ProRail en externe partijen.

B5: Toelichting zorgen en ambities: Managers – Opdrachtgever

Zorgen

1. Klimaatadaptatie niet meegenomen binnen eisen en budget van projecten ProRail

Binnen een project krijgt de projectmanager een opdracht mee met een afgebakende scope, budget en vaste eisen. Als klimaatadaptatie niet binnen deze eisen valt, dan zal de projectmanager het minder snel meenemen in het project. Hetzelfde geldt voor het budget: als er geen geld is gereserveerd, dan zal de klimaatadaptatieve maatregel helemaal niet uitgevoerd worden of een minimale variant.

5. Sneuvelen klimaatadaptatieve initiatieven van advies- en ingenieursbureaus door mislopen contract i.v.m. financiering

ProRail kan een opdracht uit zetten naar advies- en ingenieursbureaus zoals Movares op gebied van klimaatadaptatie. Movares zet hun expertise in als adviezen en ondersteuning en levert klimaatadaptatieve oplossingen voor het probleem. Dit zijn goede samenwerkingen die ProRail aangaat. De zorg zit hem in de financiering die bij deze samenwerkingen komen kijken: Movares komt met goede ideeën en initiatieven, maar als ProRail Movares niet inhuurt om deze initiatieven uit te werken dan komen ze lastig van de grond. Zonder betaalde opdracht zal Movares het initiatief niet uitvoeren bij ProRail.

6. Onvoldoende financiering van ministerie voor ProRail om klimaatambities te realiseren en ontbreken duidelijke prioriteiten m.b.t. klimaatadaptatie van ministerie

Het ministerie heeft serieuze ambities voor het klimaat. ProRail ontvangt financiering van het ministerie om het spoor netwerk te onderhouden en daarbij om het spoor netwerk klimaatrobuust te maken voor het jaar 2050. Dit is een grote opgave waar veel geld voor nodig is. Met de financiering die ProRail nu ontvangt is dit niet mogelijk. Echter zijn er meerdere partijen die financiering ontvangen van de overheid. Het zal de vraag zijn welke van deze onderwerpen als meest urgent worden beschouwd door het ministerie en daarop gebaseerd wordt de financiering bepaald. Als ProRail niet voldoende financiering ontvangt, dan zullen er prioriteiten moeten worden gesteld door het ministerie op gebied van klimaatadaptatie: welke klimaateffecten en locaties moeten als eerst aangepakt worden?

7. Verlaagd tempo informatieverspreiding klimaatadaptatie binnen organisatie ProRail

ProRail is een grote organisatie bestaande uit veel werknemers. Een grote organisatie kan samengaan met een verlaagde snelheid van informatieverspreiding. Hierdoor kan het een tijd duren voordat ontwikkelingen over klimaatadaptatie in zijn algemeen en ontwikkelingen binnen projecten aankomen bij verschillende bedrijfstakken zoals projectmanagers. Dit zorgt mogelijk voor onwetendheid bij de managers over waar je aan toe bent op gebied van klimaatadaptatie en ook hoe en waar je adviezen en ondersteuning hierin kan krijgen.

8. Status quo binnen organisatie ProRail om spoor opnieuw te bouwen i.p.v. klimaatadaptief te werk gaan

Een nieuw stuk spoor aanleggen komt niet vaak voor. Het huidige spoor netwerk is gebouwd met de tijdsgeest van vroeger, dat is ruim 100 jaar terug. Al jaren beoefent ProRail hetzelfde vakmanschap in het behouden van het spoor netwerk. De gang van zaken is daarom voorspelbaar geworden. De mensen binnen ProRail houden zich aan de status quo waarin geaccepteerd wordt dat een stuk spoor opnieuw gebouwd wordt zodra het niet meer functioneert, bijvoorbeeld als resultaat van extreme weersomstandigheden. Deze status quo is niet klimaatadaptief.

9. Sneuvelen klimaatadaptieve initiatieven na verkenningsfase door afweging andere prioriteiten in projecten ProRail

In de verkenningsfase van projecten van ProRail komen duurzame thema's regelmatig naar voren en worden de mogelijkheden onderzocht. Echter wordt deze aandacht niet altijd vastgehouden tijdens het verdere verloop van het project. Zo zal er uiteindelijk een afweging moeten worden gemaakt of de klimaatadaptieve maatregelen wel of niet worden toegepast: deze keuze is afhankelijk van allemaal verschillende aspecten, zoals budget, benodigde werkzaamheden en gevoel van urgentie. Hierdoor worden goede ideeën over klimaatadaptatie vaak nog weggestreept in een later stadium van het project, ondanks dat het in de verkenningsfase wel is meegenomen.

10. Weinig ruimte voor klimaatadaptieve initiatieven in regelgeving ProRail door onbekendheid prestatie en ontbreken prestatie-indicator

ProRail is een organisatie dat gericht is op het nakomen van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van het spoorstelsel. Alles wat daar geen zekerheid voor geeft wordt geweerd. In de regelgeving van ProRail zijn er eisen opgesteld die de betrouwbaarheid verzekeren en worden er contracten getekend met erkende advies- en ingenieursbureaus en aannemers. Hierdoor is er minder ruimte voor nieuwe initiatieven en innovatieve ontwikkelingen, aangezien de prestatie van deze initiatieven nog niet bekend is en daarom als risicovol worden beschouwd. Dit is ook het geval voor klimaatadaptieve initiatieven. Voor klimaatadaptieve maatregelen is het lastig om de prestatie van de maatregel te voorspellen en hier een prestatie-indicator aan te koppelen.

Ambities

1. Informatieve en projectgerichte adviezen en ondersteuning in klimaatadaptatie vanuit advies- en ingenieursbureaus

Movares is een advies- en ingenieursbureau met werknemers die deskundig zijn in klimaatadaptatie. Een georganiseerde meeting tussen deze klimaatdeskundigen en de projectmanagers van ProRail kan de informatieverspreiding over klimaatadaptatie versnellen en is het voor de projectmanagers duidelijk welke adviezen en ondersteuning ze van Movares kunnen verwachten. Door het aanreiken van informatie over klimaatadaptatie en projectgerichte adviezen en ondersteuning vanuit advies- en ingenieursbureaus zal het implementeren van klimaatadaptatie een toegankelijker proces worden.

2. Meer initiatief en activiteit vanuit organisatie ProRail zelf op gebied van klimaatadaptatie

ProRail krijgt adviezen en ondersteuning van advies- en ingenieursbureaus op het gebied van klimaatadaptatie. Advies- en ingenieursbureaus reiken klimaatadaptieve initiatieven aan. De ambitie is dat er ook vanuit ProRail zelf meer initiatief komt. Op deze manier zijn beide partijen actief bezig met het onderwerp en kan er samen naar een goede oplossing gezocht worden.

3. Wijzigen productspecificaties en ontwerpvoorschriften ProRail t.b.v. klimaatadaptatie

ProRail heeft productspecificaties en ontwerpvoorschriften opgesteld waaraan voldaan moet worden bij elk project. Om klimaatadaptatie volledig te integreren in projecten van ProRail, zullen de productspecificaties en ontwerpvoorschriften hier ook in mee moeten groeien. Er zullen wijzigingen moeten worden gedaan die klimaatadaptatie een verplichtend karakter geven.

Bijlage C: Projectfuncties ProRail bij implementatie klimaatadaptatie

C1: Projectmanager

Als projectmanager ben je verantwoordelijk voor het verloop van infraprojecten, rekening houdend met het budget, planning en de scope. Het project heeft een afgebakende scope en de eisen zijn bekend: ze zijn opgelegd door de opdrachtgever en bepaald in de regelgeving van ProRail. De projectmanager kan deze eisen niet veranderen. Als projectmanager zorg je ervoor dat er aan deze eisen wordt gehouden en de opdracht wordt uitgevoerd. Als het implementeren van klimaatadaptatieve maatregelen binnen deze eisen valt, dan zal de projectmanager ervoor zorgen dat dit gebeurt. Als klimaatadaptatie niet wordt benoemd in de eisen, dan is het afhankelijk van de intrinsieke motivatie van de projectmanager: mocht de projectmanager een gevoel van urgentie hebben voor het meenemen van klimaatadaptatie binnen een project, dan kan hij dit laten onderzoeken en klimaatadaptatieve oplossingen voorleggen bij de opdrachtgever en de assetmanager.

Binnen het project wordt er samengewerkt met verschillende partijen, en het is de taak van de projectmanager om deze samenwerking te managen. Deze samenwerkingen zijn gevisualiseerd in figuur 15.

C2: Team Klimaatadaptatie

Binnen de organisatie van ProRail is er een groep van ongeveer tien werknemers die het onderwerp klimaatadaptatie oppakken. Deze werknemers komen uit verschillende takken van de organisatie, zoals de techniek en asset management. Op de vraag hoe ProRail om zou gaan met de effecten van klimaatverandering had ProRail geen antwoord op. Daarom bracht deze groep de gevolgen van klimaatverandering voor het spoor netwerk in beeld. Het thema klimaatadaptatie stond niet als individueel onderwerp in aanpak Duurzaam GWW. Om klimaatadaptatie makkelijker te implementeren in projecten, is Handreiking Klimaatadaptatie ontwikkeld. Momenteel is het team Klimaatadaptatie bezig met het opstellen van een uitvoeringsagenda in opdracht van het ministerie waarin een voorstel wordt gedaan hoe ProRail in 2050 het spoorstelsel klimaatrobust kan maken.

De rol van het team Klimaatadaptatie binnen projecten is een ondersteunende maar vrijblijvende rol: ze formuleren wat de problemen zijn van klimaatverandering voor het spoor netwerk en reiken tools aan zoals Handreiking Klimaatadaptatie om het implementeren van klimaatadaptatie zo makkelijk mogelijk te maken. Het gebruik van de Handreiking Klimaatadaptatie is niet verplicht. Of klimaatadaptatie wordt meegenomen en onderzocht binnen een project hangt af van de gestelde eisen binnen een project en de keuze van de projectmanager. Als Handreiking Klimaatadaptatie wordt gebruikt, wordt er een passende klimaatadaptatieve maatregel voorgelegd. Het is vervolgens aan de opdrachtnemer om te beslissen of deze maatregel ook gerealiseerd gaat worden.

De succesprojecten op gebied van klimaatadaptatie worden gedeeld via release sessies en ambitiewebsessies. Hierin worden projectmanagers op de hoogte gesteld van zaken m.b.t. implementatie van klimaatadaptatie in projecten.

C3: Team Duurzaamheid

De groep Duurzaamheid is een aparte poot binnen ProRail die zich bezighouden met duurzaamheidsthema's. Binnen Team Duurzaamheid is er een directeur Duurzaamheid, en de directeur heeft de duurzaamheidsthema's geselecteerd die onderzocht moeten worden. Vervolgens krijgt elk thema één expert binnen ProRail aangewezen die zich verdiept in de uitdagingen en kansen binnen het thema. Hier wordt een ambitie uit opgesteld en vervolgens een streefwaarde bepaald. De duurzame thema's worden vertaald naar ambities specifiek voor het spoorbedrijf. Klimaatadaptatie is niet één van de geselecteerde duurzaamheidsthema's. Klimaatadaptatie heeft wel overlap met andere thema's, zoals biodiversiteit (vergroening) en energie (groene daken met zonnepanelen). Team Duurzaamheid ondersteunt ProRail op gebied van de duurzaamheidsthema's binnen de projecten en probeert duurzame initiatieven voor elkaar te krijgen.

C4: Advies- en ingenieursbureaus

Advies- en ingenieursbureaus zoals Movares sluiten contracten af met ProRail om vervolgens ondersteuning en adviezen te bieden bij projecten op bepaalde onderdelen en gebieden van expertise. Zo ondersteunt en adviseert Movares ProRail bij projecten op het gebied van duurzame thema's. Advies- en ingenieursbureaus leveren ook ideeën en initiatieven bij ProRail. Als ProRail het initiatief aanneemt, dan wordt er een contract getekend en maakt het advies- of ingenieursbureau winst.

C5: Opdrachtgever

De opdrachtgever van een project kan zowel vanuit ProRail zelf komen als externe opdrachtgevers zoals regionale overheden. Externe opdrachtgevers zijn bijvoorbeeld het ministerie, gemeentes, provincies en Rijkswaterstaat. De opdrachtgever stelt bepaalde eisen aan het project. De beslissing om klimaatadaptatie mee te nemen binnen een project ligt bij de opdrachtgever.

Vanuit ProRail zelf is het niet verplicht om klimaatadaptatie mee te nemen binnen projecten en is het geen onderdeel van de ontwerpvoorschriften en productspecificaties. Mocht er een klimaatadaptief initiatief ontstaan, dan wordt de afweging voor de uitvoering gemaakt door de assetmanager.

De externe opdrachtgever kan wel als eis meegeven dat klimaatadaptatie wordt onderzocht bijvoorbeeld met behulp van Handreiking Klimaatadaptatie. Dit betekent niet direct dat de klimaatadaptatieve maatregelen ook worden gerealiseerd, dit is een vervolgkeuze die ook door de opdrachtgever wordt gemaakt. Deze keuze hangt af van verschillende aspecten zoals kosten en baten.

C6: Aannemer

De aannemer komt als externe partij aanhaken in het project bij de realisatiefase (ProRail, 2022). De benodigde materialen om het eindproduct te maken moeten volledig en op tijd geleverd worden. Dit is de verantwoordelijkheid van de aannemer. Voor een aantal materialen heeft ProRail contracten afgesloten met leveranciers. De aannemer is verplicht om bij deze leverancier de materialen af te nemen. Verder moeten de materialen die de aannemer aanlevert voldoen aan de gestelde productspecificaties en ontwerpvoorschriften.

In de productspecificaties en ontwerpvoorschriften komt klimaatadaptatie nog niet aan bod. De aannemer is daarom niet verplicht om te kiezen voor klimaatadaptatieve oplossingen.

C7: Assetmanager

De assetmanager is verantwoordelijk voor het beheer en de conditie van de assets met als doel een betrouwbaar spoor. De assetmanager houdt overzicht over de risico's die komen kijken bij een asset en maakt daarop gebaseerd afwegingen en keuzes. Als er binnen een project van ProRail een klimaatadaptief initiatief wordt bedacht, dan zal de projectmanager dit voorleggen bij de assetmanager. De assetmanager onderzoekt vervolgens of het initiatief een positieve businesscase heeft. Mocht dit het geval zijn, dan kan de assetmanager er voor kiezen om het klimaatadaptief initiatief een verplicht karakter te geven in de ontwerpvoorschriften. Deze moet vervolgens weer opgevolgd worden door de projectmanager en de aannemer in Functie Handhaving en Nieuwbouw projecten. De meeste duurzaamheidsaspecten zullen van de assetmanagement afkomstig zijn. Klimaatadaptatie is dan ook een belangrijk onderwerp dat nu speelt binnen de assetmanagement.

C8: Gebiedsmanager

De gebiedsmanager stuurt de projectteams aan die opdrachten uitvoeren in het aangewezen gebied. Als de projectmanager binnen een projectteam tegen problemen of lastige vraagstukken aanloopt, dan betreft hij de gebiedsmanager erbij. In principe is de gebiedsmanager verder niet betrokken bij de individuele projecten. De gebiedsmanager heeft geen invloed op de afwegingen die worden gemaakt met betrekking tot klimaatadaptieve maatregelen.

C9: Systeemspecialist

Bij ProRail zijn systeemspecialisten verantwoordelijk voor de veiligheid en betrouwbaarheid van het spoorstelsel. Zodra er problemen zijn met het spoorstelsel wat leidt tot hinder voor de reizigers of onveilige situaties, dan worden de systeemspecialisten hierop afgerekend. De negatieve effecten van klimaatverandering zullen de veiligheid en betrouwbaarheid van het spoorstelsel in gevaar brengen.

Bijlage D: Resultaten casussen en omzetting in scores

D1: Doel 1 vs doel 2 (casus 1)

In casus 1 wordt er een afweging gemaakt over de aanleg van een waterbuffer, een klimaatadaptieve maatregel die op de lange termijn hinder en vertraging zal verminderen (doel 1) maar op de korte termijn juist hinder en vertraging vergroot (doel 2). Casus 1 betreft een nieuwbouwproject.

Interview 1

In dit project wordt een samenwerking aangegaan met de waterschappen. De waterbuffer zorgt voor kansen: water opvangen, zuiveren en terug leveren als schoon water. De bouwtijd van de waterbuffer is een doorslaggevende factor: deze moet zo kort mogelijk zijn om zo veel hinder te voorkomen op de korte termijn. Als de projectplanning het toelaat, mag de bouwtijd maximaal een week zijn. De complexiteit van de bouw hangt ook af van de locatie: in de Randstad is de aanleg van een waterbuffer voor meer hinder zorgen dan in minder volgebouwde gebieden. Als de waterbuffer in het gebied past en het wordt gefinancierd, dan is de kans groot dat de waterbuffer er zal komen. Is dit niet het geval, dan sneuvelt het initiatief.

Uit dit antwoord kan geconcludeerd worden dat het verminderen van hinder op de korte termijn een hoger belang heeft dan het verminderen van hinder op de lange termijn. De waterbuffer zal er niet komen als de bouwtijd te lang duurt. Als de bouwtijd en complexiteit haalbaar is, dan komt de waterbuffer er waarschijnlijk wel. Doel 2 wordt begunstigd boven doel 1 (intensiteit 3).

Interview 2

Het besluit van de waterbuffer is niet zozeer een duurzaamheidsbesluit, maar meer een besluit met de beschikbaarheid van het spoor over de jaren heen in gedachte. In de essentie gaat de waterbuffer er komen, anders zal er altijd een storing blijven in de functie van het spoor in de toekomst. Mochten er tijdelijke hinder ontstaan voor reizigers, dan is ProRail gespecialiseerd om andere oplossingen te bedenken zodat er wel gebouwd kan worden wat nodig is voor de toekomst. Liever één keer negatieve publiciteit door hinder van werkzaamheden op de korte termijn dan jaarlijks door wateroverlast op de lange termijn.

Uit dit antwoord kan geconcludeerd worden dat er in de eerste instantie naar de toekomst wordt gekeken. De hinder in de toekomst wordt als veel groter ervaren dan de hinder op de korte termijn. Vandaar dat de keuze wordt gemaakt om te focussen op het verminderen van de hinder op de lange termijn. Doel 1 wordt sterk begunstigd boven doel 2 (intensiteit 5).

Interview 3

Zoals in deze casus beschreven verloopt het eigenlijk precies. Of we nou wel of niet een waterbuffer bouwen heeft niet zoveel impact op de reizigers. De bouwtijd duurt misschien iets langer dan normaal maar niet significant langer. Je krijgt in dit geval te maken met een buitendienststelling. In plaats van 70 uur wordt dit bijvoorbeeld 80 uur. Als je deze verandering twee jaar van tevoren opgeeft is het geen probleem. De overlast voor reizigers zorgt in deze casus niet voor grote problemen. Als dit wel het geval was, dan is het bouwen van de waterbuffer alsnog zeker de moeite waard: de langere bouwtijd van nu weegt niet op tegen de problemen die zullen voorkomen in de komende honderd jaar. Hinder en overlast voor de reizigers en omgeving resulterend van de bouw is in dit geval niet significant. De hittestress en overstromingen zullen voor meer last zorgen dan het overschrijden van de ingecalculerde dienstverlening. De bouw van de waterbuffer zou enkel leiden tot Treindienst Aantastende Onregelmatigheid (TAO): de trein kan bijvoorbeeld niet op maandagochtend rijden, want buitendienststelling loopt uit. Dit is natuurlijk vervelend, maar hier kunnen reizigers zich ook op aanpassen voor deze keer.

Bijlagen

Uit het antwoord kan geconcludeerd worden dat de problemen op de lange termijn resulterend van klimaatverandering zwaarder wegen dan de problemen op de korte termijn resulterend van een langere buitendienstverlening. De waterbuffer zal er komen, of ongeacht of de reizigers wel of niet significante hinder en vertragingen zullen ervaren. Doel 1 wordt sterk begunstigd boven doel 2 (intensiteit 5).

D2: Doel 1 vs doel 3 (casus 2)

In casus 2 wordt er een afweging gemaakt over het witverven van spoorstaven als standaard onderdeel van het onderhoud: dit zal op de lange termijn hinder en vertraging verminderen (doel 1) maar het onderhoudsproces minder optimaal en juist complexer maken (doel 3). Dit project wordt in de casus beschreven als een nieuwbouwproject maar kan ook als Functie Handhaving worden gezien.

Interview 1

Deze keuze ligt niet bij de projectmanager maar bij de assetmanager. ProRail gebruikt al coating voor de spoorstaven als onderhoud in vochtige ruimtes zoals tunnels. Deze coating is heel kostbaar. Het wit schilderen van de spoorstaven tegen de zon is weer een ander proces. Om het onderhoud te verminderen, kan er een installatie op de trein gebouwd worden zodat de spoorstaven automatisch wit gespoten worden zodra deze trein langsrijdt. Dit is een goed initiatief en wordt ook onderzocht bij ProRail. De vraag hierbij is, heeft dit een positieve businesscase? Zoja, dan is het interessant om dit initiatief uit te voeren. Hier moet wel een investering voor worden gedaan wat later terugverdiend moet worden. Deze keuzes moeten gemaakt worden door de asset ontwikkeling.

Uit het antwoord kan geconcludeerd worden dat er in de praktijk initiatieven rond gaan op het gebied van klimaatadaptatie. De klimaatadaptatieve maatregel om spoorstaven wit te verven wordt dus onderzocht. Dit initiatief zal er echter niet zomaar komen: steeds de spoorstaven opnieuw wit verven zonder een slimme installatie zal niet zo snel gebeuren. Mocht optimalisatie van het onderhoud van het spoor geen hoog belang hebben, dan hadden de sporen al wit kunnen zijn. Doel 3 wordt sterk begunstigd boven doel 1 en de dominantie is te zien in de praktijk (intensiteit 7).

Interview 2

Deze keuze wordt niet gemaakt door de projectmanager maar in de assetmanagement. Het spoor heeft al een redelijke frequentie van onderhoud en er zal daarom niet snel voor gekozen worden om daar nog wekelijks extra onderhoud bij te voegen om de situatie functioneel in stand te kunnen houden. Maar dit kan opgelost worden: het inzetten van een rijdende trein die het spoor wit maakt tijdens het rijden.

Uit het antwoord kan geconcludeerd worden dat deze klimaatadaptatieve maatregel niet zou worden ingevoerd behalve als het benodigde onderhoud maximaal geoptimaliseerd kan worden. Doel 3 wordt sterk begunstigd boven doel 1 (intensiteit 5).

Interview 3

Bij beweegbare bruggen is hittestress ook een probleem: staal zet uit bij hitte. Je kan de brug wit verven, maar dat kost veel onderhoud. Het onderhoud dat komt kijken bij het witverven van spoorstaven is ook heel kostbaar. De geverfde spoorstaven slijten door o.a. treinpassages en stof. Daarom is het geen zinvolle maatregel. Deze maatregel is ook niet per se nodig. Voegloos spoor moet de krachten resulterend van de treinen in de spoorstaaf opnemen. De rails en ballast combineert alle warmte en daardoor worden spoorstaven steeds heter. Als het heel warm is buiten dan mag je niet aan de ballast zitten (bijv. voor onderhoud), want dan bestaat de kans op spoorspattingen. Vaak gaat het daar mis. Om deze reden leg je de spoorstaven aan bij gemiddeld 25 graden en vervangt ProRail de spoorstaven in de winter. Als dit goed gehanteerd wordt, dan heeft het witspuiten van de spoorstaven geen extra voordelen. Mocht het toch een probleem worden, dan kunnen er weer voegen worden gebruikt voor het stuk spoor in kwestie.

Uit het antwoord kan geconcludeerd worden dat spoorspattingen een bekend probleem zijn bij ProRail en waar al maatregelen voor gelden. Ondanks dat het witverven van het spoor niet als goede en nuttige maatregel wordt beschouwd, is de hittestress nog steeds een belangrijke factor. Extreme hitte zal frequenter voorkomen door klimaatverandering. Als de prioriteit lag bij het optimaal onderhouden van het spoor, dan zou de mogelijkheid tot onderhoud niet gelimiteerd moeten worden door de risico's van extreme weersomstandigheden. Doel 1 wordt begunstigd boven doel 3 (intensiteit 3).

D3: Doel 2 vs doel 3 (casus 3)

In casus 3 wordt er een afweging gemaakt tussen twee soorten materialen: materiaal 1 met mindere kwaliteit wat meer onderhoud vergt (doel 3) en materiaal 2 met een betere kwaliteit maar een onzekere leverbaarheid wat een groter risico voor hinder en vertraging op de korte termijn met zich meebrengt (doel 2). Dit project valt binnen Functie Handhaving.

Interview 1

De aannemer is degene die de keuze maakt over het type materiaal. De gekozen materialen moeten voldoen aan de productspecificaties en ontwerpvoorschriften van ProRail. In de realiteit zullen zowel materiaal 1 als 2 de benodigde minimale kwaliteit hebben. Materiaal 2 zou bijvoorbeeld zwavelbeton kunnen zijn, een duurzaam alternatief voor beton. De keuze voor zwavelbeton zou mogelijk samenkomen met onzekere leverbaarheid. Als er niet is voorgeschreven in de productspecificaties en ontwerpvoorschriften dat de dwarsliggers van duurzaam materiaal moet zijn gemaakt, dan heeft de aannemer keuze. Als de aannemer niet op tijd zijn spullen levert, zitten hier boetes aan vast. Daarom zal de aannemer altijd kiezen voor een gegarandeerde levertijd, dus voor de materiaal met een mindere kwaliteit.

Uit het antwoord kan geconcludeerd worden dat voor de aannemer de consequenties voor te laat leveren van materialen groter zijn dan een mindere kwaliteit leveren. Voor het tweede zijn in principe geen consequenties zolang de aannemer alsnog voldoet aan de minimale eisen die gesteld zijn door ProRail. Vanuit het perspectief van ProRail kan geconcludeerd worden dat het verminderen van hinder op de korte termijn belangrijker is dan het optimaliseren van het onderhoud. Doel 2 wordt begunstigd boven doel 3 (intensiteit 3).

Interview 2

In de essentie zal er gedacht worden: we kiezen voor materiaal 2 zodat er niet op de korte termijn weer materialen vervangen moeten worden en daarmee dus het onderhoud optimaliseren. Echter is het toepassen van duurzaam materiaal bij ProRail zelden de realiteit. Vaak worden niet alle componenten van de duurzame oplossing op tijd geleverd. Daarom zal er minder snel voor deze oplossing gekozen worden. Bij bepaalde materialen die al jaren worden gebruikt weet je dat ze een betrouwbare levertijd hebben en dat daarmee de projecteisen worden behaald. Bij nieuwe materialen is dit lastig te overzien.

Uit het antwoord kan geconcludeerd worden dat er in de praktijk niet vaak gekozen wordt voor duurzame materialen voor de dwarsliggers aangezien de levering niet betrouwbaar genoeg is. Als essentiële componenten niet op tijd geleverd worden, dan zal de einddatum verplaatst worden en daarmee de hinder vergroot worden op de korte termijn. Doel 2 is sterk begunstigd boven doel 3 en de dominantie is te zien in de praktijk (intensiteit 7).

Interview 3

De keuze is afhankelijk van de baanvlak waar je je bevindt. Zit je in de hoofdcorridor, dan moet je het spoor zo snel mogelijk vervangen anders krijg je storingen hier. Dan zal er worden gekozen voor de mindere kwaliteit (materiaal 1). Op deze manier heb je minder negatieve gevolgen voor de treinen en reizigers. Als je wel rek in de tijd hebt, dan zal er altijd gekozen worden voor de betere kwaliteit (materiaal 2). Kwaliteit gaat voor tijd, maar beschikbaarheid van het spoor gaat boven kwaliteit. Als je tijd hebt, moet je kiezen voor de beste kwaliteit. Dit hangt van de omstandigheden af. Beschikbaarheid van het spoor is hier de centrale factor.

Uit het antwoord kan geconcludeerd worden dat beschikbaarheid van het spoor de hoogste prioriteit heeft. Hinder en vertraging brengt de beschikbaarheid in gevaar. Doel 2 wordt sterk begunstigd boven doel 3 (intensiteit 5).

Bijlage E: Uitwerking Analytical Hierarchy Process

E1: AHP interview 1

Criteria wegenen berekening				Genormaliseerd				Eigenvector / Wegingen	
AHP Matrix									
	Doel 1	Doel 2	Doel 3		Doel 1	Doel 2	Doel 3		
Doel 1	1	1/3	1/7	Doel 1	0,0909091	0,2	0,03448	Doel 1	0,11
Doel 2	3	1	3	Doel 2	0,2727273	0,6	0,72414	Doel 2	0,53
Doel 3	7	1/3	1	Doel 3	0,6363636	0,2	0,24138	Doel 3	0,36
Totaal	11	1,66666667	4,142857143	Totaal	1	1	1	Totaal	1
Consistency Ratio berekening				AHP Matrix vermenigvuldigd met Eigenvector		Gewogen som		Delen door Eigenvector	
	0,10846395	1/6	0	0,33721451		3,109	CI =	0,225	
	0,32539185	0,532288401	1,077742947	1,935423197		3,63604	CR =	0,389	
	0,759247649	1/6	0,359247649	1,295924765		3,60733	RI =	0,58	
						Gemiddelde	3,45079	n criteria =	3
								Consistent?	JA

E2: AHP interview 2

Criteria wegenen berekening				Genormaliseerd				Eigenvector / Wegingen	
AHP Matrix									
	Doel 1	Doel 2	Doel 3		Doel 1	Doel 2	Doel 3		
Doel 1	1	5	1/5	Doel 1	0,16129032	0,813953488	0,02439	Doel 1	0,33
Doel 2	1/5	1	7	Doel 2	0,03225806	0,162790698	0,853659	Doel 2	0,35
Doel 3	5	1/7	1	Doel 3	0,80645161	0,023255814	0,121951	Doel 3	0,32
Totaal	6,2	6,142857143	8,2	Totaal	1	1	1	Totaal	1
Consistency Ratio berekening				AHP Matrix vermenigvuldigd met Eigenvector		Gewogen som		Delen door Eigenvector	
	0,333211352	1,747845498	0,06344391	2,144500759		6,435857	CI =	1,898	
	0,06664227	0,3495691	2,220536842	2,636748211		7,542853	CR =	3,272	
	1,666056758	0,049938443	0,317219549	2,03321475		6,409488	RI =	0,58	
						Gemiddelde	6,796066	n criteria =	3
								Consistent?	NEE

Bijlagen

E3: Alternatief AHP interview 2

Criteria wegenen berekening											
				Genormaliseerd				Eigenvector / Wegingen			
AHP Matrix											
	Doel 1	Doel 2	Doel 3		Doel 1	Doel 2	Doel 3		Doel 1	Doel 2	Doel 3
Doel 1	1	1/5	1/5	Doel 1	0,09090909	0,14893617	0,02439	Doel 1			0,09
Doel 2	5	1	7	Doel 2	0,45454545	0,744680851	0,853659	Doel 2			0,68
Doel 3	5	1/7	1	Doel 3	0,45454545	0,106382979	0,121951	Doel 3			0,23
Totaal	11	1,342857143	8,2	Totaal	1	1	1	Totaal			1
Consistency Ratio berekening											
AHP Matrix vermenigvuldigd met Eigenvector				Gewogen som				Delen door Eigenvector			
	0,088078502	0,136858989	0,04552531	0,270462801		3,070702	CI =	0,234			
	0,440392508	0,684294947	1,593385856	2,718073312		3,972079	CR =	0,404			
	0,440392508	0,097756421	0,227626551	0,76577548		3,364175	RI =	0,58			
						Gemiddelde	3,468985	n criteria =	3		
							Consistent?	JA			

E4: AHP interview 3

Criteria wegenen berekening											
				Genormaliseerd				Eigenvector / Wegingen			
AHP Matrix											
	Doel 1	Doel 2	Doel 3		Doel 1	Doel 2	Doel 3		Doel 1	Doel 2	Doel 3
Doel 1	1	5	3	Doel 1	0,65217391	0,806451613	0,333333	Doel 1			0,60
Doel 2	1/5	1	5	Doel 2	0,13043478	0,161290323	0,555556	Doel 2			0,28
Doel 3	1/3	1/5	1	Doel 3	0,2173913	0,032258065	0,111111	Doel 3			0,12
Totaal	1,533333333	6,2	9	Totaal	1	1	1	Totaal			1
Consistency Ratio berekening											
AHP Matrix vermenigvuldigd met Eigenvector				Gewogen som				Delen door Eigenvector			
	0,59731962	1,412134435	0,36076048	2,370214534		3,968084	CI =	0,274			
	0,119463924	0,282426887	0,601267467	1,003158277		3,551922	CR =	0,473			
	0,19910654	0,056485377	0,120253493	0,375845411		3,125443	RI =	0,58			
						Gemiddelde	3,548483	n criteria =	3		
							Consistent?	JA			

Bijlagen

Bijlage F: Overzicht Klimaatadaptieve Maatregelen

Klimaat-effect / maatregel nummer	Maatregel	Bedrijf		Toepassing in project ProRail		Link met extra informatie
		Movares	ProRail	Afgerond	Lopend	
Extremen regenbuien						
1	Elektrotechnische installatie/componenten beschermen tegen hoog water door hogere plaatsing	X	X		Havenspoorlijn Maasvlakte	
2	Goede waterafvoer voor systeemkasten in het veld door gootjes	X				https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/gutters/
3	Regenwater opvangen om te gebruiken (waterbuffer)	X	X	Station Driebergen-Zeist Station Deventer	Station Wolfheze	https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/rainwater-storage-below-buildings-such-as-parking-garages/
4	Wateropvangbekkens en/of infiltratiebakken (wadi's)	X	X		PHS Nijmegen & westentree Station Wolfheze	https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/bioswales/
5	Verhardingen waterdoorlatend	X	X		PHS Nijmegen & westentree Station Wolfheze	https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/porous-paving-materials/
6	Indien mogelijk maatregelen treffen tegen bodemdaling	X				
7	Waterkwetsbaarheidsscan (Blue Label)	X				

Bijlagen

8	Aanleg groen bij spoor en stations voor infiltratie regenwater	X	X	Station Driebergen-Zeist	PHS Amsterdam-Centraal PHS Alkmaar-Amsterdam PHS Nijmegen & westentree	https://www.spoorbeeld.nl/inspiratie/landschapsplan-voor-het-spoor https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/more-natural-traffic-spaces/
9	Aanleg plastic pad van PlasticRoad dat water vast kan houden		X		Proef emplacement bij Binckhorst Den Haag	https://www.prorail.nl/nieuws/wereldprimeur-met-duurzame-paden-langs-het-spoor
10	Aanleg groene daken voor bufferen neerslag	X	X	Station Assen	PHS Alkmaar-Amsterdam	https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/green-roofs/
11	Aanleg waterdaken voor bufferen neerslag					https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/water-roofs-2/
12	Wateropvangende tram- of bushalte					https://klimaatadaptatienederland.nl/@190557/tramhalte-delft/
13	Aanleg tijdelijke multifunctionele regenwaterbuffers					https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/designing-temporary-rainwater-buffers/
Extreme hittegolven						
14	Verven van roestvrijstalen kasten en spoorstaven		X		In onderzoek	https://www.railway-technology.com/analysis/solution-to-overheated-rail-tracks/
15	Aanleg groen bij spoor en stations voor vermindering hittestress	X	X	Station Driebergen-Zeist	PHS Amsterdam Centraal PHS Alkmaar-Amsterdam PHS Nijmegen & westentree	https://www.spoorbeeld.nl/inspiratie/landschapsplan-voor-het-spoor https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/more-natural-traffic-spaces/
16	Meer schaduw aanbrengen door		X	Station Assen	Station Wolfheze	https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/constructed-blinds/

Bijlagen

	overkappingen, begroeiing etc.					
17	Gebouwen afkoelen door groen dak, waterdak, groene gevels, lichtere kleuren etc.	X	X	Station Assen	PHS Alkmaar-Amsterdam	https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/
Extreme droogte						
18	Regenwater opvangen om te gebruiken (waterbuffer)	X	X	Station Driebergen-Zeist Station Deventer	Station Wolfheze	https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/rainwater-storage-below-buildings-such-as-parking-garages/
19	Blusvoorzieningen op strategische plaatsen					
Stormen						
20	Beveiliging electronica langs spoorbaan tegen bliksem		X		Havenspoorlijn Maasvlakte	
21	Vermijden/weghalen bomen of andere objecten die op spoorbaan kunnen vallen					