



<b>Insegnamento</b>	<b>Life cycle thinking and assessment</b>
<b>Livello e Corso di Studio</b>	Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
<b>Settore scientifico disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/09 ICAR/03
<b>Anno di corso</b>	I
<b>Anno Accademico</b>	2024-2025
<b>Numero totale di crediti</b>	9 CFU
<b>Propedeuticità</b>	Nessuna
<b>Docente</b>	Lidia Lombardi Corso di Studi: Ingegneria Nickname: lombardi.lidia Email: lidia.lombardi@unicusano.it Orario di ricevimento: consultare calendario videoconferenze
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>L'insegnamento di <b>Life cycle thinking and assessment</b> ha i seguenti obiettivi formativi, perseguiti attraverso l'insegnamento di diversi moduli didattici:</p> <p>Modulo 1 - <b>Introduction to the life cycle thinking and assessment</b> – in inglese  1. Introdurre gli studenti all'approccio di analisi dell'intero ciclo di vita di processi e prodotti  2. Introdurre gli studenti alla metodologia di valutazione ambientale Life Cycle Assessment (LCA)  Modulo 2 - <b>Application of life cycle assessment</b> – in inglese  3. Introdurre gli studenti all'applicazione della LCA  Modulo 3 - <b>Social life cycle assessment and costing</b> – in inglese  4. Introdurre gli studenti alle metodologie della Social LCA e del Life Cycle Costing</p> <p>I moduli 1, 2 e 3 sono erogati in lingua inglese.</p> <p><b>Questo insegnamento nasce nell'ambito del progetto Erasmus+ LIFE-C - Promoting life cycle thinking in higher education LIFE-C. Il materiale didattico è frutto della collaborazione dei partner del Progetto. Il materiale didattico è stato elaborato in lingua inglese. Maggiori informazioni su progetto LIFE-C sono disponibili su <a href="https://life-c.eu/">https://life-c.eu/</a></b></p>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze di base dell'analisi matematica (Analisi I e Analisi II), della fisica (Fisica), della chimica (Chimica Generale), della termodinamica applicata (Termodinamica Applicata), acquisite nei corsi triennali di ingegneria.
<b>Risultati di apprendimento attesi</b>	<p>Modulo 1 - <b>Introduction to the life cycle thinking and assessment</b> – in inglese</p> <p><b>Understand</b>  Students will gain a basic understanding of the life cycle thinking and life cycle assessment (LCA) principles and processes, including the different components and stages of the life cycle. Become familiar with the methods and techniques used to conduct LCA and their application in the development and promotion of sustainable products and services. Develop an understanding of how LCA can be used in a business or engineering context, what kind of information it may provide, how it can be useful.</p> <p><b>Apply</b>  Students will be able to apply LCA approach to different scenarios of products and services life cycles.</p> <p><b>Analyse</b>  Students will be able to analyse the results of LCA in terms of environmental impacts of products and services.</p> <p><b>Evaluate</b>  Critically evaluate the results of LCA; develop recommendations for improving the sustainability of products and services. Identify opportunities for reducing the environmental load of products and services using life cycle management and design for environment practices.</p> <p><b>Create</b></p>

	<p>---</p> <p><b>Modulo 2 - Application of life cycle assessment</b> – in inglese</p> <p><b>Understand</b> Students will understand the usefulness of LCA in real cases.</p> <p><b>Apply</b> Students will be able to apply LCA to products and services.</p> <p><b>Analyse</b> Students will be able to analyze the results of LCA.</p> <p><b>Evaluate</b> Students will be able to critically evaluate the results of LCA; develop recommendations for improving the sustainability of products and services. Identify opportunities for reducing the environmental load of products and services.</p> <p><b>Create</b> Students will be able to design and create LCA of products and services.</p> <p><b>Modulo 3 - Social life cycle assessment and costing</b> – in inglese</p> <p><b>Understand</b> Students will gain a basic understanding of the of S-LCA and LCC. Develop an understanding of how S-LCA and LCC can be used in private/public context.</p> <p><b>Apply</b> Students will be able to apply S-LCA and LCC to different real-world scenarios of products and services life cycles.</p> <p><b>Analyse</b> Students will be able to analyze the results of S-LCA and LCC of products and services.</p> <p><b>Evaluate</b> Critically evaluate the results of S-LCA and LCC; develop recommendations for improving the sustainability of products and services.</p> <p><b>Create</b> ---</p> <p>Per tutti i moduli</p> <p><b>Abilità comunicative</b> Sviluppo di un linguaggio scientifico corretto e comprensibile che permetta di esprimere in modo chiaro e privo di ambiguità le conoscenze apprese. Capacità di illustrare e spiegare i contenuti dei casi di studio esistenti analizzati (Moduli 1, 3). Capacità di illustrare e spiegare i risultati dell'elaborazione propria di un caso di studio (Modulo 2).</p> <p><b>Capacità di apprendere</b> Capacità di studiare autonomamente approfondimenti relativi ai temi dell'insegnamento.</p>
<p><b>Organizzazione dell'insegnamento</b></p>	<p>L'insegnamento è sviluppato attraverso le lezioni preregistrate audio-video che compongono, insieme alle slide, i materiali di studio disponibili in piattaforma. Sono poi proposti dei test di autovalutazione, di tipo asincrono, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni.</p> <p>La didattica interattiva è svolta nel forum della "classe virtuale" e comprende lo svolgimento di elaborati che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria, oltre che di etivity (assignment) in itinere per promuovere l'interazione studente/docente e studente/studente.</p> <p>In particolare, l'insegnamento prevede 9 Crediti formativi. Il carico totale di studio per questo insegnamento è compreso tra 220 e 250 ore così suddivise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- circa 190 ore per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato (Teoria ed esercitazioni).</li> <li>- circa 50 ore di Didattica Interattiva per l'elaborazione e la consegna degli elaborati</li> <li>- circa 5 ore di Didattica Interattiva per l'esecuzione dei test.</li> </ul> <p>Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 11-12 settimane dedicando tra le 20 alle 25 ore di studio a settimana</p> <p>Sulla piattaforma è presente un forum generale per lo scambio di informazioni fra docente e studenti o fra studenti.</p>
<p><b>Contenuti dell'insegnamento</b></p>	<p>Modulo 1 - <b>Introduction to the life cycle thinking and assessment</b> – in inglese</p> <p>Modulo 2 - <b>Application of life cycle assessment</b> – in inglese</p> <p>Modulo 3 - <b>Social life cycle assessment and costing</b> – in inglese</p>

<p><b>Materiali di studio</b></p>	<p>Materiali didattici a cura del docente.  Il programma si divide in <b>tre</b> parti principali o moduli, di cui:  Modulo 1 – in inglese  Modulo 2 – in inglese  Modulo 3 – in inglese</p> <p>Per ciascun modulo, il materiale didattico è organizzato in lezioni videoregistrate, dispense/slide.</p> <p>Tale materiale contiene tutti gli elementi necessari per affrontare lo studio della materia.<sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub></p> <p>Per approfondire e migliorare l'apprendimento sono consigliati i seguenti testi (disponibili presso la biblioteca):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Walter Klöpffer, Birgit Grahl. Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice. Wiley, 2014. ISBN: 978-3-527-32986-1</li> <li>• Henrikke Bauman, Anne-Marie Tillm. The Hitch Hiker's Guide to LCA. Professional Pub Service, 2004. ISBN: 9144023642</li> </ul>
<p><b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b></p>	<p>L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta - tendente ad accertare le conoscenze acquisite e la capacità di rielaborazione dei concetti acquisiti - e di elaborati svolti in itinere durante il corso (nelle classi virtuali) finalizzati ad accertare la capacità di analisi e valutazione di un caso di studio esistente (Modulo 1, 3) e di elaborazione, analisi e valutazione di un caso di studio proprio (Modulo 2).</p> <p>Per i Moduli 1, 2 e 3 la prova scritta sarà in italiano (o in inglese su richiesta dello studente).</p> <p>Per ciascun modulo sono previsti un elaborato ed un esame scritto finale, che verranno valutati secondo le seguenti modalità:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modulo 1: elaborato: 12 punti; esame scritto finale: 18 punti; totale: 30</li> <li>- Modulo 2: elaborato: 24 punti; esame scritto finale: 6 punti; totale: 30</li> <li>- Modulo 3: elaborato: 12 punti; esame scritto finale: 18 punti; totale: 30</li> </ul> <p><b>Lo svolgimento degli elaborati è effettuato in itinere. La consegna e la discussione preliminare degli elaborati è obbligatoria per poter sostenere la prova scritta.</b></p> <p>L'esame finale, quindi, consisterà in una prova scritta, composta di tre diverse sezioni, e si articola nello svolgimento di esercizi riconducibili alle tipologie degli esercizi svolti durante le esercitazioni, e domande di carattere teorico relativi ai tre moduli. A ciascuna domanda/esercizio viene assegnato un punteggio, in modo che sia chiara la modalità di formazione del punteggio finale assegnato alla sezione relativa a ciascun modulo della prova scritta</p> <p>Il voto finale sarà calcolato come media aritmetica della votazione conseguita in ciascuno dei tre moduli frequentati e superati da ciascuno studente.</p> <p>La prova scritta di esame scritto sarà composta da <b>2 parti: Prova parziale 1 e Prova parziale 2.</b></p> <p>La Prova parziale 1 verterà su argomenti dei moduli 1 e 2  La Prova parziale 2 verterà su argomenti del modulo 3.</p> <p>Sarà possibile sostenere l'esame con le seguenti modalità:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Esame integrale:</b> in questo caso si svolgerà l'esame interamente.</li> <li>- <b>Prova parziale:</b> in questo caso sarà possibile svolgere solamente la parte (Prova parziale 1) e successivamente la seconda parte (Prova parziale 2).</li> </ul> <p>Per poter accedere allo svolgimento della <b>Prova parziale 1</b>, lo studente dovrà avere svolto e discusso preliminarmente gli elaborati relativi a Modulo 1 e Modulo 2.</p> <p>Per poter accedere allo svolgimento della <b>Prova parziale 2</b>, lo studente dovrà avere svolto e discusso preliminarmente l'elaborato relativo al Modulo 3.</p> <p>Per poter accedere allo svolgimento dell'<b>Esame integrale</b>, lo studente dovrà avere svolto e discusso preliminarmente gli elaborati relativi a Modulo 1, Modulo 2 e Modulo 3.</p> <p>Nel caso in cui lo studente scegliesse di svolgere solamente una parte dell'esame e per quella parte raggiungesse la sufficienza, lo studente riceverà un giudizio positivo per la prova in questione che potrà essere integrato da un successivo giudizio positivo (da ottenere in un appello successivo) sulla parte restante di programma.</p> <p>Se si scegliesse di svolgere l'esame tramite prove parziali, al superamento di entrambi, verrà verbalizzato un voto d'esame, con le modalità sopra esposte.</p> <p>In caso di rifiuto del voto della prova scritta, gli elaborati svolti resteranno validi.</p>

	<p>Il giudizio riportato nella prima prova parziale rimarrà <b>valido per i successivi 6 mesi</b>. In caso di mancato superamento e/o sostenimento della seconda prova, il giudizio riportato nella prima prova verrà annullato. Resteranno validi gli elaborati svolti.</p> <p>I risultati di apprendimento attesi circa le conoscenze acquisite nel corso e la capacità di applicarle sono valutate dalla prova scritta, mentre le abilità comunicative, la capacità di trarre conclusioni e la capacità di autoapprendimento sono valutate in itinere attraverso gli elaborati.</p>
<b>Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale</b>	<p>L'assegnazione dell'elaborato finale avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici interessi in relazione agli argomenti che desidererebbe approfondire e sulla base degli argomenti proposti dal docente; non esistono preclusioni alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una media particolare per poterla richiedere.</p>

<b>Programma esteso e materiale didattico di riferimento</b>	
<b>Modulo 1 - Lezione 1 Settimana 1</b>	- Introduction and environmental assessments.
<b>Modulo 1 - Lezione 2 Settimana 1</b>	- Introduction to Life Cycle Thinking (LCT) (holistic understanding of value chains / product systems) and Life Cycle Sustainability (three pillars: environmental; economic; social)
<b>Modulo 1 - Lezione 3 Settimana 1</b>	- Purposes and use cases of LCA (examples)
<b>Modulo 1 - Lezione 4 Settimana 1</b>	- Legal background (EU requirements, regulation; ISO14000 family; ISO 14020 series; ISO 14040 series)
<b>Modulo 1 - Lezione 5 Settimana 2</b>	- Examples: everyday examples (selected to show burden shift in LC phases and between environmental components)
<b>Modulo 1 - Lezione 6 Settimana 2</b>	- ISO 14040/44 Framework (Life cycle phases and processes according to ISO iterativeness) - Goal and scope: definitions; terminology (functional unit, system boundaries etc.); decision context of LCA (attributorial, consequential etc.); examples
<b>Modulo 1 - Lezione 7 Settimana 2</b>	- Inventory: data and modelling; fore- and back-ground; multifunctional systems (system expansion etc.); commercial databases; examples
<b>Modulo 1 - Lezione 8 Settimana 3</b>	- Impact assessment: classification, characterization, normalisation and weighting; survey of different available methods – references to Environmental footprint
<b>Modulo 1 - Lezione 9 Settimana 3</b>	- Interpretation of results and Improvement
<b>Modulo 1 - Lezione 10 Settimana 3</b>	- Introduction to sensitivity and uncertainty analyses
<b>Modulo 5 – Assignment Settimana 4</b>	<b>Assignment 1.1:</b> select an LCA-related scientific article and analyse it. Identify the phases according to the ISO 14040 framework; highlight i) the goal/purpose of the study; ii) the functional unit; iii) the system boundary; iv) types of data for the inventory and how in detail they are reported; v) the impact assessment method used; vi) how the results are reported and how they are analysed; whether improvements to the system are proposed and analysed; vii) whether a sensitivity analysis is

	performed; viii) whether an uncertainty analysis is performed. Reporting in a presentation.
<b>Modulo 2 – Lezione 1 Settimana 5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recall of Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Sustainability and focus on LCA concepts</li> <li>- Product Environmental Footprint (PEF) and Organisation Environmental Footprint (OEF); International Environmental Product Declaration (EPD)</li> </ul>
<b>Modulo 2 – Lezione 2 Settimana 5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Training/Introduction on how to use Open LCA</li> </ul>
<b>Modulo 2 – Lezione 3 Settimana 5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carbon Footprint</li> </ul>
<b>Modulo 2 – Lezione 4 Settimana 5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water Footprint</li> </ul>
<b>Modulo 2 – Lezione 5 Settimana 6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Methods for allocation</li> </ul>
<b>Modulo 2 – Lezione 6 Settimana 6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Methods for sensitivity analysis</li> </ul>
<b>Modulo 2 – Lezione 7 Settimana 6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Methods for uncertainty analysis</li> </ul>
<b>Modulo 2 – Assignment Settimana 7-8</b>	<p><b>Assignment 2.1:</b> a case study is assigned; students need to develop the LCA according to the ISO 14040 phases; they need to collect data for the inventory (companies/literature); perform the complete LCA; evaluate the robustness of their LCA through sensitivity and uncertainty analysis. Reporting in a presentation. The case study is assigned at the very beginning of the course, so that students will work on it during the development of course and can interact with the teachers when needed.</p>
<b>Modulo 3 – Lezione 1 Settimana 9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recall of Life Cycle Sustainability (three pillars: environmental; economic; social)</li> </ul>
<b>Modulo 3 – Lezione 2 Settimana 9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The main S-LCA development in the last 10 years</li> </ul>
<b>Modulo 3 – Lezione 3 Settimana 9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to the S-LCA and regulatory references that provide for the Social LCA versus LCA: similarities and differences</li> </ul>
<b>Modulo 3 – Lezione 4 Settimana 9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Goal and scope of S-LCA</li> </ul>
<b>Modulo 3 – Lezione 5 Settimana 10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Social Hotspot Analysis</li> </ul>
<b>Modulo 3 – Lezione 6 Settimana 10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Database and data collection</li> </ul>
<b>Modulo 3 – Lezione 7 Settimana 10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Training on how to use S-LCA software/databases</li> </ul>
<b>Modulo 3 – Lezione 8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Life Cycle Costing (LCC): definitions</li> </ul>

<b>Settimana 11</b>	
<b>Modulo 3 – Lezione 9 Settimana 11</b>	- Methodologies and indicators
<b>Modulo 3 – Lezione 10 Settimana 11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Purchase price and all associated costs (delivery, installation, insurance, etc.)</li> <li>- Operating costs, including energy, fuel and water use, spares, and maintenance</li> <li>- End-of-life costs (such as decommissioning or disposal) or residual value (i.e. revenue from sale of product)</li> </ul>
<b>Modulo 3 – Assignment Settimana 12</b>	<p><b>Assignment 3.1:</b> Select a S-LCA-related scientific article and analyse it. Reporting in a presentation.</p> <p>or</p> <p><b>Assignment 3.2:</b> Select an LCC-related scientific article and analyse it. Reporting in a presentation.</p>