

Nota toelichting MKI-berekeningen

STERKE LEKDIJK

Irenesluis - Culemborgse Veer



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

Nota MKI-berekening verkenning dijkversterking Irenesluis – Culemborgse Veer

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Poldermolen 2
3994 DD Houten

030 634 57 00 T
sterkelekdijk@hdr.nl E
hdr.nl/sterkelekdijk W



**STERKE
LEKDIJK**

Titel: Nota MKI verkenning dijkversterking Irenesluis – Culemborgse Veer

Kenmerk: 1950182

Versie: 25 mei 2023

Datum: Dijkversterking Irenesluis – Culemborgse Veer

Projectnaam: B11706

Projectnummer: 120612

Opgesteld door: Michiel Wolbers en Caspar Aardenburg

Gecontroleerd door: Royal HaskoningDHV

Inhoudsopgave

1	MKI: Berekenen van de milieu-impact van ontwerpen	4
1.1	MKI: Berekenen van milieu-impact van ontwerpen	4
2	MKI-berekening in dijkversterkingsprojecten met DuboCalc	6
3	Resultaten van MKI-berekeningen voor kansrijke oplossingen	8
3.1	MKI kansrijke oplossingen	8
3.2	Innovaties damwanden	9
4	Voorkeursvarianten	10
4.1	MKI per variant	10
4.2	Inzet elektrisch materieel	11



1 MKI: Berekenen van de milieu-impact van ontwerpen

1.1 MKI: Berekenen van milieu-impact van ontwerpen

De milieu-impact van het materiaalgebruik en het energieverbruik in ontwerpen is te duiden door middel van de milieukostenindicator (MKI). De MKI-waarde kan worden berekend in het programma Duurzaam Bouwen Calculator (DuboCalc). DuboCalc is ontwikkeld door Rijkswaterstaat en wordt gebruikt om de milieueffecten van ontwerpen in de grond-, weg- en waterbouw te berekenen en te vergelijken. De software berekent alle milieueffecten van het materiaal- en energieverbruik van winning tot aan de sloop- en hergebruikfase. De milieueffecten worden m.b.v. schaduwrijzen berekend tot een MKI-waarde, welke uiteindelijk wordt uitgedrukt in euro's. De schaduwrijzen weerspiegelen de kosten die de maatschappij op zou moeten brengen om milieudoelen te bewerkstelligen. Uiteindelijk geldt, hoe lager de MKI-waarde, hoe duurzamer het ontwerp.

De methodiek van MKI is gebaseerd op de rekenmethodiek van Levenscyclusanalyse (LCA) gespecificeerd in de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken. Door elf milieueffecten om te rekenen naar schaduwrijzen is het vergelijken van functionele eenheden van de verschillende milieueffecten mogelijk. In tabel 1 zijn de schaduwrijzen per milieueffect weergegeven. De schaduwrijzen zijn door CE Delft en Rijkswaterstaat opgesteld.

Tabel 1-1: Eenheden en schaduwrijzen van de 11 milieueffectcategoriën onder de MKI.

Milieueffectcategorie	Eenheid equivalent ¹ (kg)	Weegfactor in € / kg eq.
<i>Uitputting abiotische grondstoffen</i>	Sb	€ 0,16
<i>Uitputting fossiele energiedragers</i>	Sb	€ 0,16
<i>Klimaatverandering</i>	CO ₂	€ 0,05
<i>Aantasting ozonlaag</i>	CFK-11	€ 30,00
<i>Smogvorming</i>	C ₂ H ₄	€ 2,00
<i>Verzuring</i>	SO ₂	€ 4,00
<i>Vermesting</i>	PO ₄	€ 9,00
<i>Humane toxiciteit</i>	1,4-DCB	€ 0,09
<i>Zoetwater aquatische ecotoxiciteit</i>	1,4-DCB	€ 0,03
<i>Marien aquatische ecotoxiciteit</i>	1,4-DCB	€ 0,00001
<i>Terrestische ecotoxiciteit</i>	1,4-DCB	€ 0,06

De milieueffecten worden berekend over de gehele levensduur van een product afgezien het beheer en onderhoud. In tabel 2 zijn de verschillende fases van een levenscyclusanalyse weergegeven

In de komende paragrafen wordt ingegaan op de specifieke milieu-impactberekening voor het project Irensluis-Culemborgse Veer (ICU). In tabel 2 is met een vink is aangegeven welke desbetreffende fase is meegenomen in de berekening.

¹ Meerdere stoffen die onder dezelfde milieueffectcategorie vallen worden ondergebracht onder een equivalente eenheid. Zo worden de broeikasgassen methaan (CH₄) en stikstofoxiden (NO_x) vertaald naar het equivalente broeikas effect van broeikasgas koolstofdioxide (CO₂).

Tabel 1-2: Beschouwde levenscyclusfases van het werk ICU voor de MKI-berekening.

	Productie		Bouw		Gebruik	Sloop en verwerking			Hergebruik
Winning van grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw	Onderhoud, vervangingen & beheer	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Recycling & hergebruik
✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓

2 MKI-berekening in dijkversterkingsprojecten met DuboCalc

In opdracht van de Unie van Waterschappen (UvW) is in 2019 door Royal HaskoningDHV DuboCalc geschikt gemaakt voor het maken van MKI-berekeningen in de verkenningsfase van dijkversterkingsprojecten. Voor de berekeningen zijn UvW-uitgangspunten vastgesteld, zoals het gemiddelde soortelijk gewicht van materialen, de transportafstand voor het grondverzet, de afmetingen en het type materiaal. De uitkomsten van dit traject zijn gebruikt als basis voor het maken van de MKI-berekeningen voor het project ICU.

De MKI-berekeningen zijn gemaakt op basis van de milieudata uit DuboCalc (versie 6.0 - Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.4 – d.d. 04-11-2022 aangevuld met data uit Ecoinvent 3.6. In deze milieudatabases staan productkaarten van diverse items, zoals stalen damwanden. Voor deze producten is de MKI-waarde berekend voor een vaste eenheid (ton, kg, m3, m2, m1) en met bepaalde vaste uitgangspunten (verhouding primair / gerecycled staal, energie benodigd bij productie, transportafstand en -middel, etc.). Qua materieelinzet is er gerekend met elektrisch materieel op 100% hernieuwbare stroom afkomstig van Nederlandse windenergie op zee. In Paragraaf 4.2 is aangegeven wat de MKI score is wanneer het niet mogelijk is om met elektrisch materieel op 100% hernieuwbare stroom afkomstig van Nederlandse windenergie op zee in te zetten.

Voor de dijkversterking ICU zijn voor vier locaties (1a, 3, 4 en 6) met een tot drie kansrijke oplossingen (constructie, pipingberm en/of voorlandverbetering) de MKI-waarde doorgerekend. In figuur 2-1 zijn de ligging van de locaties en de verschillende kansrijke oplossingen weergegeven per locatie. Voor meer informatie over de kansrijke oplossingen en het VKA zie Nota Voorkeursalternatief project Irenesluis-Culemborgse Veer.

Voor locatie 2b is de piping opgave pas recent boven gekomen. Door een aanpassing van de uitgangspunten in de geotechnische berekeningen. Hierdoor is het voor het project niet mogelijk geweest om voor deze locatie de kansrijke oplossingen te bepalen en de keuze voor VKA vast te stellen. Dit wordt doorgeschoven naar de planuitwerkingsfase. Voor locatie 3 is de VKA-keuze sterk afhankelijk van het voorlandonderzoek dat pas in het najaar van 2023 kan worden uitgevoerd. De VKA-keuze is daarom voor deze locaties 2b en 3 niet in deze rapportage opgenomen en zal pas in de planuitwerking worden gemaakt.

Voor de dijkversterking is gerekend met een projectlevensduur van 100 jaar. In de berekening is beheer en onderhoud buiten beschouwing gelate, aangezien in elk onderzochte variant dezelfde groenvoorziening wordt aangebracht die op dezelfde wijze wordt beheerd.



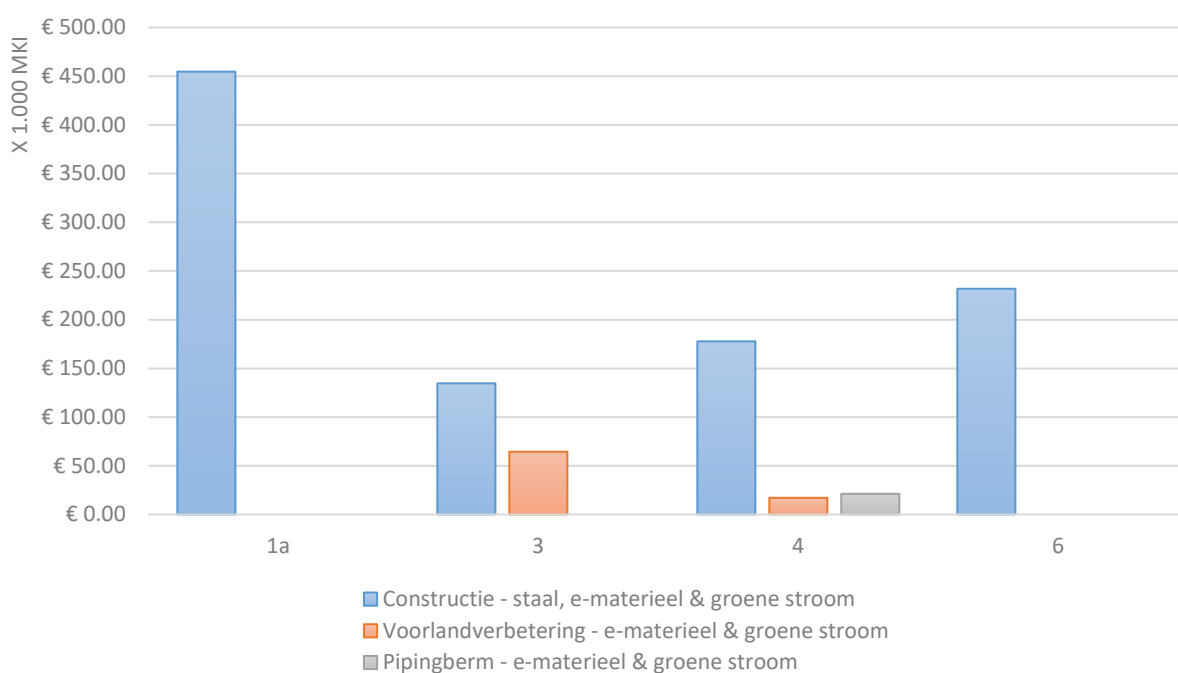
Figuur 2-1: De onderzochte locaties met de kansrijke oplossingen binnen het dijkversterkingsproject ICU.

3 Resultaten van MKI-berekeningen voor kansrijke oplossingen

Per locatie en per kansrijke oplossing voor het project ICU is een MKI-berekening opgesteld, gebaseerd op de materiaalhoeveelheden die ten grondslag liggen aan de SSK-ramingen van het werk. Daarnaast zijn er specifiek voor de constructieve oplossingen, verschillende typen damwanden onderscheiden in de MKI-berekening. Hiermee kan onderscheiden worden welk type damwand de hoogste milieu-impact heeft en waar additonele milieuwinst te behalen is.

3.1 MKI kansrijke oplossingen

In Figuur 3-1 en tabel 3 zijn de MKI-waarden per oplossing per locatie weergegeven. Hierbij is gekeken wat de milieu-impact is over de volledige lengte van het betreffende locatie. De locatie 1a en 6 hebben gemiddeld genomen voor de verschillende oplossing de grootste totale milieu-impact. De oplossingen per locatie worden aangelegd met elektrisch materieel op hernieuwbare stroom (100% Nederlandse windstroom van zee).



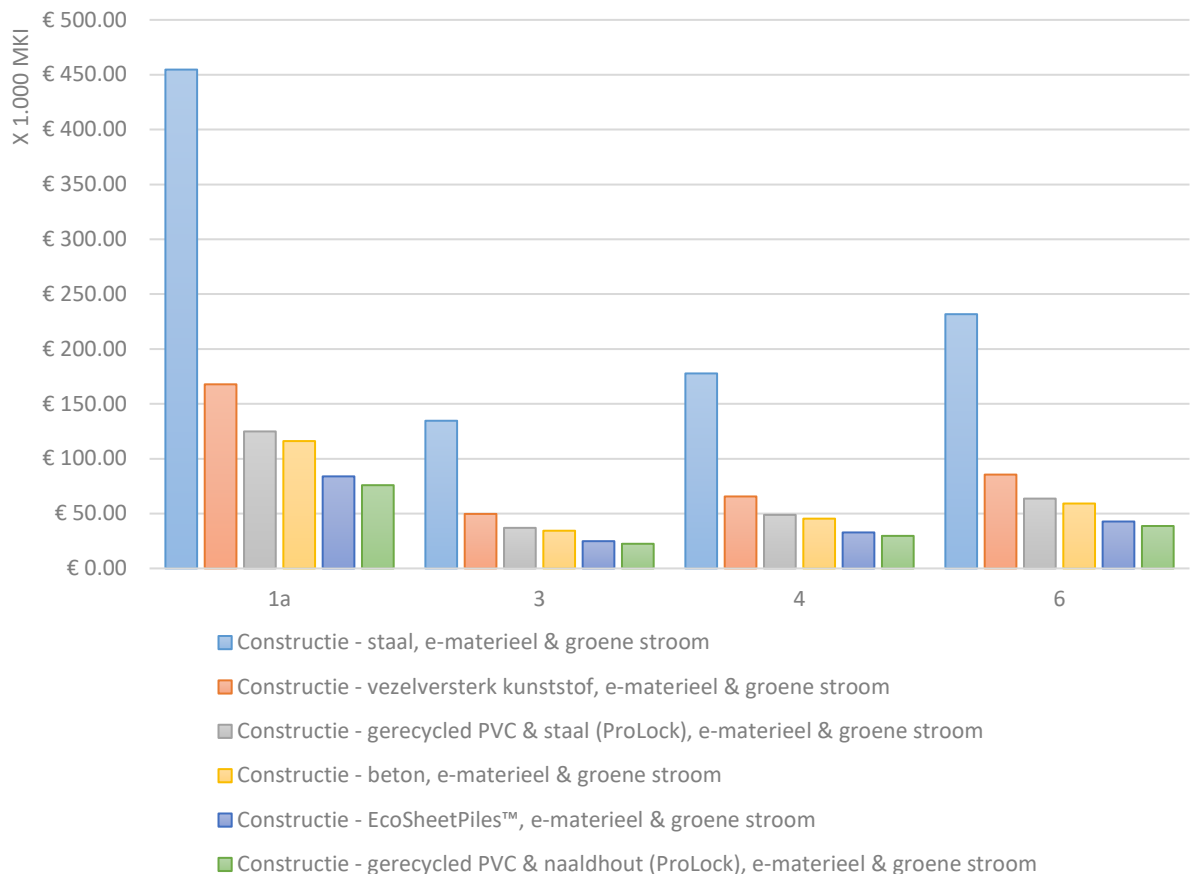
Figuur 3-1: Totale MKI-waarden kansrijke oplossingen per locatie.

Tabel 3-1: Uitkomsten totale MKI-waarden per locatie en kansrijke oplossing.

Locatie / Kansrijke oplossing	Constructie	Pipingberm	Voorlandverbetering
1a	€ 454.692 MKI	€ 0.000 MKI	€ 0.000 MKI
3	€ 134.606 MKI	€ 0.000 MKI	€ 64.409 MKI
4	€ 177.730 MKI	€ 21.174 MKI	€ 17.083 MKI
6	€ 231.737 MKI	€ 0.000 MKI	€ 0.000 MKI

3.2 Innovaties damwanden

In figuur 3-2 staan verschillende typen damwanden en hun MKI-waarden uiteengezet per locatie. Hieruit komt naar voren dat de conventionele, stalen damwand verreweg de hoogste milieu-impact me zich meebrengt bij alle drie de locaties. Er kan veel winst op de MKI-waarden behaald worden door een van de vijf alternatieve damwanden (innovaties binnen het programma Sterke Lekdijk) te hanteren die onderzocht zijn. De typen damwanden die het beste uit de bus komen zijn stalen damwanden geproduceerd op hernieuwbare stroom (EcoSheetPiles™) en de damwanden van gerecycled PVC met naaldhouten palen (ProLock). Alle typen damwanden kunnen worden aangelegd met elektrisch materieel op hernieuwbare stroom (100% Nederlandse windstroom van zee). Hier is ook mee gerekend in deze variantenafweging.



Figuur 3-2: Totale MKI-waarden per toepassing type damwand uitgezet per locatie.

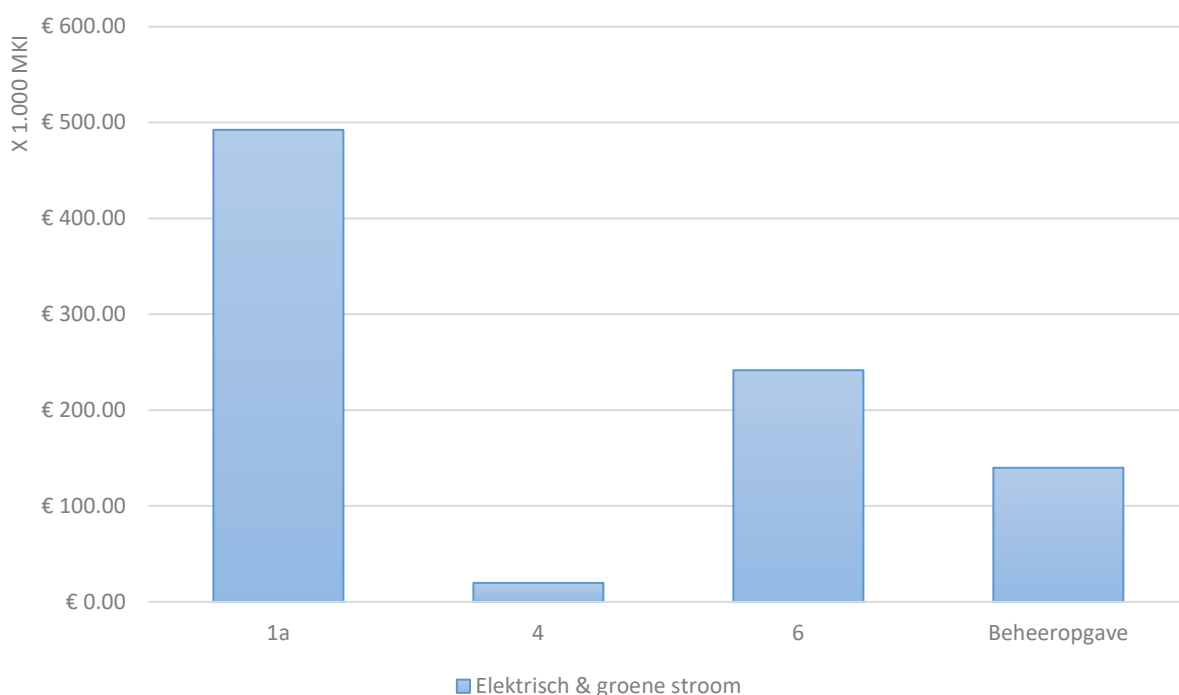
4 Voorkeursvarianten

Voor de locaties 1a, 4 en 6 is er een voorkeursalternatief (VKA) geselecteerd. Daarnaast behoort de beheeropgave ook tot het VKA. De totale MKI-waarde per locatie zijn met de definitieve SSK-ramingen van het VKA opnieuw doorgerekend. Voor meer informatie over het VKA zie [Nota Voorkeursalternatief project Irenesluis-Culemborgse Veer](#). Daarnaast is er een vergelijkingsanalyse opgesteld om het effect van de inzet van elektrisch materieel op hernieuwbare stroom van 100% Nederlandse windenergie op zee te inventariseren.

4.1 MKI per variant

Voor het VKA zijn vergelijkbare MKI-berekeningen gemaakt als voor de kansrijke oplossingen. Voor het maken van de MKI-berekeningen zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd voor de MKI-berekeningen van de kansrijke oplossingen, maar met de materiaalhoeveelheden uit de definitieve SSK-ramingen voor het VKA. De MKI-waarden van de oplossingen in het VKA wijken af van de kansrijke oplossingen doordat de oplossingen in het VKA in meer detail zijn uitgewerkt.

In figuur 4-1 en tabel 4-1 zijn de totale MKI-waarden van het VKA per locatie weergegeven. Hierbij is er uitgegaan van inzet van elektrisch materieel op hernieuwbare stroom van 100% Nederlandse windenergie op zee.



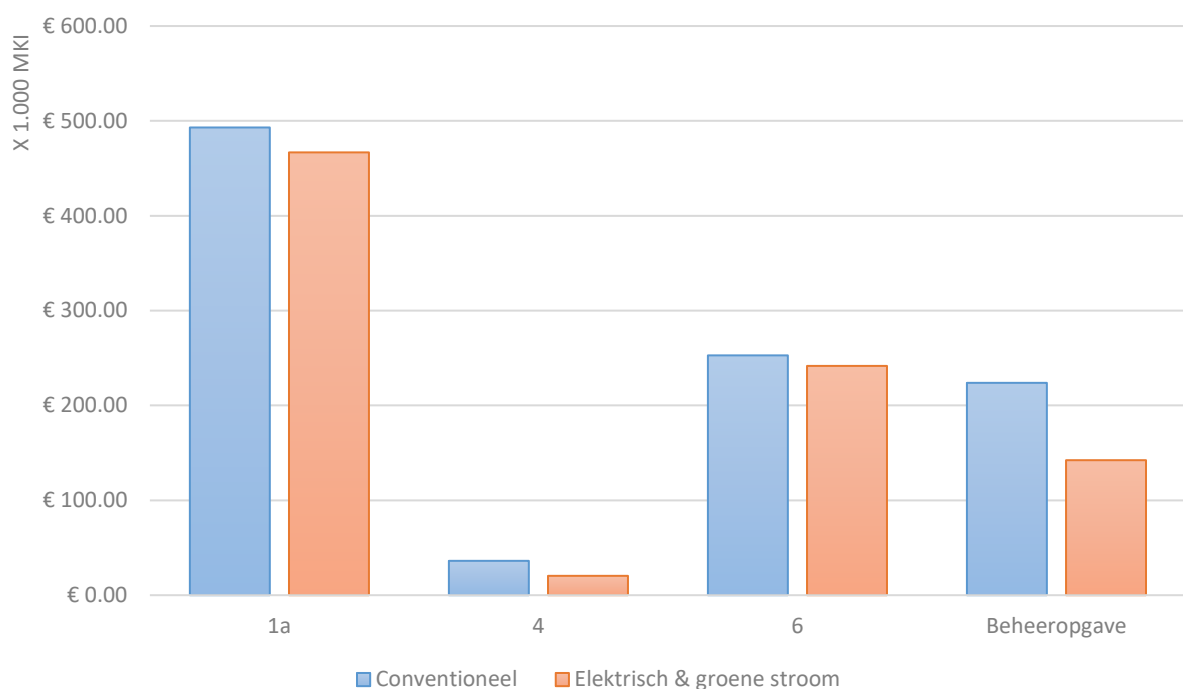
Figuur 4-1: Totale MKI-waarden VKA per locatie (inzet hernieuwbare stroom).

Tabel 4-1: Totale MKI-waarden voorkeursvarianten voor het project ICU (inzet hernieuwbare stroom).

Locatie	Totale MKI-waarde [€]
1a	€ 466.797 MKI
4	€ 20.379 MKI
6	€ 241.709 MKI
beheeropgave	€ 142.309 MKI

4.2 Inzet elektrisch materieel

HDSR heeft de ambitie om bij de uitvoering van het werk in te zetten op inzet van volledig elektrisch materieel op hernieuwbare stroom in de bouwfase. De milieuwinst die behaald kan worden door de inzet van elektrisch materieel op hernieuwbare stroom staat uiteengezet in figuur 4-2. Het effect van de inzet van elektrisch materieel op hernieuwbare stroom is het grootst bij de locaties waar vooral grondverzet nodig zal zijn, aangezien de milieu-impact daar voornamelijk in de bouwfase zit. Dit is vooral het geval voor de beheeropgave en locatie 4 (voorlandverbetering). Bij de oplossingen voor constructie zit de meeste milieu-impact in de productie van het staal voor de stalen damwand. Hierdoor komt de milieuwinst die behaald wordt door de inzet van elektrisch materieel relatief lager uit. Er is bij de berekening gerekend met elektrische vrachtwagens, graafmachines, bulldozers, wiellaadschoppen en heistellingen ten opzichte van hetzelfde materieel met stageklasse IIIb draaiend op conventionele diesel. De stroom wordt vergaard uit 100% Nederlandse windstroom van zee.



Figuur 4-2: MKI-waarden voorkeursalternatieven met inzet elektrisch materieel (op hernieuwbare stroom) t.o.v. conventioneel materieel (EURO5/Stage IIIb – diesel).