Update addendum verduurzaming veren over het IJ: additionele varianten

Introductie & leeswijzer
In 2019 zijn verschillende varianten onderzocht voor de aanbestedingen van nieuwe veren over het IJ. De resultaten daarvan zijn opgenomen in de rapportage '*Verduurzaming veren over het IJ* (fase 1)' (december 2019). De gemeente heeft gevraagd om een update van die rapportage. De motivatie hiervoor is drieledig. Ten eerste is er een update van de verenstrategie waardoor de vlootcapaciteit (het benodigde aantal veren) is veranderd. Daarnaast is er nieuw verkregen kosteninformatie uit de aanbesteding van de NZK-veren in 2020. Ten derde is de verduurzamingsambitie van het Amsterdams bestuur veranderd ten opzichte van de eerdere varianten.
Op basis van de nieuw verkregen informatie zijn in samenwerking met het programma Veren van de gemeente Amsterdam drie nieuwe varianten opgesteld:

1) Een update van de Business as usual (BAU)-variant. Deze variant betekent op hoofdlijnen dat er op diesel varende serie-hybride veren ingezet (blijven) worden; ook voor nieuwe veren. Er zijn twee aanpassingen ten opzichte van de BAU-variant uit de eerdere rapportage. Ten eerste komt het aantal veren benodigd voor capaciteit uit op 18 veren in 2030 t.o.v. van de 17 veren in de eerdere rapportage. Ten tweede, worden de type 50 veren die nog 'gerefit' kunnen worden (4 stuks) verlengd en komt er een nieuwe diesel aandrijflijn in. In de oudere rapportage werd voor die veren uitgegaan van een seriehybride aandrijflijn (conform huidige type 60 veer).

2) In de tweede variant worden alle nieuw aan te schaffen veren verduurzaamd, middels een elektrische aandrijving[1]. De vier oudere veren (type 50) zullen worden verlengd, waarbij er een vernieuwde diesel aandrijflijn wordt gebruikt (overeenkomstig met de nieuwe BAU-variant). Deze oudere veren worden niet verduurzaamd. Dit betekent dat slechts een deel van de veren volledig uitstootvrij zal varen.

3) De derde variant is een variant met als doelstelling de volledige vloot te verduurzamen naar zero emissie. In deze variant zullen alle veren elektrisch worden aangedreven; zowel nieuwe als reeds varende veren. Vanaf de start van het jaar 2029 zullen alle veren zijn verduurzaamd.

Leeswijzer
Hierna volgt een samenvatting van het uitgevoerde onderzoek. In hoofdstuk 1 worden de varianten in detail toegelicht. Hier worden de totaalaantallen in de vloot weergegeven en de in- en uitstroommomenten. In Hoofdstuk 2 worden de kosten per variant weergegeven. Deze worden opgesplitst in investeringskosten en operationele kosten. In hoofdstuk 3 worden de maatschappelijke kosten behandeld. Afsluitend worden in hoofdstuk 4 de belangrijkste conclusies weergegeven.

[1] Om te voldoen aan vigerende regelgeving hebben de veren een noodaggregaat aan boord. Deze zal, zoals de naam weergeeft, niet voor de reguliere diensten ingezet worden, maar enkel in uitzonderingsgevallen.

Inhoudsopgave

Update addendum verduurzaming veren over het IJ: additionele varianten 1

1. Overzicht varianten 4

1.1 Additionele variant 1: BAU nieuw 4

1.2 Additionele variant 2: Verduurzaming nieuwe veren 5

1.3 Additionele variant 3: Verduurzaming gehele vloot 6

2. Kosten per variant 7

2.1 Investeringen voor veren per variant 7
2.2 Investeringskosten laadinfrastructuur 9

2.3 Totale investeringskosten per variant 11
2.4 Energiekosten per variant 12
2.5 Onderhoudskosten veren 12
2.6 Operationele kosten laadinfrastructuur 13
2.7 Totale operationele kosten 14
2.8 Totaalkosten per variant 15
2.9 Onzekerheden en marges 16

3. Maatschappelijke kosten 19

4. Conclusies 21

Auteurs:
Michiel Aldenkamp
Rutger Beekman
Laurens van Mourik

Update type nummering:

Typenummer	Beschrijving
30'er	Huidig type 30 veer dat momenteel nog in de vaart is (2 veren). Dit zijn de oudste veren in de vloot en worden in alle hier geschetste varianten vervangen.
50'er	Huidige type 50 dat momenteel in de vaart is (7 veren). De 3 oudste type 50 veren worden de komende jaren uitgefaseerd. Wanneer de vier 'jongste' 50'ers worden verlengd en er een nieuwe dieselmotor wordt geïnstalleerd (variant 1 en variant 2) zal dit een type 50 blijven.
60'er	Huidig type 60 veren dat momenteel in de vaart is (7 veren; serie-hybride).
70'er	Een type 50 veer die verlengd is en omgebouwd naar een plug-in elektrische veer.
80'er	Een type 60 veer die is omgebouwd naar een plug-in elektrische veer.
90'er	Een nieuwgebouwde plug-in elektrische veer.

1. Overzicht varianten

In onderstaand worden de drie nieuwe varianten in detail toegelicht.

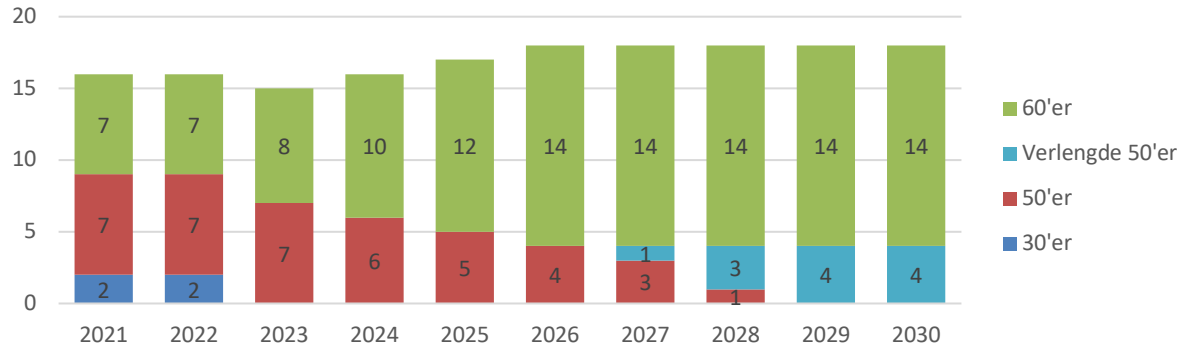
1.1 Additionele variant 1: BAU nieuw

Deze variant dient als vertrekpunt voor de berekeningen van de kosten van verduurzaming. De variant houdt rekening met de benodigde groei in het aantal veren om aan de capaciteitsvraag te voldoen: van 16 veren in 2021 naar 18 veren in 2026[2].

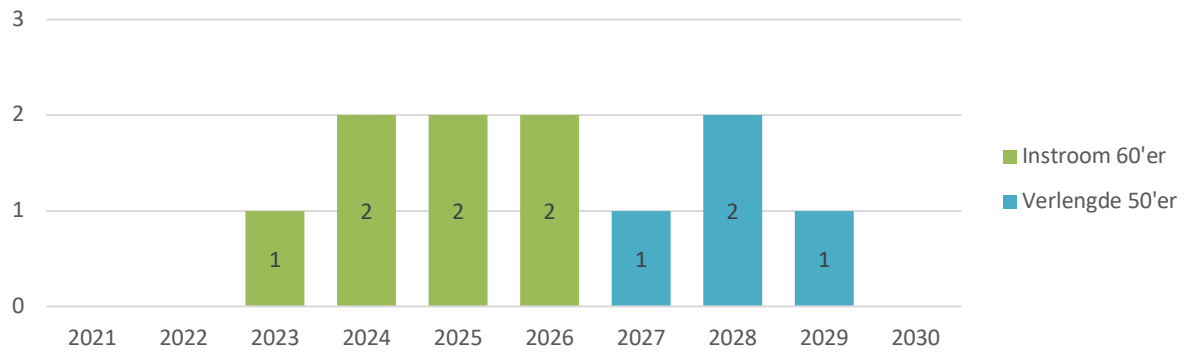
Deze variant houdt geen rekening met verdere verduurzaming: de vloot wordt uitgebreid met additionele serie-hybride type 60 veren. Figuur 1 geeft het benodigde aantal veren per jaar weer voor deze variant.

- 50'ers worden aan het einde van hun technische levensduur verlengd en van een nieuwe dieselmotor voorzien. Dit geldt voor 4 van de huidige 7 stuks type 50 veren. 3 Type 50 veren zijn te oud om nog langer in de vaart te houden.
- De nieuw aan te schaffen veren zijn serie-hybride veren type 60; overeenkomstig de huidige op diesel varende serie-hybride type 60 veren.

De vlootsamenstelling die bij deze variant hoort staat weergegeven in Figuur 1. De bijbehorende instroom (aankoop en ombouw) is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 1: Vlootsamenstelling voor de variant "BAU nieuw" tot en met 2030



Figuur 2: Instroom van nieuwe veren en de ombouw van veren van de variant "BAU nieuw" tot en met 2030

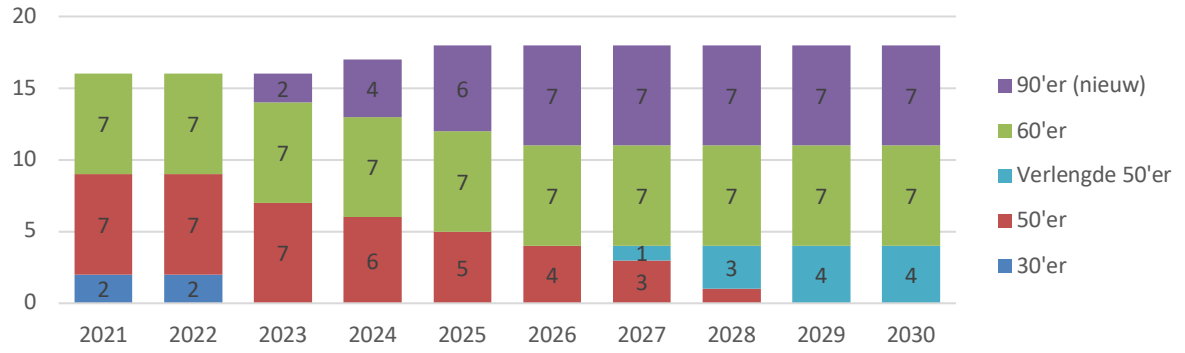
[2] NB in de jaren 2026 t/m 2028 zijn telkens één tot twee veren niet inzetbaar in verband met de benodigde grootschalige renovatie/refit en/of accuvervanging van de oudere veren

1.2 Additionele variant 2: Verduurzaming nieuwe veren

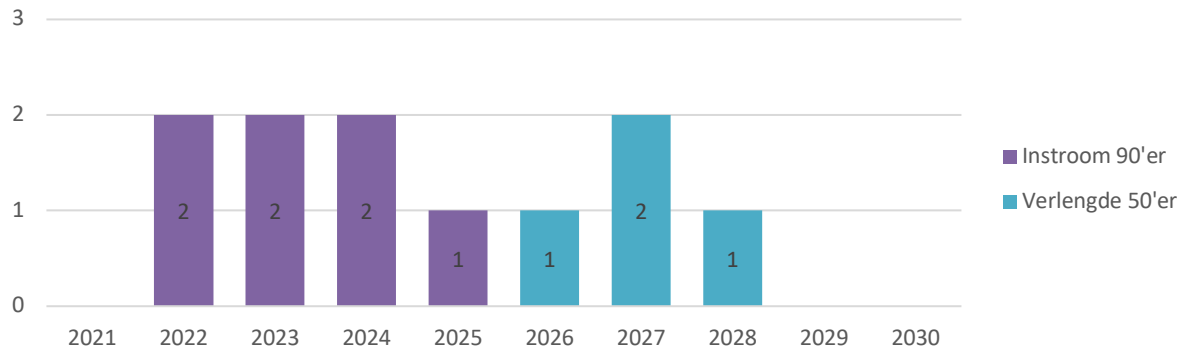
Deze variant houdt het volgende in:

- Nieuw aan te schaffen veren zijn uitstootvrij (batterij-elektrisch: type 90);
- De vier jongste type 50 veren worden verlengd, zodat ze dezelfde passagierscapaciteit krijgen als de 60'ers. De dieselaandrijflijn wordt gemoderniseerd, maar het blijven (niet uitstootvrije) dieselveren (type 50'ers).
- De 60'ers worden niet omgebouwd. Dit blijven op diesel varende serie-hybride vaartuigen (60'ers).

Belangrijk om te benadrukken is dat er bij deze variant geen sprake is van een volledig uitstootvrije vloot, door de aanwezigheid van diesel- en serie-hybride veren. De vloot verschoont ten opzichte van de huidige samenstelling door de komst van minder uitstoot genererende aandrijflijnen, maar blijft uitstoot generen: CO_2 en luchtkwaliteits-beperkende emissies. De vlootsamenstelling staat weergegeven in onderstaande Figuur 3[3]. De bijbehorende instroom (aankoop en ombouw) is weergegeven in Figuur 4. De nieuwe type 90 veren zullen zo effectief mogelijk worden ingezet, door ze in te zetten op zwaarbelaste verbindingen. Hierdoor wordt het duurzaamheidsvoordeel in termen van uitstootbesparing maximaal benut. Ze zullen, zoals nu voorzien, worden ingezet op de lijnen Buiksloterwegveer en IJpleinveer, waar dan ook laadinfrastructuur zal moeten worden gerealiseerd. Door de ruimtelijke impact en beperking in het net zal de laadinfrastructuur voor beide diensten aan de noordzijde van het IJ worden gerealiseerd.



Figuur 3: Vlootsamenstelling voor de variant "verduurzaming nieuwe veren" tot en met 2030



Figuur 4: Instroom van nieuwe veren en de ombouw van veren van de variant "verduurzaming nieuwe veren" tot en met 2030

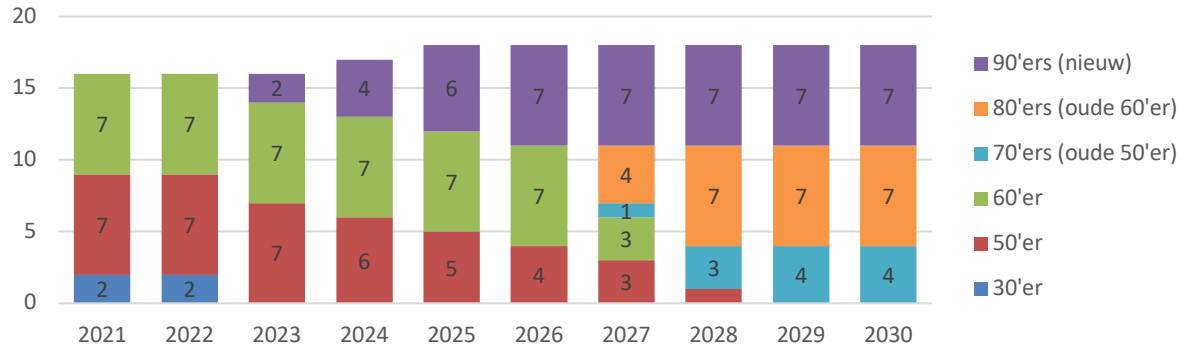
[3] NB in de jaren 2026 t/m 2028 zijn telkens één tot twee veren niet inzetbaar in verband met de benodigde grootschalige renovatie/refit en/of accuvervanging van de oudere veren.

1.3 Additionele variant 3: Verduurzaming gehele vloot

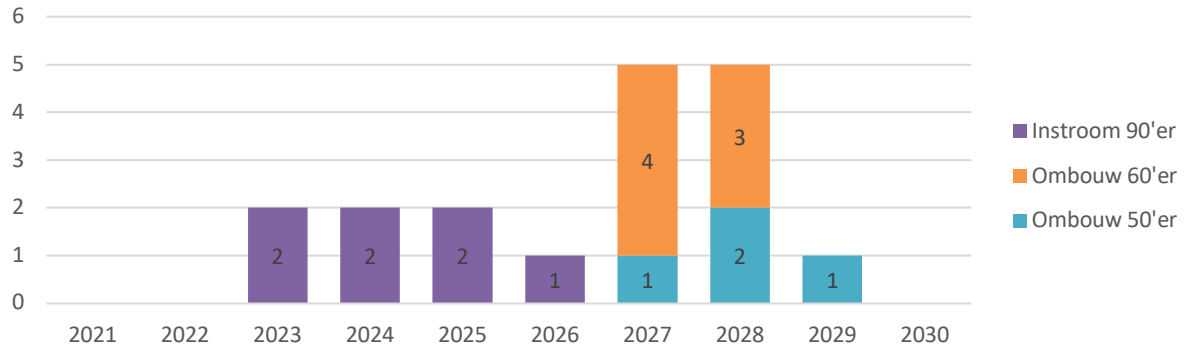
Het uitgangspunt van de derde variant is dat de gehele vloot verduurzaamd is voor het jaar 2028, op basis van plug-in hybride elektrische veren.

- Nieuw aan te schaffen veren zijn uitstootvrij (90'ers);
- De 50'ers worden verlengd en verduurzaamd naar een volledig uitstootvrije veer (70'ers)
- De 60'ers worden omgebouwd naar uitstootvrije 80'ers

De vlootsamenstelling die bij deze variant hoort staat weergegeven in Figuur 5. De bijbehorende instroom (aankoop en ombouw) is weergegeven in Figuur 6[4].



Figuur 5: Vlootsamenstelling voor de variant "Verduurzaming gehele vloot" tot en met 2030



Figuur 6: Instroom van nieuwe veren en de ombouw van veren van de variant "Verduurzamen gehele vloot" tot en met 2030

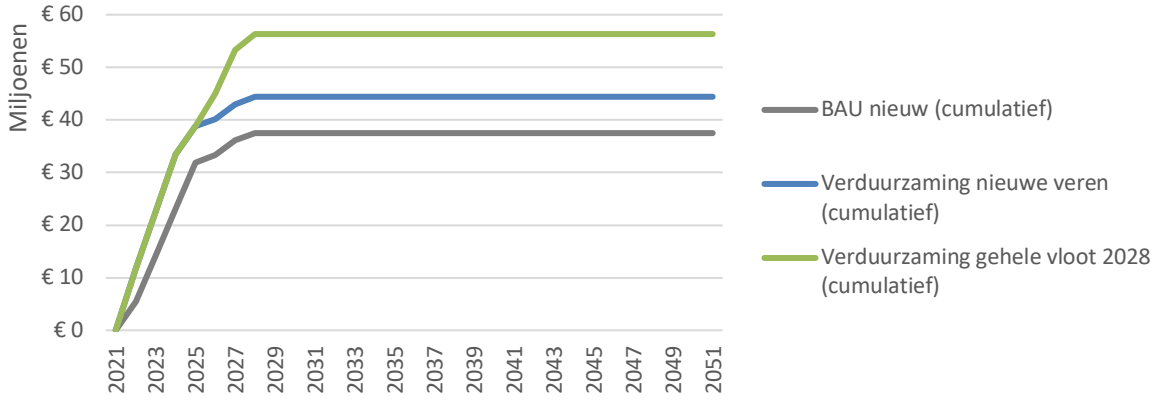
[4] NB in de jaren 2026 t/m 2028 zijn telkens één tot twee veren niet inzetbaar in verband met de benodigde grootschalige renovatie/refit en/of accuvervanging van de oudere veren.

2. Kosten per variant

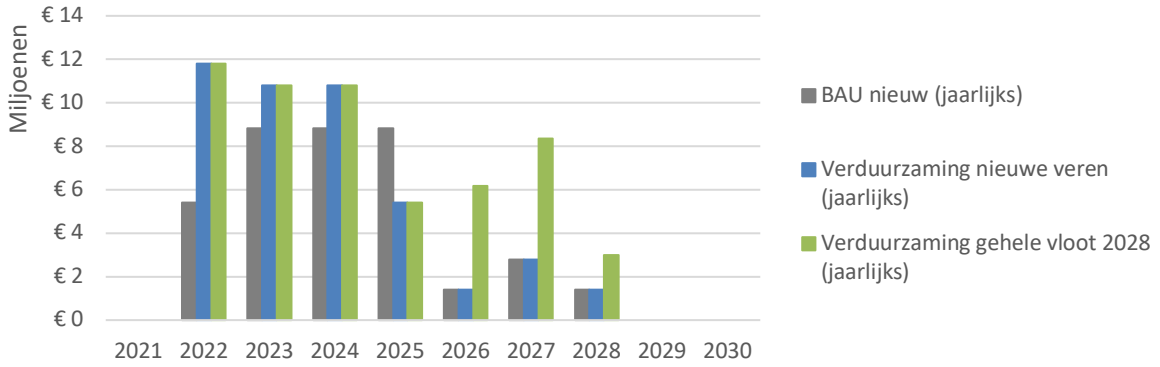
Op basis van de beschreven varianten zijn de kosten berekend. De berekeningen zijn de *Total Cost of Ownership* (TCO) waarbij alle kosten over de levensduur van het verensysteem worden berekend. Dit gebeurt volgens dezelfde methodiek als in de rapportage van fase 1: investeringen, vervangings- en onderhoudskosten over een periode van 30 jaar (tot en met 2050).
Als eerste zijn de investeringen van de verschillende varianten met elkaar vergeleken: investeringen in veren, investeringen in laadinfrastructuur en totale investeringskosten. Vervolgens worden de operationele kosten geduid: energiekosten, operationele kosten veren, operationele kosten van de laadinfrastructuur en de totale operationele kosten.

2.1 Investeringen voor veren per variant

In Figuur 7 zijn per variant de investeringen voor veren weergegeven. Dit zijn de cumulatieve investeringskosten. In Figuur 8 worden de investeringen per jaar weergegeven; deze worden ook weergegeven in Tabel 1.



Figuur 7: Investeringskosten voor de veren voor de verschillende varianten tot en met 2050



Figuur 8: benodigde investering per jaar voor de aankoop of ombouw van veren voor de verschillende varianten tot en met 2030.

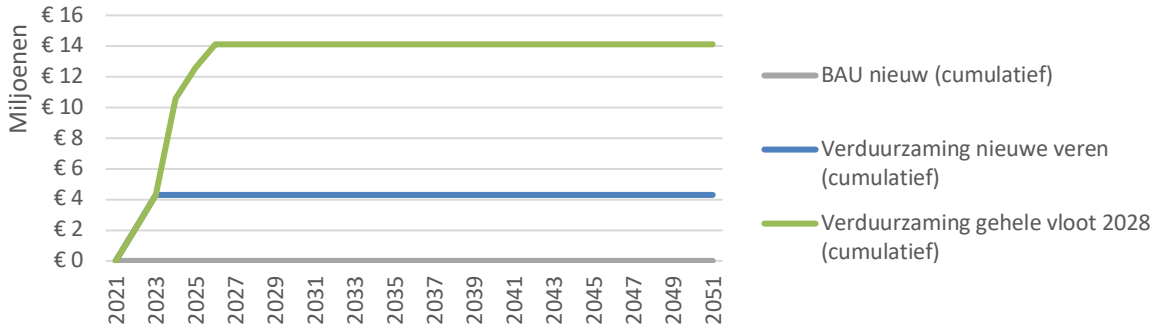
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Totale investering t/m 2030
BAU (nieuw)	€ 0	€ 5,4	€ 8,8	€ 8,8	€ 8,8	€ 1,4	€ 2,8	€ 1,4	€ 0	€ 0	€ 37,5
Verduurzaming nieuwe veren	€ 0	€ 11,8	€ 10,8	€ 10,8	€ 5,4	€ 1,4	€ 2,8	€ 1,4	€ 0	€ 0	€ 44,4
Verduurzaming gehele vloot	€ 0	€ 11,8	€ 10,8	€ 10,8	€ 5,4	€ 6,2	€ 8,4	€ 3	€ 0	€ 0	€ 56,3

Tabel 1:Jaarlijkse en totale investeringen voor de aankoop en ombouw van veren voor de verschillende varianten tot en met 2030 in miljoenen euro's

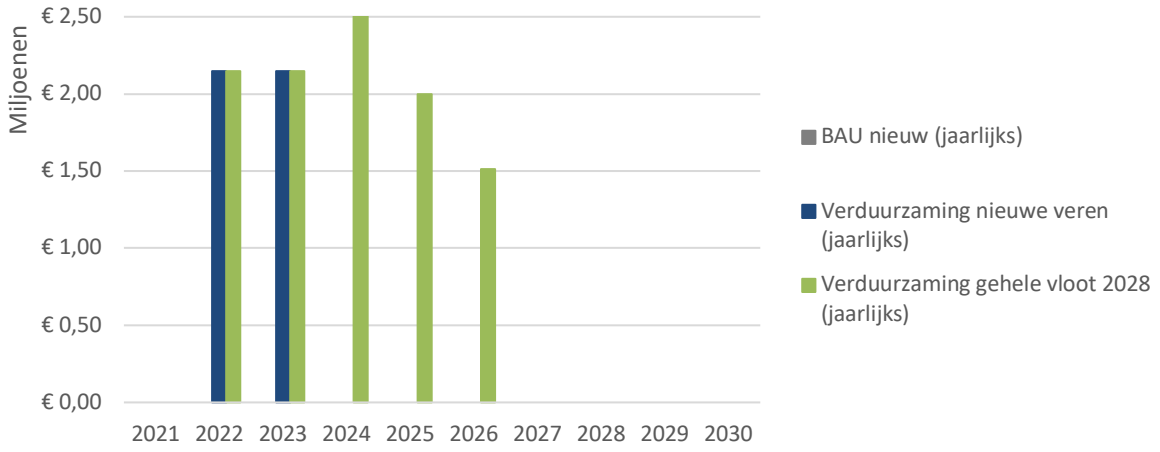
Zoals te zien in de figuren en tabel is de BAU (nieuw) variant de variant met de minste investeringskosten. De variant waarbij de nieuwe veren worden verduurzaamd hebben iets hogere investeringskosten, gevolgd door de variant waarbij de gehele vloot wordt verduurzaamd.
Het verschil in investeringskosten tussen de BAU (nieuw) variant en *verduurzaming nieuwe veren* komt door de verschillende kosten voor de aanschaf van een type 60 veer (BAU) en een type 90 veer (Verduurzaming nieuwe veren). Het verschil tussen de twee varianten komt neer op ongeveer € 6,9 miljoen (~€ 1 miljoen per nieuw aan te schaffen veer). Het verschil tussen de varianten *verduurzaming nieuwe veren* en *verduurzaming gehele vloot* is een verschil van € 11,9 miljoen. Dit komt omdat de vier type 50 veren naast hun verlenging ook elektrisch worden gemaakt. Kosten hiervoor zijn ongeveer € 3,0 miljoen euro ten opzichte van de € 1,4 miljoen voor verlengen en verschonen van diesel. Daarnaast zijn er zeven type 60 veren die ook verduurzaamd moeten worden wat ongeveer € 0,8 miljoen per veer kost. Daarnaast is er rekening gehouden met een reservekapitaal van € 1 miljoen voor de "oudere" 50'ers. Dit is bedoeld om deze 50'ers zo lang als nodig is in de vaart te houden (C-job mei 2021).

2.2 Investeringskosten laadinfrastructuur

De investeringskosten voor de laadinfrastructuur voor de verschillende varianten is weergegeven in Figuur 9. In Figuur 10 en Tabel 2 worden de jaarlijkse investeringen weergegeven.



Figuur 9: Investeringskosten voor laadinfrastructuur voor de verschillende varianten tot en met 2050



Figuur 10:benodigd budget per jaar voor de investering van laadinfrastructuur voor de verschillende varianten t/m 2050

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Totale investering t/m 2030
BAU nieuw	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
Nieuwe veren verduurzamen	€ 0	€ 2,15	€ 2,15	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 4,3
Verduurzaming gehele vloot	€ 0	€ 2,15	€ 2,15	€ 6,3	€ 2,0	€ 1,5	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 14,1

Tabel 2: Jaarlijkse investeringen voor de laadinfrastructuur van veren voor de verschillende varianten tot en met 2030 in miljoenen euro's

Voor de BAU (nieuw) variant zijn geen investeringskosten voor laadinfrastructuur benodigd, omdat er geen plug-in elektrische veren komen te varen maar enkel serie-hybride veren waarbij dieselgeneratoren de batterijen van elektrische energie voorzien. Voor de variant waarbij de nieuwe veren worden verduurzaamd, worden er 2 lijnen verduurzaamd. Hier zijn 4 fuiken met laadinfrastructuur benodigd. Dit telt op tot een totaal van € 4,3 miljoen in investeringskosten voor laadinfrastructuur[5]. Bij de variant *verduurzaming gehele vloot* worden op 3 locaties 1 fuik voorzien van laadinfrastructuur en op 4 locatie 2 fuiken voorzien van laadinfrastructuur (zie

[5] Naar verwachting betreft dit verbindingen waar de laadvoorzieningen 1 MVA zullen zijn; Buiksloterweg en IJpleinveer. Tevens betreft het locaties waar de laadvoorzieningen mogelijks deels ondergronds komen, wat de investeringen doet toenemen met ~€0,5M per locatie.

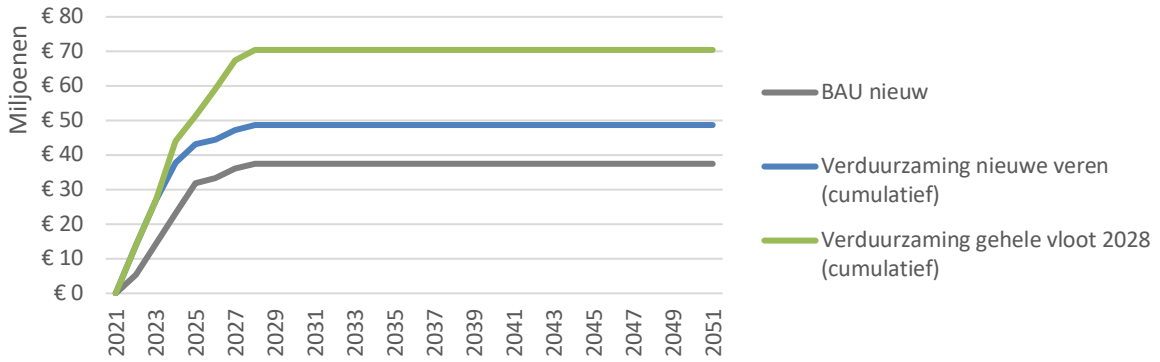
Figuur 11). Dit telt op tot een totaal van € 14,1 miljoen. Dit resulteert in een verschil van € 9,8 miljoen tussen de twee verduurzamingsvarianten.



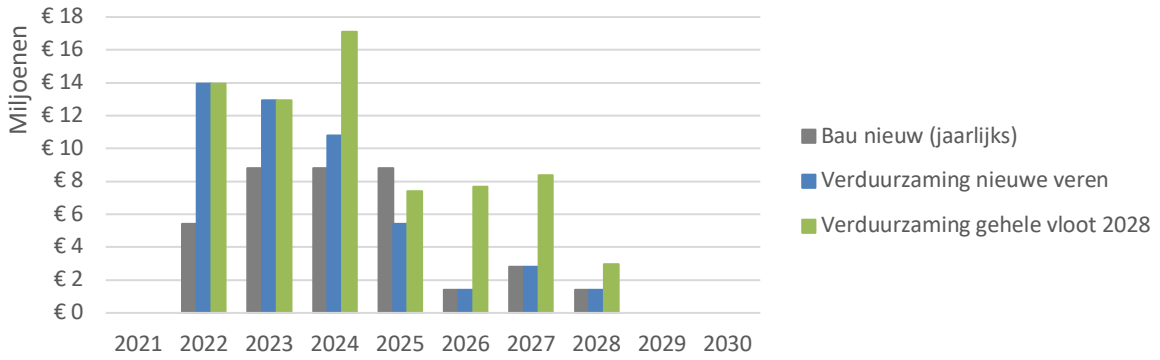
Figuur 11: Overzicht aanlandingen, fuiken en laders voor de variant verduurzaming gehele vloot. De tijdelijk verbinding Zeeburgereiland is hier niet weergegeven, maar is wel in kostenberekening meegenomen (eenzijdig laadinfrastructuur).

2.3 Totale investeringskosten per variant

De *totale* investeringskosten per variant zijn weergegeven in Figuur 12. In deze figuur zijn de investeringskosten voor de veren (Figuur 7) en de laadinfrastructuur (Figuur 9) gecombineerd. In Figuur 13 zijn de *jaarlijkse* investeringen voor veren (Figuur 8) en laadvoorzieningen (Figuur 9) gecombineerd tot benodigde totale investeringen per jaar. Als laatste toont Tabel 3 een combinatie van de jaarlijkse investeringen voor veren (Tabel 1) en een jaarlijkse investeringen voor de laadinfrastructuur (Tabel 2).



Figuur 12: Totale investeringskosten (cumulatief) voor het verensysteem voor de verschillende varianten.



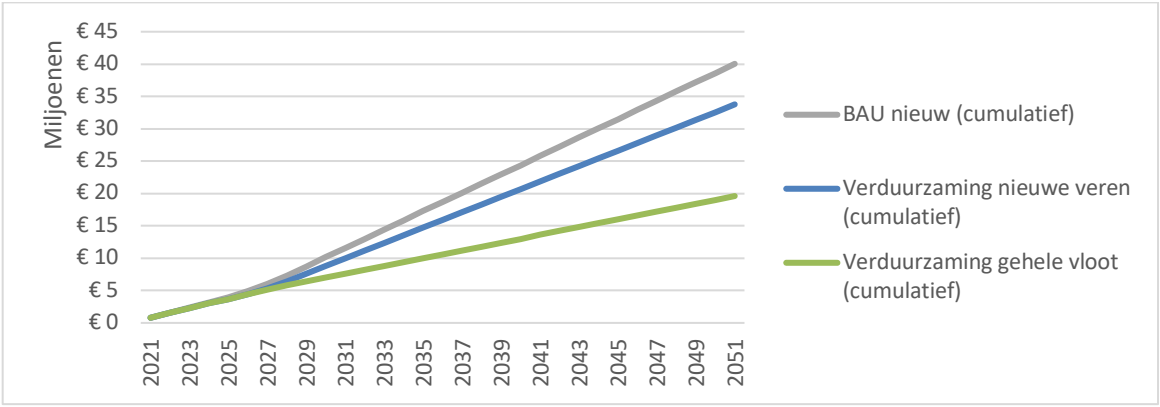
Figuur 13: Benodigd budget per jaar voor de verschillende varianten tot en met 2030

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Totale investering t/m 2030
BAU nieuw	€ 0	€ 5,4	€ 8,8	€ 8,8	€ 8,8	€ 1,4	€ 2,8	€ 1,4	€ 0	€ 0	€ 37,5
Nieuwe veren verduurzamen	€ 0	€ 13,9	€ 12,9	€ 10,8	€ 5,4	€ 1,4	€ 2,8	€ 1,4	€ 0	€ 0	€ 48,7
Verduurzaming gehele vloot	€ 0	€ 13,9	€ 12,9	€ 17,1	€ 7,4	€ 7,7	€ 8,4	€ 3,0	€ 0	€ 0	€ 70,4

Tabel 3: Jaarlijkse totale investeringen (veren en laadinfrastructuur) voor de verschillende varianten tot en met 2030 in miljoenen euro's

2.4 Energiekosten per variant

De energiekosten voor de verschillende varianten zijn weergegeven in onderstaande Figuur 14.

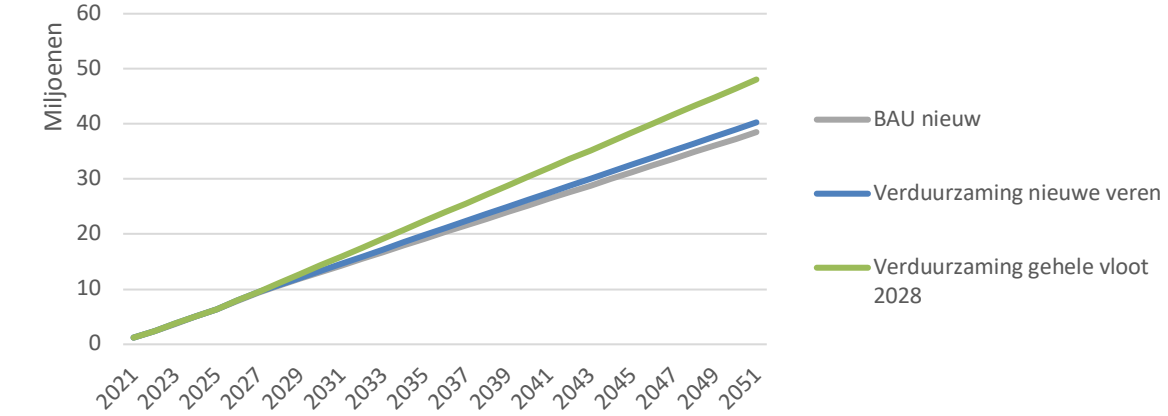


Figuur 14: Energiekosten voor de verschillende varianten tot en met 2050

Zoals weergegeven in deze figuur heeft de *BAU nieuw* variant de hoogste energiekosten. Dit heeft te maken met het dieselverbruik: in deze variant worden de 50'ers niet naar 60'ers (serie-hybride; met een lager dieselverbruik dan volledige dieselveren) omgebouwd en blijven dus op een (schonere) diesel aandrijflijn varen.
Na de *BAU nieuw* variant heeft de variant *verduurzaming nieuwe veren* de hoogste kosten. De variant v*erduurzaming gehele vloot* heeft de laagste energiekosten. Dit komt omdat in de laatstgenoemde variant de gehele vloot uit volledig elektrische veren bestaat. Deze hebben aanzienlijk lagere energiekosten (per jaar) dan een veer met een conventionele diesel aandrijflijn (50'er) of een serie-hybride veer (60'er).

2.5 Onderhoudskosten veren

De overige operationele kosten voor de veren worden weergegeven in Figuur 15. Dit betreft de kosten voor het onderhoud van de veren. Dit bestaat voor diesel aangedreven veren uit onderhoud van het vaartuig en het onderhoud van de aandrijflijn. Voor een volledig elektrische veer bestaat het onderhoud aan het vaartuig zelf, de aandrijflijn en tweemaal vervangen van de accu's gedurende de levensduur (30 jaar).

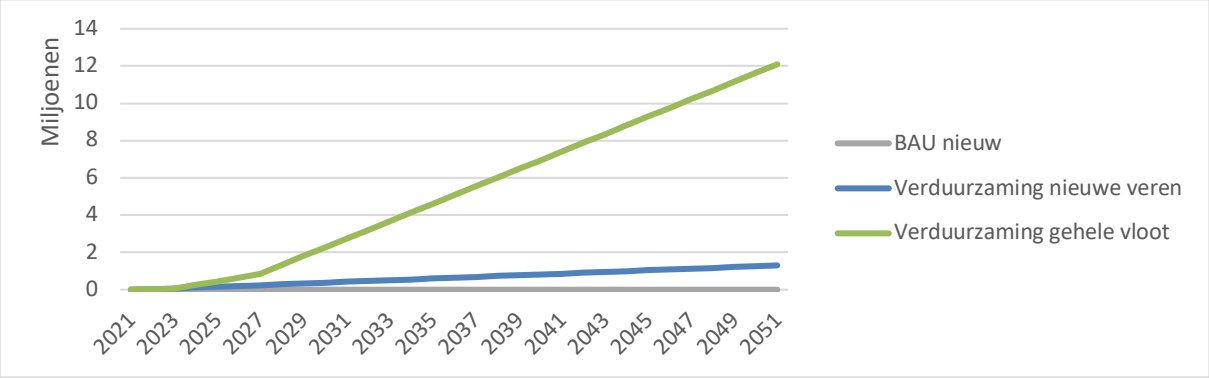


Figuur 15: overige operationele kosten veren voor de verschillende varianten tot en met 2050

Het onderscheid tussen de varianten komt voort uit de verschillende opbouw van de vloot in veren: het aantal diesel, serie-hybride of plug-in hybride veren. Daarnaast resulteert het vervangen van een batterijpakket in hoge kosten voor met name variant waarbij de gehele vloot verduurzaamd wordt. Dit resulteert in hogere kosten voor de variant 'verduurzaming gehele vloot' en een relatief kleine verhoging van kosten voor 'verduurzaming nieuwe veren', doordat een deel van de vloot in die variant ook (op termijn te vervangen) batterijen aan boord heeft.

2.6 Operationele kosten laadinfrastructuur

De operationele kosten voor de laadinfrastructuur worden weergegeven in Figuur 16.



Figuur 16: Operationele kosten van de verschillende varianten tot en met 2050

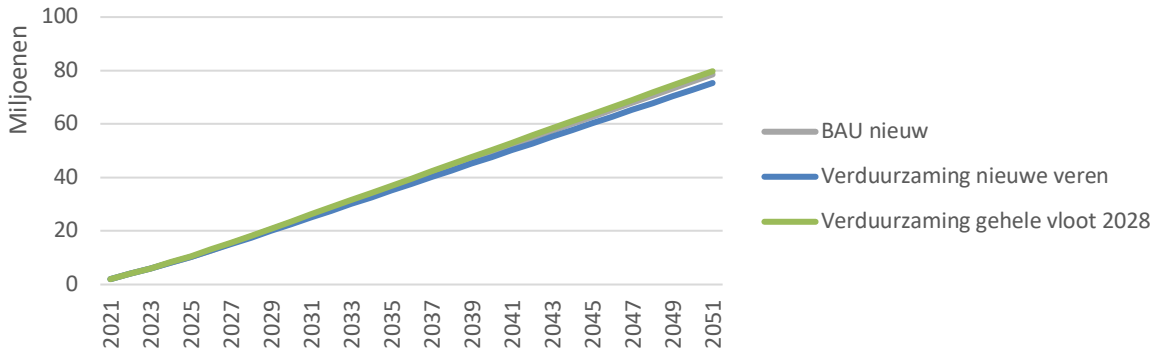
De operationele kosten voor laadinfrastructuur verschillen significant van elkaar. In de *BAU nieuw* variant zijn geen operationele kosten voor laadinfrastructuur, omdat hier geen laadinfrastructuur gerealiseerd is.

Voor de variant v*erduurzaming nieuwe veren* zijn er relatief lage operationele kosten voor laadinfrastructuur. Dit komt omdat er (slechts) 2 veerdiensten worden verduurzaamd: het BSW-veer en het IJplein-veer. Dit zijn twee veerdiensten met een relatief korte vaarafstand die moet worden afgelegd. Dit resulteert in relatief weinig benodigde energie om de overzijde te halen en weer terug te varen. Hierbij is een kleine(re) netaansluiting benodigd en is de benodigde hoeveelheid kWh per jaar relatief klein, waardoor de netwerkkosten (transportkosten, periodieke aansluitvergoeding, etc.) beperkt zijn.

In het geval dat de gehele vloot wordt verduurzaamd (variant 3), zijn de kosten hoger. Dit komt doordat het aantal diensten dat wordt verduurzaamd groter is. Daarnaast zijn de vaarafstanden van de diensten die worden verduurzaamd groter. Dit zijn diensten zoals bijvoorbeeld het NDSM-veer, die een relatief lange vaarafstand heeft, wat zich vertaalt naar een hoog energieverbruik (en daarmee veel kWh per jaar ten opzichte van een kortere verbinding). Daarnaast liggen de veren hier eenzelfde tijd aan de kade als de eerdergenoemde verbindingen, waardoor deze verbindingen moeten laden met hoge vermogens om de benodigde hoeveelheid energie binnen te krijgen.

2.7 Totale operationele kosten

De totale operationele kosten per variant zijn weergegeven in Figuur 17.



Figuur 17: De totale operationele kosten van de verschillende varianten tot en met 2050

De drie varianten komen op (toevalligerwijs) ongeveer dezelfde operationele kosten tot en met 2050. De dieselveren hebben relatief hoge kosten voor energie, maar hebben geen operationele kosten voor laadinfrastructuur. De varianten met elektrische veren laten het tegenovergestelde zien. De kosten voor energie (elektriciteit) is laag ten opzichte van de dieselveren. Daarentegen lopen de operationele kosten voor laadinfrastructuur snel op bij het verduurzamen van meer diensten. De berekeningen laten zien dat ten opzichte van de *BAU-variant* de extra operationele kosten voor de laadinfrastructuur voor de verduurzamingsvarianten gecompenseerd worden door de lagere kosten voor energie, beheer en onderhoud. Onder aan de streep blijkt dat de operationele kosten van de drie varianten vergelijkbaar met elkaar zijn.

2.8 Totaalkosten per variant

In de onderstaande tabel zijn de totale kosten per variant weergegeven in miljoenen euro's.

	BAU (nieuw)	Verduurzamen nieuwe veren[6]	Verduurzaming gehele vloot
Investeringskosten veren	€ 37,5	€ 44,4	€ 56,3
Investeringskosten laadinfrastructuur	€ 0	€ 4,3	€ 14,1
Totale investeringskosten	**€ 37,5**	**€ 48,7**	**€ 70,4**
Energiekosten	€ 40,0	€ 33,8	€ 19,6
Onderhoudskosten	€ 38,5	€ 40,3	€ 48,0
Operationele kosten laadinfrastructuur	€ 0	€ 1,3	€ 12,1
Totale operationele kosten	**€ 78,6**	**€ 75,4**	**€ 79,8**
Totale kosten over levensduur	**€ 116**	**€ 124**	**€ 150**
Meerkosten t.o.v. BaU		**€ 8**	**€ 34**
Meerkosten per jaar t.o.v. BAU		**€ 0,27**	**€ 1,13**

Tabel 4: Totaalkosten voor de verschillende varianten tot en met 2050, in miljoenen euro's.

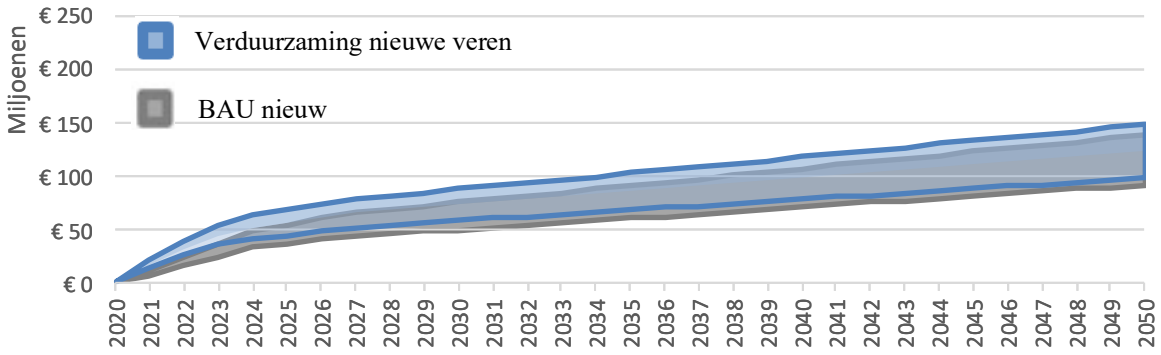
In Tabel 4 zijn de totaal kosten voor de verschillende varianten tot en met 2050 weergegeven. Het verschil in kosten wordt voornamelijk veroorzaakt door een verschil in de investeringen die moeten worden gedaan. De som van de operationele kosten (energie/brandstof en onderhoud) zijn voor de drie varianten nagenoeg gelijk.
De meerkosten voor de variant *verduurzamen nieuwe veren* ten opzichte van de BAU-variant zijn €8 miljoen. Dit komt voor een deel door de meerkosten van volledig elektrische veren (type 90) en voor een deel door de kosten van laadinfrastructuur. Voor het verduurzamen van het gehele verensysteem (variant 3) komt daar nog € 26 miljoen bij, waarmee de meerkosten ten opzichte van de BAU-variant €34 miljoen bedragen. Dit komt wederom door de investeringen die moeten worden gedaan in zowel de veren als de infrastructuur om de veerdiensten volledig uitstootvrij te kunnen leveren.

[6] Een uiteenzetting van de verschillende investeringen voor deze variant zijn te vinden in de bijlage

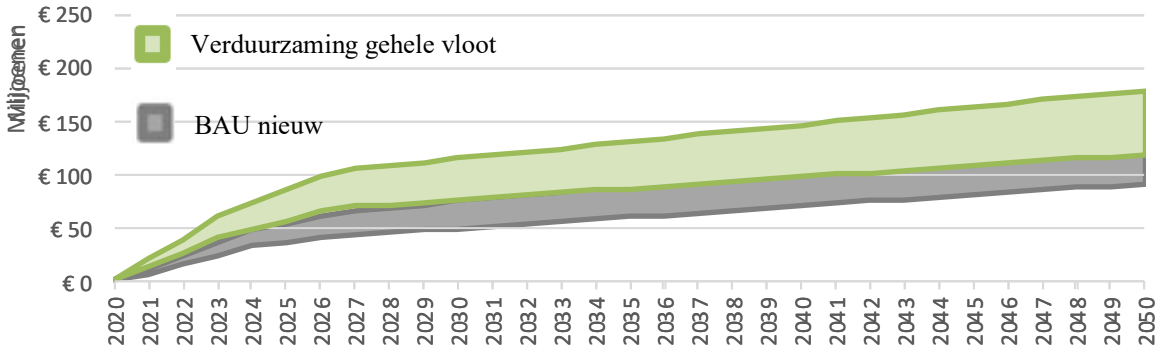
2.9 Onzekerheden en marges

Onderstaande Figuur 19 en Figuur 19 tonen de onzekerheidsmarge voor de totale kosten (TCO) van de gehele vloot veren van respectievelijk de verduurzaming nieuwe veren variant en de verduurzaming gehele vloot variant. De totale kosten en bijbehorende marges van de 'BAU nieuw' variant zijn ook weergegeven. De gebruikte marges voor dit addendum zijn gelijk aan de marges zoals gebruikt in de rapportage voor fase 1 van dit onderzoek: '*Verduurzaming veren over het IJ*'. Een uitleg van de marges kan worden gevonden in hoofdstuk 3, pagina 29, van die rapportage onder het kopje "Onzekerheden en marges".

In de basis komen de marges voort uit twee componenten. Ten eerste, is het verensysteem over het IJ in Amsterdam een unieke situatie. Dit betekent dat er geen kant en klare oplossing is en er veel variabelen zijn waar mee is gerekend. De uiteindelijke oplossing, aangeboden door de markt, kan verschillen van de hier gebruikte parameters. Bijvoorbeeld door nieuw rompontwerp of het gebruik van andere materialen, wat beide invloed heeft op het energieverbruik van een veer). Dit kan zorgen voor afwijkende kosten. Ten tweede zijn de veren die worden aangeschaft en gebruikt onderhevig aan veel ontwikkelingen, zoals de accuprijs, aandrijflijn en laadinfrastructuur. Dit zijn allemaal relatief nieuwe markten, waarbinnen zich nog ontwikkelingen voor zullen doen. Aanvullend op het rekening houden met onvoorziene kosten conform Amsterdamse rekenregels is in onderstaande figuren het effect weergegeven van de twee hiervoor genoemde kenmerken van het verensysteem in Amsterdam.

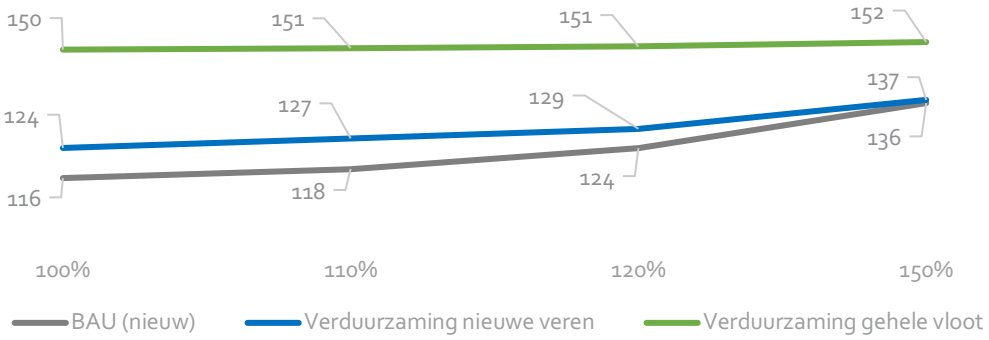


Figuur 18: De TCO met onzekerheidsmarge voor de gehele vloot van veren over het IJ voor de 'verduurzaming nieuwe veren' variant en de 'BAU nieuw' variant.



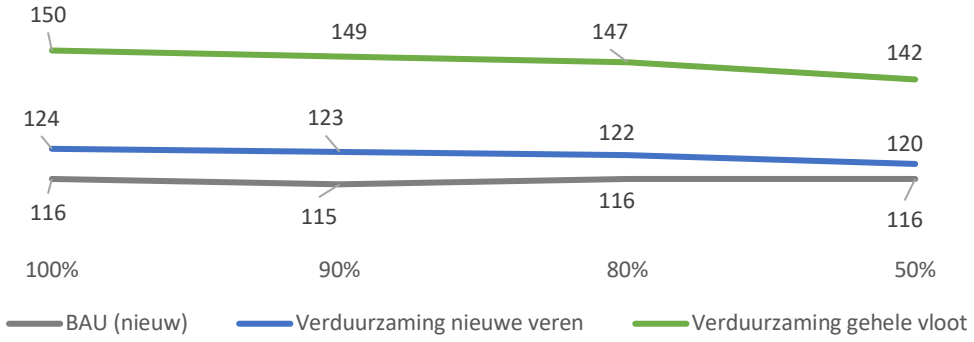
Figuur 19: De TCO met onzekerheidsmarge voor de gehele vloot van veren over het IJ voor de 'verduurzaming gehele vloot' variant en de 'BAU nieuw' variant.

Naast de meer algemene gevoeligheidsanalyse is specifiek gekeken naar de gevoeligheid van de energiekosten, gezien de grote impact hiervan op de totale kosten over de gebruiksperiode van de veren en de onzekerheid over de ontwikkelingen van deze parameter (zowel van diesel als elektriciteit)
In onderstaande Figuur 20 wordt rekening gehouden met een dieselprijs van 100% (zoals gebruikt in de TCO op €0,467/liter op basis van input van de gemeente Amsterdam) naar 150% van die prijs (€0,70/liter).



Figuur 20: Gevoeligheid TCO bij een oplopende dieselprijs van 100% tot en met 150% over de gehele TCO.

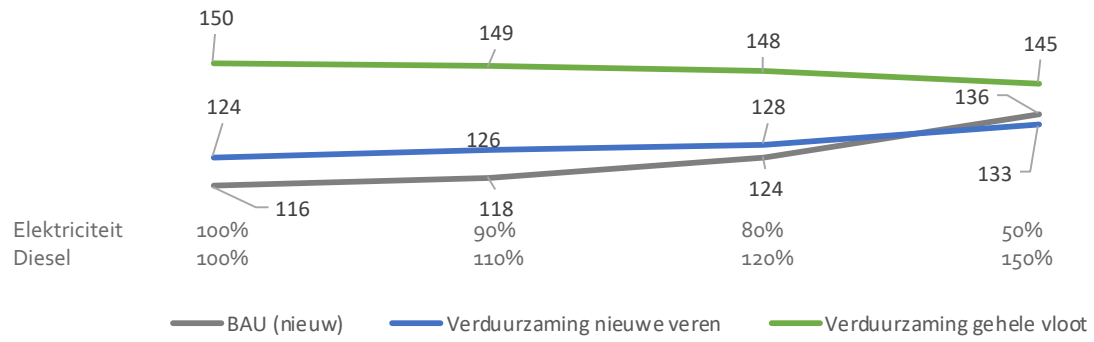
Zoals te zien heeft de stijging van een dieselprijs nauwelijks effect op de variant *verduurzaming gehele vloot*. Dit komt omdat in deze variant de veren die diesel verbruiken worden vervangen door volledig elektrische veren. Het stijgen van de prijs van diesel heeft het meeste effect op de variant *BAU nieuw*, dit komt omdat in deze variant alle veren op diesel varen. Te zien is dat bij een prijsstijging van 50% op de dieselprijs de varianten *verduurzaming nieuwe veren* en *BAU nieuw* nagenoeg gelijke totale kosten hebben. De variant *verduurzaming gehele vloot* heeft bij de hier getoonde dieselprijs van €0,70/liter nog steeds meerkosten van ~€ 15 miljoen ten opzichte van de *BAU variant*.
In onderstaande Figuur 21 is rekening gehouden met een daling van de elektriciteitsprijs. Er is gerekend met een daling van de elektriciteitsprijs van 100% (zoals gebruikt in de TCO op €0,063/kWh op basis van input van de gemeente Amsterdam) tot 50% van die prijs (€0,032/kWh)



Figuur 21: Gevoeligheid TCO bij een aflopende elektriciteitsprijs van 100% tot en met 50% over de gehele TCO.

Te zien is dat de daling van de elektriciteitsprijs het meeste effect heeft op de variant *verduurzaming gehele vloot*, beperkt effect op de variant *verduurzaming nieuwe veren* en geen effect op de variant *BAU nieuw*. De energiekosten zijn een relatief klein onderdeel van de TCO van de variant *verduurzaming gehele vloot*, waardoor het effect van de prijsdaling beperkt is: van € 144 miljoen naar € 142 miljoen bij 50% prijsdaling.

In onderstaande Figuur 22 zijn de twee voorgaande analyses gecombineerd: de elektriciteitsprijs aflopend van 100% naar 50% en de dieselprijs oplopend van 100% naar 150%.

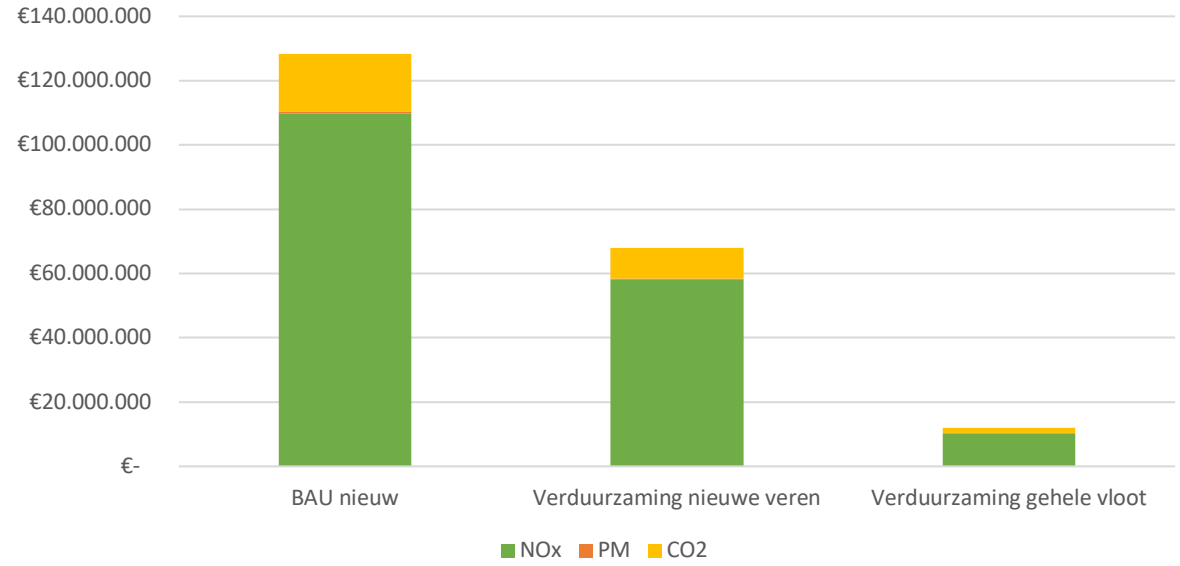


Figuur 22: Gevoeligheid TCO bij een aflopende elektriciteitsprijs van 100% tot en met 50% en een oplopende dieselprijs van 100% naar 150% over de gehele TCO.

In bovenstaand figuur is te zien dat een combinatie van een oplopende dieselprijs en een aflopende elektriciteitsprijs een relatief groot effect heeft op de TCO. Bij een 20% elektriciteitsprijs daling en een 20% dieselprijs stijging resteert van het verschil tussen de variant *BAU nieuw* en de variant *verduurzaming nieuwe veren* nog €3,5 miljoen. Bij een verdere daling van de elektriciteitsprijs naar 50% van de huidige prijs en een stijging van 50% van de huidige dieselprijs heeft de variant *verduurzaming nieuwe veren* een lagere TCO dan de variant *BAU nieuw*. Het verschil tussen de varianten *verduurzaming gehele vloot* en de *BAU nieuw* en *verduurzaming nieuwe veren* is €8,5 miljoen en €12 miljoen respectievelijk; de variant *verduurzaming nieuwe veren* kent in dat geval de laagste totale kosten.

3. Maatschappelijke kosten

Onderstaande Figuur 23 en Tabel 5 tonen de maatschappelijke kosten van de verschillende varianten: zowel in emissies als in euro's[7]. Zoals toegelicht in de rapportage fase 1 gaat het in deze tabel om de directe uitstoot van de veren (aan de uitlaat) te weten CO_2 (koolstofdioxide), PM (fijnstof) en NO_x (fijnstof).



Figuur 23: Maatschappelijke kosten per variant

	Business as usual (nieuw)	*Verduurzaming nieuwe veren*	*Verduurzaming gehele vloot*[8]
NO_x (kg)	*3.200.000*	*1.711.000*	*303.000*
PM (kg)	*11.000*	*5.700*	*1.000*
CO_2 (kg)	*317.000.000*	*168.000.000*	*30.000.000*
NOx (€)	*€ 109.000.000*	*€ 58.000.000*	*€ 10.000.000*
PM (€)	*€ 480.000*	*€ 254.000*	*€ 45.000*
CO_2 (€)	*€ 18.000.000*	*€ 9.500.000*	*€ 1.700.000*
Totale uitstootkosten 30 jaar	***€ 128.000.000***	***€ 68.000.000***	***€ 12.000.000***
Verschil in kosten met BaU = maatschappelijke baten verduurzaming		***- € 60.000.000***	***- € 116.000.000***

Tabel 5: Maatschappelijke baten als gevolg van uitstootbesparing per variant

De grafiek en tabel laten zien dat de *verduurzaming nieuwe veren* variant lagere maatschappelijk kosten heeft dan de *BAU nieuw* variant. Dit komt omdat een deel van de vloot wordt vervangen door uitstootvrije elektrische veren. In totaal wordt er ongeveer 47% uitstootvermindering gerealiseerd wat resulteert in een matschappelijke kostenvermindering van €60 miljoen.

Bij de variant *verduurzaming gehele vloot* is de uitstoot 18% van de *verduurzaming nieuwe veren* variant, en 9% van de *BAU nieuw* variant. Dat er, ondanks het verduurzamen van de gehele vloot, toch nog uitstoot plaatsvindt, komt door de gefaseerde ingroei van de uitstootvrije

[7] Voor een toelichting op de berekening in euro's wordt verwezen naar de genoemde rapportage van fase 1. Wellicht ten overvloede; de hier getoonde monetarisering (in euro's uitdrukken) van de uitstootbesparing wordt niet daadwerkelijk te gelden gemaakt.

[8] De uitstoot voor de variant 'verduurzaming gehele vloot' komt door de diesel aangedreven veren die tot en met volledige verduurzaming eind 2028 nog varen.

veren. Dit zorgt voor een resterende €12 miljoen maatschappelijke kosten. Dit is een additionele kostenvermindering van €56 miljoen ten opzichte van de *verduurzaming nieuwe veren* variant.

4. Conclusies

In dit addendum worden drie nieuwe varianten voor de verenvloot over het IJ beschouwd. In de eerste variant *BAU nieuw* wordt er doorgevaren met de vloot die geheel op diesel vaart. De nieuwe veren zullen conform huidige type 60 veer worden aangekocht. In de tweede variant *verduurzaming nieuwe veren* worden de nieuwe veren volledig elektrisch en zullen de diensten Buiksloterwegveer en IJpleinveer elektrisch worden. In de derde variant *verduurzaming gehele vloot* zal de gehele vloot worden verduurzaamd. Dit betekent naast het aankopen van nieuwe elektrische veren dat ook de bestaande vloot waar mogelijk wordt omgebouwd naar elektrische veren. Het uitgangspunt is hier dat de vloot in 2028 volledig uitstootvrij vaart.

Kosten per variant

De kosten voor de drie nieuwe varianten is berekend door middel van de Total Cost of Ownership (TCO) berekening. Deze is opgesplitst in investeringskosten en operationele kosten.

Investeringskosten

De investeringskosten voor de varianten bestaat uit de investeringskosten voor de veren en de investeringskosten voor de laadinfrastructuur. Voor zowel de veren als de infrastructuur heeft de *BAU nieuw* variant de laagste investeringskosten. Deze bedragen **€37,5** miljoen. Dit komt omdat er in aanschaf goedkopere diesel veren worden aangekocht en er geen laadinfrastructuur nodig is. Hierna heeft de variant *verduurzaming nieuwe veren* de laagste investeringskosten van **€48,7**. De hogere investeringskosten ten opzichte van de variant *BAU nieuw* komen doordat de nieuwe veren kostbaardere elektrische veren zijn. Daarnaast zijn er twee diensten (BSW en IJPLein) waar laadinfrastructuur moet worden gerealiseerd. De variant *verduurzaming gehele vloot* kent de hoogste investeringskosten van **€69,9** miljoen. Dit is het gevolg van het ombouwen van bestaande veren naar volledig elektrische veren, aanvullend op de nieuwe veren in de *verduurzaming nieuwe veren* variant.

Operationele kosten

De operationele kosten voor de drie varianten ligt relatief dicht bij elkaar: **€77** miljoen voor de variant *BAU nieuw*, **€75** miljoen voor *verduurzaming nieuwe veren* variant en **€80** miljoen voor de *verduurzaming gehele vloot* variant. Onderscheid tussen de varianten is er doordat elektrische veren aanzienlijk lagere kosten hebben voor energie, lagere kosten voor onderhoud maar hogere kosten voor laadinfrastructuur dan de *BAU variant*. Het toeval wil dat die effecten elkaar nagenoeg opheffen in termen van kosten.

Totale kosten

De totale TCO (tot en met 2050) voor de varianten zijn **€116 miljoen**, **€124 miljoen** en **€150 miljoen** voor respectievelijk de varianten *BAU nieuw*, *verduurzaming nieuwe veren* en *verduurzaming gehele vloot*. De hogere kosten voor verduurzaming komen voornamelijk voort uit hogere investeringen. Indien deze meerkosten van €8 miljoen en €34 miljoen worden verdeeld over de levensduur van de veren tot en met 2050 komt dit neer op jaarlijkse meerkosten van **€0,27** miljoen voor de *verduurzaming nieuwe veren* variante en **€1,12** miljoen voor de *verduurzaming gehele vloot* variant.

Marges en onzekerheid

Het relatief kleine kostenverschil over de TCO zorgt ervoor dat de kosten voor de variant *verduurzaming nieuwe veren* bij een kleine onzekerheidsmarge al overlappen (Figuur 18). De variant *verduurzaming gehele vloot* kent ook een duidelijk overlap bij een onzekerheid van 20% met de *BAU nieuw* variant.

De stijging van de dieselprijs heeft een relatief grote impact op de varianten *BAU nieuw* en *verduurzaming nieuwe veren* variant. De daling van de elektriciteitsprijs heeft een relatief

kleine impact op de TCO van de varianten. Echter, wanneer een prijsstijging van 50% op de dieselprijs zich voordoet in combinatie met een prijsdaling van 50% op de elektriciteitsprijs, zal de variant *verduurzaming nieuw veren* een lagere TCO kennen dan de variant *BAU nieuw* en resteren de meerkosten van de *verduurzaming gehele vloot* variant nog €8,5miljoen ten opzichte van de *BAU nieuw*.

Maatschappelijke kosten

De maatschappelijke kosten zijn de kosten die voor rekening voor de maatschappij komen door de uitstoot van de veren. De uitstoot van de veren bestaat uit drie verschillende elementen; NO_x (stikstof), PM (fijnstof) en CO_2 (koolstofdioxide). Indien er wordt doorgevaren met diesel veren zoals in de *BAU nieuw* variant zal dit oplopen tot totaal **€128 miljoen** maatschappelijk kosten. Door de nieuw aan te kopen veren te verduurzamen en deze in te zetten op de diensten BSW en IJplein zal dit zorgen voor een aanzienlijke vermindering van €60 miljoen tot een resterende **€68 miljoen.**

Indien de gehele vloot wordt verduurzaamd zoals in de derde variant zullen deze kosten nog verder dalen met €56 miljoen tot **€12 miljoen.** Deze resterende maatschappelijke kosten zijn er omdat er ook in deze variant dieselveren tot en met het jaar 2028 varen. Vanaf 2029 kent de vloot in deze variant geen uitstoot meer.

Investeringskosten Veren

Onderdeel	Kosten	Eenheid	Bron
Nieuwbouw plug in elektrische veer • **Bouwkosten vaartuig** • **Aandrijflijn** ○ **Motor** ○ **Accupakket** ○ **Diesel generator** ○ **Pantograaf** • **VAT** • **Onvoorzien**	€ 5.400.0000 • €3.000.000 • €1.100.000 ○ € 210.000 ○ € 740.000 ○ € 132.000 ○ € 24.000 • € 411.000 • € 822.000	€/veer	Obv. Van TNO (2016) en actualisatie van EVConsult en BB.
Nieuwbouw type 60 veer	€ 4.400.0000	€/veer	Zie rapportage fase 1.
Ombouw type 60 veer naar plug in elektrische veer	€ 900.000	€/veer	Zie rapportage fase 1.
Ombouw type 50 veer naar plug in elektrische veer	€ 3.000.000	€/veer	Zie rapportage fase 1.
Verlengen en vernieuwen met verschoonde diesel aandrijflijn type 50 veer	€ 1.400.000	€/veer	C-Job en TNO

Investeringskosten laadinfrastructuur

Onderdeel	Kosten >2 MVA	Kosten <2 MVA	Eenheid	Bron
Bouwkundig	€ 310.000	€ 180.000	€/aansluiting	Recente inschrijving NZK-veren en op basis van recente projecten
Gelijkrichter en verdeelinstallatie	€ 340.000	€ 200.000	€/aansluiting	
Tractietransformator	€ 110.000	€ 110.000	€/aansluiting	
Middenspaningsinstallatie	€ 100.000	€ 100.000	€/aansluiting	
Gebouwgebonden installaties	€ 130.000	€ 80.000	€/aansluiting	
Installatiewerk/bekabeling	€ 240.000	€ 200.000	€/aansluiting	
CBI	€ 60.000	€ 60.000	€/aansluiting	
NGE	€ 30.000	€ 30.000	€/aansluiting	
Liander aanleg	€ 50.000	€ 50.000	€/aansluiting	
Subtotaal	**€ 1.370.000**	**€ 1.010.000**	€/aansluiting	
VAT (15%)	€ 205.500	€ 151.500		
Onvoorzien (20%)	€ 274.000	€ 202.000		
Totaal	**€ 1.849.500**	**€ 1.363.500**	€/aansluiting	
Laadplateau met laad arm	**€ 150.000**		€/laadplateau	Gemeente Amsterdam (Recente aanbesteding NZK-veren)
Meerkosten ondergrondse inpassing	**€ 500.000**		€/aansluiting	Gemeente Amsterdam

Investeringskosten verduurzaming nieuwe veren

Onderdeel	Stuks	Stukprijs (miljoenen euro's)	Totaal (miljoenen euro's)
Emissievrije veren (70'ers)	7	€ 5,4	€ 37,8
REFIT en verlengen (nieuwe) 50'ers	4	€ 1,4	€ 5,6
Reservekapitaal (oude) 50'ers	1	€ 1	€ 1,00
Totaal veren			**44,4**
Aansluiting en laadinfrastructuur*	2	€ 1,85	€ 3,7
Laadarmen	4	€ 0,15	€ 0,6
Totaal laadinfrastructuur			**€ 4,3**
Totaal veren en laadinfra			**€ 48,7**
Vervangen accu's 60'ers	7	€ 0,3	€ 2,1
Totaal investering			**€ 50,8**