


Notitie

Contactpersoon	
Datum	2 september 2024
Kenmerk	N001-1293250CRM-V01

CO₂ en N- emissies berekening staalslakken Averijhaven

De notitie is gemaakt met als doel om de **totale** CO₂- en stikstofemissies van 3 mogelijke scenario's met elkaar te vergelijken. De scenario's gaan over het toepassen van staalslakken die ontgraven gaan worden bij de Averijhaven. Tevens is gekeken naar de emissies van vermeden materialen: als geen staalslakken toegepast kunnen worden, zijn andere materialen nodig die ook emissies veroorzaken. Wat betreft stikstof is dit geen Aerijs-berekening, waarbij de impact binnen een bepaald gebied wordt berekend. Dit gaat om totale emissies, ook buiten projectgrenzen.

1 Inleiding

Op de locatie Averijhaven komen staalslakken vrij. De vrijkomende staalslakken zijn verdeeld over de noordelijke, oostelijke en een deel van de westelijke ringdijk om het voormalige baggerspecie depot en een deel van de zuidelijke (afsluitende) dam. De ringdijken en het bovenste deel van de zuidelijke dam kunnen droog worden ontgraven, delen van de zuidelijke dam die in het water liggen moeten nat worden ontgraven. De ligging van de bestaande constructies is aangegeven in onderstaande figuur.



Figuur 1 Ligging Averijhavendepot, luchtfoto 2023, bron Cyclomedia

2 Scenario's

Op de locatie Averijhaven komen 565.000 m³ staalslakken vrij. Qua massa wordt een dichtheid van 2,17 ton/m³ gehanteerd. Hierdoor komt het totaal gewicht van de slakken op 1.226.050 ton. Er zijn drie opties voor wat er moet gebeuren met de staalslakken nadat ze zijn opgegraven:

1. Hergebruiken op locatie in nieuwe constructies voor de Energiehaven
2. Afvoeren naar locatie het Groene Schip
3. Afvoeren naar de Baltische staten (Riga)

De ontgraving van de staalslakken gebeurt in alle drie de scenario's. Een deel wordt droog ontgraven (356.000 m³) en een deel wordt nat ontgraven (209.000 m³). Voor de droge ontgraving wordt een grote graafmachine gebruikt. Hierna worden de staalslakken op een vrachtauto geladen en worden deze naar de nieuwe toepassing gebracht. Voor scenario 2 en 3 worden de staalslakken vervoerd naar de steiger Pelt & Hooykaas. De natte ontgraving wordt uitgevoerd met een grote kraan vanaf ponton die in het Noorderbuitenkanaal ligt (voor de zuidelijke dam). De staalslakken worden grotendeels ter plekke opnieuw toegepast als bodemversterking (scenario 1) of ze worden met de kraan rechtstreeks gestort in een binnenvaartschip (optie 2 en 3).

1. Hergebruik op locatie

Er zijn nieuwe constructies nodig voor de Energiehaven. Deze nieuwe constructies zijn sowieso nodig, ongeacht het scenario. Als er geen staalslakken worden gebruikt, dan heb je andere bouwstoffen nodig. Extra voor staalslakken is alleen dat je bestaande toepassingen moet ontgraven. Na de ontgraving kunnen de staalslakken worden hergebruikt op de locatie:

- **Terreinfundering van 1,75¹ m.** Dit betreft staalslakken uit droge ontgraving. Het terrein bestaat grotendeels uit een oud baggerspecie depot, maar ook een deel naastgelegen terrein. De staalslakken wordt verdicht met een wals.
- **Onderwaterfundering voor hefschepen.** Dit betreft staalslakken uit natte ontgraving. De slakken worden met een kraan in gaten gestort. Hierna wordt het in een onderlosser gestort, en vervolgens na een geringe afstand varen gelost.
- **Aanvullingen zuidelijke dam achter nieuwe kademuur.** Dit betreft staalslakken uit natte ontgraving. De slakken kunnen met een grote kraan direct worden verplaatst.

	Hoeveelheid (m3)	Materieel
Droge ontgraving	356.000	Graafmachine
Natte ontgraving	209.000	Kraan
Terreinfundering	356.000	Wals
Onderwaterfundering - lossen	171.000	Kraan
Onderwaterfundering - transport	171.000	Boot

¹ Momenteel wordt gerekend met een dikte van 1,5 – 2 m, afhankelijk van de in de praktijk bereikte verdichting van het onderliggende zand. Er is voor deze berekening uitgegaan van een gemiddelde van 1,75 m.

Kenmerk 1293250

	Hoeveelheid (m3)	Materieel
Aanvullen dam	38.000	Kraan

Optie 2 Afvoer naar Groene Schip

Het groene schip is een natuurlijke grens tussen het recreatiegebied in de Houtrakpolder en het drukke aangrenzende Westelijke Havengebied van Amsterdam. Het groene schip bestaat uit secundaire bouwstoffen en (licht) verontreinigde grond. De staalslakken kunnen hier mogelijk ook worden toegepast, hoewel dit momenteel niet zeker is.

Na de ontgraving van de staalslakken, worden deze getransporteerd naar de steiger. Hier worden ze geladen op binnenvaartschepen die ze naar de Afrikahaven varen. Vervolgens worden de slakken gelost in vrachtauto's met behulp van een kraan. Daarna worden deze naar het Groene Schip vervoerd. Hier worden de staalslakken gelost en daarna geprofileerd met een shovel.

	Hoeveelheid (m3)	Materieel
Transport naar steiger	356.000	Vrachtwagen
Storten in binnenvaartschip	209.000	Kraan
Transport naar Afrikahaven	565.000	Binnenvaart
Lossen	565.000	Kraan
Transport naar Groene Schip	565.000	Vrachtwagen
Profileren	565.000	Shovel

Optie 3 Afvoer naar Baltische staten (Riga)

De derde optie die wordt onderzocht is het vervoeren van de staalslakken naar de Baltische staten, Riga om specifiek te zijn. Hier worden de staalslakken ook toegepast als secundaire bouwstoffen. Omdat we geen precieze data hebben over wat er met de staalslakken daar gebeurt, wordt er voor deze berekening vanuit gegaan dat ze op dezelfde manier worden toegepast als de toepassingen op de Energiehaven.

Na de ontgraving van de staalslakken, worden deze getransporteerd naar de steiger. Hier worden ze geladen op binnenvaartschepen die ze naar de haven van Amsterdam varen. Hier worden de staalslakken overgeladen in zeeschepen die ze naar Riga varen. Daar worden de staalslakken gelost en toegepast in de Baltische staten als secundaire bouwstoffen.

	Hoeveelheid (m3)	Materieel
Transport naar steiger	356.000	Vrachtwagen
Storten in binnenvaartschip	209.000	Kraan
Transport naar Amsterdam	565.000	Binnenvaart
Overslaan	565.000	Kraan
Transport naar Riga	565.000	Zeevaart
Lossen	565.000	Kraan

3 De vergelijking

De vergelijking tussen de 3 scenario's is het doel van de CO₂- en stikstofberekening. In alle 3 de scenario's zullen de staalslakken ontgraven moeten worden. Deze impact wordt dus meegerekend voor elk scenario, maar je zou deze ook tegen elkaar weg kunnen strepen. Daarnaast worden de staalslakken in twee van de drie scenario's getransporteerd naar elders. De staalslakken worden dan op andere locaties toegepast dan de Energiehaven. Ook moeten de constructies op de Energiehaven voltooid worden. Dit is weer hetzelfde voor alle drie de scenario's en kan je dus ook tegen elkaar wegstrepen. Wanneer de constructies worden gebouwd zonder het gebruik van de staalslakken, zal materiaal van elders gebruikt moeten worden. Als laatste wordt er nog gekeken naar vermeden emissies. Deze hangt sterk samen met de vorige categorie "extra materialen". Hier kan je scenario 1 en 3 tegen elkaar wegstrepen, omdat de scenario's dezelfde constructies maken met de staalslakken en daardoor ook dezelfde extra materialen vermijden.

	Ontgraving	Vervoer elders	Energiehaven	Extra materialen	Vermeden emissies
Scenario 1	X		X		X
Scenario 2	X	X	X	X	
Scenario 3	X	X	X	X	X

4 Aannames

Voor de CO₂- en stikstof berekening van de 3 scenario's zijn de volgende aannames gemaakt:

- Het verbruik voor het materieel en het transport per vrachtwagen is teruggerekend naar liters diesel.
- Bij transport per vrachtwagen wordt voor de volgeladen heenweg met een hoger brandstofverbruik gerekend dan voor de terugweg
- Er zijn aannames gemaakt voor hoeveelheid m³ die het materieel per dag kan verwerken. Voor droge ontgraving ligt dit bijvoorbeeld hoger dan voor natte ontgraving
- Het transport van Riga naar de locatie van de toepassing in de Baltische staten (scenario 3) wordt niet meegerekend. Deze emissies zullen er wel zijn en zullen zorgen voor meer CO₂- en stikstofemissies voor dit scenario.
- Voor scenario 2 is er geen vermeden impact berekend, omdat het Groene schip ook andere secundaire materialen kan gebruiken. Ook is het niet nodig, wat betreft de constructie, om de materialen daar te plaatsen. Wel worden de materialen niet dubbel gerekend en is er dus geen extra impact gerekend voor de materialen die wel nodig zijn voor de Energiehaven.

CO₂-berekening

- Emissiefactoren voor materieel worden berekend op basis van het aantal liter diesel wat wordt gebruikt. De CO₂-emissiefactor voor diesel komt van een carbon footprint model voor bodemsaneringen (CARBONAS, versie 2.0, 2024)
- Voor transport met zeeschip of binnenvaartschip komt de CO₂ emissiefactor van CO₂emissiefactoren.nl
- Voor de emissiefactoren van puingranulaat en zand (vermeden materialen) is gebruik gemaakt van Dubocalc data. De 30% toeslag voor cat.3 productkaarten is hier afgehaald. Voor puingranulaat is de productkaart menggranulaat gebruikt.

Stikstofemissie

- Voor de stikstofemissie van mobiele werktuigen en zware utiliteitsvoertuigen is gebruikgemaakt van de AUB-methode van TNO.² De NH₃ emissie bij zeeschepen wordt niet beschouwd door de methode en is in dit onderzoek niet meegenomen.
- Voor stikstofemissies van schepen is gebruik gemaakt van AERIUS calculator versie 2023.2.1.³
- Voor de emissies die vrij zouden komen bij het puingranulaat is aangenomen dat een puinbreker van 250 kW maximaal 300 ton puin per uur kan breken.
- Voor de zandwinning is uitgegaan van winning per schip (zandzuiger).

5 CO₂ en stikstof berekening

Scenario 1

De totale impact van scenario 1 is ongeveer 259 ton CO₂. De grootste impact zit in de ontgraving van de staalslakken en het hergebruik als terreinfundering. Door de toepassing van staalslakken op het terrein wordt, in totaal, 1.389 ton CO₂ bespaard. De totale CO₂ emissies die vrijkomen in dit scenario zijn - **1.130 ton CO₂**. Er wordt dus meer CO₂ vermeden met scenario 1, dan de impact die het heeft om de staalslakken af te graven en toe te passen.

Emissies	CO ₂ (t)	NO _x (kg)	NH ₃ (kg)
Ontgraving	101	529	7
Terreinfundering	113	199	8
Onderwaterfundering	37	72	3
Aanvullen dam	8	14	1
Totaal	259	804	19

De stikstofimpact is uitgedrukt in NO_x en NH₃. Voor de ontgraving en de bouw van de constructies wordt 804 kg NO_x en 19 kg NH₃ uitgestoten. Er wordt ook stikstof vermeden, omdat de staalslakken worden hergebruikt en geen nieuwe materialen nodig zijn voor de constructie. In

² Microsoft Word - TNO 2021 R12305 AUB een robuuste schatting van NO_x en NH₃ uitstoot van mobiele werktuigen.docx

³ <https://calculator.aerius.nl/>

totaal worden er 8.226 kg NO_x en 186 kg NH₃ vermeden. Dat brengt het totaal, wat betreft stikstof, op **-7.422 kg NO_x** en **-167 kg NH₃**.

Vermeden materialen	CO ₂ (t)	NO _x (kg)	NH ₃ (kg)	Hoeveelheid (m ³)	Toepassing
Zand	- 919	- 1.246	- 12	38.000	Aanvullen dam
Puingranulaat	- 318	- 4.715	- 118	356.000	Terreinfundering
Puingranulaat	- 153	- 2.265	- 56	171.000	Onderwaterfundering
Totaal	- 1.389	- 8.226	- 186		

Scenario 2

De totale impact van scenario 2 is ongeveer 1.119 ton CO₂. De grootste impact zit in het transport van de staalslakken naar het Groene schip. Naast de CO₂ impact heeft scenario 2 geen vermeden emissies. Er zijn daarentegen extra materialen nodig om de constructies te voltooien op de Energiehaven. Hier kunnen immers de staalslakken niet meer voor gebruikt worden. Deze worden niet dubbel mee gerekend. Voor scenario 2 worden dus geen vermeden emissies gerekend.

De totale CO₂ emissies die vrijkomen in dit scenario zijn **1.123 ton CO₂**.

De stikstofimpact is uitgedrukt in NO_x en NH₃. De meeste emissies komen vrij bij het transport van de staalslakken naar het Groene schip. In totaal komen er **10.067 kg NO_x** en **65 kg NH₃** vrij in scenario 2.

Emissies	CO ₂ (t)	NO _x (kg)	NH ₃ (kg)
Ontgraving	101	529	7
Vervoer en toepassing	864	9.253	46
Groene schip			
Terreinfundering	113	199	8
Onderwaterfundering	37	72	3
Aanvullen dam	8	14	1
Totaal	1.123	10.067	65

Scenario 3

De CO₂ impact van scenario 3 is ongeveer 12.188 ton CO₂. De grootste impact zit in het transport van de staalslakken naar Riga. Dit is bijna de volledige impact voor dit scenario. Dit is ook niet gek als je beseft dat er over 1.300 kilometer 1.226.050 ton materiaal vervoerd moet worden. In dit scenario zijn er materialen nodig om de constructies te voltooien op de Energiehaven. Hier kunnen immers de staalslakken niet meer voor gebruikt worden. Desalniettemin, worden deze niet geteld aangezien de constructies in de Baltische Staten ook weer input van andere materialen vermijden. In totaal, is er dus 1.389 ton CO₂ die vermeden wordt. Dit weegt niet op tegen de impact van het transport van de staalslakken naar Riga. De totale CO₂ emissies die vrijkomen in dit scenario zijn **10.799 ton CO₂**.

De stikstofimpact voor dit scenario is ook bijna volledig toe te schrijven aan het transport naar Riga. Er komt in dit scenario 192.066 kg NO_x en 46 kg NH₃ vrij. Er wordt ook stikstof vermeden, omdat de staalslakken worden hergebruikt en geen nieuwe materialen nodig zijn voor constructies. Er wordt hiermee 8.226 kg NO_x en 186 kg NH₃ vermeden. Dat brengt het totaal op

183.840 kg NO_x en -140 kg NH₃. Er wordt dus wel NH₃ vermeden in dit scenario. Dat komt omdat de NH₃ emissie bij zeeschepen niet wordt beschouwd door de AUB- methode van TNO.

Emissies	tCO ₂	NO _x (kg)	NH ₃ (kg)
Ontgraving	101	529	7
Vervoer en toepassing Riga	11.929	191.252	27
Terreinfundering	113	199	8
Onderwaterfundering	37	72	3
Aanvullen dam	8	14	1
Totaal	12.188	192.066	46

Vermeden materialen	tCO ₂	NO _x (kg)	NH ₃ (kg)	Hoeveelheid (m ³)	Toepassing
Zand	- 919	- 1.246	- 12	38.000	Aanvullen dam
Puingranulaat	- 318	- 4.715	- 118	356.000	Terreinfundering
Puingranulaat	- 153	- 2.265	- 56	171.000	Onderwaterfundering
Totaal	- 1.389	- 8.226	- 186		

6 Conclusie

Er zijn voor de drie scenario's CO₂- en stikstof-berekeningen uitgevoerd. Bijlage 1 bevat een Excel met de volledige berekeningen. Zoals in hoofdstuk 3 is uitgelegd kunnen bepaalde onderdelen tegen elkaar worden weggestreepd. Zoals het ontgraven van de staalslakken voor alle drie de scenario's. Door het wegstrepen worden de verschillen tussen de scenario's veroorzaakt door het transport van de staalslakken en de vermeden emissies doordat er geen extra materialen nodig zijn. De resultaten zijn samengevat in tabel 6.1.

Tabel 6.1 Samenvatting resultaten berekening CO₂- en N-emissies. Scenario 1 en 3 zijn gecorrigeerd voor vermeden materialen.

Scenario	CO ₂ (ton)	NO _x (kg)	NH ₃ (kg)
Scenario 1: hergebruik op locatie	- 1.130	- 7.422	-167
Scenario 2: Toepassing Het Groene Schip	1.123	10.067	65
Scenario 3: Toepassing in Baltische Staten	10.799	183.840	-140

Uit de vergelijking volgt dat scenario 1 het beste scoort, met zelfs negatieve emissies. Er worden dus meer CO₂ en stikstof emissies vermeden dan dat er vrijkomen. Hierna volgt scenario 2 en scenario 3 scoort het slechtst, met de hoogste emissies. Dit komt door het transport naar Riga. De resultaten zijn vergelijkbaar voor CO₂ en NO_x. Voor NH₃ komt er voor scenario 3 vermeden emissies uit, maar dit heeft te maken met de methode die de NH₃ emissie voor zeeschepen niet meeneemt. Bij het interpreteren van de NO_x- en NH₃-emissies is het van belang om rekening te houden met de locatie waar de emissie plaatsvindt. Deze emissie is namelijk niet schadelijk op

zichzelf, zoals CO₂, maar wordt schadelijk zodra het in de leefomgeving van mensen komt, of depositie veroorzaakt op stikstofgevoelige natuur. Met deze ruimtelijke verdeling van de emissies is in dit onderzoek geen rekening gehouden, maar dit kan wel een rol spelen bij scenario-afwegingen.

NB In de praktijk zijn er geen negatieve emissies, ook bij de toepassing van staalslakken vinden emissies plaats, zie hiervoor de twee verschillende tabellen bij scenario 1 in hoofdstuk 5. De negatieve emissies ontstaan als de toepassing van alternatieve materialen wordt afgetrokken van de emissies die bij de toepassing van staalslakken plaatsvinden. De verschillende scenario's kunnen hiermee goed met elkaar worden vergeleken. In werkelijkheid worden ofwel staalslakken, ofwel vervangende materialen toegepast die beide emissies veroorzaken, de alternatieve materialen geven echter hogere emissies dan de staalslakken.

Samenvattend is toepassing van de staalslakken in de Energiehaven uit oogpunt van belasting van het milieu met CO₂ en stikstof duidelijk te prefereren boven toepassing elders. Dit omdat vervangende materialen meer emissies veroorzaken en afzet elders in extra transport resulteert. Dit geldt zeker voor toepassing in de Baltische staten, hetgeen momenteel praktisch gezien het meest reële alternatief is.

Bijlage 1**CO2 en stikstof berekening**