Hogeschool Rotterdam
Minor Procestechnologie & Energietransitie

STUDIEHANDLEIDING

Procestechniek en energietransitie

Kernvak. Ontwerp het energiesysteem van een duurzame fabriek, met een terugverdientijd van maximaal vijf jaar.

Type	Kernvak, verplicht
Studiepunten	7 EC
Studielast	196 uur
Periode	Blok 1 en 2 (hele semester)
Contacttijd	Eén hoorwerkcollege per week, plus werksessies naar behoefte
Groepsgrootte	4 studenten, gemengd over opleidingen
Toetsing	Groepsrapport (max. 30 pagina's) en individuele mondelinge verdediging (ca. 10 min)
Voorkennis	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

Om de klimaatdoelen voor de industrie te halen, moeten ingenieurs een reeks technieken toepassen. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) deelt die in zeven groepen in:

1. maximaliseren van procesefficiëntie;
2. hergebruik, opwaardering en opslag van warmte;
3. (ultra)diepe geothermie;
4. toepassing van klimaatneutrale brandstoffen;
5. flexibiliseren en digitaliseren;
6. radicaal nieuwe processen;
7. systeemconcepten.

In dit kernvak leer je werken met de technieken 1, 2, 4 en 6. Impliciet leer je ook technieken die bruikbaar zijn voor geothermie. Dat doe je aan de hand van één casus: een biodieselfabriek, waarvoor je een warmtenetwerk en de bijbehorende utiliteiten ontwerpt. De fabriek draait op relatief lage temperaturen en de CO_2-uitstoot hangt sterk samen met de warmtevraag. Daarmee is hij representatief voor veel fabrieken in Nederland.

Met de kennis uit dit vak kun je in de industrie aan de slag met het verhogen van de procesefficiëntie, het verbeteren van de warmte-integratie en het verduurzamen van energiedragers.

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

Het kernvak vormt de basis van de minor. De methoden die je hier leert (energie- en massabalansen, pinch-analyse, exergie en investeringsberekeningen) gebruik je ook in de praktijkopdracht en in de keuzevakken.

3. Leerdoelen

Na afloop van dit vak kan de student:

Nr.	Leerdoel	Getoetst in
1	op basis van een process flow diagram een consistente energie- en massabalans opstellen.	Rapport (voorwaardelijk)
2	met een pinch-analyse de minimale warmte- en koudevraag bepalen bij een onderbouwd minimaal temperatuurverschil.	Rapport, verdediging
3	op basis van een pinch-analyse en de CP-regels een warmtewisselaarnetwerk ontwerpen.	Rapport, verdediging
4	op basis van de Grand Composite Curve een conceptueel utiliteitssysteem ontwerpen.	Rapport, verdediging
5	met exergie-analyse de elektriciteitsvraag van duurzame warmtesystemen bepalen en verlagen.	Rapport, verdediging
6	een energiesysteem techno-economisch verbeteren bij een wisselend energieaanbod en de keuzes onderbouwen.	Rapport, verdediging

4. Inhoud en lesprogramma

Het kernvak loopt het hele semester. Elke week is er een hoorwerkcollege. Je bereidt het college van de volgende week voor en werkt in je groep aan de casus. Naar behoefte zijn er aanvullende digitale werksessies.

Week	Onderwerp	Activiteit en deadline
1	Introductie en basis energietechniek	Groepsindeling, start deel A
2	Grafische pinch-analyse	Deadline deel A
3	Numerieke pinch-analyse en de Grand Composite Curve	Werken aan deel B
4	Ontwerp van warmtewisselaarnetwerken 1	Werken aan deel B
5	Ontwerp van warmtewisselaarnetwerken 2, basis Python	Deadline deel B
6	Python met AI als hulpmiddel, casus papierfabriek	Werken aan deel C
7	Warmtewisselaars en warmtepompen	Werken aan deel C
8	Energie-economie 1: investeringen en kosten	Werken aan deel C
9	Energie-economie 2: terugverdientijd en businesscase	Deadline deel C
10	Exergie 1	Werken aan deel D
11	Exergie 2	Werken aan deel D
12	Integrale herhaling	Deadline deel D
13	Eindrapport	Deadline eindrapport (A t/m D)
14	Mondelinge verdediging	Individueel assessment

5. De opdracht

De casus

In de fabriek wordt 10 ton per uur olijfolie via transesterificatie omgezet in biodiesel (FAME) en glycerol. Voor de reactie is methanol nodig. Het product uit de reactor wordt in bezinktanks gescheiden in een FAME-rijke en een glycerolrijke stroom. Een tweede reactor zet de overgebleven olie om. Daarna wordt de FAME gewassen, gedroogd en naar opslagcondities gebracht. Methanol wordt teruggewonnen in een destillatiekolom en hergebruikt. De fabriek heeft een elektrische aansluiting van 5 MW.

Om het proces te laten draaien, moet je warmte en koude toevoegen. De opdracht: beperk de warmte uit aardgas zo veel mogelijk, met een terugverdientijd van maximaal vijf jaar.

> Net als in de praktijk krijg je bewust niet alle gegevens aangereikt. Zelf informatie zoeken en verantwoorde aannames doen is onderdeel van de beoordeling.

De vier delen

1. **Deel A: energie- en massabalans.** Je stelt een sluitende massa- en enthalpiebalans op en bepaalt per deelproces het temperatuurtraject (vijftien deelprocessen, van degumming tot glycerolkoeler).
2. **Deel B: warmte-integratie.** Op basis van een zelf onderbouwd minimaal temperatuurverschil bepaal je de warmte-integratietargets en ontwerp je een warmtewisselaarnetwerk dat die targets haalt. Je wijst de invoerpunten voor utiliteiten aan.
3. **Deel C: energiesysteem.** Je maakt een conceptueel ontwerp van het energiesysteem bij die invoerpunten. Alle technieken uit de literatuur zijn toegestaan, zolang de modellering past bij de techno-economische onderbouwing.
4. **Deel D: evaluatie.** Je evalueert het ontwerp op efficiëntie en flexibiliteit en voert minimaal twee fysieke en drie operationele verbeteringen door. De techno-economisch best presterende opties zet je op een rij.

6. Op te leveren producten

Product	Vorm	Moment
Deel A: energie- en massabalans	Tussenrapportage (groep)	Week 2
Deel B: warmte-integratie	Tussenrapportage (groep)	Week 5
Deel C: energiesysteem	Tussenrapportage (groep)	Week 9
Deel D: evaluatie	Tussenrapportage (groep)	Week 12
Eindrapport	Haalbaarheidsrapport, max. 30 pagina's (groep)	Week 13
Mondelinge verdediging	Individueel, ca. 10 minuten	Week 14

Het eindrapport volgt de opbouw van een haalbaarheidsrapport:

1. inleiding en globale procesbeschrijving, met tabel van temperatuurprofielen;
2. warmte-integratiepotentieel en utility targets uit de pinch-analyse;
3. warmtewisselaarnetwerk en energiesystemen;
4. techno-economische analyse van de opties;
5. conclusie en advies.

In elke rapportage is duidelijk wat de doelen zijn, welke aannames en methoden je gebruikt, welke bronnen en softwarebibliotheken je raadpleegt en welke conclusies je trekt.

7. Toetsing en beoordeling

Het eindcijfer wordt bepaald op basis van het eindrapport en de individuele verdediging. Beide gebruiken hetzelfde beoordelingsmodel. In de verdediging toets je je eigen bijdrage en begrip; je individuele cijfer kan daardoor afwijken van het groepscijfer. Tussentijdse peer assessments geven inzicht in de bijdrage van ieder groepslid.

Voorwaardelijk (moet op orde zijn voordat het rapport wordt beoordeeld): een consistente energie- en massabalans en een passend PFD; navolgbare berekeningen; stellingen onderbouwd met eigen berekeningen of vakliteratuur; een representatief model met thermodynamische bibliotheken zoals CoolProp of openPinch.

Criterium	Weging	Onvoldoende (< 5,5)	Voldoende (5,5–7)	Goed (7,5–10)
Pinch-analyse: minimaal temperatuurverschil, targets, GCC en netwerk	35%	Targets of netwerk ontbreken of zijn fout; ΔT_{min} niet onderbouwd.	Targets correct, netwerk volgens CP-regels, utiliteiten logisch gekozen.	Economisch onderbouwde ΔT_{min}, sluitend netwerk, heldere integratie met utiliteiten.
Exergie-analyse van het warmtesysteem	30%	Exergie niet of fout toegepast.	Exergie correct berekend en gebruikt om de elektriciteitsvraag te bepalen.	Exergie gebruikt om het systeem aantoonbaar te verbeteren.
Techno-economische analyse bij wisselend energieaanbod	35%	Geen of onjuiste businesscase.	Opties vergeleken op kosten en terugverdientijd.	Fysieke en operationele verbeteringen overtuigend onderbouwd; robuust advies.

Rekenonderdelen worden beoordeeld op compleetheid, juistheid, navolgbaarheid en context. Ontwerponderdelen worden beoordeeld op compleetheid, de verkende oplossingsruimte, de juiste toepassing van de ontwerpmethode, navolgbare keuzes op basis van heldere KPI's en de integratie van alle systemen.

8. Herkansing

Is het eindrapport onvoldoende (cijfer lager dan 5,5), dan verbetert de groep het rapport op basis van de feedback en levert het opnieuw in tijdens de herkansingsweek. Is de verdediging onvoldoende, dan volgt een nieuw individueel assessment in de herkansingsweek.

9. Literatuur en hulpmiddelen

Er is geen verplicht boek. Het lesmateriaal staat op Brightspace. Daarnaast verzamel je zelf informatie. Aanbevolen:

- Y.A. Çengel, M.A. Boles en M. Kanoglu, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, McGraw-Hill (mediatheek).
- I.C. Kemp, *Pinch Analysis and Process Integration*, Elsevier (mediatheek).
- I. Dincer en M.A. Rosen, *Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development*, Elsevier (mediatheek).
- Stougie et al., *Exergie-analyse syllabus*, Novem (Brightspace).
- J. van Gerpen, "Biodiesel processing and production", *Fuel Processing Technology*, doi:10.1016/j.fuproc.2004.11.005.

Software: Python met CoolProp en openPinch. AI-hulpmiddelen mag je gebruiken als ondersteuning bij rekenen en programmeren; 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. Voor deeltijdstudenten liggen de deadlines op zondag.

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