



1 **CONCEPTADVIES SDE++ 2022**
2 **ETHEENPRODUCTIE UIT BIOGENE**
3 **GRONDSTOFFEN**

4
5
6

7 **Hans Elzenga, Mike Muller**

8

9 **22 april 2021**

PBL

10 **Colofon**

11 **Conceptadvies SDE++ 2022 Etheenproductie uit biogene grondstoffen**

12

13 © PBL Planbureau voor de Leefomgeving

14 Den Haag, 2021

15 PBL-publicatienummer: 4393

16 **Contact**

17 sde@pbl.nl

18 **Auteurs**

19 Hans Elzenga en Mike Muller

20 **Eindredactie en productie**

21 Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:
22 Hans Elzenga en Mike Muller (2021), Conceptadvies SDE++ 2022 Etheenproductie uit bio-
23 gene grondstoffen, Den Haag: PBL.

24

25 Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische be-
26 leidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit
27 van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en eva-
28 luaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht.

29 Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk ge-
30 fundeerd.

31 Inhoud

32	1	Introductie	4
33	2	Beschrijving etheenproductie uit bio-ethanol	5
34	2.1	Algemeen	5
35	2.2	Technisch-economische parameters	5
36		2.2.1 Referentie-installatie	5
37		2.2.2 Investeringskosten	5
38		2.2.3 Operationele kosten	5
39		2.2.4 Restwaarde	6
40	3	Beschrijving etheenproductie uit bionafta	7
41	3.1	Algemeen	7
42	3.2	Technische-economische parameters	7
43		3.2.1 Referentie-installatie	7
44		3.2.2 Investeringskosten	7
45		3.2.3 Operationele kosten	7
46		3.2.4 Restwaarde	8
47	4	Correctiebedrag	9
48		4.1.1 Marktprijs etheen	9
49		4.1.2 Vermeden CO ₂ -emissie	9
50	5	Resultaten	11
51	5.1	Bio-ethanolroute	11
52	5.2	Bionaftaroute	11
53	6	Uitvraag	13
54		Literatuur	14
55			

1 Introductie

56

57 Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft PBL gevraagd advies uit bren-
58 gen over de openstelling van de SDE++ in 2022. Daartoe brengt PBL advies uit over basis-
59 bedragen, correctiebedragen, basisenergieprijzen en financieel-economische parameters die
60 hiermee samenhangen. PBL heeft hiervoor ondersteuning gekregen van TNO en DNV.

61

62 **Etheen uit biogene grondstoffen**

63 In deze notitie bespreken we de bevindingen voor de SDE++-categorieën die betrekking
64 hebben op etheenproductie uit biogene grondstoffen. De volgende technologieën zijn onder-
65 scheiden:

- 66 • Etheenproductie uit bio-ethanol
- 67 • Etheenproductie uit bionafta

68

69 De eerste route op basis van ethanol wordt al in Brazilië, Taiwan, China en India op commer-
70 ciële schaal – 10 tot 200 kiloton per jaar - toegepast (IEA 2013), maar nog niet in Neder-
71 land. Voor deze route is de bouw van een nieuwe fabriek nodig. De tweede route op basis
72 van bionafta wordt al wel op bescheiden schaal in Nederland toegepast. Bij deze route kan
73 bionafta simpelweg worden bijgemengd bij nafta uit aardolie, en in bestaande stoomkrakers
74 worden omgezet tot etheen en andere producten. Technisch gezien kunnen tientallen pro-
75 centen bionafta worden bijgemengd.

76

77 **Referentietechnologie**

78 Etheen is een gas dat vooral wordt ingezet als grondstof voor de productie van plastics zoals
79 polyetheen (PE) en polyvinylchloride (PVC). De referentietechnologie is etheenproductie uit
80 fossiele nafta dat bij aardolieraffinage wordt geproduceerd. Deze grondstof wordt in stoom-
81 krakers bij hoge temperatuur omgezet in etheen en een aantal andere zogenoemde High Va-
82 lue Chemicals (HVC): waterstof, propeen, acetyleen, benzeen en butadieen. In Nederland
83 staan in totaal zes stoomkrakers die nafta als voeding gebruiken. Uit 1 ton nafta wordt ge-
84 middeld circa 275 kilo etheen en 550 kilo HVC (inclusief etheen) geproduceerd. Het niet-HVC
85 deel (450 kg) bestaat onder andere uit methaanrijk restgas (dat gebruikt wordt voor de on-
86 dervuring van de krakers) en alkanen met langere ketens (die gebruikt worden als grondstof
87 voor pyrolysebenzine).

88

89 De zes Nederlandse krakers hebben een totale productiecapaciteit van 4 miljoen ton etheen
90 per jaar (Oliveira en Van Dril 2020). Wereldwijd is de productiecapaciteit van etheen 150
91 miljoen ton (Crnomarković et al. 2018).

92

93 **Marktconsultatie**

94 Belanghebbenden kunnen schriftelijk een reactie geven op dit conceptadvies en de onderlig-
95 gende kostenbevindingen. Deze schriftelijke reactie dient uiterlijk 21 mei bij het PBL binnen
96 te zijn. Mocht een aanvullend gesprek door het PBL gewenst worden, dan zal dit tussen 7
97 juni en 2 juli worden gehouden.

98

99 Op basis van schriftelijke reacties uit de markt en marktconsultatiegesprekken stelt het PBL
100 vervolgens het uiteindelijke eindadvies op voor EZK. De minister van EZK besluit uiteindelijk
101 aan het eind van het jaar over de openstelling van de nieuwe SDE++-regeling, de open te
102 stellen categorieën en de bijbehorende basisbedragen.

103

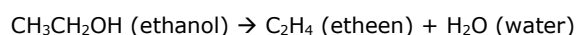
104 Nadere informatie is te vinden via de website: www.pbl.nl/sde.

105

2 Beschrijving etheen- productie uit bio- ethanol

2.1 Algemeen

Bio-ethanol (verder aangeduid als ethanol) wordt vooral geproduceerd uit suiker- of zetmeelhoudende gewassen, zoals suikerriet, suikerbieten, mais en aardappelen. In het etheenproductieproces wordt ethanol verdampt en met stoom of in een oven verwarmd tot een temperatuur van 300-500 °C (Mohsenzadeh et al. 2017). De damp wordt door verschillende reactoren geleid, waar het ethanol wordt omgezet in etheen. De chemische reactie is:



Het vrijkomende water wordt na de reactie door condensatie afgescheiden. De volgende stappen in het proces zijn compressie, wassen en zuivering (Intratec 2013).

Theoretisch (bij 100% omzetting) is 1,64 ton ethanol nodig voor de productie van 1 ton etheen (en 0,64 ton water). Volgens recente marktinformatie wordt in de praktijk een omzettingsfactor van 1,7 ton ethanol per ton etheen bereikt.

2.2 Technisch-economische parameters

2.2.1 Referentie-installatie

De referentie-installatie heeft een capaciteit van 150.000 ton etheen per jaar bij 8.000 vol-lasturen. Er is een Nederlands marktinitiatief om een fabriek van deze omvang in Noordwest-Europa te bouwen.

2.2.2 Investeringskosten

Investeringskosten etheenfabriek

De investeringskosten voor een fabriek met een capaciteit van 150.000 ton per jaar bedragen naar schatting 65 miljoen euro, oftewel 433 euro/ton/jaar (3.467 euro/kg/uur bij 8.000 uur/jaar).

2.2.3 Operationele kosten

Vaste O&M-kosten

Deze bedragen 400 euro/kg/uur/jaar.

Variabele kosten

De totale variabele kosten bedragen 0,964 euro/kg etheen, waarvan 0,894 euro/kg etheen (93%) voor rekening komt van ethanol, en de overige 0,070 euro/kg etheen kosten zijn voor

142 de katalysator (0,011), stoom (0,053), elektriciteit (0,005), koelwater (0,0002), zwavelver-
143 wijdering (0,0012) en brandstof (0,0003).

144

145 Er is gerekend met een prijs van geïmporteerde ethanol van 0,526 euro/kg (inclusief import-
146 heffing en transport). Ethanol uit suikerbieten zou voor afnemers van bio-etheen de voorkeur
147 kunnen hebben, omdat suikerbieten op een aantal milieu-indicatoren (CO₂-opname, waterge-
148 bruik, transport) gunstiger scoren dan ethanol uit suikerriet of mais. Ethanol uit suikerbieten
149 is echter op dit moment duurder dan ethanol uit suikerriet of mais (0,700 euro/kg versus
150 0,526 euro/kg).

151

152 2.2.4 Restwaarde

153 De productie van etheen uit ethanol is momenteel niet rendabel, aangezien de productiekos-
154 ten hoger zijn dan de marktprijs van etheen. Dat betekent dat de productie van etheen na
155 afloop van de subsidieperiode hoogstwaarschijnlijk zal stoppen¹. Een fabriek die alleen
156 etheen produceert heeft dan geen restwaarde.

157

158

¹ Er is in dit advies geen rekening gehouden met de mogelijkheid dat de productiekosten van fossiele etheen op dat moment hoger zijn geworden dan die van bio-etheen (bijvoorbeeld door een gestegen prijs van CO₂-emissierechten) of dat de marktprijs van bio-etheen sterker is gestegen dan die van fossiele etheen.

3 Beschrijving etheenproductie uit bionafta

3.1 Algemeen

Bij deze route wordt bionafta bijgemengd bij nafta uit aardolie en in stoomkrakers omgezet in etheen en een reeks andere producten, zoals waterstof, acetyleen, propaan, butadieen, benzeen, methaan, ethaan, propaan en hogere koolwaterstoffen. In Nederland wordt sinds enkele jaren op bescheiden schaal bionafta batchgewijs bijgemengd. Daarvoor wordt *hydro-treated vegetable oil* (HVO) gebruikt die geproduceerd is uit gehydrogeneerde² tallolie. Tallolie is een afvalproduct van de papierindustrie en wordt ook als grondstof voor hernieuwbare diesel gebruikt.³ De goedkopere biodiesels van de FAME-categorie (*fatty acid methyl ester*) hebben een te hoog zuurstofgehalte en kunnen niet zonder voorbereiding in het kraakproces worden toegepast.

Aangezien alleen etheen in aanmerking komt voor SDE+-subsidie, is er in dit advies voor gekozen de productiekosten en CO₂-emissies volledig toe te rekenen aan etheen, ook al maakt etheen maar 27,5% uit van de totale productmix.

3.2 Technische-economische parameters

3.2.1 Referentie-installatie

Omdat bionafta zonder voorbereiding kan worden bijgemengd in de voeding (fossiele nafta) van bestaande stoomkrakers hoeven er geen nieuwe installaties te worden gebouwd. Er is gerekend met een stoomkraker met 8000 vollasturen en een inputcapaciteit van 4000 kt nafta per jaar, waarvan op jaarbasis 2,4 kt (0,06%) uit bionafta bestaat. Uit 4000 kt nafta wordt jaarlijks 1100 kt etheen geproduceerd, waarvan eveneens 0,06% (0,66 kt) uit bio-etheen bestaat. Het betreft hier afgeronde getallen op basis van (Oliveira & Van Dril 2020; Wong & Van Dril 2020) en marktinformatie.

3.2.2 Investeringskosten

Aangezien gebruik wordt gemaakt van bestaande installaties zijn er geen investeringskosten.

3.2.3 Operationele kosten

Vaste O&M-kosten

De vaste O&M-kosten per ton etheen zullen voor bio-etheen gelijk zijn aan die van fossiel etheen. Volgens Spallina et al. (2017) bedroegen de O&M-kosten in 2016 78 euro per ton

² Dat betekent dat het met waterstof is bewerkt.

³ Doordat tallolie een afvalproduct is telt de HVO die ervan gemaakt is volgens de Renewable Energy Directive II (RED II) dubbel bij de bepaling van het aandeel biobrandstoffen in motorbrandstoffen. Daardoor heeft tallolie een hogere prijs dan biobrandstoffen die gemaakt zijn uit oliehoudende zaden.

191 etheen. Gecorrigeerd voor inflatie (volgens het CBS 6% tussen 2016 en 2020) is dat in 2020
192 82,5 euro/ton etheen. Bij een jaarlijkse etheenproductie van 1100 kt zijn de totale jaarlijkse
193 O&M-kosten 90,75 miljoen euro, waarvan 0,06% oftewel 54.450 euro kan worden toegere-
194 kend aan bio-etheen. Als de bijmenging continu gedurende 8000 vollasturen zou plaatsvin-
195 den⁴ komt dat overeen met 660 euro/kg/uur/jaar.

196

197 **Variabele O&M kosten**

198 De variabele O&M-kosten worden volledig bepaald door de meerprijs van bionafta ten op-
199 zichte van fossiele nafta. De bionafta die gebruikt wordt is als gezegd HVO die gemaakt is
200 van tallolie uit de papierindustrie, met een prijs van 1.400 euro per ton (marktinformatie).
201 De prijs van fossiele nafta bedroeg in 2019 gemiddeld 451 euro per ton (marktinformatie).
202 Daarmee bedroeg de meerprijs van bionafta 949 euro per ton. Aangezien uit 1 ton nafta 275
203 kilo etheen wordt gevormd, bedragen de extra grondstofkosten als gevolg van de inzet van
204 bionafta 3451 euro per ton etheen. Deze berekende waarde is vanwege de in de SDE++ ge-
205 hanteerde berekeningssystematiek met 936 euro verhoogd tot een waarde van 4387
206 euro/ton etheen⁵.

207 **3.2.4 Restwaarde**

208 Niet van toepassing. Aangezien de productie plaatsvindt in bestaande installaties zijn er bij
209 de berekening van het basisbedrag geen investeringskosten gerekend.

210

⁴ In werkelijkheid vindt de bijmenging batchgewijs plaats; voor de uiteindelijke hoogte van het basisbedrag maakt dat echter geen verschil.

⁵ In het OT-model heeft dit als effect dat het berekende basisbedrag vermeerderd wordt met de waarde van het correctiebedrag (1,004 euro/t etheen). Dit is een noodzakelijke berekeningsstap omdat in de SDE++ bij de subsidie-uitkering het basisbedrag altijd wordt gecorrigeerd voor de marktwaarde van de output (in dit geval etheen).

4 Correctiebedrag

211

212 4.1.1 Marktprijs etheen

213 Er is gerekend met een marktprijs van 1.004 euro/ton etheen. Het betreft gemiddelde con-
214 tractprijzen in 2019.⁶

215 4.1.2 Vermeden CO₂-emissie

216 **Berekeningsmethode**

217 Bij de berekening van de vermeden emissies ten opzichte van de fossiele route gaat het in
218 dit advies om de emissies die vrijkomen tijdens de productieprocessen en tijdens de verbran-
219 ding in de eindfase van uit etheen geproduceerde producten – voornamelijk polyetheen
220 (PE).⁷ Er zijn echter geen cijfers beschikbaar over welk deel van de Nederlandse etheenpro-
221 ductie wordt omgezet in polyetheen, en ook niet over welk deel daarvan op welk moment
222 aan het eind van de levensduur in Noordwest-Europese afvalverbrandingsinstallaties wordt
223 verbrand. Daarom worden hier twee uiterste varianten behandeld:

- 224 1. Alle in Nederland in jaar x geproduceerde etheen wordt omgezet in PE, en alle gepro-
225 duceerde PE wordt uiteindelijk – ook al is dat na vele jaren en is de PE tussentijds
226 één of meerdere keren gerecycled – in een Noordwest-Europese afvalverbrandingsin-
227 stallatie verbrand; de op dat moment vermeden emissie⁸ wordt volledig toegerekend
228 aan de in jaar x geproduceerde hoeveelheid bio-etheen.
- 229 2. Aangezien niet bekend is welk percentage van de uit bio-etheen geproduceerde pro-
230 ducten in afvalverbrandingsinstallaties wordt verbrand, en ook niet waar en wanneer
231 dat gebeurt, wordt 0% van de bij verbranding vermeden emissies toegerekend aan
232 de in jaar x geproduceerde hoeveelheid bio-etheen.

233

234 De CO₂-emissie van de etheenproductie uit fossiele nafta (de referentietechnologie) bedraagt
235 1,93 ton per ton etheen (Oliveira & Van Dril 2020). Bij de verbranding van 1 ton fossiele PE
236 – gemaakt uit 1 ton etheen – komt 3,14 ton CO₂ vrij. De totale emissie als gevolg van de
237 productie van fossiele etheen en de verbranding van PE in een afvalverbrandingsinstallatie
238 bedraagt daarmee 5,07 ton CO₂/ton etheen.

239

240 **Vermeden emissie bio-ethanolroute**

241 De emissie die vrijkomt tijdens de productie van bio-etheen uit bio-ethanol bedraagt 0,73
242 ton CO₂/ton etheen. De vermeden emissie bedraagt in variant 1 (5,07-0,73=) 4,34 ton
243 CO₂/ton etheen. De subsidie-intensiteit bedraagt dan 31 euro/ton bio-etheen. In variant 2
244 bedraagt de vermeden emissie (1,93-0,73=) 1,20 ton CO₂/ton etheen en de subsidie-intensi-
245 teit 112 euro/ton bio-etheen.

246

247

248

⁶ Zie: <https://www.icis.com/explore/resources/news/2019/11/22/10447338/firmer-naphtha-could-stall-falling-european-ethylene-propylene-spot-prices>. De prijs van 1004 euro is berekend als gemiddelde van de maandelijkse waarden voor 'Ethylene FD NWE Contract Reference Price Contract Reference Month Announced Prive Monthly (Miod) (EUR/tonne)'.
⁷ Deze methode is gebruikt in plaats van een LCA-methode, waarbij nauwkeurig in kaart wordt gebracht hoeveel CO₂ uit de atmosfeer wordt opgeslagen in de gewassen waaruit de biogene grondstoffen zijn geproduceerd, en hoeveel CO₂ vrijkomt tijdens de teelt, het transport en de productie van de biogene grondstoffen. LCA-methodes nemen echter ook CO₂-opname en -emissies in beschouwing die buiten de Noordwest-Europese regio plaatsvinden, terwijl die conform de uitgangspunten van het ministerie van EZK in SDE++-adviezen buiten beschouwing moeten worden gelaten (op verzoek van het ministerie is de limitering van het grondgebied opgerekt van Nederland naar Noordwest-Europa).

⁸ Vanwege de biogene oorsprong zijn de CO₂-emissies tijdens de verwerking van bio-PE in afvalverbrandingsinstallaties per definitie 0.

249 **Vermeden emissie bionaftroute**

250 De emissie die vrijkomt tijdens de productie van bio-etheen uit bionafta bedraagt 0,15 ton
251 CO₂. In variant 1 bedraagt de vermeden emissie (5,07-0,15=) 4,92 ton CO₂/ton etheen en is
252 de subsidie-intensiteit 770 euro/ton bio-etheen. In variant 2 bedraagt de vermeden emissie
253 (1,93-0,15=) 1,78 ton CO₂/ton bio-etheen en is de subsidie-intensiteit 2128 euro/ton bio-
254 etheen.

255

5 Resultaten

256

257 5.1 Bio-ethanolroute

258 Tabel 5-1 geeft een overzicht van de aannames bij de berekening van het basisbedrag en de
259 subsidie-intensiteit voor etheenproductie via de bio-ethanolroute. Tabel 5-2 geeft een over-
260 zicht van de berekende resultaten, waaronder de basisbedragen.

261

262 **Tabel 5-1. Technisch-economische parameters etheenproductie via bio-ethanol-**
263 **route**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2022
Inputvermogen	kg ethanol/uur	31875
Ethanolgebruik per ton etheen	kg ethanol/kg etheen	1,7
Outputvermogen	kg etheen/uur	18750
Vollasturen	uren/jaar	8000
Investeringskosten	€/kg etheen/uur	3467
Vaste O&M-kosten	€/kg/uur/jaar	400
Variabele O&M-kosten	€/kg etheen	0,964

264

265 **Tabel 5-2. Overzicht subsidieparameters etheenproductie via bio-ethanolroute**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2022
Basisbedrag SDE++	€/kg etheen	1,1385
Looptijd subsidie	Jaar	15
Basisprijs SDE++ etheen	€/kg etheen	$2/3 * 1,004$
Correctiebedrag (marktprijs etheen)	€/kg etheen	1,004

266 5.2 Bionaftaroute

267 Tabel 5-3 geeft een overzicht van de aannames bij de berekening van het basisbedrag en de
268 subsidie-intensiteit voor etheenproductie via de bionaftaroute. Tabel 5-4 geeft een overzicht
269 van de berekende resultaten, waaronder de basisbedragen.

270

271 **Tabel 5-3. Technisch-economische parameters etheenproductie via bionaftaroute**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2022
Inputvermogen	kg bionafta/uur	300
Bionaftagebruik per ton etheen	kg bionafta/kg etheen	3,64
Outputvermogen	kg etheen/uur	82,5
Vollasturen	uren/jaar	8000
Investeringskosten	€/kg etheen/uur	Niet van toepassing
Vaste O&M-kosten	€/kg etheen/uur/jaar	660
Variabele O&M-kosten	€/kg etheen	4,3873

272

273

274

Tabel 5-4. Overzicht subsidieparameters etheenproductie via bionaftaroute

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2022
Basisbedrag SDE++	€/kg etheen	4,7923
Looptijd subsidie	Jaar	15
Basisprijs SDE++ etheen	€/kg etheen	2/3 * 1,004
Correctiebedrag (gemiddelde marktprijs etheen in 2019)	€/kg etheen	1,004

275

276

6 Uitvraag

277

- In het conceptadvies is voor het correctiebedrag gebaseerd op de marktprijs van etheen in 2019. Is bekend wat de gemiddelde marktprijs in 2020 was?

278

279

- In het conceptadvies is gerekend met de prijs van fossiele nafta en bionafta in 2019.

280

- Is bekend wat de gemiddelde prijzen van deze grondstoffen waren in 2020?

Literatuur

281

282 Crnomarković et al., (2018) Case studies on potentially attractive opportunities for bio-based
283 chemicals in Europe, RoadtoBio, Crnomarković, M., Y. Panchaksharam, J. Spekrijse, C.
284 vom Berg, Á. Puente, R. Chinthapalli, 2018.

285

286 IEA (2013) Production of Bio-ethylene, IEA-ETSAP and IRENA © Technology-Policy Brief I13 –
287 January 2013.

288

289 Intratec (2013) Technology Economics: Ethylene Production Via Ethanol Dehydration. San An-
290 tonio (TX): Intratec Solutions.

291

292 Mohsenzadeh et al. (2017) Bioethylene Production from Ethanol: A Review and Techno-eco-
293 nomical Evaluation, ChemBioEng Rev 2017, 4, No. 2, 75–91.

294

295 Oliveira en Van Dril (2020) Decarbonisation options for large volume organic chemical produc-
296 tion Sabic, Geleen. PBL en ECN part of TNO (nog te publiceren).

297

298 Wong en Van Dril (2020) Decarbonization options for large volume organic chemicals produc-
299 tion Shell Moerdijk, PBL en ECN part of TNO (nog te publiceren).

300

301