Hogeschool Rotterdam
Minor Procestechnologie & Energietransitie

STUDIEHANDLEIDING

Hydrogen and Fuel Cells

Keuzevak blok 1. Ontwerp een installatie op een uitgefaseerd gasplatform die zeewater omzet in groene waterstof.

Type	Keuzevak blok 1 (alternatief: Offshore Windfarm Design)
Studiepunten	4 EC
Studielast	112 uur
Periode	Blok 1, zeven lesweken plus toetsweek
Contacttijd	Eén college van 2 uur per week
Groepsgrootte	4 studenten, gemengd over opleidingen
Toetsing	Technisch rapport (groep, 70%) en presentatie met verdediging (30%)
Voorkennis	Basis scheikunde en thermodynamica is handig, niet verplicht
Locatie	RDM-campus, Rotterdam

Versie november 2026

Inhoud

1. Inleiding 3
2. Plaats in de minor 4
3. Leerdoelen 5
4. Inhoud en lesprogramma 6
5. De opdracht 7
6. Op te leveren producten 8
7. Toetsing en beoordeling 9
8. Herkansing 10
9. Literatuur en hulpmiddelen 11
10. Organisatie en contact 12

1. Inleiding

Waterstof wordt gezien als een belangrijke schakel in de energietransitie. Het kan duurzame elektriciteit opslaan, over grote afstand vervoeren en inzetten waar elektrificatie lastig is, zoals in de zware industrie en de scheepvaart. Tegelijk is waterstof geen wondermiddel: bij elke omzetting gaat energie verloren, en opslag en transport zijn technisch uitdagend.

Op de Noordzee staan tientallen gasplatforms die de komende jaren buiten gebruik raken. In dit keuzevak geef je zo'n platform een tweede leven: je ontwerpt er een installatie op die zeewater omzet in groene waterstof, gevoed door windenergie. Dat begint met een eenvoudig processchema en groeit elke week uit tot een compleet ontwerp met energie- en massabalans, ondersteunende installaties en een plan voor opslag en transport.

2. Plaats in de minor

De minor Procestechnologie & Energietransitie (30 EC) bestaat uit vier onderdelen:

Onderdeel	EC	Periode
Kernvak Procestechniek en energietransitie	7	Hele semester
Praktijkopdracht	15	Hele semester
Keuzevak blok 1: Offshore Windfarm Design of Hydrogen and Fuel Cells	4	Blok 1
Keuzevak blok 2: Design of Thorium Reactor of Floating Wind	4	Blok 2

Hydrogen and Fuel Cells verbindt de opwekking op zee met het gebruik in de industrie: het gaat over de energiedrager daartussen. Het vak sluit aan op de energie- en massabalansen uit het kernvak en is volledig zelfstandig te volgen.

3. Leerdoelen

Na afloop van dit vak kan de student:

Nr.	Leerdoel	Getoetst in
1	grijze, blauwe en groene waterstof vergelijken en de rol van waterstof in de energietransitie kritisch beoordelen.	Rapport, verdediging
2	de elektrochemie van elektrolyse en brandstofcellen verklaren en het rendement en de celspanning berekenen.	Rapport, verdediging
3	de belangrijkste typen elektrolysers en brandstofcellen (PEM, alkalisch, SOEC/SOFC, PAFC, MCFC) vergelijken en een keuze onderbouwen.	Rapport
4	een waterstofinstallatie met balance of plant ontwerpen, met een sluitende energie- en massabalans.	Rapport, verdediging
5	de gevolgen van een fluctuerend aanbod van windstroom meenemen in het systeemontwerp.	Rapport
6	opties voor opslag en transport en alternatieve energiedragers afwegen en het ontwerp presenteren en verdedigen.	Rapport, presentatie

4. Inhoud en lesprogramma

Week	Onderwerp	Activiteit en deadline
1	Waterstof als energiedrager: grijs, blauw en groen; de ontwerpopdracht	Groepsindeling, keuze platform
2	Elektrolyse: elektrochemie, rendement, brandstofcel versus verbrandingsmotor	Eerste energiebalans
3	Elektrolysers en brandstofcellen: PEM, AFC, SOFC/SOEC, PAFC, MCFC; celspanning en verliezen	Keuze elektrolyser
4	Balance of plant: processchema, energie- en massabalans, zeewaterbehandeling, pompen en warmtewisselaars	Processchema met balans
5	Koppeling met hernieuwbare bronnen: fluctuerend vermogen, buffers, systeemrendement	Systeemontwerp met buffer
6	Opslag en transport: fysisch, chemisch en geologisch; boil-off en waterstofbrosheid	Opslag- en transportplan
7	Alternatieven: direct elektrisch, ammoniak, battolyser, flowbatterijen, perslucht en pompcentrales	Deadline rapport
Toetsweek	Presentatie en verdediging	Presentatie

5. De opdracht

Jullie groep krijgt een bestaand gasplatform op de Noordzee toegewezen, met een nabijgelegen windpark als energiebron. Ontwerp een installatie op het platform die zeewater omzet in groene waterstof en die waterstof naar land brengt. De opdracht bestaat uit vijf delen, die aansluiten op de colleges:

1. **Uitgangspunten.** Je bepaalt het beschikbare vermogen, de ruimte en het draagvermogen van het platform en de gewenste productie.
2. **Elektrolyser.** Je kiest een type elektrolyser, berekent het rendement en dimensioneert de stacks.
3. **Balance of plant.** Je stelt het processchema op met zeewaterbehandeling, koeling, gasbehandeling en compressie, met een sluitende energie- en massabalans.
4. **Systeemintegratie.** Je ontwerpt hoe de installatie omgaat met het wisselende aanbod van windstroom.
5. **Opslag en transport.** Je kiest en onderbouwt hoe de waterstof wordt opgeslagen en naar land vervoerd, en vergelijkt dat met een alternatieve energiedrager.

6. Op te leveren producten

Product	Vorm	Moment
Technisch rapport	Rapport, max. 25 pagina's plus bijlagen (groep)	Week 7
Processchema en balans	PFD met energie- en massabalans (groep)	Week 7, als bijlage
Presentatie en verdediging	Presentatie van 15 minuten plus vragen (groep en individueel)	Toetsweek
Peer assessment	Individueel	Week 7

7. Toetsing en beoordeling

Het eindcijfer is het gewogen gemiddelde van het technische rapport (70%) en de presentatie met verdediging (30%). Voor beide onderdelen heb je minimaal een 5,5 nodig. In de verdediging stelt de docent ook individuele vragen; met het peer assessment wordt de individuele bijdrage getoetst.

Technisch rapport (70%)

Criterium	Weging	Onvoldoende (< 5,5)	Voldoende (5,5–7)	Goed (7,5–10)
Uitgangspunten en systeemkeuze	15%	Uitgangspunten ontbreken of zijn onrealistisch.	Uitgangspunten correct en keuze voor waterstof onderbouwd.	Kritische afweging, inclusief beperkingen van het platform.
Elektrolyser en elektrochemie	20%	Rendement of dimensionering ontbreekt of is fout.	Elektrolyser correct gekozen en gedimensioneerd.	Keuze overtuigend vergeleken met alternatieven, inclusief verliezen.
Balance of plant, energie- en massabalans	30%	Balans sluit niet of componenten ontbreken.	Sluitende balans en compleet processchema.	Professioneel PFD met gedimensioneerde componenten en realistische aannames.
Integratie, opslag en transport	20%	Fluctuaties, opslag of transport niet behandeld.	Logische buffer- en transportoplossing.	Geoptimaliseerd systeem, kritisch vergeleken met een alternatieve energiedrager.
Structuur en professionaliteit	15%	Ongestructureerd, bronnen ontbreken.	Logisch opgebouwd, correcte bronvermelding.	Kwaliteit van een professioneel ontwerprapport.

Presentatie en verdediging (30%)

Criterium	Weging	Onvoldoende (< 5,5)	Voldoende (5,5–7)	Goed (7,5–10)
Inhoud en structuur	40%	Geen rode draad; samenhang ontbreekt.	Belangrijkste keuzes helder toegelicht.	Sterke verhaallijn; complexiteit goed teruggebracht tot de kern.
Presentatievaardigheden en visuele ondersteuning	30%	Overvolle slides, onvoorbereid.	Duidelijke schema's en grafieken, professioneel gepresenteerd.	Visueel overtuigend, goede tijdsbewaking en interactie.
Verdediging	30%	Vragen over eigen ontwerp niet beantwoord.	Vragen correct beantwoord op hbo-niveau.	Diepe reflectie op beperkingen; keuzes sterk verdedigd.

8. Herkansing

Is het rapport onvoldoende, dan verbetert de groep het op basis van de feedback en levert het opnieuw in tijdens de herkansingsweek. Is de presentatie of de individuele verdediging onvoldoende, dan volgt een nieuw presentatiemoment in de herkansingsweek.

9. Literatuur en hulpmiddelen

Het lesmateriaal (slides, animaties en bronnen) staat op Brightspace. Aanbevolen:

- A. Godula-Jopek, *Hydrogen Production by Electrolysis*, Wiley-VCH.
- D. Stolten en B. Emonts (red.), *Hydrogen Science and Engineering: Materials, Processes, Systems and Technology*, Wiley-VCH.
- *Hydrogen crash course* (Brightspace).

Software: draw.io of vergelijkbaar voor het processchema, Python of Excel voor de balansen. AI-hulpmiddelen mag je gebruiken als ondersteuning; je blijft zelf verantwoordelijk voor de juistheid en verantwoordt het gebruik in je rapport.

10. Organisatie en contact

Alle informatie, het lesmateriaal en de inleverpunten staan op Brightspace. Per groep levert één student het werk in.

Rol	Bereikbaar via
Modulehouder	Brightspace (berichten of discussieforum van het vak)
Docenten	Tijdens de colleges en via Brightspace