



Universitatea Tehnică a Moldovei

Programul de masterat Inginerie Electrică

**AUTOMATIZAREA SISTEMULUI DE
CAPTARE, STOCARE ȘI UTILIZARE A
DIOXIDULUI DE CARBON ÎN CADRUL
ÎNTRERINDERII DE PROCESARE A STICLEI**

TEZĂ DE MASTER

Masterand: Oleg ZAVTONE

Conducător: dr.conf. Ilie NUCĂ

Chișinău – 2025

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea de Energetică și Inginerie Electrică

Departamentul Inginerie Electrică

Admis la susținere

Șef departament dr.conf. Vadim CAZAC

_____” _____ 2025

**AUTOMATIZAREA SISTEMULUI DE
CAPTARE, STOCARE ȘI UTILIZARE A
DIOXIDULUI DE CARBON ÎN CADRUL
ÎNTRERINDERII DE PROCESARE A STICLEI**

TEZĂ DE MASTER

Masterand: _____ Oleg ZAVTONE

Conducător: _____ Dr. Conf. Ilie NUCĂ

Chișinău – 2025

REZUMAT

Teza conține: 61 pagini, 39 figuri, 4 tabele, 4 grafice, 31 surse bibliografice

Obiectul de studiu: sistemul industrial de captare, stocare și utilizare a dioxidului de carbon.

Scopul general al tezei: elaborarea unui sistem de captare a dioxidului de carbon din cadrul unei întreprinderi de producere a sticlei și a articolelor din sticlă.

S-a prezentat metodele de sechestrare a carbonului și analiza metodei de sechestrare compatibile procesului tehnologic din cadrul întreprinderii. Necesitatea implementării unei tehnologii inovative pentru atingerea strategiei climatice 2050-o economie cu emisii nete de gaze cu efect de seră zero. Acest obiectiv se află în centrul Pactului ecologic european și este un obiectiv obligatoriu din punct de vedere juridic datorită Legii europene privind clima.

S-a studiat riscul neimplementării unui sistem de captare- o obligație legislativă pentru viitor – riscuri de la taxe ecologice de penalizare până la sistarea activității.

În lucrarea dată a fost analizat estimativ 100 mii tone CO₂ de emisii anuale în conformitate cu volumul de producere și consum în cadrul întreprinderii VETROPACK CHIȘINĂU SA.

Cost-beneficiu de peste 1.0, pentru o perioadă de 20 de ani, este minimul necesar pentru ca proiectul să fie sustenabil. În acest proiect conform estimărilor s-a obținut un cost-beneficiu de 1.1-1.6, cu cost total: 230 - 330 milioane € și beneficii totale: 360 milioane €.

Această lucrare a fost elaborată cu suportul companiei “VETROPACK” CHIȘINĂU S. A.

ABSTRACT

The Thesis Contains: 61 Pages, 39 figures, 4 tables, 4 graphs, and 31 bibliographic sources.

Study subject: The industrial system for capturing, storing, and utilizing carbon dioxide.

General objective of the thesis: Development of a carbon dioxide capture system within a glass production company and its glass products.

The methods of carbon sequestration were presented, along with an analysis of sequestration methods compatible with the technological process within the company. The necessity of implementing innovative technology to achieve the 2050 climate strategy—a net-zero greenhouse gas emissions economy. This objective is central to the European Green Deal and is a legally binding goal due to the European Climate Law.

The risk of not implementing a capture system was studied— a legal obligation for the future, including risks from ecological penalty taxes to the cessation of activity. In this paper, an estimated 100,000 tons of CO₂ annual emissions were analyzed according to the production volume and consumption within the company VETROPACK CHIȘINĂU SA.

A cost-benefit ratio of over 1.0 is the minimum required for the project to be sustainable. In this project, according to estimates, a cost-benefit ratio of 1.1-1.6 was achieved.

This work was developed with the support of the company "Vetropack" Chișinău S.A.

Cuprins

INTRODUCERE	10
1. PROBLEMELE TEHNICILE ȘI STAREA ACTUALĂ A SISTEMELOR DE STOCARE, CAPTARE ȘI UTILIZARE A DIOXIDULUI DE CARBON.	12
1.1 Problemele și politicile actuale a sistemelor în domeniul protecției și decarbonizării mediului	12
1.2 Legi hotărâri de guvern, reglementări ce facilitează dezvoltarea strategiilor de decarbonizare a mediului și eficientizare energetică.	17
1.3 Fluxul tehnologic a sistemului de captare stocare și utilizare a dioxidului de carbon și particularitățile lui.	19
1.3.1. Tehnica de captare CO ₂ postcombustie	20
1.3.2. Tehnica de captare CO ₂ prin oxicomustie	21
1.3.3. Tehnică de captare CO ₂ prin precombustie	22
1.3.4. Transportul CO ₂	23
1.3.5. Stocarea geologica CO ₂	24
1.3.6. Avantaje și dezavantaje	25
1.4. Tehnologii de recuperare valorificare și conversie a CO ₂	28
1.4.1. Utilizarea CO ₂ pentru recuperarea avansată a petrolului	28
1.4.2. Utilizarea CO ₂ ca materie primă pentru mineralizare	28
1.4.3. Fertilizarea cu CO ₂ pentru sere	29
1.4.4. Mineralizare avansată	29
1.4.5. Utilizarea CO ₂ ca materie primă pentru creșterea randamentului de producere a ureei.	30
1.4.6. Utilizarea CO ₂ ca fluid de lucru pentru sistemele geotermale avansate	30
1.4.7. Utilizarea CO ₂ ca materie primă pentru producerea combustibilului gazos	30
1.5. Tehnologii de captare stocare si utilizare a dioxidului de carbon	31
1.5.1. Captarea prin comprimare a dioxidului de carbon	31
1.5.2. Captarea directă a aerului	33

1.6. Întreprinderi cu sisteme de captare stocare și utilizare a CO ₂ existente	35
1.7. Concluzii	37
2. ELABORAREA SISTEMULUI DE CAPTARE TRANSPORT ȘI STOCARE A DIOXIDULUI DE CARBON. DOCUMENTAREA ȘI SPECIFICAȚIILE TEHNICE A SISTEMELOR.	38
2.1. Formularea problemei și structurii generale al sistemului de captare și stocare a dioxidului de carbon	38
2.2. Alegerea compresorului utilizat în procesul de captare CO ₂	39
2.3. Automatizarea sistemului de captare, stocare și utilizare a dioxidului de carbon	40
2.4. Specificațiile dispozitivelor de măsură și control	41
3. CERCETARE SISTEMULUI DE CAPTARE STOCARE ȘI UTILIZARE A DIOXIDULUI DE CARBON.	51
3.1. Cercetări și scopuri de reducere a emisiilor GES	51
3.2. Calculul cantității de CO ₂ emis și evoluția prețurilor în timp	51
3.3. Estimări a eficienței economice	54
3.4. Concluzie	56
CONCLUZII	57
BIBLIOGRAFIE	59

INTRODUCERE

Schimbările climatice reprezintă una dintre provocările majore ale secolului nostru -un domeniu complex ce preocupă întreaga societate științifică, socială și tehnologică. Acordul de la Paris și lupta împotriva schimbărilor climatice impun obligația de a decarboniza economiile și de a atinge neutralitatea carbonului până în 2050.

Rolul negativ al emisiilor de CO₂ asupra mediului, generate de industrie și mijloacele de transport, a alarmat omenirea începând cu a doua jumătate a secolului al XX-lea. Astfel, oamenii de știință au început lupta cu CO₂, prin cercetare și prin înlocuirea combustibililor fosili care emit CO₂. În paralel au fost cercetate și metode tehnologice de captare a CO₂ din atmosfera terestră

Obiectul cercetării este sistemul de captare și stocare a dioxidului de carbon (CO₂), analizat din punct de vedere tehnologic, economic și ecologic, cu scopul de a reduce impactul emisiilor de gaze cu efect de seră asupra mediului.

Subiectul cercetării include următoarele aspecte specifice legate de sistemele de captare a CO₂:

1. Tehnologiile de captare a CO₂. Absorbția chimică (ex.: aminele).
2. Stocarea și utilizarea CO₂. Depozitare geologică, stocarea sub formă de carbonat mineral, utilizarea CO₂ în procese industriale.
3. Eficiența și viabilitatea economică a sistemului. Costurile implementării și beneficiile economice prin utilizarea CO₂ capturat.
4. Impactul asupra mediului și societății.

Dintre sectoarele economiei, responsabile de producerea de emisii de gaze cu efect de seră este sectorul energetic și industria de producere. Folosirea combustibililor fosili la producerea energiei și în industrie conduce la apariția de emisii specifice de CO₂ ceea ce înseamnă o mare poluare a mediului.

Captarea și stocarea emisiilor de CO₂ (Carbon Capture and Storage - CCS), parte din portofoliul acțiunilor de reducere a acestora, poate fi utilizată pentru stabilizarea concentrațiilor de CO₂ din atmosferă. Aceasta constă în captarea CO₂ de la instalațiile industriale, transferul către un amplasament de stocare și valorificarea dioxidului de carbon sau injectarea lui în formațiuni geologice, în scopul stocării permanente.

Pe plan mondial, tendințele actuale sunt dezvoltarea și implementarea unor tehnologii moderne utilizate la captarea și sechestrarea dioxidului de carbon. Există trei direcții principale pentru reducerea concentrației de dioxid de carbon:

- creșterea eficienței proceselor de conversie primară;
- înlocuirea surselor energetice actuale cu altele ce conțin puțin carbon sau renunțarea totală la acestea;
- capturarea și/sau sechestrarea emisiilor de CO₂.

Eficiența nu înseamnă doar reducerea costurilor; este vorba despre maximizarea rentabilității investiției și minimizarea impactului asupra mediului. Microrețelele oferă o cale către o eficiență mai mare prin optimizarea utilizării resurselor și reducerea deșeurilor. Tehnologia de captare a carbonului poate spori și mai mult această eficiență prin captarea emisiilor de dioxid de carbon produse în timpul procesului de cogenerare. Prin tehnologiile de captare a carbonului, întreprinderile pot capta emisiile de dioxid de carbon și le pot reutiliza pentru creșterea îmbunătățită a culturilor sau procese industriale. Această abordare în buclă închisă nu numai că generează economii de costuri, ci și sustenabilitatea, aliniindu-se cu preferințele consumatorilor pentru practicile ecologice.

Scopul țintă a întregului grup Vetropack în privința eficienței energetice, protecției climei și sustenabilității fiind reprezentată mai jos.



Fig I. Scop țintă de reducere a emisiilor GES, protecției climei și eficientizarea proceselor în cadrul companiei de procesare a sticlei. [9]

BIBLIOGRAFIE

- [1] STUDII PRIVIND CAPTAREA ȘI STOCAREA CO₂ ÎN VEDEREA PREVENIRII FENOMENULUI DE ÎNCĂLZIRE GLOBALĂ. Cristina Daniela DEAC HORJU, Ancuța Cristina ȚENTER. <https://stiintasiinginerie.ro/wp-content>
- [2] STUDIUL PROCESULUI DE ABSORBȚIE A CO₂ DIN GAZELE DE ARDERE Viorica CEBRUCEAN. [/https://dspace.upt.ro/jspui/bitstream](https://dspace.upt.ro/jspui/bitstream)
- [3] MODELAREA ȘI SIMULAREA SISTEMELOR DINAMICE. Nuca Ilie.
- [4] ACȚIONĂRI ELECTRICE, ÎNDRUMAR DE CURS. Nucă Ilie.
- [5] SURSE REGENERABILE DE ENERGIE. Curs de prelegeri, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău 2006
- [6] MODEL DE CALCUL AL FACTORILOR DE EMISII AL GAZELOR CU EFECT DE SERA LA DIFERITE PUNCTE DE CONSUM A ENERGIEI. MORARU Victor, URSATII Nicolai Universitatea Tehnică a Moldovei. <http://repository.utm.md/bitstream/handle>
- [7] SOLUȚIE AVANSATĂ PENTRU CAPTAREA ȘI STOCAREA CO₂ ȘI VALORIFICAREA SUPERIOARĂ A GAZULUI METAN. N. Ilias, A. Poanta, s. M. Radu, I. Andras, I. Gruneantu, G. Teseleanu, G. Chiril, O. Rotea, I. Rosioru (Cioara). <https://www.agir.ro/buletine/2029.pdf>
- [8] SPECIFICAȚIILE SENZORILOR UTILIZAȚI ÎN PROCESUL DE CAPTARE. <https://emerson.com>
- [9] <http://portal.vetropack.com/>
- [10] GHG EMISSIONS OF ALL WORLD COUNTRIES. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2024#data_download
- [11] Beneficiile tehnologiei de captare, utilizare și stocare a carbonului (CCUS) <https://www.fppg.ro/wp-content>
- [12] Decarbonizarea sectorului de energie electrică în statele din Sud-Estul Uniunii Europene până în 2040 <https://www.enpg.ro/wp-content/uploads>
- [13] Captarea dioxidului de carbon: ce este și cum folosim tehnologia pentru reducerea poluării. Daniel Popescu. <https://www.autocritica.ro/blue-zone>

- [14] Honeywell. Energy & sustainability Solutions. <https://ess.honeywell.com/us/en/about-ess/newsroom/featured-stories>
- [15] Global Leader in Modular Carbon Capture and Storage Solutions. <https://assets-global.website-files.com/>
- [16] IEA, “Carbon capture in 2021: Off and running or another false start?”, web: <https://www.iea.org/commentaries/carbon-capture-in-2021-off-and-running-or-another-false-start>
- [17] Power plant CO₂ capture heat integration. Colin Henderson. <https://usea.org/sites/default/files/media/>
- [18] A European Strategy for Carbon Capture and Storage. T. Lockwood, T. Bertels. <https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2024/02/07052545>
- [19] Carbon capture and Storage (CCS). <https://marine-offshore.bureauveritas.com/shipping-decarbonization/carbon-capture-storage-ccs>
- [20] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [21] Carbon capture and storage: What can we learn from the project track record? Toby Lockwood. <https://www.catf.us/resource/carbon-capture-storage-what-can-learn-from-project-track-record>
- [22] Direct Air Capture: our carbon removal technology to capture CO₂. <https://climeworks.com/direct-air-capture>
- [23] Carbon capture, storage and utilisation. Linde & BASF team up to innovate carbon capture. <https://assets.linde.com/-/media/global/engineering/>
- [24] STRATEGIA PE TERMEN LUNG A ROMÂNIEI PENTRU REDUCEREA EMISIILOR DE GAZE CU EFECT DE SERĂ. <https://www.mmediu.ro>
- [25] CALCULATION OF EMISSION FACTOR Oprea D. <https://utm.md/meridian/2010>
- [26] <https://cdm.unfccc.int/methodologies/SSCmethodologies/approved>
- [27] Murad E., Controlul Automat al Proceselor, Note de curs, 2007.

[28] <https://www.businesswire.com/news/home/20181003005583/Technology-Center-Mongstad%C2%A0Major-American-Company-Will-Test-New-Technology-for-Carbon-Capture-at-Mongstad>

[29]. <https://www.atlascopco.com/ro-ro/compressors/products/gas-compressors/carbon-dioxide-co2-compressor>

[30] legis.md

[31] <https://www.energy.gov/fecm/petra-nova-wa-parish-project>