

U-methode

De U-methode is een door TNO ontwikkelde manier om de stikstofemissie vanuit mobiele werktuigen te berekenen, in een situatie waarbij alleen de inzet, het motorvermogen en het bouwjaar van de mobiele werktuigen bekend zijn⁶.

Stage

De interne verbrandingsmotoren van mobiele werktuigen zijn ingedeeld in stages. In Verordening (EU) 2016/1628⁷ staan de emissie eisen waaraan deze verbrandingsmotoren moeten voldoen.

Een verbrandingsmotor voldoet in de praktijk niet bij alle omstandigheden aan de eisen in de betreffende stage. In de U-methode is daarom gekozen een koppeling te maken van stage naar categorieën, waarmee de werkelijke emissie betrouwbaarder kan worden berekend. Tabel 1.1 bevat de vertaling van vermogen en bouwjaar (wat bepalend is voor stages) naar de categorieën.

Motorvermogen

Het motorvermogen van het mobiele werktuig bepaalt in welke stage een mobiel werktuig is ingedeeld. De motorvermogens zijn bepaald met de geraamde werkzaamheden.

Daarnaast heeft het motorvermogen samen met de motorbelasting invloed op het brandstofverbruik en daardoor ook op de emissie van PM₁₀. De U-methode wordt niet beïnvloed door de belasting van de motor.

Bouwjaar

Het bouwjaar is (samen met het motorvermogen) bepalend voor de stage waarin een mobiel werktuig wordt ingedeeld.

In tabel 1.1 staan de stageklassen (horizontaal) gerelateerd aan het bouwjaar van de motor en het betreffende vermogen (verticaal), in de tabel zelf staat de corresponderende categorie. Een toelichting bij deze categorieën staat in tabel 1.2.

Tabel 1.1: Indeling van Stageklassen naar categorieën voor de U-methode.

Vermogen (kW)	Stage-I (...-2001)	Stage-II (2002-2005)	Stage-IIIA (2006-2010)	Stage-IIIB (2011-2013)	Stage-IV (2014-2018)	Stage-V (2019-...)
(...-56)	X	X	X	A	A	A
(56-75)	X	X	A	A	D	D
(75-560)	X	A	B	B/C ¹⁾	D	D
(560-...)	X	X	X	X	X	B/C ¹⁾

1) Voor deze stage en vermogenscombinatie wordt in sommige gevallen een SCR (AUB klasse C) gebruikt in andere gevallen is dit niet nodig (AUB klasse B).

Categorieën motoren voor de U-methode

De categorieën hebben betrekking op verschillende soorten dieselmotoren die voornamelijk worden en zijn toegepast in mobiele werktuigen. Mobiele werktuigen met een benzine of LPG motor zijn niet ingedeeld voor de U-methode en kunnen (nog) niet worden doorgerekend. De emissiefactoren die zijn vastgesteld door TNO staan per categorie genoemd in tabel 1.3.

⁶ TNO, 30 juni 2023, U-methode, NOx en NH3 emissies van mobiele werktuigen op basis van draaiuren alleen, Rapportnummer: R11233, Programmanummer: 060.56975.

⁷ Verordening EU 2016/1628 van 14 september 2016. Bezocht op 28-2-2022 via URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R1628&from=IT>

Tabel 1.3: Categorieën voor mobiele werktuigen met de emissiefactoren voor de U-methode.

Categorie	Omschrijving	NO _x (g/(uur*kW)) ¹⁾	NH ₃ (g/(uur*kW)) ¹⁾
X	Mobiele werktuigen met hoge emissies	2,7	0,0007
A	Mobiele werktuigen met enige emissiecontrole maatregelen	1,8	0,0007
B	Mobiele werktuigen met specifieke hardware voor emissiecontrole, maar geen SCR	1,3	0,0007
C	Mobiele werktuigen met toepassing van SCR ¹⁾	1	0,021
D	Mobiele werktuigen met geavanceerde toepassing van SCR ¹⁾	0,34	0,021

- 1) Eenheid gepresenteerd in gram per uur * kW, omdat deze eenheid betrekking heeft op de uren inzet en het maximale vermogen van de machine. En dus geen betrekking heeft op de daadwerkelijk geleverde energie in kWh.
 2) Om aan strikte emissie-eisen te voldoen, passen fabrikanten SCR (selectieve katalytische reductie) toe die AdBlue verbruikt.

Berekenen van de stikstofemissie met de U-methode

De NO_x en NH₃ emissie vanuit de mobiele werktuigen wordt in de U-methode berekend met een vaste emissiefactor uit tabel 1.3 en de onderstaande formule:

$$Emissie\ NO_x\ en\ NH_3 = EF_x \cdot P \cdot T \cdot 10^{-3}$$

Emissie NO _x en NH ₃	Dit is de stikstofemissie per mobiel werktuig (kg NO _x of kg NH ₃ /jaar)
EF _x	Emissiefactor voor NO _x of NH ₃ (g/(uur * kW)) – zie tabel.
P	Maximaal motorvermogen van het mobiele werktuig (kW)
T	Het aantal uren dat het mobiele werktuig wordt ingezet (uur/jaar)
10 ⁻³	Correctiefactor van gram naar kilogram

De stikstofemissies die hieruit volgen staan samengevat per mobiel werktuig in tabel 1.4

Tabel 1.4: Berekende stikstofemissie voor mobiele werktuigen met de U-methode.

Mobiel werktuig	Bouwjaar	Vermogen (kW)	AUB klasse	Draaiuren (uur)	NO _x emissie (kg/jaar)	NH ₃ emissie (kg/jaar)
Vrachtwagen On-site	2018	300	D	48	4,9	0,3
Bandenkraan	2018	175	D	1788	106,4	6,6
Shovel	2018	130	D	156	6,9	0,4
Heistelling (trilblok)	2018	180	D	192	11,8	0,7
Verreiker	2018	80	D	48	1,3	0,1
Telekraan	2018	270	D	720	66,1	4,1
Telekraan zwaar	2018	400	D	12	1,6	0,1
Betonpomp	2018	35	X	35	3,3	0,0
Betonmixer	2018	300	D	37	3,7	0,2
Asfaltmachine	2018	310	D	48	5,1	0,3

Asfaltfrees	2018	280	D	48	4,6	0,3
Trilwals	2018	180	D	144	8,8	0,5
Zuigwagen	2018	55	A	96	9,5	0,0
Reinigingsunit	2018	200	D	128	8,7	0,5
Trekker met kipper	2018	300	D	8	0,8	0,1

Broneigenschappen: Warmte inhoud, emissiehoogte en spreiding

De standaard warmte inhoud, emissiehoogte en spreiding van mobiele werktuigen staan in tabel 1.5. Deze standaardwaarden komen uit de instructie gegevensinvoer AERIUS Calculator 2024⁸.

Tabel 1.5: Standaardbroneigenschappen voor mobiele werktuigen

Sector	Warmte inhoud (MW)	Hoogte (m)	Spreiding (m)
Landbouw	0,02	2,5	1,25
Bouw, industrie en delfstoffenwinning	0,035	2,5	1,25
Consumenten	0	0,3	0,15 ¹⁾

1) In de bron staan afgeronde waarden, de standaardinvoer voor spreiding is de helft van de emissiehoogte.

⁸ uit § 8,3, BIJ12, Instructie gegevensinvoer AERIUS Calculator 2024, versie oktober 2024, via URL: <https://www.aeriusproducten.nl/documenten/publicaties/2024/10/1/instructie-gegevensinvoer-2024>