

SCHONERE BINNEN- VAART KAN EN MOET

De resultaten van het CLINSH project (2016-2021) laten zien dat investeren in schonere binnenvaart maatschappelijke en milieubaten heeft.

REMCO HOOGMA, MATTHIJS OTTEN,
FRANK APPELMAN

Inleiding

Een uitgebreid netwerk van binnenwateren maakt de grote economische centra van West-Europa bereikbaar per schip. De gevarieerde vloot en grote vervoerscapaciteit biedt een (kosten)effectieve wijze voor container- en bulkgoederenvervoer. De eisen voor schone lucht, het tegengaan van klimaatverandering en energiebesparing worden steeds strenger. Daarom is het belangrijk dat ook de binnenvaartsector maatregelen neemt om haar emissies en milieuoetdruk te verminderen. In het project CLINSH (CLean INland SHipping) zijn uitstootverlagende technieken en alternatieve brandstoffen voor de binnenvaartsector in de praktijk getest. Dit heeft praktijkkennis opgeleverd over de effectiviteit en bedrijfskosten hiervan. Het hoofddoel van CLINSH was bij te dragen aan betere luchtkwaliteit in stedelijke gebieden. Dit werd gedaan door onderzoek naar de prestatie van verschillende technieken en brandstoffen op 43 schepen. Scheepsemissies werden in de praktijk gemonitord voor en na de aanpassingen. De meetresultaten zijn verzameld in een database en zijn beschikbaar als hulpmiddel voor scheepseigenaren en lokale, regionale, nationale en Europese overheden voor het formuleren van (nieuwe) beleidsmaatregelen voor vergroening van de vloot. Naast uitstoot van varende schepen is ook aandacht gegeven aan uitstoot van aangemeerde schepen. Door gebruik van wal-

stroom in plaats van de dieselformatoren verminderen de emissies en verbetert de luchtkwaliteit in havens.

Sterk partnerschap

Het CLINSH project (september 2016 – december 2021) is een samenwerking tussen 18 partners uit vier Europese landen, bestaand uit universiteiten, havenautoriteiten, lokale overheden en particuliere ondernemingen. Het CLINSH project werd ondersteund door het EU LIFE+ programma. Het totale projectbudget is €8,5 miljoen. Zie www.clinsh.eu.

Projectdoelen

CLINSH richtte zich op de luchtvervuiling door stikstofoxiden (NO_x) en fijnstof (PM) veroorzaakt door binnenvaartschepen. Hoewel de binnenvaart een verhoudingsgewijs kleine bron van luchtvervuiling is beseft de sector dat zij ook bijdraagt aan de concentratie luchtvervuilende stoffen. De emissies hebben directe invloed op de luchtkwaliteit in de stedelijke gebieden, waar veel binnenhavens zich bevinden en langs rivieren en kanalen. Vergeleken met het wegvervoer is het energiegebruik per ton-kilometer vracht van de binnenwatervloot lager, maar de emissiegrenswaarden voor nieuwe scheepsmotoren zijn al jaren aanzienlijk minder streng dan die voor het wegtransport. De emissiewetgeving voor de binnenvaartsector is pas sinds 2003 van kracht, ruim tien jaar na de invoe-

ring van de euronormen voor wegverkeer. Samen met de lange levensduur van scheepsmotoren leidt dit tot achterblijvende milieuprestaties van de binnenvaartsector.

Gedurende twee jaar praktijkinzet heeft CLINSH de milieuvordelen van emissieverlagende technieken voor de binnenvaart aangetoond. De onderzoeksresultaten zijn gebruikt voor beleidsaanbevelingen voor emissiereductie van deze sector.

Methodologie en aanpak

Meetcampagne en modellering

CLINSH heeft de eerste uitgebreide schatting van binnenvaartemissies en reductiemogelijkheden opgeleverd. Dit is gedaan op basis van praktijkmetingen van emissies en het volgen van scheepsbewegingen in West-Europa. Van 43 vaartuigen is gedurende langere tijd de uitstoot van NO_x en PM en het brandstofverbruik gemonitord; CO₂-emissies zijn niet gemeten maar berekend aan de hand van het brandstofverbruik. De resultaten van de emissiemetingen zijn gebruikt om de emissies voor de West-Europese binnenvaartvloot te modelleren en voor

het beoordelen van het effect van schonere technieken en brandstoffen op toekomstige emissies van de binnenvaart. De resultaten zijn ook gebruikt om de luchtkwaliteit in de gebieden in en rondom Antwerpen,

'Emissiewetgeving
voor scheepsmotoren
blijft achter'



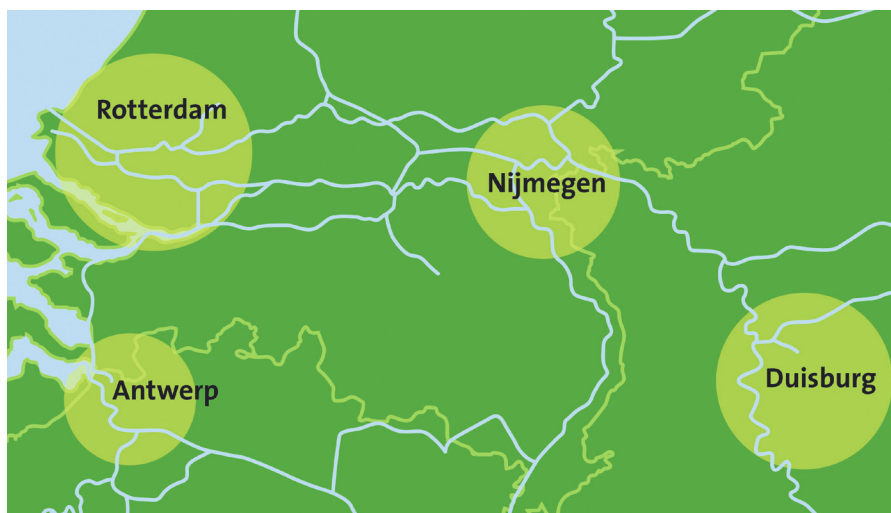
Figuur 1: Binnenvaartschip dat gemonitord werd in CLINSH.

Rotterdam, Nijmegen en Duisburg te beoordelen (zie figuur 2).

De gemonitorde vloot bestaat uit een grote verscheidenheid aan schepen met verschillende motoren, geclassificeerd als CCNR0 (ongereguleerd), CCNR1 en CCNR2. Dit verwijst naar de destijds door de

Centrale Commissie voor de Rijnvaart bepaalde emissienormen voor motoren in de binnenvaart. Sinds 2007 stelt de Europese Commissie in de Non-Road Mobile Machinery richtlijn de emissienormen voor binnenvaartmotoren vast; de CCNR2-norm is gelijkwaardig met de

Europese Stage IIIa-norm voor mobiele werktuigen. In de gemonitorde vloot zijn verschillende uitstootverminderende technieken toegepast, zoals SCR (Selective Catalytic Reduction) zonder/met DPF (Diesel Particulate Filter), diesel-elektrische aandrijving, brandstof-wateremulsie (FWE) of gebruik van alternatieve brandstoffen als GTL of LNG (zie tabel 1). Ook zijn motoren die voldoen aan de meest recente Stage V-norm onderzocht. Het betreft in dit geval Euro VI-vrachtwagenmotoren die geschikt zijn gemaakt voor de binnenvaart en zijn gecertificeerd als Stage V-motor.

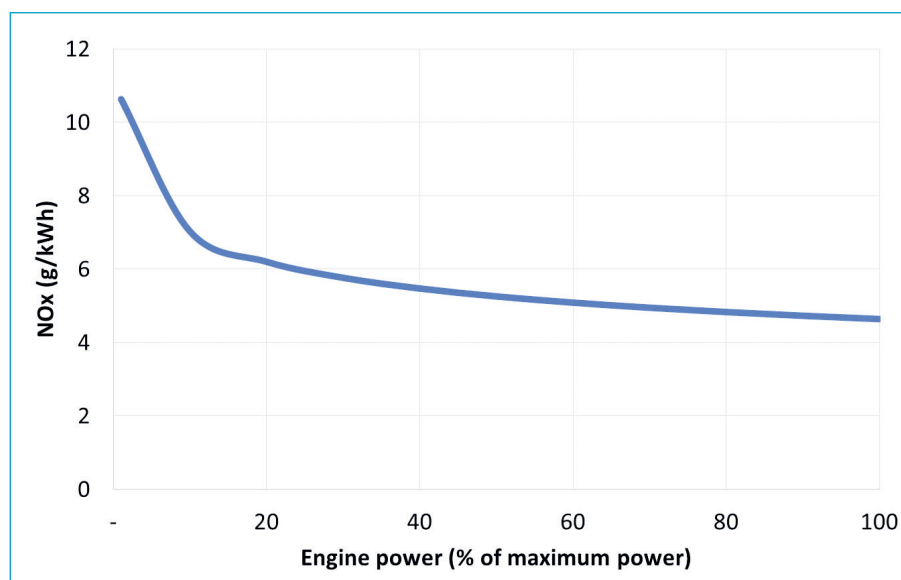


Figuur 2. De vier gebieden voor luchtkwaliteitsmodellering in CLINSH.

Om de gehele binnenvaartvloot te modelleren is een indeling gemaakt in 19 scheepscategorieën, bestaande uit verschillende scheepstypen gebaseerd op motorvermogens en/of scheepslengtes. De scheepstypen betroffen passagiersschepen, duwboten, verschillende typen vrachtschepen, gekoppelde duwbakken, veerboten, en sleep- en werkbotten. Voor →

Tabel 1. In CLINSH onderzochte voortstuwingsmethoden van schepen.

Voortstuwingsmethode	Kenmerken
ongereguleerd (CCNR0), CCNR1, CCNR2 dieselmotoren	• Standaard dieselmotoren met verschillende classificaties die momenteel in gebruik zijn bij een groot gedeelte van de vloot
Stage V, waaronder Euro VI dieselmotor	• Geïntegreerd met SCR en DPF • Lage emissies van NO_x en PM
Nabehandelingssystemen (SCR en/of DPF) voor dieselmotoren	• 'Selective Catalytic Reduction' voor NO_x reductie, heeft ureum nodig voor effectieve werking • 'Diesel Particulate Filter' voor opvangen van fijnstof (PM)
Brandstof-wateremulsie voor dieselmotoren	• Emulsificatie van water en diesel voor injectie • Potentieel voor brandstofbesparing
GTL (Gas to Liquids) voor dieselmotoren	• Zwavelvrij, geen aromatische koolwaterstoffen • Lagere emissies van NO_x en PM
Liquid Natural Gas (LNG) voor gasmotoren	• Lagere brandstofkosten per energie-eenheid • Hogere investering in brandstofsysteem en opslagtanks
Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) voor dieselmotoren	• Met waterstof behandelde plantaardige olie (biofuel) • Lagere emissies van NO_x, PM en CO₂

Figuur 3. NO_x-emissiefactor als functie van het vermogen van een CCNR2 motor.

elke scheepscategorie werd tevens onderscheid gemaakt tussen schepen met een laag, middelmatig of hoog brandstofverbruik. Voor elke onderscheiden categorie zijn de emissies en mogelijke emissiereducties bepaald.

Emissiefactoren

Op basis van de meetresultaten heeft CLINSH emissiefactoren ontwikkeld die de emissies van NO_x en PM relateren aan het motorvermogen (% van het maximale motorvermogen) voor elk schip in de CLINSH-vloot. Figuur 3 toont een voorbeeld van de NO_x-emissiefactor als functie van het vermogen van een CCNR2-motor. Tabel 2 toont de gemiddelde emissiefactoren gebaseerd op de CLINSH-meetcam-

pagne; voor technieken waarvoor de emissiefactoren niet konden worden bepaald zijn literatuurwaarden vermeld. De resulterende emissiefactoren zijn tevens uitgedrukt als een percentage in vergelijking tot de CCNR2-emissiewaarden. De met SCR-DPF behaalde NO_x-reductie bleek afhankelijk van de juiste afstelling van de motor; 80% reductie is haalbaar, maar niet vanzelfsprekend. De laagste emissies werden bereikt met Euro VI-dieselmotoren.

Kosten van de opties voor uitstootvermindering

Voor de in de meetcampagne gemonitorde technieken en verschillende andere opties om emissies te verminderen, heeft

CLINSH een maatschappelijke kostenanalyse uitgevoerd. De maatschappelijke kosten omvatten de totale eigendomskosten ('TCO', de kosten voor de scheepseigenaren) van de verschillende technieken en de externe (milieu)-kosten van NO_x, PM en CO₂. Dit werd gedaan voor de verschillende scheepscategorieën met differentiatie naar laag, middelmatig of hoog brandstofverbruik. Hierbij moet worden opgemerkt dat het alleen gaat om de kosten die gerelateerd zijn aan de motor (investeringen, onderhoud en bedrijf) en niet aan het gehele schip.

Figuur 4 toont de vergelijking voor de scheepscategorie 110 m lang 'drogelaadingschip' met gemiddeld brandstofverbruik. Voor de TCO is onderscheid gemaakt tussen investerings- en variabele kosten en voor de externe milieukosten zijn de verschillende emissies van een schaduwprijs voorzien.

De opties die voor deze scheepscategorie leiden tot de hoogste emissiereductie van NO_x en PM (oranje en rode balken in figuur 4) zijn het vervangen van de bestaande motor door een Stage V-motor, installatie van een LNG-motor en installatie van een SCR-DPF nabehandelingssysteem. Het gebruik van brandstof-wateremulsie en GTL reduceren strikt genomen minder emissie, maar zijn interessant voor scheepseigenaren die voorrang geven aan kosteneffectiviteit boven het totale effect (de lichtblauwe balken tonen lage meerkosten). Uit sociaaleconomisch oogpunt is de meest effectieve optie de Stage V-dieselmotor (waaronder de Euro VI-dieselmotor), omdat die de hoogste NO_x- en PM-emissiereductie oplevert en de totale maatschappelijke kosten het laagst zijn (afgezien van batterij-elektrische en waterstofaandrijving).

Vlootscenario's

De meetgegevens van de 43 schepen, samen met de informatie uit de literatuur, vormen de basis van een emissiemodel voor het simuleren van de vlootemissies

Tabel 2. Emissiefactoren afkomstig van de CLINSH-meetcampagne [c] en uit literatuur [l].

	NO _x -emissie-factor (g/kWh)	NO _x -emissie in vergelijking tot CCNR 2	PM-emissie-factor (g/kWh)	PM-emissie in vergelijking tot CCNR 2
CCNR0 diesel	10.59 [c]	205%	0.406 [l]	308%
CCNR1 diesel	8.31 [c]	161%	0.132 [l]	100%
CCNR2 diesel	5.16 [c]	100%	0.132 [l]	100%
CCNR2 GTL	4.55 [c]	88%	0.091 [l]	69%
CCNR2 FWE	4.14 [c]	80%	0.066 [l]	50%
CCNR1 SCR-DPF *	2.07 [c]	40%	0.132 [l]	10%
LNG	1.80 [l]	35%	0.132 [l]	10%
Stage V diesel	1.80 [l]	35%	0.132 [l]	10%
Euro VI diesel **	0.40 [c]	8%	0.010 [l]	8%

*: Vergeleken met CCNR1 is het NO_x-emissieniveau 25%; d.w.z. een vermindering van 75%.

**:: Voor binnenvaart geschikt gemaakte vrachtwagenmotor, gecertificeerd als Stage V-motor.

en de invloed hiervan op de luchtkwaliteit in twee verschillende scenario's: het 'baseline' scenario en het 'CLINSH' scenario:

* Baseline scenario: verondersteld wordt dat er geen nieuwe beleidsmaatregelen komen die emissieverlagende technieken bevorderen. Vervanging door Stage V-motoren vindt pas plaats wanneer deze het einde van hun levensduur bereiken.

* CLINSH scenario: maatschappelijk opti-

male aanpak met nieuwe stimuleringsmaatregelen die leiden tot versnelde invoering van Stage V-motoren, nabehandelingstechnieken en alternatieve brandstoffen. Dit gebeurt voor het gedeelte van de binnenvaartvloot waarvan de motoren nog niet het einde van hun levensduur hebben bereikt.

Er is rekening gehouden met de ontwikkeling van vrachtvolumes en ladingcapa-

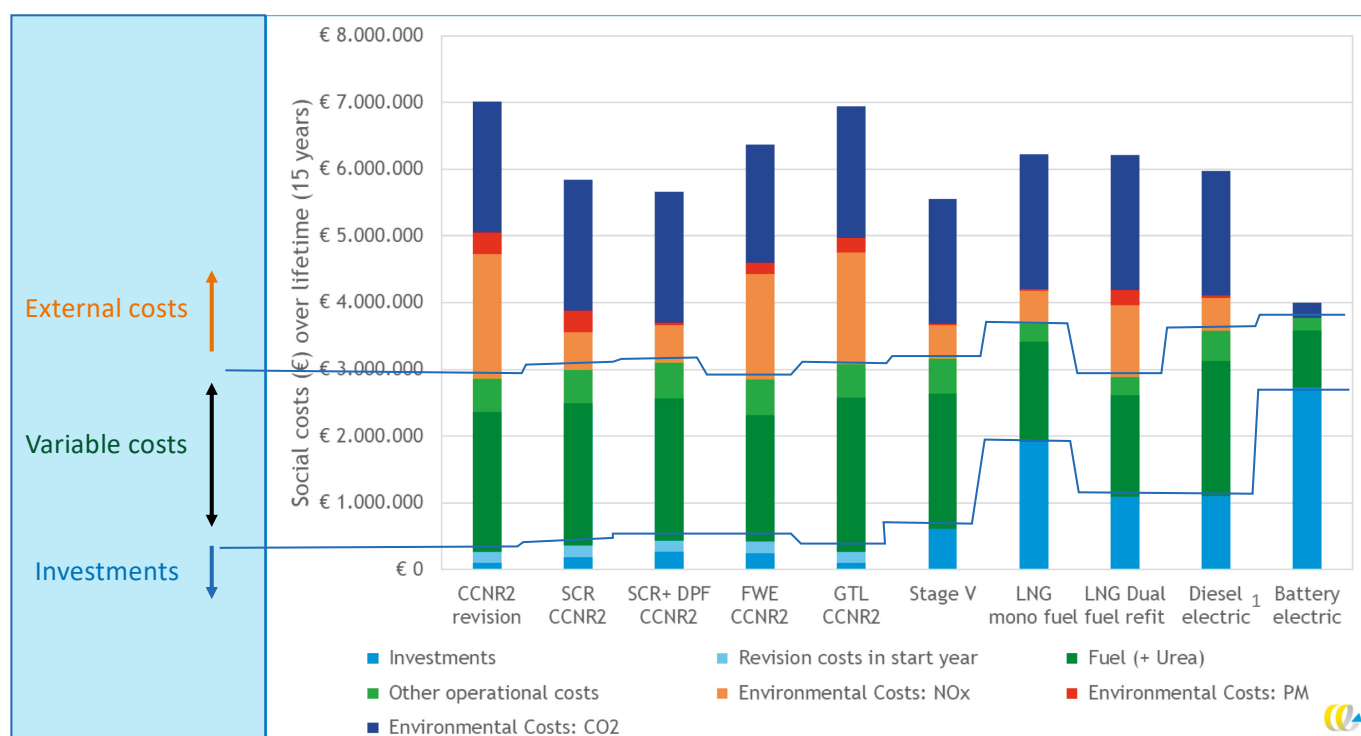
citeit van schepen. Voor sommige producten zal er minder vervoerbehoefte komen (zoals steenkolen en olie), voor andere meer en de trend naar gemiddeld grotere schepen zal voortduren. Dit leidt tot de aanname in beide scenario's dat de capaciteit van de binnenvaartvloot gelijk blijft.

De scenario's zijn gebruikt voor het onderzoeken van de socio-economische en financiële aspecten van de transitie naar een schonere binnenvaartvloot.

Resultaten vlootemissies

Tabel 3 (pag. 12) toont de huidige en toekomstige emissies van de vloot voor de geselecteerde gebieden. Het baselinescenario leidt tot een emissievermindering van 20% NO_x en PM tot 2035 door natuurlijke verschoening. Het CLINSH-scenario vermindert deze emissies tot wel 80%.

CCNR 2



Figuur 4. Totale eigendomskosten (investments + variable costs) en maatschappelijke kosten (external costs) voor een 110 m lang 'drugeladingschip' met gemiddeld brandstofverbruik.



'CLINSH project zet maatschappelijke kosten en baten naast elkaar'

Tabel 3. Jaarlijkse emissies van de binnenvaart in de modelregio's voor de baseline 2020/2035- en CLINSH 2035- scenario's (in kilotonnen).

	Rotterdam		Nijmegen		Antwerpen		Duisburg	
In kilotonnen/jaar	NO _x	PM ₁₀	NO _x	PM ₁₀	NO _x	PM ₁₀	NO _x	PM ₁₀
Baseline 2020	2,68	0,09	1,32	0,04	0,97	0,03	2,05	0,06
Baseline 2035	2,06	0,07	0,97	0,03	0,75	0,03	1,59	0,04
CLINSH 2035	0,72	0,03	0,28	0,004	0,27	0,01	0,45	0,01

Tabel 4. Socio-economische kosten voor de twee scenario's.

	Baseline scenario	CLINSH scenario	Vershil
Maatschappelijke kosten gedurende 15 jaar (M€)	€ 26.139	€ 21.280	€ -4.859
Totale eigendomskosten (TCO) gedurende 15 jaar (M€)	€ 10.751	€ 11.512	€ 761
Initiële investeringskosten (M€)	€ 1.123	€ 2.393	€ 1.270

Voordelen voor de maatschappij

De resultaten in tabel 4 tonen de financiële behoeften voor de uitvoering van het baseline- en het CLINSH-scenario volgens de sociaaleconomische analyse. De hogere investeringskosten voor het CLINSH-scenario bedragen € 1,3 miljard over 15 jaar. Door efficiencywinst resteert een verhoging van de TCO van € 0,76 miljard over 15 jaar. Hier staat tegenover dat de maatschappelijke baten van deze investeringen (baten voor de volksgezondheid, voorkomen van biodiversiteitsverlies, enz.) € 4,9 miljard bedragen. Deze investeringen zijn dus vanuit sociaaleconomisch oogpunt zinvol en moeten daarom de komende jaren worden gefaciliteerd. Tegelijkertijd moeten oplossingen met 100% emissievrije techniek (zoals batterij-elektrisch en waterstof) worden ontwikkeld en ingevoerd; deze verbeteren de luchtkwaliteit en helpen ook, op langere termijn, de klimaatverandering tegen te gaan.

De sociaaleconomische analyse toont verder dat hermotorisering met Stage V-motoren in de komende 10-15 jaar maatschappelijk gezien voor veel schepen optimaal is. De hogere investeringskosten voor deze motoren worden deels gecompenseerd door een hogere brandstofefficiëntie, zoals is aangetoond met de Euro VI-motoren in de gemonitorde vloot.

Uit het onderzoek komt naar voren dat de opties die maatschappelijk gezien de voorkeur verdienen, niet overeenkomen met de voorkeursoptie vanuit het oogpunt van de individuele ondernemer, omdat ze hogere investerings- en totale eigendomskosten opleveren. De uitdaging is om de maatschappelijke en individuele belangen op één lijn te krijgen. Stimuleringsregelingen moeten het aantrekkelijk maken voor ondernemers om te investeren in tenminste Stage V-motoren, SCR+DPF, brandstof-wateremulsie en GTL-brandstof. Dit roept om beleidsingrijpen door investeringssteun aan scheepseigenaren en/of gedifferentieerde heffingen die lage-emissietechnieken ondersteunen, om zo de milieukosten door vervuiling te verminderen en het mogelijk te maken dat scheepseigenaren voor betere oplossingen kiezen.

Beleidsaanbevelingen

CLINSH roept op om te investeren in voor de bestaande binnenvaartvloot toepasbare maatregelen die de luchtkwaliteit verbeteren door NO_x- en PM-emissiereductie, totdat emissieloze technieken ver genoeg zijn ontwikkeld. De EU en lidstaten moeten een versnelde invoering van beschikbare emissiereductieopties voor de binnenvaart stimuleren door het instellen van een vergroeningsfonds en subsidieregelingen. Het budget voor het fonds of de

subsidiereregelingen kan bijeengebracht worden door toewijzing van inkomsten uit een voorgenomen belasting op (tot nu toe niet belaste) binnenvaartbrandstoffen. Lokale regelgeving kan helpen bij de transitie via lage emissietechnologieën naar nul-emissie. Tegelijk met financiële ondersteuning voor hermotorisering en emissieverlagende technieken tot 2035 via het voorgestelde vergroeningsfonds en voorafgaand aan het invoeren van mogelijke Stage V (of gelijkwaardige) emissienormen voor de bestaande vloot (vanaf 2035), zou men 'lage emissiezones' in havens kunnen invoeren. CLINSH adviseert om onderzoek te doen naar de haalbaarheid en het effect van zulke zonering, vergelijkbaar met milieuzones voor wegvervoer in steden.

Er dient ook geïnvesteerd te worden in walstroom, waar de luchtvervuiling en/of geluidshinder het ernstigst zijn en waar het geld dus het meest kosteneffectief besteed wordt aan emissiereductie. Het ontwikkelen van financieringsmechanismen voor de aanleg van walstroom op veel bevaren plekken kan de weg effenen voor een elektriciteitsinfrastructuur voor emissieloze binnenvaart in 2050. ■

Remco Hoogma is werkzaam bij de Gemeente Nijmegen. Matthijs Otten werkt bij CE Delft en Frank Appelman bij de provincie Zuid-Holland