UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
BABEȘ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITÄT
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA

CONSILIUL JUDEȚEAN SIBIU

FACULTATEA DE GEOGRAFIE
Str. Clinicilor nr. 5-7
Cluj-Napoca, 400006
Tel: 0264-596116
Fax: 0264-597988
geogr@ubbcluj.ro
https://geografie.ubbcluj.ro

PLANUL DE AMENAJARE A TERITORIULUI JUDEȚEAN SIBIU

Livrabil - STUDIU DE FEZABILITATE PRIVIND CAPACITATEA DE PRODUCERE A HIDROGENULUI PRECUM ȘI A INFRASTRUCTURII NECESARE, PE TERITORIUL JUDEȚULUI SIBIU

TABEL DE RESPONSABILITĂȚI

LIVRABIL – STUDIU DE FEZABILITATE PRIVIND CAPACITATEA DE PRODUCERE A HIDROGENULUI PRECUM ȘI A INFRASTRUCTURII NECESARE, PE TERITORIUL JUDEȚULUI SIBIU

DENUMIRE PROIECT	Actualizarea Planului de Amenajare a Teritoriului Județean Sibiu	
ETAPA și FAZA PROIECT	Livrabil – Studiu de fezabilitate privind capacitatea de producere a hidrogenului precum și a infrastructurii necesare, pe teritoriul județului Sibiu	
ACHIZITOR	**CONSILIUL JUDEȚEAN SIBIU** Str.General Magheru Nr. 14, Municipiul Sibiu, Jud. Sibiu	
RESPONSABIL PROIECT DIN PARTEA ACHIZITORULUI	**Arh. Argentina Lapoși-Oana** Arhitect Șef al Județului Sibiu	
COORDONATOR **PROIECT COMPLEX**	**NUME**	**SEMNĂTURĂ**
	Acad. prof. univ. dr. geogr.-urb. Jozsef Benedek Expert RUR, simbol B **Șef lucr. dr. geogr.- urb. Sandu-Ciprian Moldovan** Expert RUR, simbol B, C, C1	
PROIECTANT GENERAL	**NUME**	**SEMNĂTURĂ**
	Șef. lucr. dr. Csaba Horvath Expert hidrologie	
PROIECTANT DE SPECIALITATE **SUBCONTRACTANT** **SC AutoClaims Expert SRL** AutoClaims Expert Delegate Prof. PhD. Habil. Eng. Bogdan-Ovidiu VARGA	**NUME**	**SEMNĂTURĂ**
	Prof. dr. ing. Varga Bogdan **Conf. dr. ing. Moldovanu Dan** **Drd. ing. Cărăușan Horațiu**	
RESPONSABIL GIS	**NUME**	**SEMNĂTURĂ**
	Conf. univ. dr. geogr.-urb. Titus-Cristian Man Expert RUR, simbol G9 **Drd. Cosmina-Daniela Ursu**	
DATA	Iunie 2024	

CUPRINS

1. Justificare, scop și obiective 5
1.1 Justificarea utilizării hidrogenului 5
1.2 Scop 11
1.3 Obiective și activități 12
2. Prezentarea contextului: politici, strategii, legislație, acorduri relevante, structuri instituționale și financiare 14
2.1. Politici și strategii 16
2.2. Legislație și acorduri relevante 17
2.3. Structuri instituționale 20
2.4. Structuri financiare 21
2.5 Actori implicați și responsabilități în dezvoltarea economiei hidrogenului în județul Sibiu 22
3. Evaluarea potențialului energetic al zonei Sibiu, din spectrul surselor de energie regenerabilă (energie solară, eoliană, hidroenergie) 25
3.1. Energie solară 25
3.2. Energie eoliană 32
3.3. Hidroenergie 35
4. Stadiul actual al sectoarelor de interes pentru implementarea hidrogenului la nivelul județului Sibiu 50
4.1. Termoficare și alimentare cu gaze naturale 50
4.2. Transport 52
5. Arhitectura sistemului integrat de producție, stocare și distribuție de hidrogen 61
5.1. Siguranța în implementarea stațiilor de producție și distribuție de hidrogen 63
5.2. Exemple de bune practici 66
6. Prezentarea scenariilor considerate 72
6.1. Scenariul 1 72
6.2. Scenariul 2 78
6.3. Scenariul 3 84
6.4. Scenariul 4 91
7. Alegerea scenariului optim 97
8. Plan de acțiune privind implementarea unui sistem integrat de producție și distribuție de hidrogen 99
9. Concluzii 111
SURSE BIBLIOGRAFICE 116

Tabel 1 POTENȚIALUL ENERGETIC SOLAR AL JUDEȚULUI SIBIU [38] 29
Tabel 2 DEBITE MEDII ȘI VALORI DE ENERGIE ȘI PUTERE POTENȚIALĂ [51-52] 48
Tabel 3 DISTANȚE DE SIGURANȚĂ [60] 65
Tabel 4 DATE DE INTRARE PENTRU ESTIMAREA SCENARIULUI 1 73
Tabel 5 DETERMINAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PETRU MOBILITATE IN CAZUL SCENARIULUI 1 75
Tabel 6 DATE DE INTRARE PENTRU ESTIMAREA SCENARIULUI 2 79
Tabel 7 DETERMINAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PETRU MOBILITATE IN CAZUL SCENARIULUI 2 81
Tabel 8 DATE DE INTRARE PENTRU ESTIMAREA SCENARIULUI 3 85
Tabel 9 DETERMINAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PETRU MOBILITATE IN CAZUL SCENARIULUI 3 87
Tabel 10 DATE DE INTRARE PENTRU ESTIMAREA SCENARIULUI 3 92
Tabel 11 DETERMINAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PETRU MOBILITATE IN CAZUL SCENARIULUI 4 ..94

Fig. 1 UTILIZAREA VIZATĂ PRIN REPOWEREU ȘI FIT FOR 55, DEFALCATĂ PE SECTOARE PÂNĂ ÎN 2030 [21] 15
Fig. 2 HARTA RADIAȚIEI SOLARE NORMALE LA NIVELUL ROMÂNIEI [37] 25
Fig. 3 HARTA RADIAȚIEI SOLARE ORIZONTALE LA NIVELUL ROMÂNIEI [37] 26
Fig. 4 HARTA RADIAȚIEI SOLARE LA UNGHI OPTIM LA NIVELUL ROMÂNIEI [37] 27
Fig. 5 ESTIMĂRILE LUNARE ALE RADIAȚIEI SOLARE PENTRU JUDEȚUL SIBIU, PE O PERIOADĂ MULTI ANUALĂ [37] 28
Fig. 6 LICENȚE EMISE DE ANRE PENTRU EXPLOATAREA COMERCIALĂ A CAPACITĂȚILOR DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE (SOLARĂ) 29
Fig. 7 NUMĂR CEF LA NIVEL DE LOCALITATE 30
Fig. 8 NUMĂR CEF LA NIVEL DE UAT 30
Fig. 9 PUTERE INSTALATĂ LA NIVEL DE LOCALITATE 31
Fig. 10 PUTERE INSTALATĂ LA NIVEL DE UAT 31
Fig. 11 ZONELE CU POTENȚIAL DE PRODUCȚIE DE ENERGIE ELECTRICĂ DIN SURSE EOLIENE LA NIVELUL JUDEȚULUI SIBIU [37] 33
Fig. 12 POTENȚIALUL DE PRODUCȚIE ENERGETICĂ EOLIANĂ LA DIVERSE ALTITUDINI ȘI VITEZE ALE VÂNTULUI, LA NIVELUL JUDEȚULUI SIBIU [37] 34
Fig. 13 JUDEȚUL SIBIU. REȚEAUA HIDROGRAFICĂ- CUMPENE DE APĂ [51-52] 36
Fig. 14 VARIAȚIA DEBITULUI LUNAR MULTIANUAL (1979-2023) – RÂUL ARPAȘ [61] 37
Fig. 15 VARIAȚIA DEBITULUI LUNAR MULTIANUAL (1979-2023) – RÂUL SADU [61] 38
Fig. 16 VARIAȚIA DEBITULUI LUNAR MULTIANUAL (1979-2023) – RÂUL VISA [61] 38
Fig. 17 VARIAȚIA DEBITULUI LUNAR MULTIANUAL (1979-2023) – RÂUL HÂRTIBACIU [61] 39
Fig. 18 CAPACITĂŢI DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE - HIDRO 41
Fig. 19 CLASIFICAREA AMENAJĂRILOR HIDROENERGETICE ÎN FUNCŢIE DE PUTEREA INSTALATĂ 42
Fig. 20 PRODUCȚIA DE ENERGIE ÎN PERIOADA 2008-2022 AMENAJĂRILE HIDROTEHNICE DIN JUDEȚUL SIBIU – SPEEH HIDROELECTRICA SA [38] 42
Fig. 21 POTENȚIALUL TEORETIC DE SUPRAFAȚĂ DIN PRECIPITAȚII [51-52] 44
Fig. 22 SPAȚIALIZAREA DEBITULUI SPECIFIC (CORELAȚIA DEBIT SPECIFIC ȘI ALTITUDINEA MEDIE-FORMULA 5B) [51] 46
Fig. 23 GRAFIC CORELAȚIE ÎNTRE DEBITELE MEDII SPECIFICE ȘI ALTITUDINEA MEDIE A STAȚIILOR HIDROMETRICE DIN CADRUL BAZINULUI CIBIN [51] 47
Fig. 24 SITUAȚIA ALIMENTĂRII CU GAZE NATURALE ÎN JUDEȚUL SIBIU [53] 51
Fig. 25 REȚEAUA DE DRUMURI PUBLICE DIN JUDEȚUL SIBIU [54] 53
Fig. 26 ARHITECTURA UNUI SISTEM DE PRODUCȚIE, STOCARE ȘI DISTRIBUȚIE A HIDROGENULUI [58] 61
Fig. 27 DISTANȚE DE SIGURANȚĂ ÎN CAZUL ZONELOR DE DISTRIBUȚIE A HIDROGENUNLUI CĂTRE AUTOVEHICULE [60] 65
Fig. 28 OMV SHUTTLEWORTHSTRAßE 10 1210 VIENA (AUSTRIA) [63] 66
Fig. 29 SHELL ROTHENBACHSTR. 1 13089 BERLIN (GERMANIA) [64] 67
Fig. 30 OMV OSTBAHNSTRAßE 10 8041 GRAZ (AUSTRIA) [65] 68
Fig. 31 ZOFINGEN - AGROLA TOPSHOP & CARWASH, BLEICHEWEG 6, 4800 ZOFINGEN, (ELVETIA) [66] ...69

Fig. 32 ORLEN, PRAHA BARRANDOV, K BARRANDOVU 1136, 152 00 PRAHA 5, (CEHIA)[67] 70
Fig. 33 HYDROGEN REFUELLING STATION, BUS STATION, MONMOUTH RD, ABERGAVENNY NP7 5HF, MAREA BRITANIE [68] 71
Fig. 34 SCHEMA PRODUCERII ȘI UTILIZĂRII HIDROGENULUI CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP PEM, 2.5 MW 74
Fig. 35 ESTIMAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PENTRU AUTOBUZE ȘI AUTOVEHICULE, PRODUS CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP PEM, 2.5 MW 75
Fig. 36 SCHEMA PRODUCERII ȘI UTILIZĂRII HIDROGENULUI CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP ALK, 2.2 MW 80
Fig. 37 ESTIMAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PENTRU AUTOBUZE ȘI AUTOVEHICULE, PRODUS CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP ALK, 2.2 MW 81
Fig. 38 ESTIMAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PENTRU AUTOBUZE ȘI AUTOVEHICULE, PRODUS CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP PEM, 5 MW 86
Fig. 39 ESTIMAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PENTRU AUTOBUZE ȘI AUTOVEHICULE, PRODUS CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP PEM, 5 MW 87
Fig. 40 SCHEMA PRODUCERII ȘI UTILIZĂRII HIDROGENULUI CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP ALK, 4.4 MW 93
Fig. 41 ESTIMAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PENTRU AUTOBUZE ȘI AUTOVEHICULE, PRODUS CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP ALK, 4.4 MW 94

1. Justificare, scop și obiective

1.1 Justificarea utilizării hidrogenului

Hidrogenul este adesea considerat un element crucial în tranziția către o economie globală bazată pe energie curată și sustenabilă. Cu toate acestea, diferențele semnificative dintre metodele de producție a hidrogenului au un impact major asupra eficienței energetice și asupra mediului. Din acest motiv, în literatură se vorbește despre un spectru de „culori" ale hidrogenului, care desemnează procesele de producție și impactul asociat al acestora: hidrogen verde, albastru, gri, maro și roz, printre altele. În cele ce urmează, vom explora aceste tipuri de hidrogen, subliniind diferențele lor fundamentale [69-70].

Hidrogenul Verde și Hidrogenul Albastru

Hidrogenul verde este produs prin electroliza apei, utilizând energie din surse regenerabile, cum ar fi energia eoliană și solară. Acesta este considerat idealul în ceea ce privește hidrogenul curat, deoarece procesul nu generează emisii de carbon. Practic, apa este descompusă în hidrogen și oxigen, iar energia necesară acestui proces provine integral din surse regenerabile, ceea ce îl face extrem de sustenabil [69][71]. Cu toate acestea, provocările majore legate de hidrogenul verde includ costurile ridicate și cerințele energetice mari. Tehnologia necesară pentru producerea hidrogenului verde este încă în faza de dezvoltare și implementarea pe scară largă este limitată de disponibilitatea surselor regenerabile și de costurile aferente.

În contrast, hidrogenul albastru reprezintă o soluție intermediară. Acesta este produs prin reformarea metanului cu abur sau prin gazificarea cărbunelui, dar include un pas suplimentar de captare și stocare a carbonului (CCS), menit să reducă emisiile de dioxid de carbon generate în proces [69-70]. Hidrogenul albastru este mai accesibil din punct de vedere financiar decât hidrogenul verde și folosește infrastructura existentă pentru combustibili fosili, ceea ce îl face atractiv pentru țările care doresc să facă o tranziție treptată către surse de energie mai curate. Totuși, succesul hidrogenului albastru depinde în mare măsură de eficiența tehnologiilor CCS. În cazurile în care captarea carbonului nu este completă, beneficiile ecologice ale hidrogenului albastru pot fi compromise, iar dependența de combustibilii fosili rămâne o problemă semnificativă [72].

Hidrogenul Gri, Maro și Negru

La polul opus se află hidrogenul gri, care este produs prin aceleași metode ca hidrogenul albastru, dar fără a include captarea și stocarea carbonului. Hidrogenul gri este cea mai răspândită formă de hidrogen produsă la nivel global datorită costurilor reduse și tehnologiei bine stabilite. Însă, acest proces generează emisii masive de dioxid de carbon, care contribuie la încălzirea globală. De fapt, pentru fiecare kilogram de hidrogen produs prin această metodă, sunt emise aproximativ 10 kilograme de dioxid de carbon [72]. Acest lucru face ca hidrogenul gri să fie una dintre cele mai nesustenabile opțiuni din punct de vedere ecologic.

Mai poluante decât hidrogenul gri sunt variantele de hidrogen maro și negru, produse prin gazificarea cărbunelui. Diferența dintre ele constă în tipul de cărbune utilizat: lignit pentru hidrogenul maro și huilă pentru hidrogenul negru. Ambele procese sunt extrem de poluante, generând nu doar dioxid de carbon, ci și alte emisii toxice, cum ar fi oxizii de sulf și oxizii de azot. Aceste forme de hidrogen sunt considerate inacceptabile din punct de vedere ecologic și sunt incompatibile cu obiectivele globale de reducere a emisiilor de carbon [73].

Hidrogenul Roz și Alte Forme

Hidrogenul roz este o altă categorie distinctă, fiind produs prin electroliza apei folosind energie nucleară. Acest tip de hidrogen beneficiază de o sursă de energie stabilă, care nu depinde de condițiile meteorologice, și are un impact redus asupra mediului în ceea ce privește emisiile de carbon [69]. Hidrogenul roz este văzut ca o alternativă viabilă în țările care dispun de o infrastructură nucleară dezvoltată. Totuși, utilizarea energiei nucleare aduce cu sine riscuri asociate, cum ar fi gestionarea deșeurilor radioactive și potențialele accidente nucleare, care limitează atractivitatea acestei metode [72].

În plus, există și alte variante mai puțin comune, precum hidrogenul galben și turcoaz. Hidrogenul galben este produs prin electroliza apei folosind exclusiv energie solară, asemănător cu hidrogenul verde, dar evidențiind utilizarea energiei solare ca sursă unică. Pe de altă parte, hidrogenul turcoaz este produs prin piroliza metanului, un proces care generează carbon solid în loc de dioxid de carbon. Acest carbon solid poate fi ulterior utilizat în industrii diverse, cum ar fi producția de cauciuc sau oțel, oferind o modalitate de valorificare a subprodusului, ceea ce face această metodă mai atractivă din punct de vedere economic și ecologic [69][73].

Hidrogenul verde reprezintă idealul pentru un viitor cu emisii scăzute de carbon, dar implementarea sa largă este încă împiedicată de provocările legate de costuri și infrastructură. Hidrogenul albastru, deși nu la fel de curat, oferă o soluție intermediară, permițând utilizarea infrastructurii existente și reducerea emisiilor prin captarea și stocarea carbonului. Însă, hidrogenul gri, maro și negru, cu impactul lor negativ asupra mediului, trebuie abandonate pe măsură ce opțiunile mai sustenabile devin disponibile și accesibile. Hidrogenul roz și alte forme emergente de hidrogen, cum ar fi cel galben și turcoaz, oferă oportunități interesante, dar fiecare vine cu propriile provocări și limitări [70-73].

Hidrogenul are potențialul de a deveni o componentă centrală a viitoarei economii energetice globale, dar succesul său va depinde în mare măsură de alegerea metodelor de producție. Hidrogenul verde este calea cea mai promițătoare, dar necesită investiții majore în energie regenerabilă și infrastructură. Între timp, hidrogenul albastru poate juca un rol esențial în tranziția energetică, cu condiția îmbunătățirii captării și stocării carbonului. Pe de altă parte, hidrogenul gri, maro și negru reprezintă un model de producție care trebuie abandonat în favoarea soluțiilor mai ecologice [70-73].

Hidrogenul este o opțiune atractivă pentru stocarea și furnizarea de energie prin prisma următoarelor argumente:

- Poate fi produs și utilizat eficient în sisteme de stocare și conversie energetică, precum pilele de combustie, fără pierderi semnificative[1-3].
- Utilizarea hidrogenului ca soluție de stocare a energiei nu produce emisii de carbon sau poluare locală, contribuind la combaterea schimbărilor climatice și la îmbunătățirea calității aerului [4].
- Hidrogenul poate fi utilizat într-o gamă largă de aplicații, în special în cadrul vehiculelor cu pile de combustie, dar și în cadrul sistemelor energetice și al aplicațiilor industriale [5].
- Implementarea infrastructurii cu hidrogen, aduce oportunitatea stimulării inovației tehnologice și a generării de noi locuri de muncă, contribuind la tranziția către un sistem energetic durabil și sustenabil [6].

Producția locală de hidrogen oferă posibilitatea de a obține independență energetică. Prin implementarea unui astfel de sistem, județul Sibiu poate reduce dependența de combustibili fosili și poate profita de resursele locale de energie regenerabilă. Un astfel de sistem introduce posibilitatea consolidării securității energetice, conducând cu precădere către o dezvoltare economică durabilă.

Hidrogenul joacă un rol esențial în economia circulară datorită potențialului său de a contribui la decarbonizarea diferitelor sectoare și de a permite reutilizarea și reciclarea resurselor. Economia circulară este un sistem economic care urmărește minimizarea deșeurilor și maximizarea utilizării resurselor prin reciclare, refolosire și regenerare [7].

1.1.1 Rolul Hidrogenului în Economia Circulară

1. **Decarbonizarea Energiei:**
   - Hidrogenul poate fi produs prin electroliza apei utilizând energie regenerabilă (hidrogen cu clasificare verde), eliminând emisiile de carbon din acest proces. Acest tip de hidrogen poate fi folosit ulterior pentru generarea de energie, alimentarea vehiculelor cu pile de combustie și în procese industriale, contribuind la reducerea amprentei de carbon asociată tuturor sectoarelor amintite [7].
   - Hidrogenul poate stoca energie produsă din surse regenerabile, cum ar fi energia solară și cea eoliană, pentru a fi utilizată în perioadele de cerere mare sau în situațiile în care producția din surse regenerabile este scăzută, echilibrând astfel fluctuațiile în procesele de furnizare de energie [7].
2. **Reducerea Deșeurilor și Reciclarea:**
   - Hidrogenul poate fi produs și din biomasă și deșeuri organice prin procese de gazeificare și piroliză, transformând deșeurile în resurse valoroase și reducând cantitatea de materiale care ajung la depozitele de gunoi [7].
   - În anumite industrii, cum ar fi rafinarea petrolului, hidrogenul este utilizat în procese de tratare și poate fi recuperat și reutilizat în alte procese industriale, reducând necesitatea producerii de hidrogen nou [7].

3. **Sinergia cu alte tehnologii verzi:**

- Hidrogenul poate fi integrat în rețelele energetice inteligente pentru a furniza energie curată în mod eficient și flexibil, contribuind la optimizarea utilizării resurselor regenerabile [7].
- Hidrogenul poate fi produs din surse de carbon capturate (hidrogen albastru), contribuind la utilizarea eficientă a carbonului și reducerea emisiilor nete de gaze cu efect de seră [7].

1.1.2 Exemple de bune practici și inițiative

Hidrogenul este un vector energetic curat, versatil și durabil care are potențialul de a transforma diverse sectoare ale economiei. Utilizarea sa în termoficare, transport și mobilitate și industrie prezintă numeroase avantaje, dar și anumite provocări.

1.1.2.1 Termoficare

Hidrogenul poate fi utilizat ca combustibil pentru centralele termice care produc căldură pentru clădiri și apartamente. Arderea hidrogenului nu produce emisii de gaze cu efect de seră, contribuind la reducerea poluării aerului și la combaterea schimbărilor climatice [8-11].

Proiectele REFHYNE, HyDeploy și 20HyGrid Aceste proiecte demonstrează utilizarea hidrogenului pentru producerea de energie și încălzire într-un mod sustenabil, integrând hidrogenul în rețelele de gaz existente și testând amestecurile de hidrogen cu gazul natural pentru utilizarea în infrastructurile curente [8-10].

REFHYNE, situat în Renania de Nord-Westfalia, Germania, reprezintă un pas semnificativ în tranziția către o economie bazată pe hidrogen. Proiectul a dus la construirea celei mai mari instalații de producere a hidrogenului verde din Europa, utilizând energia eoliană offshore ca sursă de energie regenerabilă. Hidrogenul produs este folosit pentru alimentarea vehiculelor cu pile de combustie, precum autobuze și camioane, și pentru diverse aplicații industriale. REFHYNE demonstrează că producția de hidrogen verde la scară largă este fezabilă și economică. De asemenea, creează o infrastructură solidă pentru distribuția și alimentarea cu hidrogen, facilitând adoptarea vehiculelor cu pile de combustie și stimulând dezvoltarea unei piețe a hidrogenului. Prin reducerea dependenței de combustibili fosili și promovarea energiei regenerabile, REFHYNE contribuie semnificativ la decarbonizarea sectorului transporturilor și a industriei [8].

HyDeploy, desfășurat în Marea Britanie, este un proiect inovator care explorează amestecarea hidrogenului cu gazele naturale în rețeaua de distribuție existentă. Scopul principal este de a reduce emisiile de carbon asociate cu încălzirea și gătitul în gospodării. Prin injectarea unui procent de hidrogen (până la 20%) în rețeaua de gaze naturale, se urmărește reducerea amprentei de carbon a consumului de energie în locuințe. HyDeploy a demonstrat că amestecarea hidrogenului cu gazele naturale este sigură și fezabilă din punct de vedere tehnic, fără a necesita modificări majore ale infrastructurii existente. Acest

lucru deschide calea pentru decarbonizarea treptată a rețelelor de gaze, permițând utilizarea hidrogenului ca alternativă curată la gazele naturale [9].

Proiectul 20HyGrid, inițiat de Delgaz Grid în România, este primul de acest gen în țară și are ca scop testarea utilizării unui amestec de 20% hidrogen și 80% gaze naturale în rețeaua de distribuție existentă. Proiectul-pilot a fost implementat în localitatea Dârlos, județul Sibiu, și a inclus 50 de locuințe. Un aspect important al proiectului a fost testarea funcționării unui segment de rețea din polietilenă cu amestecul de hidrogen și gaze naturale. Rezultatele au fost promițătoare, demonstrând că rețeaua de distribuție existentă poate fi adaptată pentru a transporta hidrogen, fără a necesita investiții majore. 20HyGrid este un pas important în explorarea potențialului hidrogenului în România, cu precădere la nivelul județului Sibiu, a cărui implicare în acest proiect este semnificativă. În localitatea Dârlos, 50 de locuințe au fost incluse în realizarea primelor teste la nivel național, privind funcționarea unui segment de rețea din polietilenă cu amestec de hidrogen (20%) și gaze naturale (80%). Consiliul Județean Sibiu este partener în acest proiect, conform protocol aprobat prin H.C.J. SIBIU nr. 143/2023. Aceste acțiuni joacă un rol important în pregătirea infrastructurii pentru o tranziție către o economie cu emisii reduse de carbon [10].

Termoficarea implică încălzirea centralizată a locuințelor și clădirilor comerciale prin intermediul unor rețele de distribuție a căldurii. Hidrogenul poate fi utilizat în termoficare în următoarele moduri:

- Ardere directă: Hidrogenul poate fi ars în cazane pentru a produce căldură. Acest proces este similar cu arderea gazelor naturale, dar fără emisiile de CO2, producând doar vapori de apă [11].
- Pile de combustie: Hidrogenul poate fi utilizat în pile de combustie pentru a genera căldură și energie electrică. Această tehnologie este mai eficientă decât arderea directă și poate fi integrată în sistemele de cogenerare (CHP - Combined Heat and Power) [11].
- Amestecuri de hidrogen și gaz natural: Hidrogenul poate fi amestecat cu gazul natural în rețelele existente de distribuție a gazelor pentru a reduce emisiile de carbon fără a necesita modificări majore ale infrastructurii [11].

1.1.2.2 Transport și mobilitate

Utilizarea hidrogenului în transportul rutier, în special în cazul vehiculelor cu pile de combustie, poate contribui la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și a poluării locale. Hidrogenul poate fi produs din surse regenerabile de energie și poate fi utilizat pentru a alimenta vehiculele fără a genera emisii poluante. Aceasta ar ajuta la îmbunătățirea calității aerului, la reducerea zgomotului și la crearea unui sistem de transport verde și sustenabil. Vehiculele care funcționează pe bază de pile de combustie cu hidrogen pot oferi o alternativă curată și durabilă la vehiculele cu motor cu ardere internă. Hidrogenul poate fi utilizat și pentru a propulsa avioane, nave și alte mijloace de transport.

Vehiculele de transport în comun cu hidrogen prezintă o alternativă promițătoare la combustibilii fosili, cu potențialul de a reduce semnificativ emisiile de carbon și de a îmbunătăți calitatea aerului în zonele urbane. Iată câteva exemple de bune practici și proiecte relevante:

1. Implementarea flotelor de autobuze cu hidrogen

Proiectul JIVE:Acest proiect european a facilitat implementarea a aproape 300 de autobuze cu hidrogen în 22 de orașe din Europa. Printre orașele participante se numără Londra, Aberdeen, Frankfurt și Köln. Prin intermediul Clean Hydrogen Partnership și a initiativei JIVE, în 2024, au participat și primele municipalități din România reprezentate de Cluj-Napoca și Galați, orașe în care a fost testat un autobuz cu hidrogen în regimuri de utilizare similare cu cele de exploatare. O inițiativă similară cu JIVE este proiectul HyFLEET:CUTE: În cadrul acestui proiect, 40 de autobuze cu hidrogen au fost testate în 9 orașe europene, inclusiv Barcelona, Hamburg și Oslo. Aceste proiecte au demonstrat fezabilitatea tehnică și operațională a autobuzelor cu hidrogen, precum și beneficiile lor în ceea ce privește reducerea emisiilor și îmbunătățirea calității aerului [12-13].

2. Dezvoltarea infrastructurii de alimentare cu hidrogen

Proiectul H2ME: Acest proiect a contribuit la dezvoltarea unei rețele de stații de alimentare cu hidrogen în Europa, facilitând astfel utilizarea pe scară largă a vehiculelor cu hidrogen [14]. Proiectul MEHRLIN: În Germania, acest proiect a vizat crearea unei infrastructuri de alimentare cu hidrogen de-a lungul autostrăzilor, permițând astfel utilizarea vehiculelor cu hidrogen pentru transportul pe distanțe lungi [15].Dezvoltarea unei infrastructuri adecvate de alimentare este esențială pentru succesul pe termen lung al vehiculelor cu hidrogen. Dezvoltarea acestui tip de infrastructură este vitală în implementarea la scară largă a hidrogenului ca vector curat de energie. Acest aspect este susținut de investițiile publice și private în acest sector, stabilirea unei astfel de rețele fiind imperativă pentru dezvoltarea unui sistem economic sustenabil, având ca element central hidrogenul. La nivel național, acest sector se remarcă prin inițiative care privesc construcția unui sistem integrat de producție și distribuție de hidrogen cu o capacitate de producție de 1000kg H_2/zi la Cluj-Napoca , construcția unei uzine de producție de hidrogen cu o putere instalată de 20 MW la rafinăria Petrobrazi, precum și construcția unei alte uzine de producție cu o putere instalată de 20 MW la Galați [16-18].

3. Colaborarea între entități implicate în procesele de implementare ale hidrogenului

Prin intermediul parteneriatelor public-private este stimulată colaborarea între autoritățile publice, producătorii de vehicule, furnizorii de energie și operatorii de transport, această colaborare fiind esențială pentru succesul implementării vehiculelor cu hidrogen. Crearea și utilizarea platformelor de schimb de cunoștințe poate contribui la accelerarea dezvoltării și implementării soluțiilor de transport cu hidrogen. Astfel de parteneriate sunt încurajate prin intermediul unor inițiative precum Clean Hydrogen Partnership, prin intermediul acordarea de consultanță și sprijin în facilitarea stabilirii legăturilor între producători, legiuitori și utilizatori finali ai sistemelor.

1.1.2.3 Industrie

Hidrogenul poate fi utilizat în diverse procese industriale, inclusiv producția de oțel, sticlă și îngrășăminte. De asemenea, poate fi utilizat ca materie primă pentru a produce o serie de produse chimice.

Industria este un sector major consumator de energie și emitor de CO_2, unde hidrogenul poate juca un rol crucial:

- Producția de oțel: Hidrogenul poate înlocui cocsul în procesele de reducere a minereului de fier, reducând semnificativ emisiile de CO_2 [19].
- Industria chimică: Hidrogenul este un element de bază în producția de amoniac pentru îngrășăminte și alte produse chimice. Hidrogenul verde (producție din surse regenerabile) poate face aceste procese mai durabile [19].
- Rafinării și producția de combustibili sintetici: Hidrogenul poate fi utilizat pentru a produce combustibili sintetici, precum metanolul, care pot înlocui combustibilii fosili în diverse aplicații industriale [19].
- Stocarea energiei: Hidrogenul poate fi produs și stocat pentru a echilibra cererea și oferta de energie în rețelele electrice, facilitând integrarea surselor regenerabile intermitente, cum ar fi energia solară și eoliană [19].

1.2 Scop

Scopul implementării acestei investiții este de a îndeplini obiectivele strategice naționale și europene legate de creșterea calității vieții cetățenilor, prin reducerea utilizării autovehiculelor particulare, încurajarea utilizării transportului public și dezvoltarea infrastructurii transportului public în scopul reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră, care reprezintă principalele obiective strategice locale în domeniul transportului.

Prin prezentul proiect se urmărește adoptarea unor soluții tehnice ce vor ajuta la producerea hidrogenului verde, cu utilizări în domeniile amintite anterior, prin stabilirea necesarului energetic și realizarea unei dimensionări preliminarii a unei uzine de producție de hidrogen care va cuprinde procesele de generare a hidrogenului, comprimare, stocare și alimentare cu hidrogen a diverse vehicule, precum și comercializarea acestuia către agenți economici externi. Implementarea unei facilități de producție de hidrogen are scopul de a genera o soluție sustenabilă, verde, contribuind în mod decisiv la atingerea obiectivelor de reducere a poluării pe termen mediu și lung, conferind în același timp independență și eficiență energetică.

Într-un context din ce în ce mai globalizat, politica energetică a României se realizează în cadrul schimbărilor și evoluţiilor ce au loc pe plan naţional şi european. În acest context politica energetică a

României trebuie să fie corelată cu documentele similare existente la nivel european pentru a asigura convergența politicii țării noastre cu politica Uniunii Europene în domeniu. Strategia energetică va urmări îndeplinirea principalelor obiective ale noii politici energie – mediu ale Uniunii Europene, obiective asumate şi de România.

Se vor identifica căile și măsurile pentru realizarea următoarelor obiective:

1. Siguranța energetică;
2. Competitivitate pe piața internă și regională;
3. Dezvoltare durabilă;
4. Protecția mediului și limitarea schimbărilor climatice;
5. Atragerea capitalului necesar modernizării și dezvoltării sectorului;
6. Dezvoltarea în continuare a unei piețe concurențiale caracterizate de concurența, transparența și lichiditate.

Principalele provocări pentru Sistemul Electroenergetic sunt creșterea cererii, înlocuirea capacităților neperformante și cu durată de viață expirată, integrarea unei cote tot mai mari de energie electrică produsă din surse regenerabile, securitatea aprovizionării și integrarea în piața regională și europeană.

1.3 Obiective și activități

OBIECTIVE

Prezentul studiu vizează o serie de obiective strategice în ceea ce privește stabilirea potențialului de producție de hidrogen la nivelul județului Sibiu:

- Evaluarea potențialului energetic a zonei înconjurătoare;
- Stabilirea capacității locale de generare a energiei electrice verzi;
- Stabilirea capacității de transport necesară la nivelul județului;
- Dimensionarea sistemului de producție de hidrogen;
- Dimensionarea sistemului de distribuție a hidrogenului;
- Implementarea unui sistem scalabil de producție și distribuție de hidrogen.

ACTIVITĂȚI

Activitățile principale vizate în prezentul document vizează:

- ✓ Evaluarea potențialului energetic al zonei înconjurătoare: Analiza resurselor energetice disponibile în zona limitrofă, din spectrul surselor de energie regenerabilă (energie solară, eoliană, hidroenergie)

- ✓ Stabilirea capacității locale de generare a energiei electrice verzi necesare producției de hidrogen: Pe baza evaluării potențialului energetic, se va determina capacitatea de producție a energiei electrice verzi, necesară pentru a alimenta un sistem de producție a hidrogenului.
- ✓ Stabilirea capacității de transport necesară la nivelul județului: Prin studii de oportunitate și fezabilitate, se va evalua capacitatea de transport necesară pentru a asigura distribuția hidrogenului produs către mijloacele de transport considerate (autobuze, autovehicule, trenuri)
- ✓ Dimensionarea sistemului de producție de hidrogen: Pe baza potențialului de generare a energiei electrice verzi și a cererii de hidrogen estimate, se va determina capacitatea și specificațiile sistemului de producție de hidrogen.
- ✓ Dimensionarea sistemului de distribuție a hidrogenului: În funcție de necesitățile de transport și utilizare a hidrogenului, se vor dimensiona sistemele de distribuție, incluzând dispensoare pentru vehicule de mare tonaj (presiuni de 350 bar) și dispensoare pentru autovehicule (presiuni de 700 bar).
- ✓ Determinarea capacității și a necesității de extindere a sistemului final, cu scopul de a oferi o soluție versatilă, capabilă de a acomoda o creștere sustenabilă a județului.

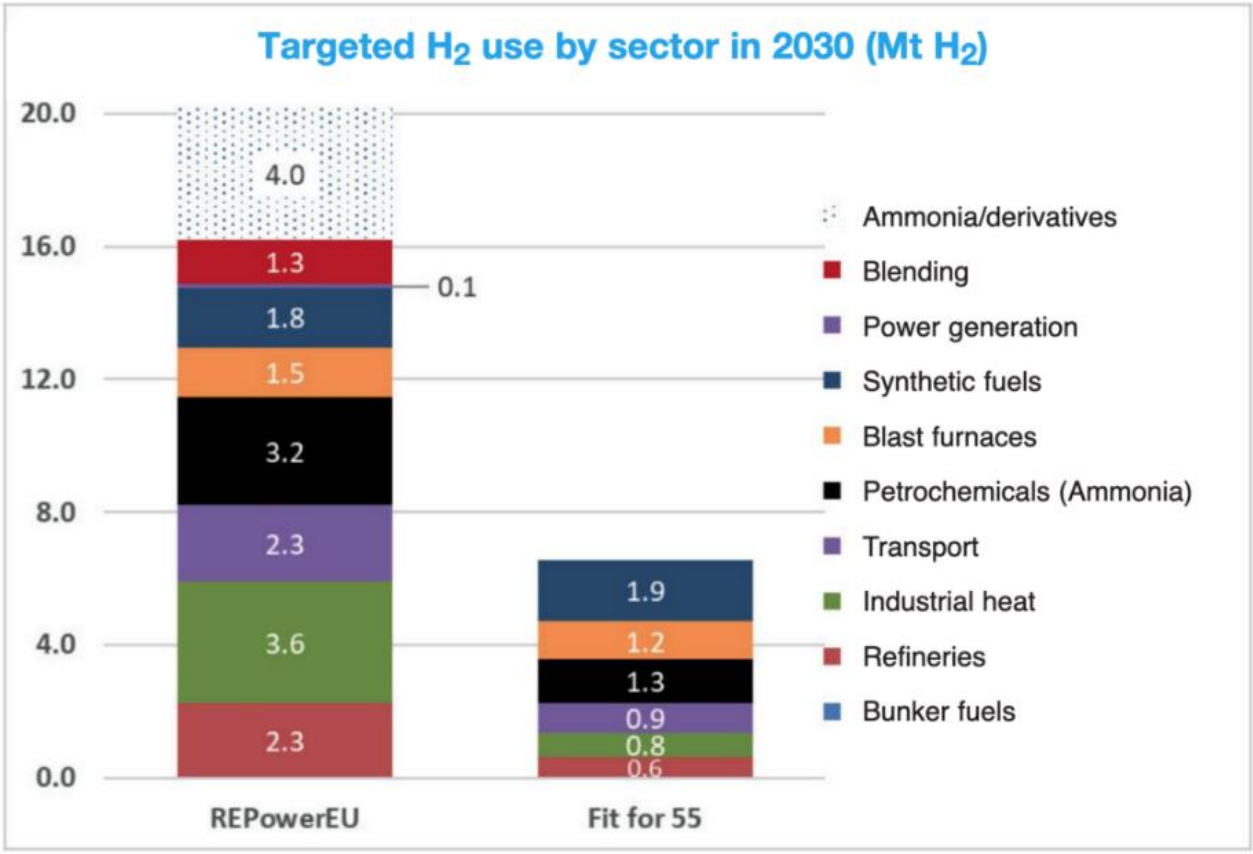
2. Prezentarea contextului: politici, strategii, legislație, acorduri relevante, structuri instituționale și financiare

Introducerea hidrogenului curat (hidrogen obținut din surse regenerabile și hidrogen cu emisii reduse de carbon) ca vector energetic, combustibil și materie primă pentru industriile grele (chimică, metalurgică, petrochimică etc.) este esențială pentru atingerea obiectivelor climatice și de securitate energetică ale Europei. Planul de măsuri RePower EU al Comisiei Europene, care urmărește asigurarea independenței energetice a statelor membre, prevede ca anual consumul de hidrogen regenerabil să ajungă la 20 de milioane de tone la nivelul Uniunii Europene. În 2020, consumul de hidrogen a fost de aproximativ 8,4 milioane de tone, din care 97% a fost produs prin reformarea gazului natural, fără captură de carbon, fiind predominant utilizat în industria petrochimică, în producția de amoniac și în industria chimică [10] [20].

Strategia Uniunii Europene pentru hidrogen prevede înlocuirea hidrogenului fosil cu hidrogen regenerabil și introducerea acestuia în noi sectoare, cum ar fi transportul (înlocuind produsele petroliere), industria metalurgică (înlocuind cărbunele), ca sursă de căldură și în generarea de electricitate (înlocuind gazul natural și cărbunele). Comisia Europeană a propus o revizuire a Directivei 2018/2001 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, care impune integrarea combustibililor din surse regenerabile de origine nebiologică în transport și obligă consumatorii industriali de hidrogen să se asigure că un procentaj minim de consum provine din combustibili regenerabili de origine nebiologică. Aceste obligații creează condițiile necesare pentru dezvoltarea unei piețe europene pentru hidrogenul regenerabil și derivatele acestuia. Înlocuirea produselor petroliere și a hidrogenului obținut din gaz natural fără captură de carbon cu hidrogen curat sprijină atât obiectivele de decarbonizare a sistemului energetic, cât și reducerea dependenței de combustibili fosili, contribuind astfel la independența strategică a României [10] [20].

Rolul esențial al hidrogenului în tranziția energetică, recunoscut în Pachetul Fit for 55, capătă noi valențe în contextul evoluțiilor geopolitice de la granița Uniunii Europene, care au afectat stabilitatea energetică. Comisia Europeană a inclus în Fit for 55 și RePowerEU perspectiva utilizării hidrogenului sub formă de blend cu gaz metan, pentru satisfacerea necesarului de consum european de gaze naturale, creditând astfel industria de transport și distribuție a gazelor naturale, care va ocupa un rol central în dezvoltarea unei economii bazate pe hidrogen. Investițiile în proiecte care folosesc gazele naturale ca combustibil de tranziție sunt eligibile conform Actului Delegat privind Taxonomia Uniunii Europene, inclusiv cele în rețelele de distribuție "hydrogen-ready". Consiliul European a stabilit o țintă indicativă de 49% privind energia regenerabilă consumată în sectorul clădirilor, fără a impune condiții legate de forma energiei regenerabile necesare [10] [20]. Aceste date sunt vizibile în Figura 1:

Fig. 1 UTILIZAREA VIZATĂ PRIN REPOWEREU ȘI FIT FOR 55, DEFALCATĂ PE SECTOARE PÂNĂ ÎN 2030 [21]



Investițiile în tehnologiile bazate pe hidrogen sunt în plină expansiune. Nu doar Europa, ci întreaga lume este angajată într-o cursă pentru dezvoltarea unei economii bazate pe hidrogen. Legea UE privind energia și clima, care impune atingerea neutralității climatice până în 2050, a făcut din hidrogen un element esențial pentru economia europeană, necesitând investiții masive de aproximativ 700 de miliarde USD pentru a menține obiectivul de limitare a încălzirii globale sub 1,5°C. Comisia Europeană recunoaște rolul crucial al operatorilor de rețea în realizarea neutralității climatice și în asigurarea autonomiei energetice strategice necesare UE, conform planului REPowerEU [10][20].

În Germania, strategia E.ON pentru rețeaua de gaze naturale este clară și în concordanță cu intențiile guvernului german de a dezvolta o economie centrată pe hidrogen. Aceasta nu se bazează doar pe alinierea la obiectivele politice, ci și pe un pragmatism economic și tehnic. Este esențială compatibilizarea rețelei de gaze naturale cu moleculele de hidrogen, o strategie pe care România dorește să o adopte. Din acest punct de vedere, compatibilizarea tuturor componentelor rețelei de gaze naturale cu hidrogenul devine crucială. Industria de profil răspunde pozitiv, având în frunte DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches), organismul european de standardizare pentru industria gazelor și apei, cu peste 160 de ani de experiență în acest domeniu. DVGW colaborează strâns cu Autoritatea de Reglementare Germană și promovează proiecte de cercetare și inovație [10] [20].

Proiectele pilot din Germania, precum DVGW G 2019023 – proiectul Fläming, și din alte țări vest-europene au demonstrat compatibilitatea rețelelor de gaze naturale și a aparatelor de utilizare existente

cu amestecuri de până la 30% hidrogen în gaze naturale. Conform unui studiu recent Marcogaz din noiembrie 2023, utilizarea gazelor regenerabile, în special a hidrogenului, este esențială pentru atingerea neutralității climatice în Europa până în 2050. Rețelele de gaze joacă un rol cheie în transportul hidrogenului către industrie, gospodării și alte locații de utilizare [10] [20].

Astfel, hidrogenul este din ce în ce mai recunoscut ca un vector energetic crucial pentru viitorul sistem energetic al UE, așa cum se reflectă în Strategia UE privind hidrogenul și în strategiile naționale. Totuși, această recunoaștere nu a acoperit toate sectoarele relevante ale pieței încălzirii, unde amestecul de gaze naturale cu hidrogen poate aduce beneficii semnificative. Încă nu sunt valorificate pe deplin avantajele infrastructurii de gaze existente, iar conștientizarea politică și publică a acestor avantaje rămâne o provocare. Există preocupări legate de pregătirea infrastructurii pentru hidrogen și de claritatea adaptărilor necesare pentru părțile interesate.

Conform Comunicatului Comisiei către Parlamentul European, Consiliul, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor (COM(2020) 301 final), O strategie pentru hidrogen: pentru o Europă neutră climatic, hidrogenul care are la bază energia regenerabilă va fi folosit pentru decarbonizarea unor sectoare economice în care alte metode nu sunt aplicabile sau sunt prea costisitoare.

La nivel Național există programe de finanțare și susținere a proiectelor de investiții în construirea de noi capacități în instalații de electroliză, pentru producția de hidrogen verde, în vederea susținerii unei economii cu emisii scăzute de carbon.

2.1. Politici și strategii

2.1.1 Uniunea Europeană (UE)

European Green Deal - Este strategia principală a UE pentru a deveni neutră din punct de vedere al emisiilor de carbon până în 2050. Hidrogenul verde joacă un rol crucial în această strategie pentru decarbonizarea sectoarelor industriale și energetice [22].

Strategia Europeană pentru Hidrogen - Comisia Europeană afirmă că energia electrică și gazele verzi sunt componente complementare în scopul decarbonizării/recunoașterea faptului că neutralitatea climatică până în 2050 nu este posibilă fără hidrogen [23].

REPowerEU - diversificarea alimentării cu gaze naturale și reducerea mai rapidă a utilizării combustibililor fosili în locuințe, în clădiri, în industrie și în sistemul energetic prin îmbunătățirea eficienței energetice, creșterea utilizării surselor regenerabile de energie și a electrificării și eliminarea blocajelor din infrastructură [21].

2.1.2 România

Planul Național Integrat în domeniul Energiei și Schimbărilor Climatice (PNIESC) 2021-2030 Include obiective privind dezvoltarea producției de hidrogen din surse regenerabile pentru a contribui la decarbonizarea industriei și transporturilor [24].

PNRR (Planul Național de Redresare și Reziliență) - PNRR-ul României include hidrogenul ca o componentă cheie în strategia sa de tranziție energetică și decarbonizare a economiei. Planul alocă fonduri semnificative pentru dezvoltarea producției și utilizării hidrogenului, în special hidrogenul verde produs din surse regenerabile de energie PNRR își propune să stimuleze investițiile în electrolizoare, tehnologia cheie pentru producerea hidrogenului verde prin electroliza apei utilizând energie regenerabilă. Planul prevede investiții în rețele de transport și stații de alimentare cu hidrogen pentru a facilita utilizarea acestuia în diverse sectoare. PNRR încurajează adoptarea hidrogenului în sectoare precum industria chimică, siderurgie și transporturi, unde poate înlocui combustibilii fosili și reduce emisiile de carbon [26].

Strategia Națională a Hidrogenului - SNH - viziunea SNH și a Planului de acțiune pentru România vizează dezvoltarea unei economii a hidrogenului, cu accent pe hidrogenul regenerabil, dar acordând atenție și hidrogenului cu emisii scăzute de carbon la un preț accesibil [29].

2.2. Legislație și acorduri relevante

2.2.1 Legislația UE

Pachetul legislativ "Fit for 55" - Propune reglementări pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră cu 55% până în 2030, incluzând măsuri pentru promovarea utilizării hidrogenului verde. Pachetul propune obiective ambițioase pentru utilizarea hidrogenului regenerabil în industrie și transport până în 2030, stimulând astfel dezvoltarea acestui sector. "Fit for 55" prevede măsuri pentru a asigura funcționarea eficientă a pieței hidrogenului, inclusiv reguli privind infrastructura, certificarea și comercializarea hidrogenului. : Pachetul include diverse instrumente financiare și mecanisme de sprijin pentru a încuraja investițiile în proiecte de hidrogen verde. Pachetul promovează utilizarea hidrogenului în diverse sectoare, cum ar fi energia, industria și transporturile, pentru a decarboniza economia și a reduce emisiile de gaze cu efect de seră. Pachetul "Fit for 55" va avea un impact semnificativ asupra României, care are un potențial considerabil pentru producția de hidrogen verde datorită resurselor sale de energie regenerabilă. Implementarea acestui pachet va stimula investițiile în sectorul hidrogenului din România, va crea noi locuri de muncă și va contribui la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră ale țării [30].

Regulamentul pentru infrastructura combustibililor alternativi (AFIR): Regulamentul pentru infrastructura combustibililor alternativi (AFIR) este o componentă esențială a pachetului "Fit for 55" și

vizează accelerarea dezvoltării infrastructurii necesare pentru vehiculele cu combustibili alternativi, inclusiv hidrogenul. Regulamentul stabilește distanțe maxime între stațiile de realimentare cu hidrogen, precum și cerințe privind capacitatea și presiunea de alimentare, pentru a asigura o acoperire adecvată a rețelei și a facilita utilizarea vehiculelor cu hidrogen. AFIR promovează utilizarea unor standarde comune pentru echipamentele și conectorii de realimentare cu hidrogen, pentru a asigura compatibilitatea între diferitele tipuri de vehicule și stații de alimentare. Regulamentul impune statelor membre să elaboreze planuri naționale de infrastructură pentru combustibili alternativi, inclusiv hidrogen, și să stabilească obiective clare pentru dezvoltarea acestei infrastructuri. AFIR prevede posibilitatea utilizării fondurilor europene, precum și a altor mecanisme de finanțare, pentru a sprijini dezvoltarea infrastructurii de realimentare cu hidrogen [31].

Pachetul legislativ privind gazele naturale IV - Directivă și Regulament UE privind piețele interne ale gazelor regenerabile și ale gazelor naturale pentru hidrogen reprezintă un set de măsuri legislative adoptate cu scopul de a reforma și moderniza piețele interne de gaze naturale și de a facilita tranziția către un sistem energetic mai durabil. Acest pachet legislativ este format dintr-o directivă și un regulament, ambele axate pe promovarea gazelor regenerabile și a hidrogenului în cadrul piețelor de gaze naturale. Directiva UE privind piețele interne ale gazelor regenerabile și ale gazelor naturale pentru hidrogen stabilește un cadru comun pentru dezvoltarea piețelor de gaze regenerabile, cum ar fi biogazul, biometanul și hidrogenul produs din surse regenerabile. Directiva stabilește definiții clare pentru gazele regenerabile și hidrogenul, asigurând o înțelegere comună în întreaga UE. Totodată, Directiva stabilește obiective ambițioase pentru ponderea gazelor regenerabile în consumul total de gaze și pentru dezvoltarea infrastructurii necesare. Directiva urmărește eliminarea barierelor existente în calea dezvoltării piețelor de gaze regenerabile, cum ar fi procedurile administrative complexe și lipsa accesului la rețea și încurajează dezvoltarea unor sisteme de certificare pentru gazele regenerabile, asigurând trasabilitatea și calitatea acestora [32].

2.2.2. Legislația națională

Codul pentru Hidrogen (ordin ANRE 63/2023) - privind aprobarea Regulilor necesare adoptării Codului pentru hidrogen - care stabilește liniile directoare pentru transformarea/conversia sistemului de distribuție a gazelor naturale [28].

Legea Energiei electrice și gazelor naturale (nr. 123/2012) cu modificările și completările ulterioare, art. 138, lit (l): OSD este obligat să elaboreze și să transmită ANRE studii de perspectivă privind îmbunătățirea sistemului inteligent de distribuție a gazelor naturale în vederea injecției de hidrogen în amestec cu gazele naturale și/sau pentru a fi convertite ulterior în distribuții de hidrogen [25].

Pentru implementarea lucrărilor beneficiarul va trebui sa obțină autorizație de înființare și licență de exploatare, conform Ordinului nr. 199/28.10.2020 privind aprobarea Regulamentului pentru acordarea autorizațiilor de înființare și a licențelor în sectorul gazelor naturale:

Art. 6 ANRE emite autorizații pentru înființarea de noi: h) instalații de producere a hidrogenului.

Art. 7 ANRE emite licențe în sectorul gazelor naturale pentru desfășurarea activităților de: e) exploatare comercială a instalațiilor de producere a hidrogenului.

Legea Hidrogenului (nr. 237/2023) - privind integrarea hidrogenului din surse regenerabile și cu emisii reduse de carbon în sectoarele industriei și transporturilor [27].

În data de 19 iulie 2023 a intrat în vigoare Legea nr. 237 privind integrarea hidrogenului din surse regenerabile și cu emisii reduse de carbon în sectoarele industriei și transporturilor, ce are ca obiect instituirea unor măsuri pentru furnizorii de combustibili și pentru consumatorii industriali de hidrogen, în legi furnizorii de combustibili si consumatorii industriali de hidrogen au obligația să își asigure combustibili din surse regenerabile de origine nebiologică de la furnizori de hidrogen, creându-se astfel necesitatea realizării instalațiilor de producere hidrogen:

Art. 3: (1) Furnizorii de combustibili au obligația să își asigure combustibili din surse regenerabile de origine nebiologică de la furnizori de hidrogen.

(2) Furnizorii de combustibili au obligația să se asigure că valoarea energetică provenită din cantitatea de combustibili din surse regenerabile de origine nebiologică furnizați pe piață în România și utilizată în sectorul transporturilor pe perioada unui an este cel puțin egală cu 5% din conținutul energetic al tuturor combustibililor furnizați pentru consum sau pentru utilizare pe piață, în România, începând cu anul 2030.

(3) Fiecare furnizor de combustibili are obligația să se asigure că valoarea energetică provenită din cantitatea de combustibili din surse regenerabile de origine nebiologică și din energia electrică din surse regenerabile utilizată pentru electromobilitate furnizată pe piață în România și utilizată în sectorul transporturilor, în perioada 2024-2029, este cel puțin egală cu 0%, în anul 2024, 0,5%, în anul 2025, 1%, în anul 2026, 2%, în anul 2027, 3%, în anul 2028, și 4,5%, în anul 2029, din conținutul energetic al tuturor combustibililor puși pe piață în România în anul respectiv.

Producătorii de hidrogen vor fi subvenționați printr-o schemă de sprijin reglementată de Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei care va elabora și aproba, prin ordin al președintelui, normele privind emiterea, forma, conținutul, modalitatea de transfer, de tranzacționare, de predare și anulare a certificatelor de furnizare de hidrogen regenerabil și a certificatelor de furnizare de hidrogen cu emisii reduse de carbon:

Art. 6:(1) Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei emite certificate de furnizare de hidrogen regenerabil și certificate de furnizare de hidrogen cu emisii reduse de carbon, la cererea furnizorilor de hidrogen din surse regenerabile de origine nebiologică, respectiv hidrogen cu emisii reduse de carbon, potrivit procedurii stabilite conform prevederilor art. 14 alin. (1).

(6) Un certificat de furnizare de hidrogen regenerabil și un certificat de furnizare de hidrogen cu emisii reduse de carbon corespund unei valori energetice de 120 MJ și au o valabilitate de 24 de luni.
(7) Furnizorii de combustibili, furnizorii de hidrogen și consumatorii industriali de hidrogen au dreptul de a tranzacționa certificate de furnizare de hidrogen regenerabil și certificate de furnizare de hidrogen cu emisii reduse de carbon, potrivit procedurii stabilite conform prevederilor art. 14 alin. (1).
Valoarea minimă de vânzare a Certificatelor de hidrogen va fi stabilită de prețul minim al penalităților de 0,25 lei/MJ înmulțit cu valoarea energetică de 120 MJ aferentă unui Certificat de furnizare de hidrogen (CFH) = 30 lei / (CFH)
Art. 9(1) Nerespectarea procentelor minime de combustibili din surse regenerabile de origine nebiologică din hidrogen cu emisii reduse de carbon prevăzute la art. 3 alin. (2) și (3) constituie contravenție și se sancționează cu amendă.
(3) Cuantumul amenzii prevăzute la alin. (1) se stabilește prin înmulțirea numărului de MJ nerealizați potrivit art. 3 alin. (2) și (3) cu o valoare stabilită prin hotărâre a Guvernului, ce nu poate fi mai mică de 0,25 lei.

2.3. Structuri instituționale

Comisia Europeană joacă un rol central în coordonarea politicii energetice și de mediu a Uniunii Europene (UE), inclusiv inițiativele legate de hidrogen. Aceasta stabilește cadrul legislativ și strategic pentru dezvoltarea și implementarea tehnologiilor bazate pe hidrogen, precum și pentru integrarea hidrogenului în sistemul energetic european. Strategia privind Hidrogenul în 2020 stabilește o viziune ambițioasă pentru dezvoltarea unei economii europene a hidrogenului. Aceasta urmărește să stimuleze producția de hidrogen regenerabil, să dezvolte infrastructura necesară și să promoveze utilizarea hidrogenului în diverse sectoare, cum ar fi transporturile, industria și energia. De asemenea, Comisia Europeană, finanțează și proiecte de cercetare și inovare în domeniul hidrogenului prin intermediul programului Orizont Europa. Aceste proiecte vizează dezvoltarea de noi tehnologii pentru producerea, stocarea, transportul și utilizarea hidrogenului, precum și demonstrarea acestora în condiții reale.

Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) - FCH JU este un parteneriat public-privat între Comisia Europeană, industria europeană a hidrogenului și pilelor de combustie și comunitatea de cercetare. Acesta are ca scop accelerarea dezvoltării și comercializării tehnologiilor legate de hidrogen și pile de combustie. FCH JU finanțează proiecte de cercetare, dezvoltare și demonstrare în domeniul hidrogenului și pilelor de combustie, acoperind întregul lanț valoric, de la producția de hidrogen până la utilizarea acestuia în diverse aplicații. Aceste proiecte contribuie la dezvoltarea de noi tehnologii, la reducerea costurilor și la creșterea competitivității industriei europene a hidrogenului.

Ministerul Energiei din România este responsabil pentru implementarea politicilor energetice naționale, inclusiv inițiativele privind hidrogenul. Acesta elaborează și implementează strategii și planuri

de acțiune pentru dezvoltarea sectorului hidrogenului în România, în conformitate cu obiectivele europene.

2.4. Structuri financiare

Horizon Europe - Programul de cercetare și inovare al UE care finanțează proiecte de dezvoltare a tehnologiilor pe bază de hidrogen. Acoperă o gamă largă de activități de cercetare și inovare legate de hidrogen, inclusiv explorarea de noi materiale, procese și tehnologii pentru producția, stocarea, transportul și utilizarea hidrogenului, sprijinirea proiectelor care transformă descoperirile științifice în soluții concrete și aplicabile pentru economia bazată pe hidrogen, testarea și validarea tehnologiilor de hidrogen în medii reale, pentru a demonstra fezabilitatea și impactul lor potențial [33].

Fondul pentru Inovare UE - Fondul de Inovare al UE este un instrument financiar esențial pentru a stimula tranziția către o economie cu emisii reduse de carbon în Europa. Este unul dintre cele mai mari programe de finanțare din lume pentru demonstrarea tehnologiilor inovatoare cu emisii reduse de carbon. Fondul își propune să aducă pe piață tehnologii inovatoare cu emisii reduse de carbon, contribuind la decarbonizarea industriei europene și sprijinind tranziția acesteia către neutralitatea climatică. Acesta este finanțat din veniturile obținute din Sistemul UE de comercializare a certificatelor de emisii (ETS), în cadrul căruia poluatorii plătesc pentru emisiile lor de gaze cu efect de seră. Fondul acordă prioritate tehnologiilor extrem de inovatoare și proiectelor la scară largă, cu un potențial semnificativ de reducere a emisiilor în sectoare precum industriile mari consumatoare de energie, energia regenerabilă, stocarea energiei și captarea și stocarea carbonului. Fondul de Inovare oferă oportunități semnificative pentru companiile și institutele de cercetare din România care lucrează la tehnologii inovatoare cu emisii reduse de carbon. Prin participarea la proiecte finanțate, acestea pot obține acces la resurse financiare substanțiale, pot accelera dezvoltarea și implementarea tehnologiilor lor și pot contribui la obiectivele climatice ale UE [34].

Banca Europeană de Investiții (BEI) Finanțează proiecte de energie regenerabilă, inclusiv cele care implică hidrogenul verde. Aceasta joacă un rol crucial în finanțarea proiectelor care sprijină obiectivele UE, precum creșterea economică sustenabilă, inovarea, acțiunea climatică și coeziunea socială. BEI este un susținător important al dezvoltării sectorului hidrogenului în Europa. Banca oferă finanțare pentru o gamă largă de proiecte legate de hidrogen, inclusiv producția de hidrogen, infrastructura pentru hidrogen, cercetare și proiecte industriale cu ramificații în utilizarea hidrogenului [35].

Contextul pentru producția de hidrogen este susținut de o combinație de politici și strategii la nivel național și internațional, legislație favorabilă, acorduri relevante și structuri instituționale și financiare dedicate. Aceste eforturi sunt esențiale pentru a facilita tranziția către o economie circulară și durabilă.

- Decarbonizarea sectoarelor industriale, energetice și de transport, contribuind astfel la obiectivele Green Deal-ului European și la neutralitatea climatică până în 2050.
- Avansarea Tehnologică prin susținerea cercetării și inovării în domeniul producției, stocării, distribuției și utilizării hidrogenului curat.
- Promovarea Comercializării și adoptarea pe scară largă a tehnologiilor de hidrogen curat pentru a deveni alternative viabile la combustibilii fosili.
- Proiecte și Finanțare: Finanțat prin programul Horizon Europe, parteneriatul sprijină proiecte demonstrative și de amploare pentru a dezvolta infrastructura necesară hidrogenului.

2.5 Actori implicați și responsabilități în dezvoltarea economiei hidrogenului în județul Sibiu

Tranziția către o economie bazată pe hidrogen în județul Sibiu necesită o colaborare strânsă și coordonată între o multitudine de actori din sectorul public, privat și societatea civilă. Fiecare dintre aceștia are un rol esențial în asigurarea succesului acestui demers ambițios, contribuind cu expertiza, resursele și angajamentul lor la realizarea unei infrastructuri de hidrogen sustenabile și eficiente.

Consiliul Județean Sibiu, ca autoritate publică centrală la nivel județean, va avea un rol central în coordonarea și planificarea strategică a procesului de implementare a infrastructurii de hidrogen. Acesta va fi responsabil de elaborarea și implementarea politicilor și reglementărilor locale care să favorizeze investițiile și dezvoltarea sectorului hidrogenului. Totodată, Consiliul Județean va identifica locațiile potrivite pentru producerea, stocarea și distribuția hidrogenului, asigurându-se că acestea sunt integrate strategic în planul general de dezvoltare a județului. În plus, atragerea de investiții și finanțare din surse naționale și europene va fi esențială pentru sprijinirea proiectelor de hidrogen, iar Consiliul Județean va avea un rol activ în acest proces. Nu în ultimul rând, Consiliul Județean va facilita dialogul și colaborarea între diferiții actori implicați, promovând utilizarea hidrogenului în diverse sectoare, cum ar fi transportul public, industria și clădirile rezidențiale și comerciale.

Autoritățile locale, reprezentate de primăriile din județul Sibiu, vor avea un rol activ în implementarea proiectelor de hidrogen la nivel local. Ele vor fi responsabile de emiterea autorizațiilor și permiselor necesare pentru construcția și operarea infrastructurii de hidrogen, asigurând respectarea legislației și a standardelor de siguranță. Identificarea și punerea la dispoziție a terenurilor adecvate pentru amplasarea instalațiilor de producție, stocare și distribuție a hidrogenului va fi, de asemenea, o responsabilitate importantă a autorităților locale. În plus, primăriile vor trebui să implice comunitatea locală în procesul decizional și de planificare, organizând consultări publice și dezbateri transparente, pentru a asigura acceptarea și sprijinul publicului pentru proiectele de hidrogen. Promovarea utilizării hidrogenului în transportul public local și în alte sectoare relevante va fi un alt obiectiv important al autorităților locale.

Agenția pentru Protecția Mediului Sibiu va juca un rol esențial în evaluarea impactului asupra mediului al tuturor proiectelor legate de hidrogen și în asigurarea respectării legislației de mediu în toate etapele de dezvoltare și operare a infrastructurii. Agenția va realiza evaluări detaliate ale impactului asupra mediului pentru fiecare proiect de hidrogen, analizând emisiile de gaze cu efect de seră, consumul de apă și impactul asupra biodiversității. Pe baza acestor evaluări, Agenția va emite autorizațiile de mediu necesare și va monitoriza respectarea condițiilor impuse. În plus, colaborarea cu ceilalți actori implicați în dezvoltarea infrastructurii de hidrogen va fi esențială pentru identificarea și implementarea măsurilor de reducere a impactului asupra mediului.

Alte autorități relevante, cum ar fi Inspectoratul pentru Situații de Urgență, Transelectrica și Transgaz, vor contribui cu expertiza lor specifică la asigurarea siguranței și funcționării optime a infrastructurii de hidrogen. Aceste instituții vor fi responsabile de stabilirea și aplicarea standardelor de siguranță pentru producerea, stocarea, transportul și utilizarea hidrogenului. De asemenea, ele vor monitoriza și controla instalațiile de hidrogen pentru a preveni accidentele și a asigura protecția populației și a mediului. În cazul unor incidente, aceste autorități vor colabora pentru a dezvolta și implementa planuri de urgență și intervenție, minimizând riscurile și impactul asupra comunității.

În sectorul privat, investitorii și dezvoltatorii de proiecte vor fi motorul dezvoltării economiei hidrogenului în județul Sibiu. Aceștia vor identifica oportunitățile de investiții, vor realiza studii de fezabilitate și analize de piață pentru a evalua viabilitatea economică a proiectelor de hidrogen și vor atrage finanțare din surse private și publice pentru a susține investițiile în infrastructură. Dezvoltatorii vor colabora strâns cu autoritățile publice și ceilalți actori implicați pentru a asigura o implementare eficientă și sustenabilă a proiectelor de hidrogen, iar dezvoltarea de modele de afaceri inovatoare va fi crucială pentru stimularea utilizării hidrogenului în diverse sectoare.

Furnizorii de tehnologie vor juca un rol esențial în dezvoltarea infrastructurii de hidrogen, furnizând echipamente și tehnologii de ultimă generație, eficiente și sigure. Aceștia vor oferi, de asemenea, asistență tehnică și servicii de mentenanță pentru a asigura funcționarea optimă a echipamentelor, contribuind la creșterea eficienței și la reducerea costurilor. În plus, colaborarea cu dezvoltatorii de proiecte și institutele de cercetare va fi esențială pentru îmbunătățirea continuă a tehnologiilor de hidrogen, astfel încât să se răspundă nevoilor pieței și să se atingă obiectivele de sustenabilitate.

Operatorii de transport și distribuție vor fi responsabili pentru asigurarea transportului sigur și eficient al hidrogenului de la producători la consumatori, contribuind la dezvoltarea unei rețele de distribuție robuste și fiabile. Ei vor construi și opera conducte, stații de comprimare și alte infrastructuri necesare pentru transportul și distribuția hidrogenului, asigurându-se că hidrogenul transportat îndeplinește standardele de siguranță și calitate. Colaborarea cu producătorii și consumatorii de hidrogen va fi esențială pentru optimizarea fluxurilor de transport și pentru a răspunde cerințelor pieței în mod eficient.

Consumatorii industriali și comerciali vor avea un rol activ în stimularea cererii și în dezvoltarea pieței hidrogenului, adoptând tehnologii și echipamente care să permită utilizarea hidrogenului ca sursă de energie sau materie primă. Aceștia vor investi, de asemenea, în cercetare și dezvoltare pentru a identifica noi aplicații și utilizări ale hidrogenului, contribuind astfel la inovarea și diversificarea sectorului. Colaborarea strânsă cu producătorii și distribuitorii de hidrogen va fi crucială pentru a asigura o aprovizionare stabilă și la prețuri competitive, stimulând astfel adoptarea pe scară largă a hidrogenului în diferite industrii.

Parteneriatele public-private vor juca un rol vital în accelerarea dezvoltării infrastructurii de hidrogen și în stimularea inovației în acest domeniu. Prin combinarea resurselor și expertizei sectorului public și privat, se vor putea realiza proiecte complexe și ambițioase, care să contribuie la tranziția către o economie bazată pe hidrogen. Aceste parteneriate vor facilita, de asemenea, distribuirea riscurilor și beneficiilor între partenerii implicați, asigurând sustenabilitatea pe termen lung a proiectelor de hidrogen.

Colaborarea cu universități și institute de cercetare va permite accesul la cele mai noi descoperiri și tehnologii în domeniul hidrogenului, precum și formarea de specialiști înalt calificați, esențiali pentru dezvoltarea și operarea infrastructurii. Această colaborare va încuraja, de asemenea, inovarea și transferul de cunoștințe între mediul academic și sectorul industrial, contribuind la dezvoltarea unui ecosistem de cercetare și dezvoltare vibrant și competitiv.

Cooperarea internațională va juca un rol important în dezvoltarea economiei hidrogenului în județul Sibiu, oferind oportunitatea de a învăța din experiențele și bunele practici ale altor regiuni și țări care au implementat deja proiecte de hidrogen. Schimbul de experiență și colaborarea la nivel internațional vor permite județului Sibiu să evite greșelile comune și să adopte soluții dovedite, asigurând astfel succesul pe termen lung al acestui demers.

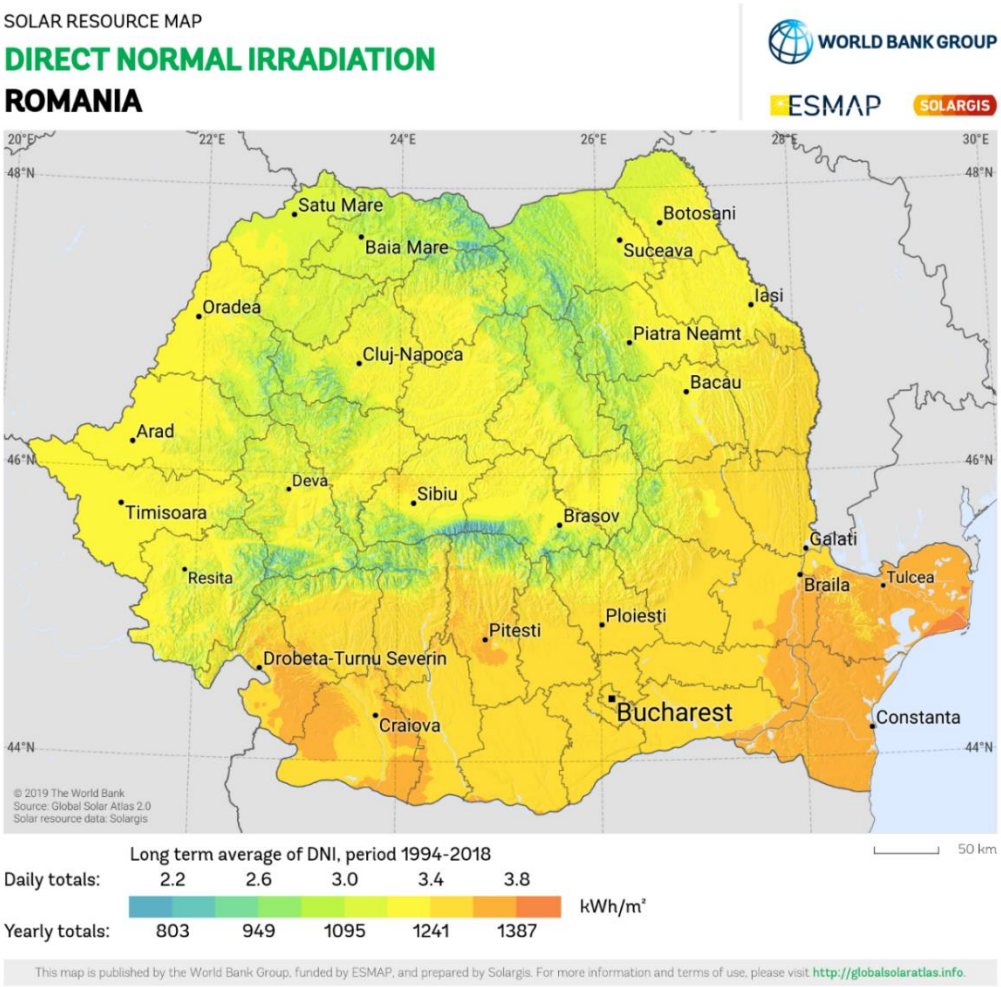
Prin efortul conjugat și colaborarea eficientă între toți acești actori, județul Sibiu poate deveni un exemplu de succes în implementarea unei infrastructuri de hidrogen sustenabile și inovatoare. Această abordare integrată va contribui la atingerea obiectivelor de dezvoltare durabilă, susținând tranziția către o economie circulară, bazată pe hidrogen. În același timp, va încuraja colaborarea dintre autorități, sectorul privat și comunitate, asigurând o dezvoltare sustenabilă și atragerea de noi investiții.

3. Evaluarea potențialului energetic al zonei Sibiu, din spectrul surselor de energie regenerabilă (energie solară, eoliană, hidroenergie)

3.1. Energie solară

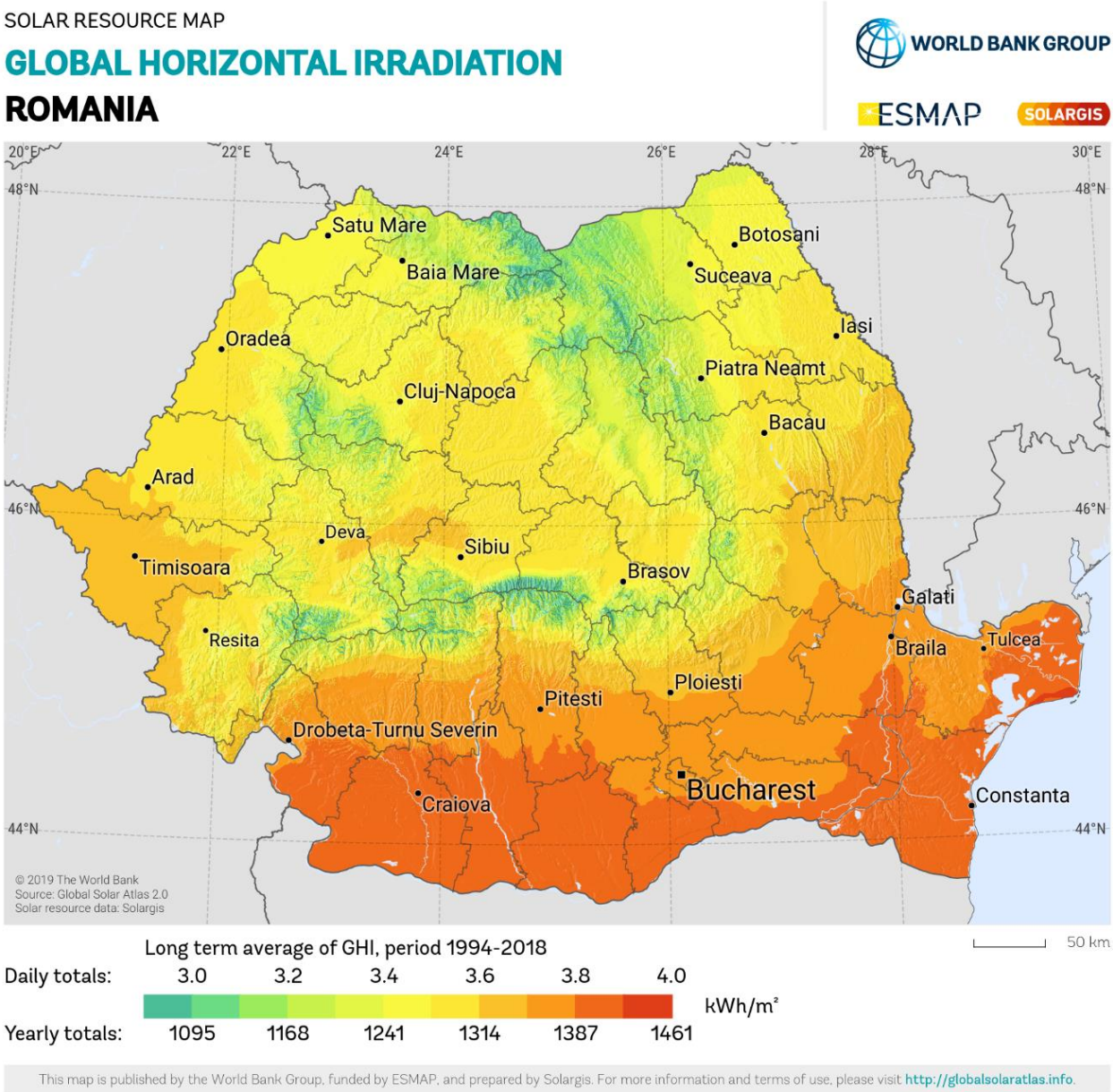
Din punct de vedere al producției de energie solară se poate observa faptul că județul Sibiu nu se află în zona optimă pentru utilizarea energiei solare, însă, pe suprafețe semnificative, în special în jumătatea de nord a județului, beneficiază de aportul acestei surse de energie. Acest fapt a fost evidențiat și în studiul „Analiza emisiilor de gaze cu efect de seră la nivelul Regiunii Centru în contextul schimbărilor climatice”, elaborat în cadrul ADR Centru. Potențialul estimat al acestei resurse, pentru zona de nord a județului poate atinge 1100 kWh/m2/an, în special pentru amplasamentele cu expunere către sud. Radiația normală este radiația solară cu o traiectorie perpendiculară pe o suprafață plană. Valorile sunt consolidate de hărțile de radiație solară normală observabile în Figura 2 [36-37].

Fig. 2 HARTA RADIAȚIEI SOLARE NORMALE LA NIVELUL ROMÂNIEI [37]



Hărțile de radiație solară indică poziționarea județului Sibiu ca fiind în vârful spectrului, înregistrând anual valori normale directe cuprinse între 1095 kWh/m^{2}și 1247 kWh/m^2 . Valoarea indicată de studiul eliberat de ADR Centru aflându-se în mijlocul acestui interval [36-37].

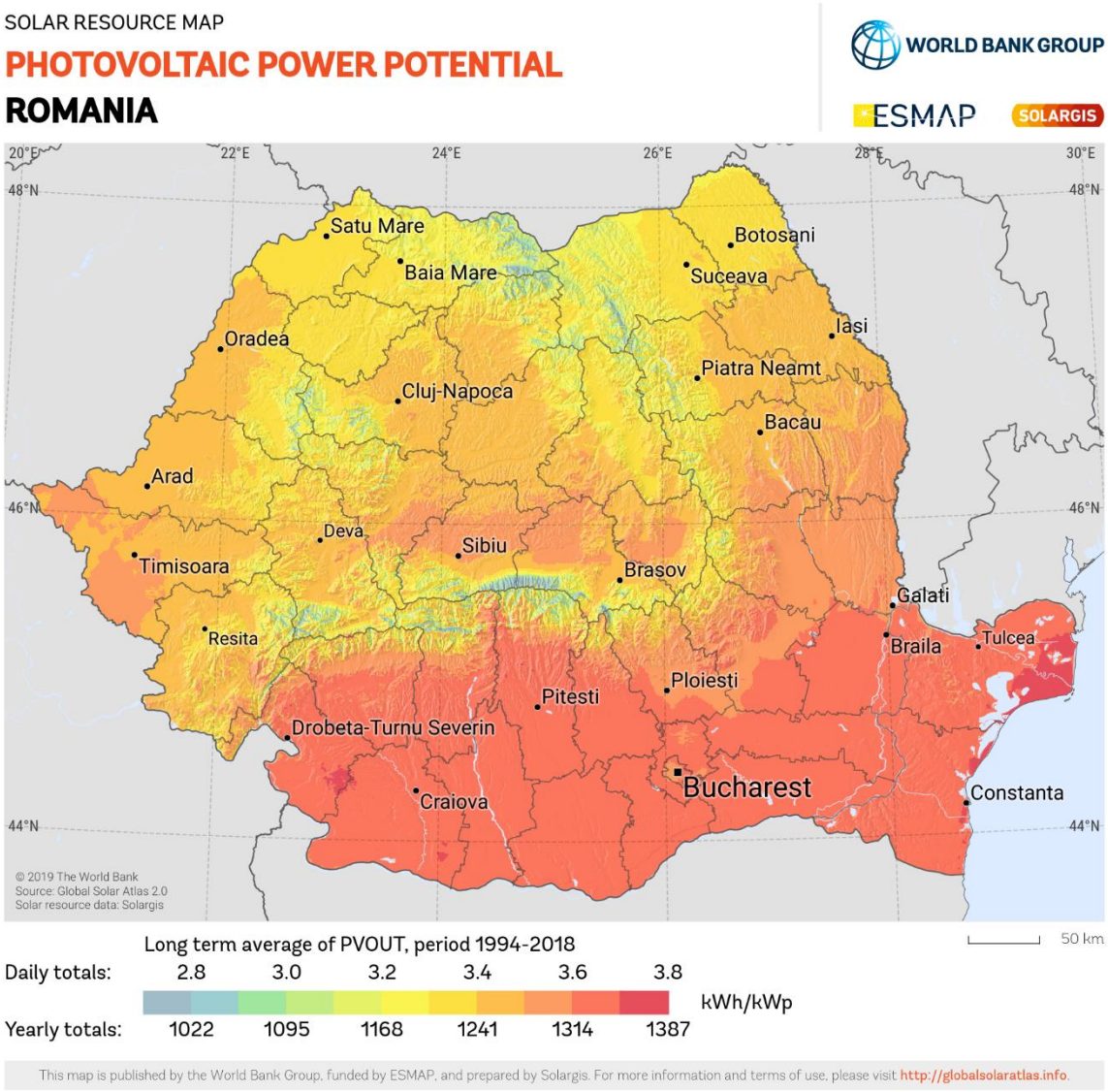
Fig. 3 HARTA RADIAȚIEI SOLARE ORIZONTALE LA NIVELUL ROMÂNIEI [37]



Această radiație este suma totală a radiației solare primite pe o suprafață orizontală, incluzând radiația directă, difuză și reflectată. În ceea ce privește radiația solară orizontală anuală, județul Sibiu înregistrează un potențial de producție energetică solară cuprinsă între 1241 kWh/m^2 și 1314 kWh/m^2, fiind situat la vârful spectrului de radiații [37].

Radiația la unghi optim este caracterizată de orientarea optimă a panourilor solare, fapt care duce la obținerea unei cantități maxime de energie. În cazul în care se ia în considerare harta caracteristică potențialului de energie optim în cazul producției de energie electrică prin panouri solare, se poate observa faptul că județul Sibiu înglobează atât zone capabile de a produce 1314 kWh/kWp, cât și zone capabile de a produce 1022 kWh/kWp. Prin exploatarea la potențial maxim a acestor zone, se pot obține cuantumuri semnificative de energie. Datele sunt prezentate în Figura 4 [37].

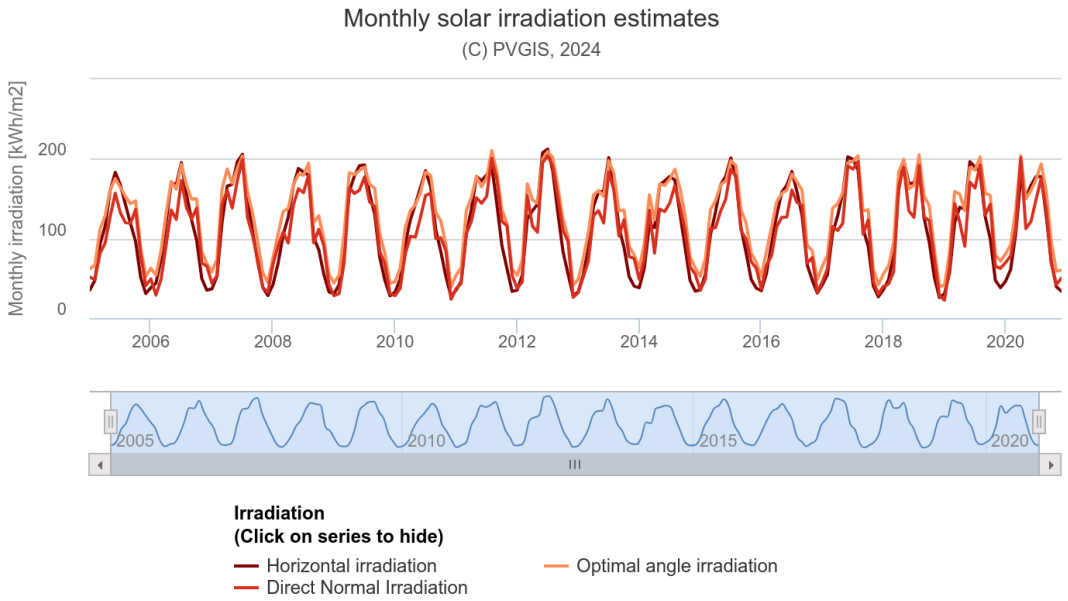
Fig. 4 HARTA RADIAȚIEI SOLARE LA UNGHI OPTIM LA NIVELUL ROMÂNIEI [37]



Graficul prezentat în Figura 5 ilustrează estimările lunare ale radiației solare pentru județul Sibiu, pe o perioadă multi anuală. Pe axa orizontală sunt reprezentate anii, în timp ce pe axa verticală este afișată radiația solară lunară (în kWh/m^2).

Valorile medii lunare ale radiației solare în județul Sibiu au crescut în ultimii ani. Se pot observa variații semnificative ale radiației solare de la o lună la alta și de la un an la altul. Există o tendință generală de creștere a radiației solare în județul Sibiu, ceea ce sugerează un potențial tot mai mare pentru producerea de energie electrică solară [36-37].

Fig. 5 ESTIMĂRILE LUNARE ALE RADIAȚIEI SOLARE PENTRU JUDEȚUL SIBIU, PE O PERIOADĂ MULTI ANUALĂ [37]



Potențialul de energie electrică solară al județului Sibiu este semnificativ, datorită radiației solare abundente (a se vedea, de asemenea, analiza din livrabilul I.2.1.1. Studiu de Fundamentare privind cadrul natural şi calitatea mediului [74]). Cantitatea de energie electrică solară care poate fi generată depinde de o serie de factori, inclusiv:

- Tipul de panouri solare: Diferite tipuri de panouri solare au eficiențe diferite de conversie.
- Orientarea și înclinarea panourilor solare: Panourile solare trebuie orientate și înclinate la un unghi optim pentru a primi cât mai multă radiație solară.
- Umbra: Umbra copacilor sau a clădirilor poate reduce semnificativ producția de energie electrică solară.
- Condițiile meteorologice: Norii și ploaia pot reduce cantitatea de radiație solară care ajunge la panourile solare.

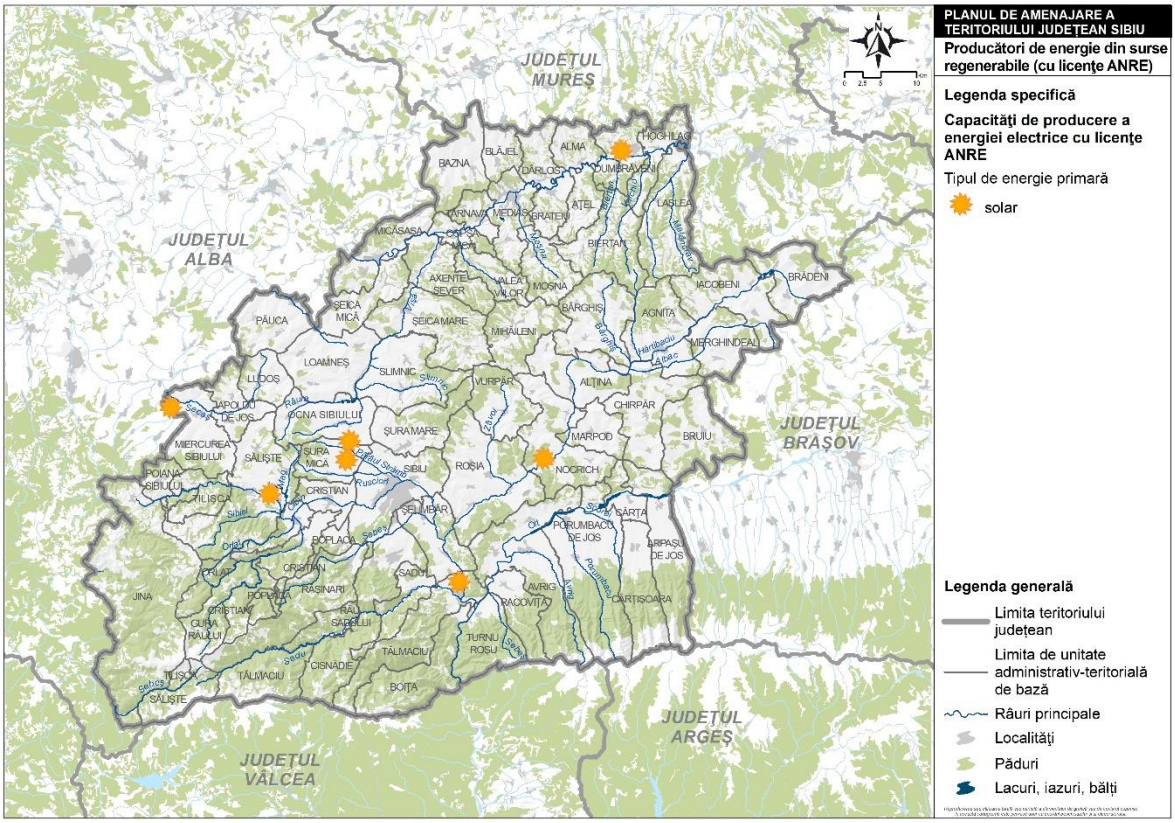
Energia solară poate fi utilizată și pentru înlocuirea energiei termice, în special pentru producerea apei calde menajere, dar și ca aport suplimentar în instalațiile de încălzire, rezultatele în utilizarea ca energie termică depinzând în mare măsura de tehnologia de captare folosită.

Agenția Națională de Reglementare în domeniul Energiei (ANRE) a emis licențe pentru exploatarea comercială a capacităților de producere a energiei electrice (solară), de **38,9898 MW** din Centrală Electrică Fotovoltaică CEF amplasate conform tabelului 1 şi figurii 6.

Tabel 1 POTENȚIALUL ENERGETIC SOLAR AL JUDEȚULUI SIBIU [38]

Energie solară		
Nr. Crt.	**Localitate**	**MWe**
1	Şura Mică	2,98
2	Tălmaciu	2
3	Dumbrăveni	2,507
4	Ocna Sibiului	3,5
5	Hosman	3
6	Sălişte	1,9128
7	Miercurea Sibiului	23,09

Fig. 6 LICENȚE EMISE DE ANRE PENTRU EXPLOATAREA COMERCIALĂ A CAPACITĂȚILOR DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE (SOLARĂ)



Situația privind capacitățile instalate de producere a energiei electrice din surse regenerabile la nivelul județului Sibiu, la data de 31.12.2023: în județul Sibiu, există 3154 centrale electrice de producere a energiei electrice din surse regenerabile cu o putere de aproximativ **90 MW** [38]. În figurile 7 - 10 sunt reprezentate la nivel de localitate şi, respectiv, unitate administrativ-teritorială de bază (UAT) numărul şi puterea CEF, conform datelor ANRE.

Fig. 7 NUMĂR CEF LA NIVEL DE LOCALITATE

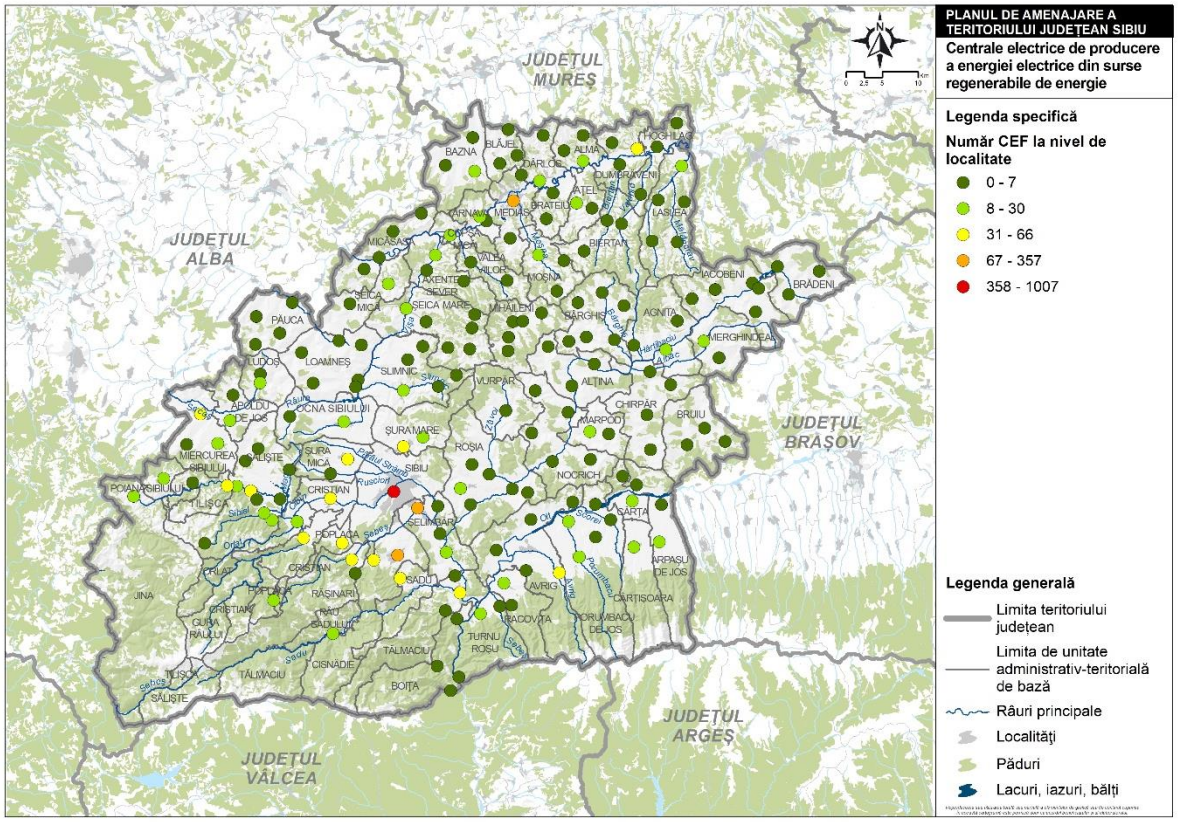


Fig. 8 NUMĂR CEF LA NIVEL DE UAT

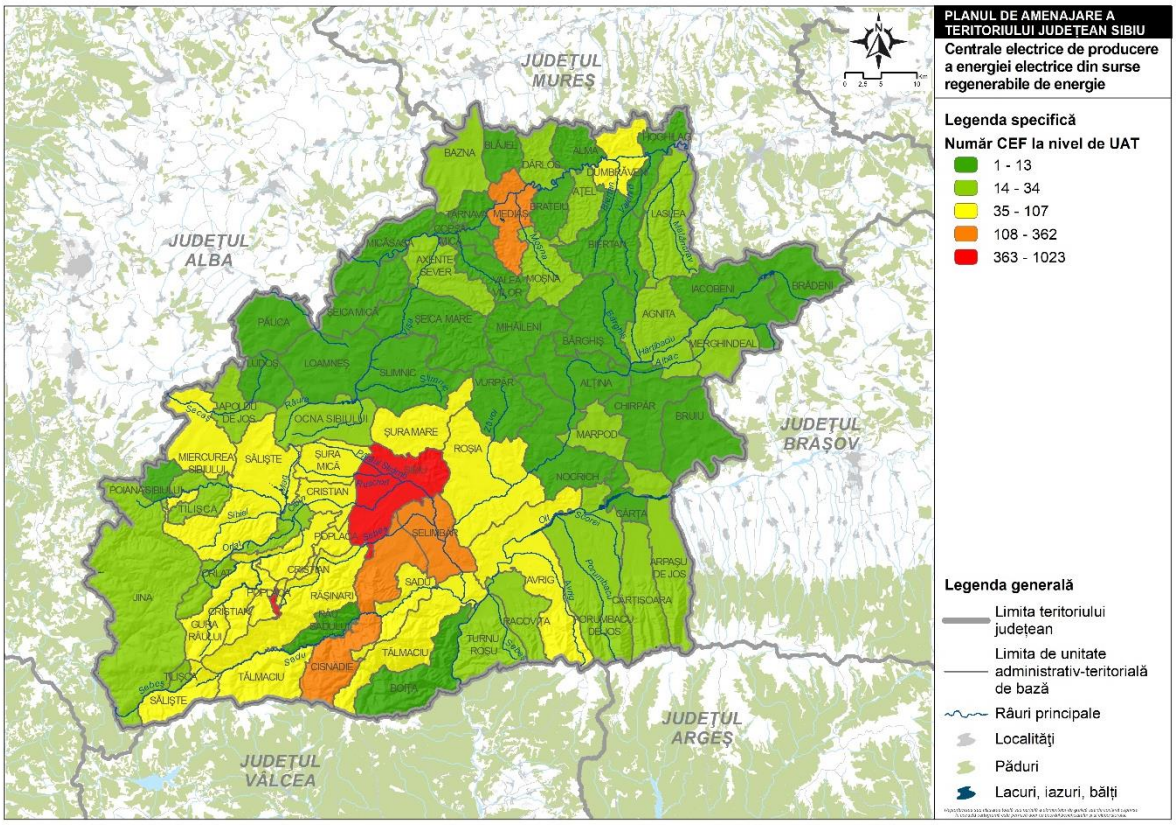


Fig. 9 PUTERE INSTALATĂ LA NIVEL DE LOCALITATE

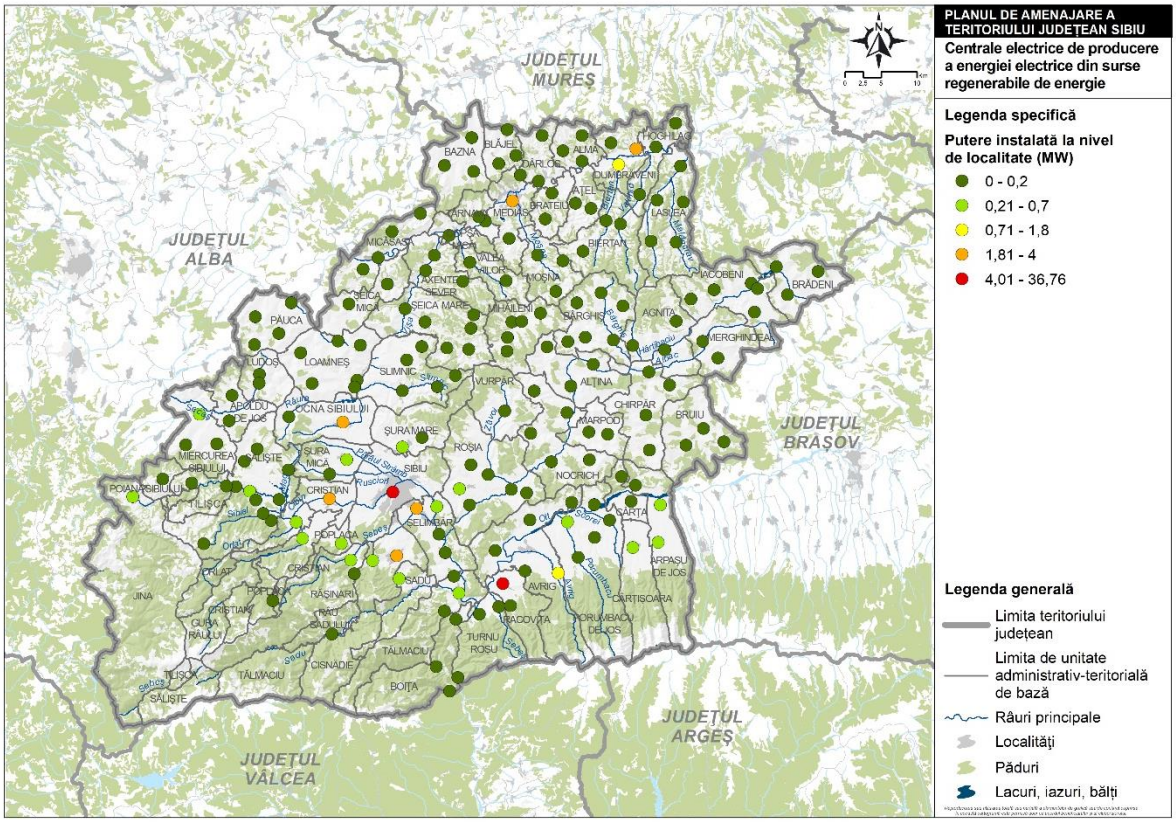
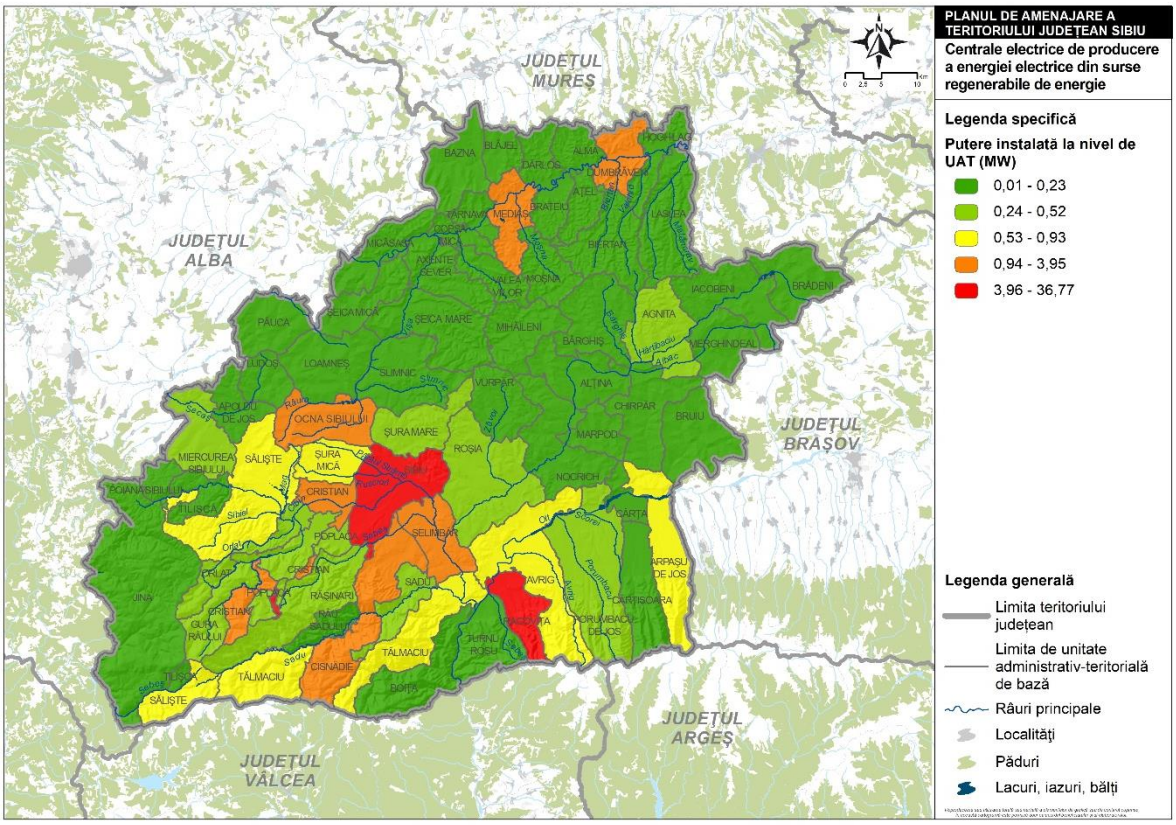


Fig. 10 PUTERE INSTALATĂ LA NIVEL DE UAT



Este recomandată adoptarea unor măsuri de politică locală prin care potențialul energiei solare să fie utilizat în special prin amplasarea de instalații de captare a radiației solare pe clădiri/la locul de consum, evitându-se utilizarea terenurilor agricole în scopul dezvoltării de parcuri solare de dimensiuni mari.

- Investiții în panouri solare eficiente: Panourile solare cu o eficiență mai mare de conversie vor genera mai multă energie electrică din aceeași cantitate de radiație solară.
- Optimizarea orientării și înclinării panourilor solare: Panourile solare trebuie orientate și înclinate la un unghi optim pentru a primi cât mai multă radiație solară.
- Eliminarea umbrelor: Copacii și clădirile care creează umbră ar trebui îndepărtate sau tăiate, dacă este posibil.
- Utilizarea sistemelor de monitorizare: Sistemele de monitorizare pot fi utilizate pentru a urmări performanța panourilor solare și pentru a identifica eventualele probleme.

3.2. Energie eoliană

Potențialul de producție de energie eoliană la nivelul județului Sibiu este considerabil, datorită reliefului variat și a condițiilor meteorologice favorabile. Județul prezintă zone cu vânturi puternice și constante, în special în zonele înalte și de deal, care sunt ideale pentru amplasarea turbinelor eoliene.

Factori care influențează potențialul eolian:

- Relief: Zonele înalte, precum Munții Făgăraș și Munții Cindrel, oferă condiții optime pentru captarea energiei eoliene.
- Vânt: Viteza medie anuală a vântului în județul Sibiu este estimată a fi între 5 și 7 m/s, ceea ce este considerat favorabil pentru producția de energie eoliană.
- Infrastructură: Existența unei infrastructuri de transport și conectare la rețeaua electrică facilitează dezvoltarea proiectelor eoliene.

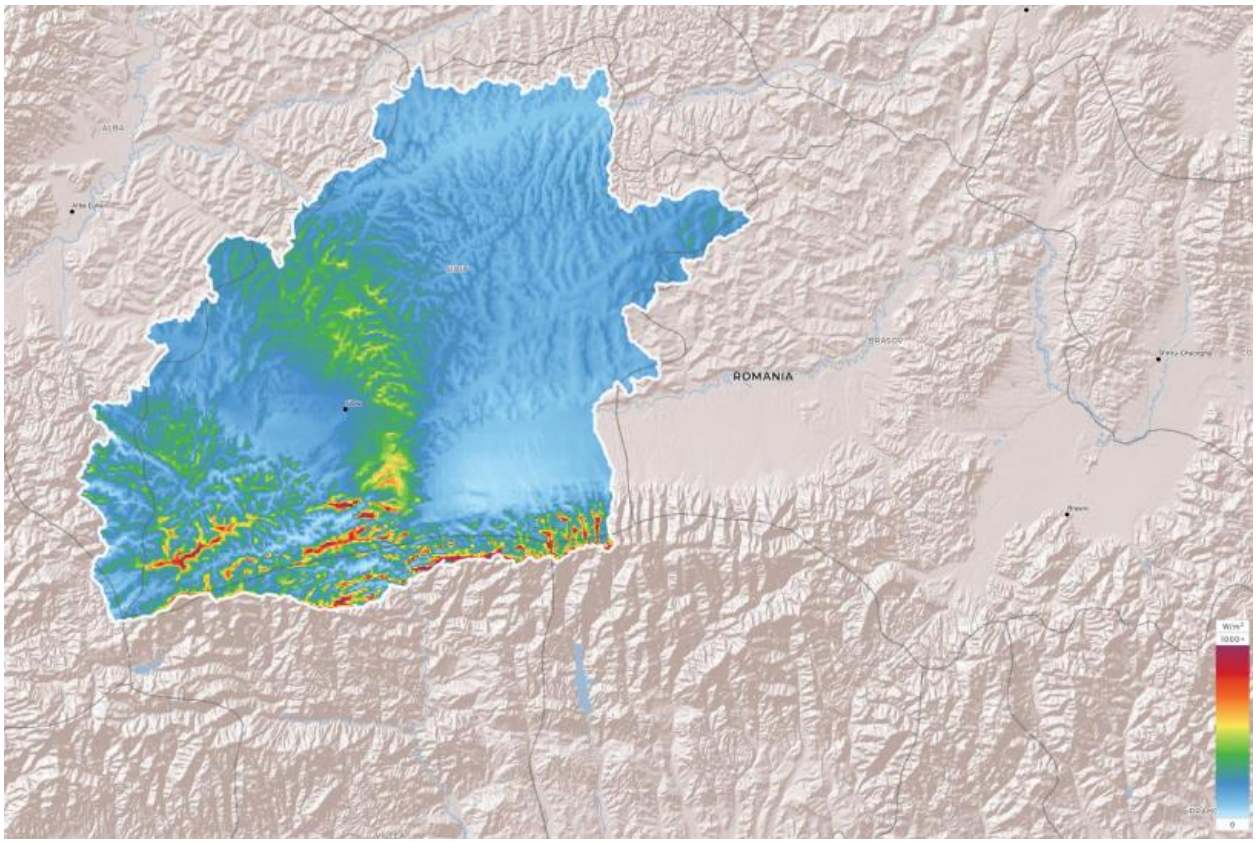
Beneficii ale energiei eoliene:

- Energie curată și regenerabilă: Energia eoliană este o sursă de energie nepoluantă, care contribuie la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și la combaterea schimbărilor climatice.
- Diversificarea surselor de energie: Dezvoltarea energiei eoliene contribuie la diversificarea mixului energetic al României și la reducerea dependenței de combustibilii fosili.
- Dezvoltare economică locală: Proiectele eoliene generează locuri de muncă și venituri pentru comunitățile locale, contribuind la dezvoltarea economică a județului Sibiu.

Conform datelor furnizate de Global Wind Atlas, a căror reprezentare este evidențiată în Figura 11, se pot distinge zonele cu potențial de producție de energie electrică din surse eoliene. Partea sudică a județului, dominată de Munții Făgăraș, prezintă cel mai ridicat potențial eolian. Altitudinea și relieful creează condiții ideale pentru vânturi puternice și constante. Podișul central, deși are altitudini mai mici

decât munții, prezintă totuși resurse eoliene promițătoare, în special în zonele înalte și pe culmile dealurilor. Câmpiile nordice au cel mai scăzut potențial eolian datorită altitudinii mai mici și a terenului mai protejat [37].

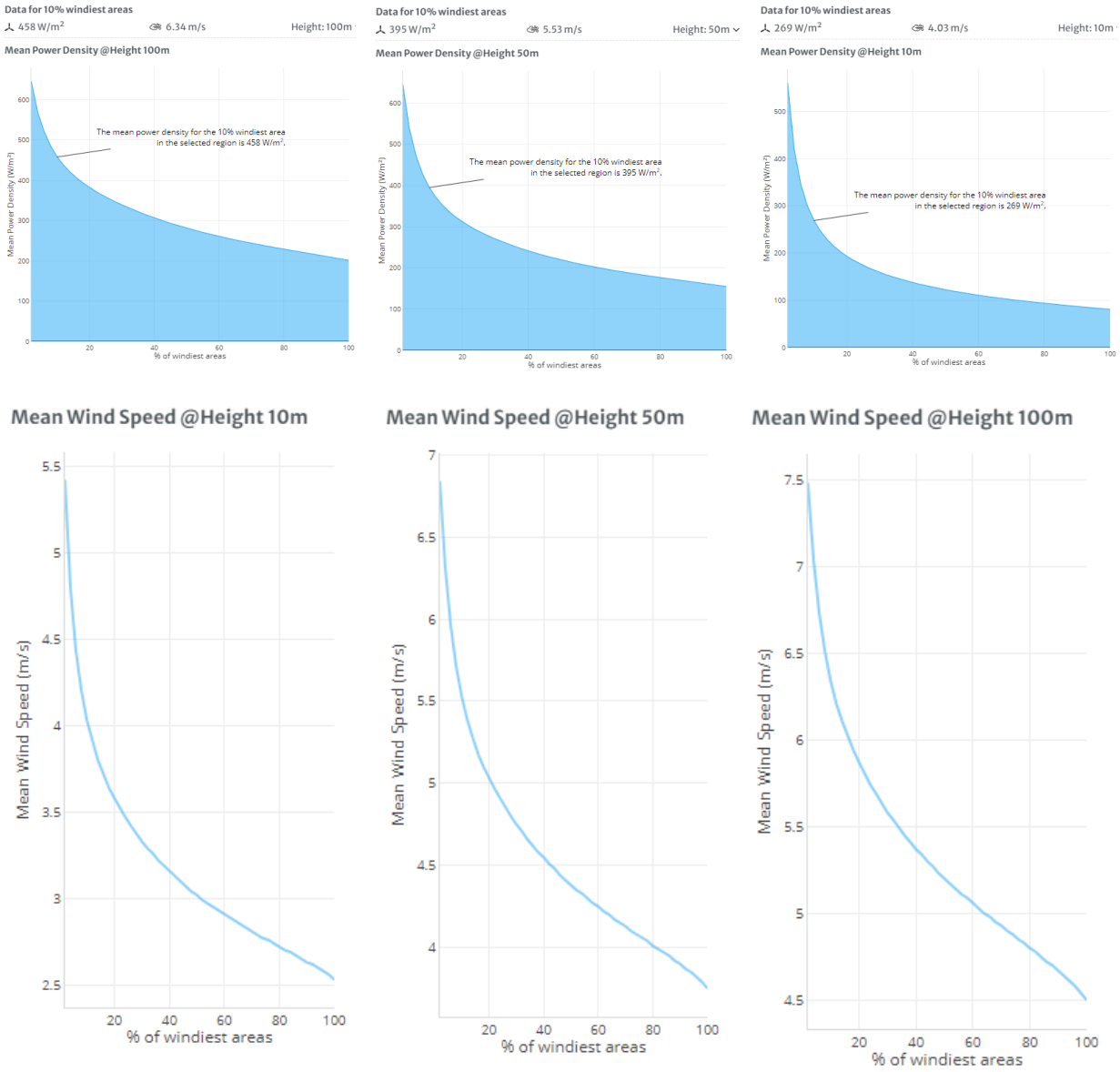
Fig. 11 ZONELE CU POTENȚIAL DE PRODUCȚIE DE ENERGIE ELECTRICĂ DIN SURSE EOLIENE LA NIVELUL JUDEȚULUI SIBIU [37]



Pe baza hărților și a datelor prezentate în Figura 12 din Global Wind Atlas se pot distinge:

- Zone cu potențial ridicat: În sudul muntos, cu turbine moderne și amplasare optimă, producția anuală de energie ar putea ajunge până la 3.000-4.000 MWh per MW de capacitate instalată.
- Zone cu potențial moderat: Podișul central ar putea produce 2.000-3.000 MWh per MW de capacitate instalată anual.
- Potențial total: Având în vedere întregul județ, o estimare conservatoare pentru producția medie anuală de energie ar fi de aproximativ 2.500 MWh per MW de capacitate instalată. Aceasta înseamnă că o turbină de 1 MW ar putea produce suficientă energie electrică pentru a alimenta aproximativ 500-1000 de case anual.

Fig. 12 POTENȚIALUL DE PRODUCȚIE ENERGETICĂ EOLIANĂ LA DIVERSE ALTITUDINI ȘI VITEZE ALE VÂNTULUI, LA NIVELUL JUDEȚULUI SIBIU [37]



Deși potențialul eolian al județului Sibiu este considerabil, este crucială considerarea concluziilor studiului de fundamentare privind cadrul natural și mediul în planificarea și dezvoltarea oricăror proiecte eoliene. Acest studiu subliniază faptul că, deși energia eoliană este o sursă regenerabilă valoroasă, implementarea sa trebuie să se facă cu responsabilitate și cu minimizarea impactului asupra mediului [74].

Un aspect important este protejarea biodiversității. Județul Sibiu găzduiește o varietate de habitate și specii protejate, iar amplasarea turbinelor eoliene trebuie să evite zonele sensibile și să minimizeze perturbarea faunei, în special a păsărilor și liliecilor. Studiul de fundamentare oferă informații detaliate despre distribuția speciilor și habitatelor protejate, precum și despre măsurile de conservare necesare. Aceste informații trebuie să fie luate în considerare în procesul de planificare și autorizare a

proiectelor eoliene, pentru a asigura că dezvoltarea acestui sector nu afectează negativ biodiversitatea județului.

Un alt aspect important este protejarea peisajului. Turbinele eoliene pot avea un impact vizual semnificativ, în special în zonele montane și în apropierea ariilor naturale protejate. Prin urmare, este esențial să se acorde o atenție deosebită amplasării și designului parcurilor eoliene, pentru a minimiza impactul vizual și a păstra frumusețea naturală a peisajului sibian. Studiul de fundamentare oferă recomandări privind integrarea peisagistică a turbinelor eoliene și privind măsurile de reducere a impactului vizual.

De asemenea, trebuie luate în considerare și aspectele legate de zgomotul generat de turbinele eoliene. Deși tehnologia modernă a redus semnificativ nivelul de zgomot produs, acesta poate fi încă o sursă de disconfort pentru comunitățile locale, în special în zonele rurale și în apropierea zonelor rezidențiale. Prin urmare, este important să se respecte distanțele de siguranță față de zonele locuite și să se implementeze măsuri de reducere a zgomotului, dacă este necesar [74].

În concluzie, potențialul eolian al județului Sibiu poate fi valorificat într-un mod sustenabil și responsabil, prin integrarea concluziilor studiului de fundamentare privind cadrul natural și mediul în toate etapele de planificare și dezvoltare a proiectelor eoliene. Prin protejarea biodiversității, a peisajului și prin minimizarea impactului asupra comunităților locale, energia eoliană poate contribui semnificativ la tranziția către o economie verde și la atingerea obiectivelor de dezvoltare durabilă ale județului Sibiu.

3.3. Hidroenergie

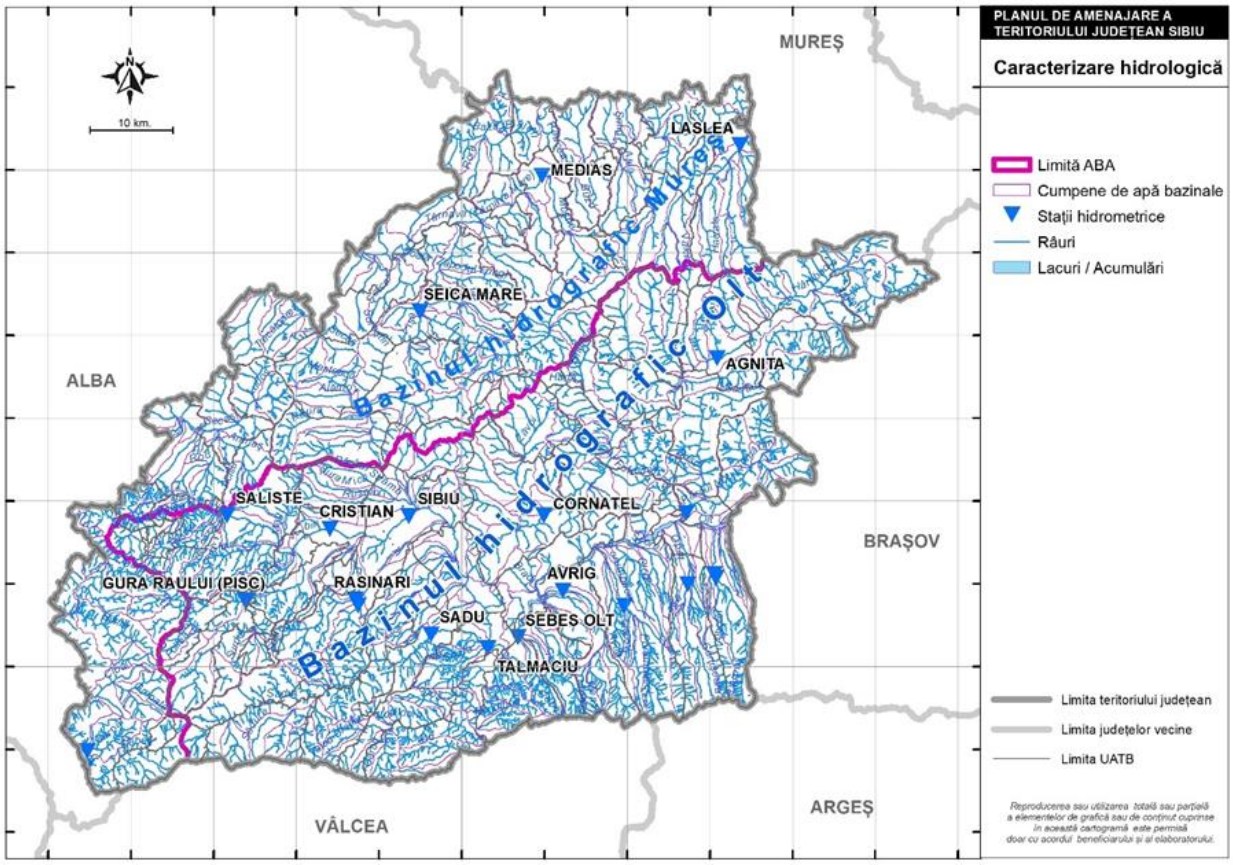
În contextul creșterii necesității de surse de energie regenerabilă, potențialul hidroenergetic al acestei regiuni prezintă un interes particular. Această analiză își propune să exploreze și să evalueze capacitatea Județului Sibiu de a contribui la producția de energie hidroelectrică, subliniind oportunitățile și provocările asociate.

Pentru realizarea acestui document s-au utilizat datele furnizate de instituții de specialitate acreditate în domeniul hidrologic și meteorologic, a căror expertiză este recunoscută la nivel național. Printre aceste entități se numără Administrația Națională de Meteorologie, Administrația Bazinală de Ape Mureș, Administrația Bazinală de Ape Olt și Hidroelectrica - Sucursala Hidrocentrale Sebeș [50-52].

Pe lângă aceste surse primare, esențiale pentru asigurarea acurateței și relevanței informațiilor analizate, s-a apelat și la resurse secundare disponibile în mediul digital, cum ar fi platformele GEOGloWS Hydroviewer și ECMWF ERA5, care oferă acces liber la seturi de date complexe și detaliate referitoare la parametrii hidrologici și meteorologici la scară globală [61-62].

Această abordare multidimensională în colectarea datelor garantează o bază solidă și diversificată pentru analiza și interpretarea fenomenelor hidrologice și meteorologice în contextul specific al regiunii investigate.

Fig. 13 JUDEȚUL SIBIU. REȚEAUA HIDROGRAFICĂ- CUMPENE DE APĂ [51-52]

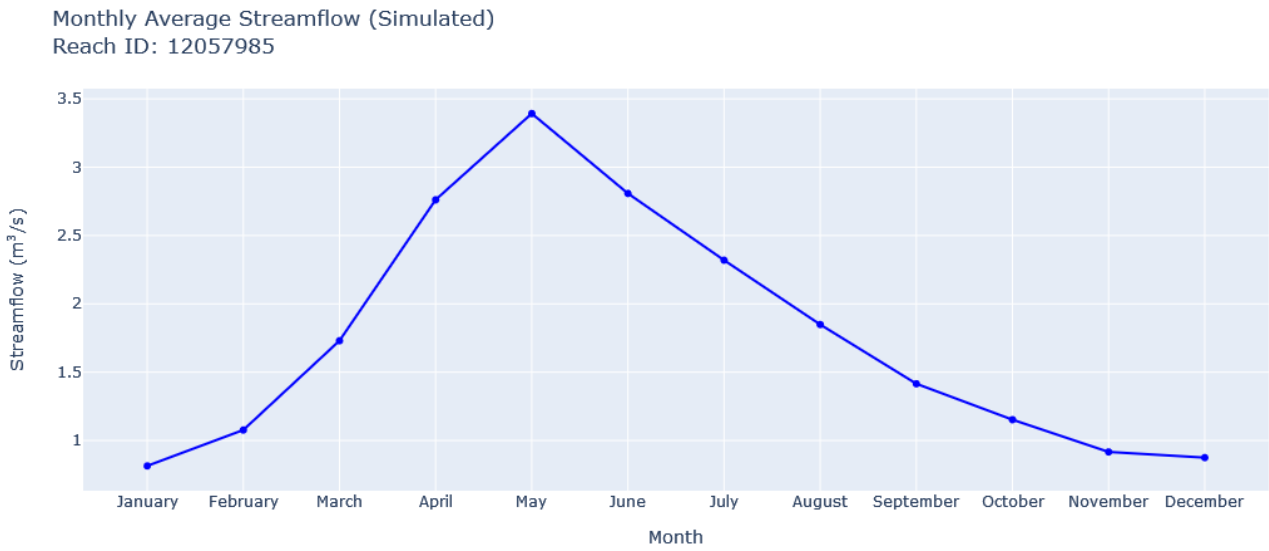


Din perspectiva organizării hidrografice, Județul Sibiu este împărțit în două bazine hidrografice principale: bazinul hidrografic al râului Olt, care acaparează 60% din suprafața totală a județului, cuprinzând artere acvatice primare precum râul Olt însuși, Cibin, Hârtibaciu, și afluenții lor direcți, și bazinul hidrografic al Mureșului, ce constituie restul de 40% din teritoriu, având ca și componentă principală râul Târnava Mare și afluenții săi. Este remarcabil faptul că lungimea combinată a cursurilor de apă se ridică la 1331 km pentru bazinul Olt, în timp ce pentru cel al Mureșului aceasta măsoară aproximativ 606 km, o diferență semnificativă ce reflectă distribuția și capacitatea hidrografică variată a județului. Această structură complexă este ilustrată detaliat în Figura 13, care cartografiază rețeaua hidrografică și punctele de cumpănă ale apelor din regiune.

În cadrul analizei regimului de curgere din regiunea Transilvaniei, se disting două subtipuri caracteristice: carpatic transilvan (CT) și pericarpatic transilvan (PcT). Subtipul carpatic transilvan se caracterizează prin debutul apelor mari de primăvară, succedate de viiturile de începutul verii ce evoluează în ape mari, urmate de apele mici de vară și viiturile de toamnă, în timp ce iarna este dominată de ape mici. Alimentarea râurilor este predominant pluvionivală, cu o contribuție moderată subterană.

Pe de altă parte, subtipul pericarpatic transilvan se remarcă prin ape mari de scurtă durată nivopluviale în luna martie și prin viituri preponderente în intervalul mai – iulie, alimentarea râurilor fiind pluvionivală, iar continentalitatea regimului hidric crește de la nord spre sud, unde se evidențiază un tip de alimentare predominant pluvial moderat [48].

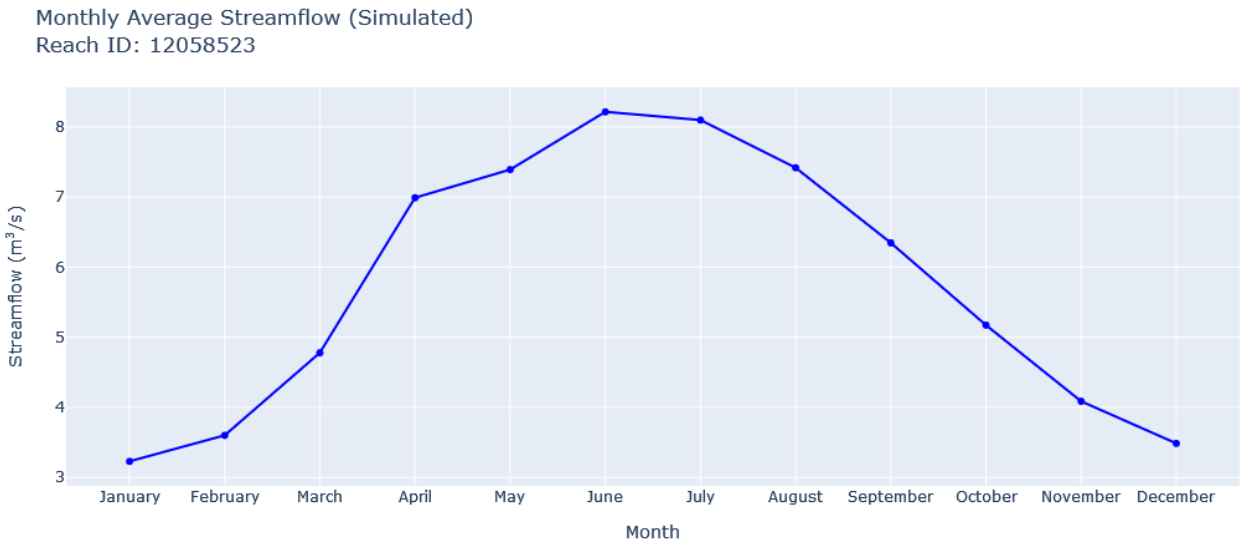
Fig. 14 VARIAȚIA DEBITULUI LUNAR MULTIANUAL (1979-2023) – RÂUL ARPAȘ [61]



Analizând datele hidrologice referitoare la debitul lunar pe o perioadă extinsă de timp (1979-2023), furnizate de ECMWF, în cadrul zonei studiate, se constată o variație semnificativă a valorilor maxime lunare în funcție de poziționarea geografică față de regiunea montană. În mod specific, în cadrul bazinelor hidrografice care sunt direct influențate de masivul montan înalt, cum ar fi Munții Făgăraș, se observă că valorile maxime ale debitelor anuale sunt atinse în luna mai, în timp ce valorile minime sunt înregistrate în intervalul noiembrie - ianuarie (conform Figurii 14). Acest fenomen este caracteristic versantului nordic al Munților Făgăraș, incluzând bazinul râurilor Arpaș, Avrig, Porumbacu, Cârțișoara, printre altele. Caracteristica se datorează altitudinilor foarte mari din Munții Făgăraș, astfel topirea zăpezilor și astfel alimentarea nivală se realizează mai târziu decât în celelalte zone.

Traversând râul Olt și observând versantul nordic al Munților Lotru și Cindrel, se observă o configurație diferită a regimului hidrografic în cadrul bazinelor Sadu (conform Figurii 15), Cibin, Săliștea și Sibiel. În aceste zone, punctul culminant al debitelor lunare se mută către lunile iunie menținându-se de multe ori și în iulie, marcând o diferență față de pattern-ul observat în Făgăraș, aici maxima este dată de precipitațiile de vară. De asemenea, perioadele cu debite lunare minime pentru aceste bazine hidrografice sunt consemnate în lunile de iarnă: decembrie, ianuarie și februarie.

Fig. 15 VARIAȚIA DEBITULUI LUNAR MULTIANUAL (1979-2023) – RÂUL SADU [61]



Și în zona de podiș putem observa o diferențiere vest – est, astfel în bazinele din partea vestică a județului (Fig. 16) observăm o maximă prelungită din primăvară până în luna iunie (Râul Visa) pe când în est avem o maximă singulară legată de începutul verii (iunie) (Fig. 17). Minimele se regăsesc în ambele cazuri în noiembrie. Ce este important de semnalat în cazul ambelor râuri, cele mai importante din zonă de altfel, că debitele acestora nu sunt semnificative.

Fig. 16 VARIAȚIA DEBITULUI LUNAR MULTIANUAL (1979-2023) – RÂUL VISA [61]

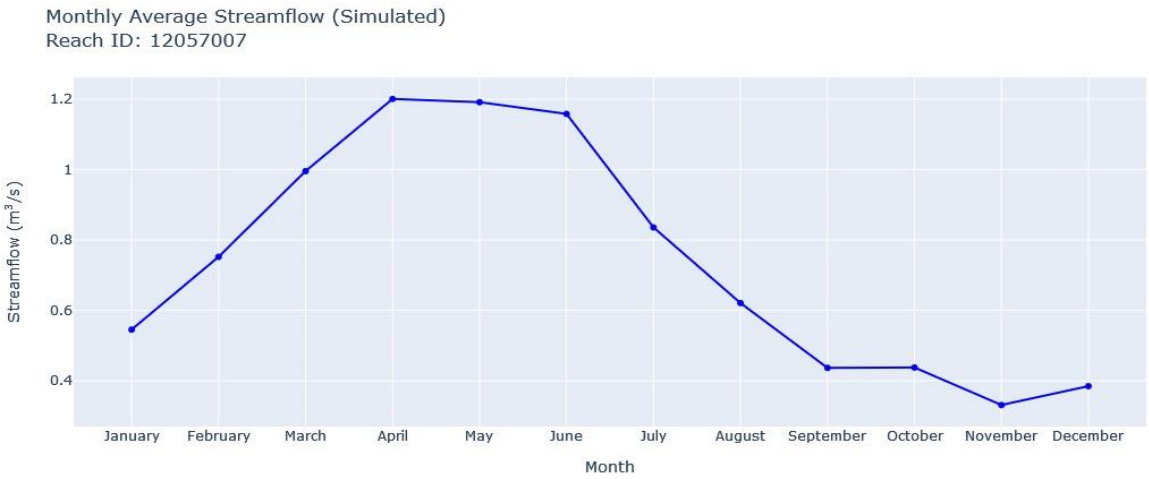
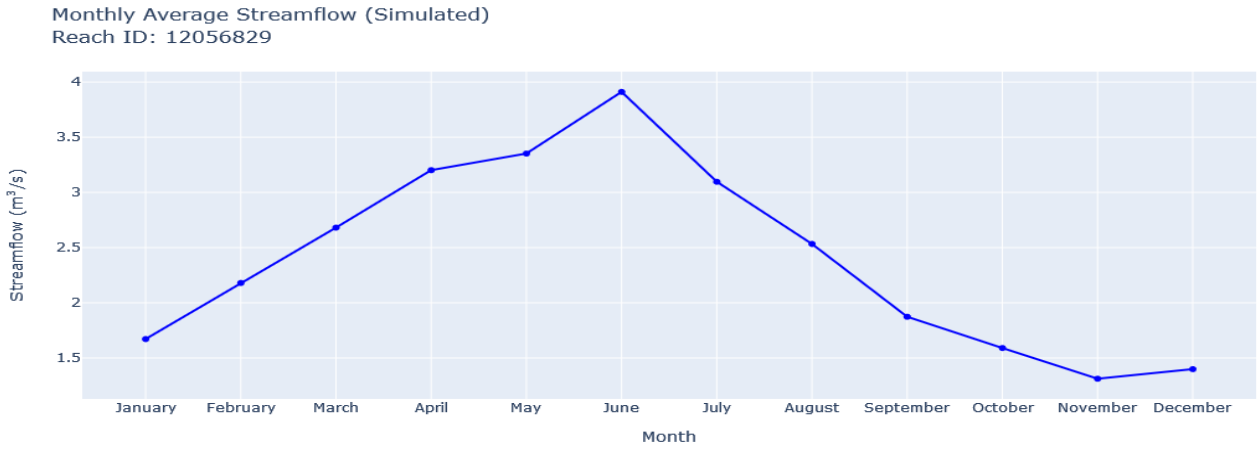


Fig. 17 VARIAȚIA DEBITULUI LUNAR MULTIANUAL (1979-2023) – RÂUL HÂRTIBACIU [61]



Această variabilitate subliniază diversitatea comportamentului hidrologic în funcție de specificitățile geografice și climatice ale fiecărui bazin hidrografic analizat.

Importanța strategică a resurselor de apă pentru orice teritoriu este determinată intrinsec de factorii genetici ai curgerii, influențați preponderent de condițiile climatice locale, care dirijează configurația și distribuția rețelei hidrografice, atât la nivel superficial, cât și subteran. Acești factori climatici joacă un rol crucial în stabilirea dinamicii și eficienței sistemului hidrografic, contribuind la formarea unui peisaj diversificat și la susținerea unei game variate de habitate naturale și activități umane

Analiza potențialului hidroenergetic al Județului Sibiu relevă o concentrare remarcabilă a amenajărilor hidrotehnice în regiunea montană, unde condițiile naturale favorizează crearea unei căderi adecvate pentru generarea energiei hidroelectrice. Această zonă prezintă trei amenajări hidrotehnice de primă importanță: amenajarea de pe Râul Sebeș, cea situată pe cursul Râului Olt și, respectiv, cea mai veche, realizată pe Râul Sadu, fiecare având un rol semnificativ în dezvoltarea regională și în asigurarea necesităților energetice.

În proximitatea graniței vestice a Județului Sibiu, la punctul de întâlnire cu Județul Alba, se află impresionanta amenajare hidrotehnică Oașa-Gâlceag. Aceasta este situată între Munții Șureanu și Munții Cindrel și este caracterizată printr-un lac de acumulare, Lacul Oașa, care, la nivelul normal de retenție, generează un volum util impresionant de 136 de milioane m³ de apă. În combinație cu sistemele de captare redirecționate, acesta controlează un volum mediu anual de aproximativ 250 de milioane m³. Amplasat la o altitudine de 1250 m, lacul acoperă o suprafață de 460 de hectare și se întinde pe o lungime maximă de 6 km de-a lungul văii Sebeșului. Aval de această structură, pe aceeași vale, se găsește o altă amenajare semnificativă, cea de la Tău-Șugag, unde Lacul Tău, format la altitudinea de 940 m, creează un rezervor de 21 de milioane m³ pe o lungime de 3,5 km. Împreună, aceste două unități ating o capacitate instalată totală de 300 MW, contribuind astfel la reglarea debitului variabil al Văii Sebeșului [46].

Pe Râul Olt, legat de sectorul superior, se distinge o altă amenajare hidrotehnică de interes, caracterizată de șase baraje din care, trei se regăsesc în Județul Sibiu (Arpașu de Jos, Scorei, Avrig). AHE Arpasu localizată la cca 3 km amonte de localitatea Cârța este amenajată cu un baraj de 22 m înălțime maximă, are două turbine pe un debit instalat total pe centrală de 180 m3/s, puterea instalată totală a centralei este de 14,2 MW reprezentând 36,4 GWh/an producția unui an mediu. Următorul este AHE Scoreiu cu o amenajare asemănătoare doar frontul barajului este mai scurt în cazul acesta, și aici avem tot două turbine reprezentând 37 GWh/an producția unui an mediu. În aval avem AHE Avrig și aici o amenajare asemănătoare cu 38,7 GWh/an producția unui an mediu. Cantitatea totală de apă acumulată la nivelul normal de retenția al amenajărilor este de 24,24 mil m3.

Din anul 2019 se pune în funcțiune AHE Racoviță, tot cu două turbine dar mai eficiente, debitul instalat pe centrala este de 330 m3/s reprezentând o putere instalată de 31,5 MW care reprezintă 74,00 GWh/an producția unui an mediu. Barajul este de tip frontal, cu deversor stăvilar de tip mobil cu 4 deschideri, înălțimea este asemănătoare celor din sectorul amonte 21,5 m.

Analiza detaliată a patrimoniului hidroenergetic al regiunii scoate în evidență rolul pivotal al amenajării hidroenergetice de pe Râul Sadu, o infrastructură remarcabilă ce a contribuit semnificativ la dezvoltarea energetică a zonei. Această amenajare se distinge prin centralele sale istorice, care au jucat un rol crucial în furnizarea de energie electrică către orașul Sibiu și localitatea Cisnădie, fiind legate de rețeaua națională printr-o premieră în țară: prima linie de medie tensiune.

Un moment definitoriu în istoria hidroenergetică a Văii Sadului a fost realizarea acumulării Negovanu în anul 1961, la o altitudine de 1154 m, care a permis extinderea capacității instalate a văii la 29,9 MW, datorită unui volum util impresionant de 6,3 milioane m^3. Componenta centrală a acestei amenajări este Barajul Negovanu, edificat în 1955, și lacul de acumulare asociat, care împreună cu centralele hidroelectrice formează o infrastructură complexă de producție energetică.

În contextul acestui patrimoniu, centralele hidroelectrice Sadu I și Sadu II, cu capacități de 1,7 MW și, respectiv, 1,5 MW, au marcat începuturile exploatării hidroenergetice în regiune, fiind puse în funcțiune în anii 1896 și 1907. Acestea nu doar că au asigurat nevoile energetice imediate, dar au și pavat drumul pentru realizări ulterioare în domeniu. Printre acestea se numără hidrocentrala Sadu V, cu o capacitate de 15,4 MW, intrată în funcțiune în 1955 și responsabilă pentru o producție medie anuală de 56,8 GWh, și microhidrocentrala Sadu-sat, finalizată în 1986, cu o putere de 0,18 MW și o producție medie de 774,5 MWh/an.

Pe Sadu au mai rămas să fie construite, pe baza schemei elaborată în anul 1950, încă trei unități hidroenergetice, respectiv Sadu III (3,8 MW), Sadu IV (4,8 MW) și Sadu VI (10 MW), planul fiind reactualizat în anul 1974, prevăzând construirea uzinei Sadu VI la Rozdeşti, Sadu III şi o unitate la Tălmaciu, precum şi sporirea puterii instalate la uzinele Sadu I şi Sadu II până la 6 MW fiecare.

Astfel, amenajarea hidroenergetică a Râului Sadu se profilează ca un element esențial în țesătura energetică a regiunii, demonstrând evoluția tehnologică și capacitatea de inovare în domeniul producției

de energie hidroelectrică. Aceste realizări subliniază nu doar importanța istorică a infrastructurii energetice din zonă, ci și contribuția acesteia la dezvoltarea durabilă și la securitatea energetică a regiunii.

Printre amenajările cu scopuri multiple, se remarcă Lacul și amenajarea Gura Râului, care servește nu doar la alimentarea cu apă potabilă a orașului Sibiu și a comunelor învecinate, dar și la atenuarea viiturilor și la generarea de energie electrică prin centralele AHE Gura Râului și Cibin. AHE Gura Râului asigură alimentarea cu apă a localității Sibiu cu un debit medie de 1,44 m3/s dar și generează energie din anul 1988 când a fost pusă în funcțiune centrala cu 4 turbine, un debit instalat de 4,8 m3/s reprezentând o putere pe toată centrala de 2,52 MW. Producția unui an mediu în cazul de față ajunge la 5,73 MW/h/an. În aval tot pe râul Cibin avem AHE Cibin, administrată de Apele Române cu o singură turbină, generând 3,7 MW cu un debit instalat de 7,83 m3/s, însumând o producție medie de 12,4 GW/h/an. În fig. 18 sunt localizate capacităţile de producere a energiei electrice cu licenţe ANRE, iar în fig. 19 sunt clasificate amenajările hidroenergetice în funcţie de puterea instalată.

Fig. 18 CAPACITĂŢI DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE - HIDRO

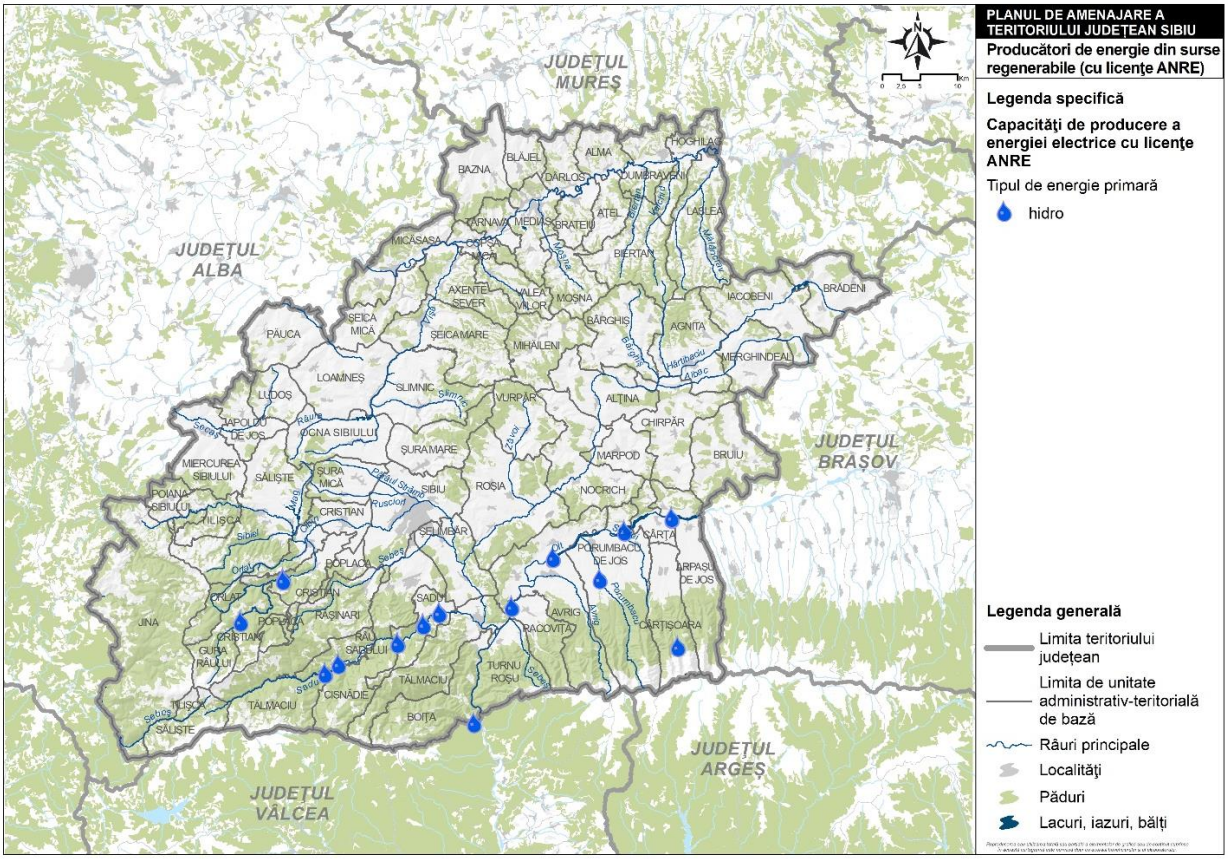
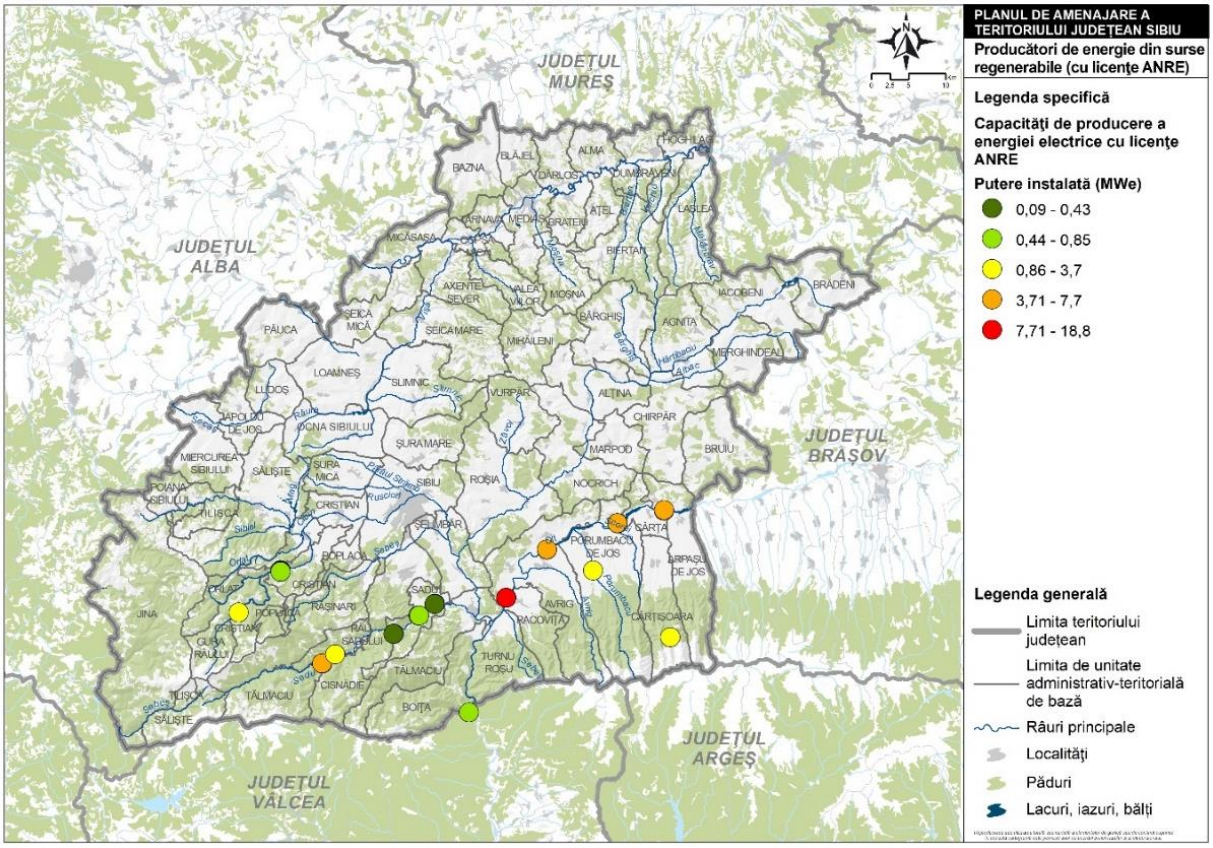
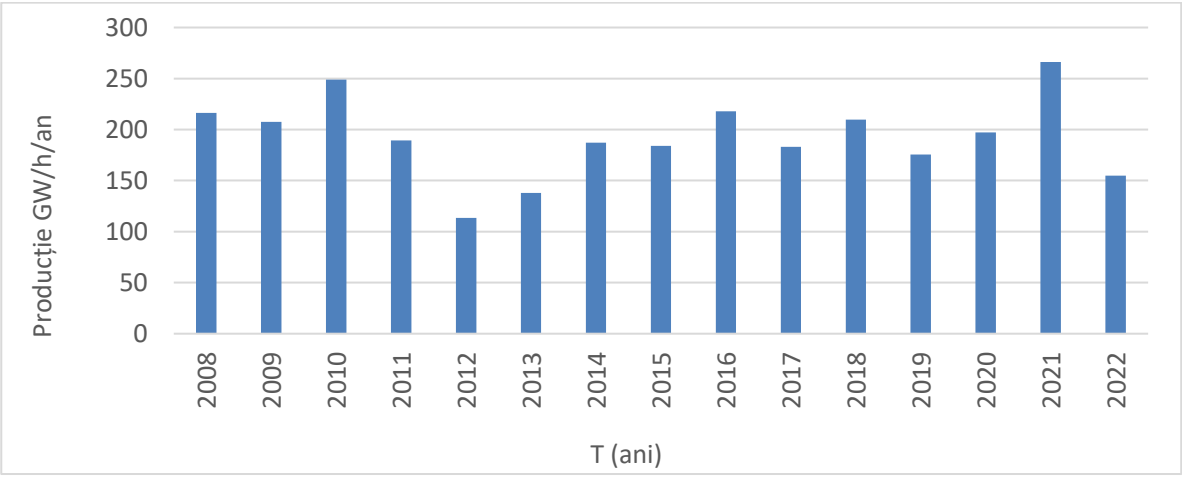


Fig. 19 CLASIFICAREA AMENAJĂRILOR HIDROENERGETICE ÎN FUNCŢIE DE PUTEREA INSTALATĂ



În contrast cu bazinul hidrografic al Oltului, unde se constată prezența mai multor amenajări hidrotehnice semnificative, în cadrul bazinului Mureșului, situat în teritoriul Județului Sibiu, nu s-au identificat amenajări de acest gen. Această absență poate fi atribuită caracteristicilor specifice Podișului Transilvaniei, care nu prezintă un potențial hidroenergetic favorabil dezvoltării infrastructurii hidroenergetice, cum vom vedea, lipsesc atât resursele de apă necesare cât și componenta primordială a potențialului, căderea suficientă.

Fig. 20 PRODUCȚIA DE ENERGIE ÎN PERIOADA 2008-2022 AMENAJĂRILE HIDROTEHNICE DIN JUDEȚUL SIBIU – SPEEH HIDROELECTRICA SA [38]



3.3.1 Potențialul hidroenergetic neexploatat

Acest capitol își propune să evidențieze scopul și importanța crucială a identificării potențialului hidroenergetic neexploatat, oferind totodată o perspectivă asupra contextului actual și subliniind imperativul dezvoltării sustenabile a surselor regenerabile de energie în vederea atenuării schimbărilor climatice și asigurării securității energetice.

În literatura de specialitate există numeroase încercări de cuantificare a potențialului hidroenergetic utilizând original doar calculele hidrotehnice [43] ca mai apoi să implice și componenta sistemelor informatice geografice [39-42,44, 45, 47].

Explorarea potențialului hidroenergetic al cursurilor de apă se axează pe o evaluare riguroasă a resurselor energetice disponibile, analizându-se atât distribuția geografică, cât și viabilitatea tehnică și economică de implementare a centralelor hidroelectrice și a lucrărilor de reglare a debitelor.

Elementele esențiale care determină capacitatea resurselor hidroenergetice includ:

- Potențialul hidrologic, care se referă la volumul și distribuția precipitațiilor, coeficienții de scurgere, precum și la magnitudinea și fluctuațiile debitelor;
- Potențialul morfometric, definit prin gradientul topografic al terenului;
- Caracteristicile geologice și geotehnice ale bazinelor hidrografice,
- Constrângerile sau limitările în valorificarea potențialului hidroenergetic, cum ar fi particularitățile scurgerii solide, specificitățile chimice ale apelor, condițiile termice și de îngheț ale cursurilor de apă, precum și restricțiile geologico-topografice existente.

Aceste aspecte subliniază complexitatea și interdependența factorilor care trebuie luați în considerare pentru o exploatare optimă a resurselor hidroenergetice. Catalogarea exhaustivă a capacității teoretice a cursurilor de apă se materializează prin elaborarea registrului hidroenergetic. În cadrul acestui registru, se estimează capacitatea teoretică a cursurilor de apă, având ca punct de referință debitul mediu anual, calculat pe o perioadă extinsă de timp. Potențialul estimat prin utilizarea debitului mediu pe o perioadă îndelungată reflectă capacitatea maximă de generare a energiei posibilă într-un anumit segment al râului. Dat fiind că această capacitate este afectată de fluctuațiile extreme ale debitului (atât maxime, cât și minime), se acceptă că un debit cu un grad de asigurare de 50% oferă o bază solidă pentru evaluarea performanței standard a unei centrale hidroelectrice.

Pornind din formula lui Bernoulli energia hidraulică teoretică (brută) disponibilă a unui volum de apă V (m3) care se scurge pe o diferență de înălțime H (m) considerată constantă se exprimă prin relaţia:

$$Eb = q*g*V*H \quad \textbf{(1)}$$

$$Eb = 1000*V*H \text{ (kgm)} \quad \textbf{(2)}$$

exprimat ca și putere, formula se transformă:

$$Pb = 9{,}81\ QH \text{ (kW)} \quad \textbf{(3)}$$

unde: Eb- energia brută

q *s = γ – greutatea specifică a apei 1000 kg/m^3 (densitatea apei și accelerarea gravitațională)

V – volumul apei

H – căderea

Pb – puterea brută

Q – debit mediu

Urmărind formula energiei sau a puterii ajungem la două componente principale care trebuie estimate pentru evaluarea corectă a potențialului hidroenergetic, debitul mediu pe sector sau volumul de apă existent și căderea. Cum am amintit mai sus putem alege dintre două metode în cea ce privește evaluarea potențialului hidroenergetic teoretic, utilizând calcule directe pe baza debitelor estimate sau cu ajutorul metodelor GIS care spațializează evaluarea.

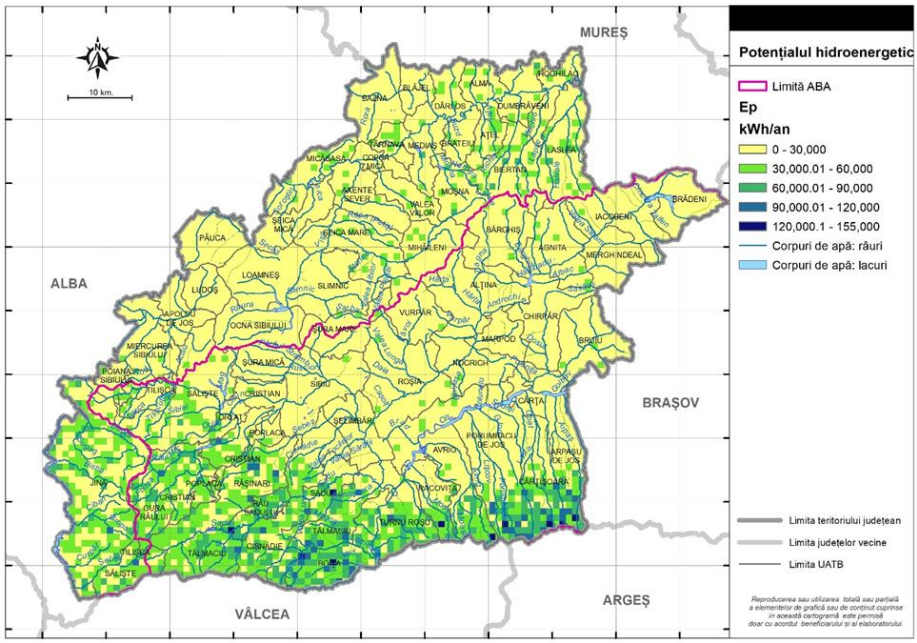
Pentru prezentarea resurselor potențiale ca și prim pas am ales evaluarea potențialului teoretic de suprafață bazat pe precipitațiile din zonă, astfel formula de calcul este

Ep = 2725 X0*F*H (kWh/an) [4]

Formula poate fi implementată în GIS și hărțile arată clar potențialul semnificativ din zona montană a județului, calculându-se la nivel de km2 avem valori la nivel de unitate (Figura 21).

În contextul demersului nostru de evaluare a potențialului hidroenergetic nevalorificat în cadrul Județului Sibiu, un aspect crucial este reprezentat de analiza amănunțită a informațiilor orografice/cartografice disponibile. Această analiză ne dezvăluie că, în regiunile montane ale județului, o proporție semnificativă a teritoriilor cu un potențial înalt pentru dezvoltarea hidroenergetică a fost deja supusă unor procese de amenajare. Observăm că versantul nordic al Carpaților Meridionali se distinge printr-o varietate de instalații hidroenergetice, caracterizate printr-o gamă largă de capacități și niveluri de complexitate, fenomen ce datează încă din primele etape ale explorării și utilizării resurselor de energie hidroenergetică.

Fig. 21 POTENȚIALUL TEORETIC DE SUPRAFAȚĂ DIN PRECIPITAȚII [51-52]



Faza inițială a acestei expansiuni a fost dominată de proiecte centrate pe cursurile râurilor Sadu, Olt și Cibin, însă, în ultima perioadă, s-a înregistrat o creștere semnificativă a numărului de microhidrocentrale, instalate nu doar în regiunile montane înalte, dar și în alte zone adiacente. Este important de menționat că aceste noi amenajări au fost gândite pentru sectoarele râurilor cu pante considerabile, specifice versantului nordic al Munților Făgăraș, unde căderea de apă variază între 70 și 190 de metri, iar astfel capacitatea instalată poate scădea chiar sub 1 metru cub pe secundă. Un exemplu notabil în acest sens îl constituie o instalație de dimensiuni reduse, autorizată pentru construcție în bazinul Lotrioara, subiect ce generează în continuare dezbateri aprinse cu privire la funcționalitatea și eficiența sa.

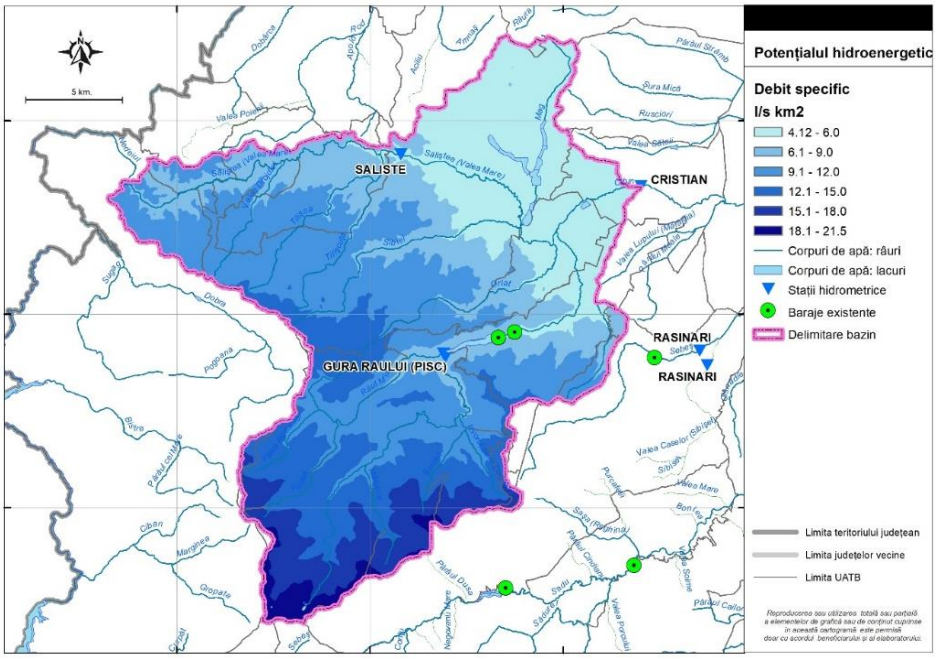
Cu toate aceste evoluții, se remarcă prezența unei zone încă neexplorate din punct de vedere al amenajărilor hidroenergetice, ce oferă perspectiva unor potențiale oportunități de investiții pe viitor. Această regiune, situată în sectorul superior al Râului Cibin, pe malul său stâng, se distinge prin absența intervențiilor de natură hidroenergetică, în ciuda faptului că zonele adiacente ale bazinului superior al Râului Cibin au fost deja dezvoltate. În contrast, afluenții de dimensiuni mai reduse, precum Orlat, Sibiel, Tiliscuta, afluenții Râului Săliștea (cunoscut și sub denumirea de Valea Mare), rămân nevalorificați din această perspectivă.

Analiza efectuată cu ajutorul datelor furnizate de modelul GEOGloWS Hydroviewer evidențiază că, la un nivel de asigurare de 50%, debitele ating o valoare de 2,1 metri cubi pe secundă. Cu toate acestea, caracteristicile specifice ale terenului din acest sector, în particular, o pantă relativ modestă de doar 16 metri pe kilometru, presupun ca acest debit să fie realizabil pe o distanță de aproximativ 16 kilometri. Această particularitate impune o abordare prudentă și detaliată în evaluarea potențialului hidroenergetic al regiunii, necesitând o ponderare atentă între optimizarea resurselor disponibile și considerentele legate de sustenabilitatea și impactul ecologic al oricăror proiecte viitoare de dezvoltare în acest context [67].

Pentru o apreciere cât mai precisă a potențialului hidroenergetic, se recomandă segmentarea evaluării pe diverse sectoare ale cursului de apă. Această abordare implică necesitatea determinării debitului de apă pentru fiecare segment (sector) analizat, proces pentru care metodologia specifică domeniului hidrologic oferă mai multe tehnici de interpolare spațială a datelor de debit măsurate în stațiile hidrometrice din regiune. În contextul prezentului studiu, am ales să adoptăm o metodă de calcul a debitelor pe sectoare bazată pe corelația între debitul specific, exprimat în litri pe secundă pe kilometru pătrat (l/s km^2), și altitudinea medie a bazinelor hidrografice corespunzătoare. Prin incorporarea altitudinii medii, care spațializează acest parametru pe întreaga arie a bazinului hidrografic vizat, și a debitului specific, ce include în calcul și suprafața bazinului, această metodologie permite o estimare rapidă și precisă a debitului în puncte unde măsurători directe nu sunt disponibile, oferind o acuratețe superioară comparativ cu tehnicile ce se bazează exclusiv pe diferențele date de proporțiile suprafeței bazinului hidrografic. În plus, utilizarea acestor parametri facilitează evaluarea exhaustivă a debitului pe

întregul areal prin intermediul unor tehnici avansate de analiză GIS de translatare, așa cum este reprezentat în Figura 22.

Fig. 22 SPAȚIALIZAREA DEBITULUI SPECIFIC (CORELAȚIA DEBIT SPECIFIC ȘI ALTITUDINEA MEDIE-FORMULA 5B) [51]



Prin calculul debitului specific al bazinului hidrografic pentru care se dorește determinarea debitului mediu, putem aplica o corelație liniară bazată pe datele provenite de la stațiile hidrometrice din zona respectivă, unde, în cazul nostru, corelația se dovedește a fi foarte puternică, cu un coeficient de determinare (R^2) de 0.9099, ilustrat în figura 23. Altitudinea medie este obținută din modele digitale de elevație, prin delimitarea bazinului cu ajutorul extensiei de Analiză Spațială în domeniul Hidrologiei/Watershed. Odată ce altitudinea medie este cunoscută, folosind funcția de trend liniară disponibilă în Excel, este posibil să determinăm debitul specific corespunzător. Cunoașterea suprafeței bazinului hidrografic ne permite, în continuare, să convertim debitul specific în valoarea absolută a debitului, facilitând astfel o estimare riguroasă și detaliată a potențialului hidroenergetic al regiunii analizate.

$$y = 103.01\,x + 14.993 \quad \textbf{(5a)}$$

$$x=(y-14{,}993)/103{,}01 \quad \textbf{(5b)}$$

unde, y - altitudinea medie

x – debitul specific

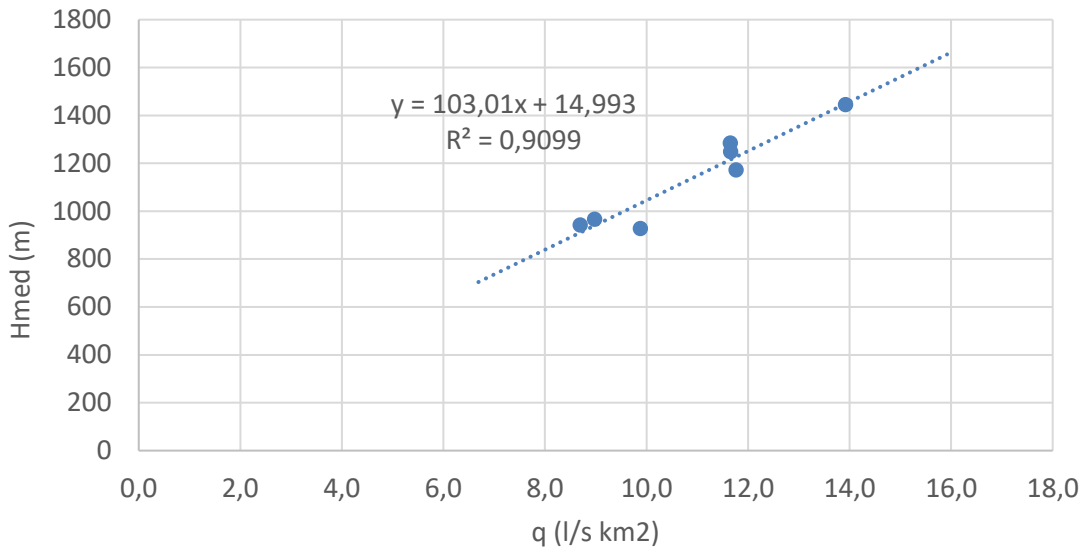
$$q= \bar{Q} / A \quad [6a] \text{ astfel } \bar{Q} = q * A \quad \textbf{(6b)}$$

unde, q – debitul specific [l/s km^2]

$\bar{Q}$- debitul mediu multianual [m^3/s]

A – suprafața bazinului hidrografic [km^2]

Fig. 23 GRAFIC CORELAȚIE ÎNTRE DEBITELE MEDII SPECIFICE ȘI ALTITUDINEA MEDIE A STAȚIILOR HIDROMETRICE DIN CADRUL BAZINULUI CIBIN [51]



Formula utilizată pentru calculul energiei potențiale este cea clasică. Astfel energia produsă de o instalație hidroelectrică poate fi estimată folosind formula:

E=η * Q * H * g * t **(7)**

Unde:

- E reprezintă energia în jouli [1 joule egal cu 2.77778×10−7 kWh.],
- η este eficiența (sub formă zecimală), am utilizat 90%
- Q este debitul de apă [m^3/s],
- H reprezintă căderea sau diferența de înălțime în metri,
- g este accelerația gravitațională [9.81 m/s^2],
- t este timpul în secunde (1 an = 365.25×24×3600365.25×24×3600 secunde).

Având în vedere că aceasta este printre ultimele zone din județ care însumează încă caracteristicile necesare pentru a fi amenajată (debit și cădere necesară), se recomandă realizarea unor evaluări locale care să evidențieze oportunitatea de a realiza amenajări de mică amploare pe Râului Săliștea (cunoscut și sub denumirea de Valea Mare) și afluenții săi. În acest caz am utilizat valorile debitelor calculate pe baza datelor furnizate de Administrația Națională „Apele Române”, în cadrul Administrației Bazinale de Apă Olt, referitoare la o perioadă de 10 ani, rezultatele (Tabelul 2) permit tragerea unor concluzii generale:

- Calculele potențialului astfel calculat arată că energia anuală totală ajunge aproape la 10 MWh/an.
- Căderea deși pare mare, ea fiind evaluată pe intervale mari, căderea specifică este între 30 și 45 m

- Debitul rămâne în toate cazurile sub 1 m3/s, dar deoarece bazinele nu sunt foarte mari valorile nu scad sub valoare de debitului de etiaj (1 l/s km2).

Tabel 2 DEBITE MEDII ȘI VALORI DE ENERGIE ȘI PUTERE POTENȚIALĂ [51-52]

Râu	Debit mediu	H_{Max}	H_{min}	Cădere	E (kWh/an)	P (kW/an)
Orlat	0.154	686	484	202	2406.0	0.27
Sibișel	0.311	675	500	175	4209.3	0.48
Săliștea	0.835	573	542	31	2002.0	0.23
Tilincuța	0.296	683	646	37	847.1	0.10
Săliștea	0.511	659	614	45	1778.5	0.20

Analizând harta potențialului teoretic de suprafață se observă unele areale cu valori de potențial hidroenergetic areal semnificativ, acestea se datorează mai ales metodologiei de identificare a căderii pentru acest calcul, diferența altitudinală ne luând în calcul neapărat talvegul râului, astfel pot apărea căderii mari la nivel de pixel calculat, chiar dacă nu reprezintă neapărat o cădere utilizabilă. Valoarea mică a debitelor și a căderii face ca zona podișului în cadrul Județului Sibiu să nu fie pretabilă pentru amenajări de acest tip.

Examinarea profundă a situației curente și a potențialului hidroenergetic neexploatat al Județului Sibiu a revelat că, în pofida unei infrastructuri hidroenergetice existente semnificative, persistă zone cu potențial considerabil pentru dezvoltarea ulterioară. Aceasta include atât revitalizarea infrastructurilor hidroenergetice neutilizate sau sub-utilizate, cât și explorarea oportunităților de implementare a noilor tehnologii pentru optimizarea producției de energie regenerabilă.

3.3.2 Recomandări

1. Valorificarea Potențialului Neexploatat

Recomandăm o evaluare meticuloasă și sistematică a sectoarelor neexploatate cu un potențial identificat în cadrul județului, în special pe valea Sadu (Sadu III (3,8 MW), Sadu IV (4,8 MW) și Sadu VI (10 MW) și în alte zone identificate cu potențial hidroenergetic (Râul Săliștea (Valea Mare) și afluenții săi ≈10 MW), pentru a identifica și implementa soluții tehnologice inovative care să permită maximizarea eficienței și a producției de energie hidroelectrică.

2. Adoptarea Tehnologiilor Avansate și a Practicilor Sustenabile

Este imperativ să se prioritizeze adoptarea tehnologiilor avansate și a practicilor sustenabile în proiectarea, construcția și exploatarea amenajărilor hidroenergetice. Aceasta include utilizarea soluțiilor de ultimă generație pentru a crește eficiența turbinelor, precum și implementarea măsurilor de protecție a mediului și de conservare a biodiversității.

3. Conformitatea cu Standardele și Regulamentele Europene

Recomandăm alinierea graduală a tuturor amenajărilor hidroenergetice la standardele europene privind debitele ecologice și protecția ecosistemelor acvatice. Acest proces ar trebui să fie realizat în conformitate cu directivele și regulamentele relevante, asigurând un echilibru între producția de energie și protecția mediului [49].

4. Încurajarea Investițiilor și Parteneriatelor

Facilitarea accesului la finanțare și încurajarea formării de parteneriate între sectorul public, cel privat și comunitatea științifică este esențială pentru accelerarea dezvoltării hidroenergetice în Județul Sibiu. Aceasta include explorarea oportunităților de finanțare națională și europeană destinată proiectelor de energie regenerabilă.

5. Monitorizarea Continuă și Evaluarea Resurselor Hidrologice

Subliniem necesitatea implementării unui sistem robust de monitorizare și evaluare continuă a resurselor hidrologice și a impactului activităților hidroenergetice asupra mediului. Acest demers ar trebui să se bazeze pe tehnologii avansate de colectare a datelor și pe modele predictive, pentru a facilita o gestionare eficientă și responsabilă a resurselor hidroenergetice.

În concluzie, Județul Sibiu deține un potențial semnificativ pentru dezvoltarea hidroenergeticii, având în prezent o producție hidroenergetică de **267,3 GWh/a**n. Există, de asemenea, **trei amenajări hidroenergetice în abandon**, din diverse motive, care, odată revitalizate, ar putea crește capacitatea de producție hidroenergetică a județului. Eficientizarea acestor amenajări și alinierea legislației la normele europene sunt esențiale în acest proces. Totuși, introducerea zonelor Natura 2000 în arealul montan al județului reprezintă o provocare în calea dezvoltării hidroenergetice, deoarece conservarea biodiversității și protecția habitatelor naturale devin prioritare. Ajustarea legislativă la standardele europene și integrarea criteriilor de protecție a mediului în planurile de dezvoltare hidroenergetică vor conduce, probabil, la reducerea debitelor utilizabile și la scăderea potențialului hidroenergetic exploatabil. Cu toate acestea, o abordare responsabilă și sustenabilă va asigura un echilibru între dezvoltarea economică și conservarea mediului.

4. Stadiul actual al sectoarelor de interes pentru implementarea hidrogenului la nivelul județului Sibiu

4.1. Termoficare și alimentare cu gaze naturale

În perioada 2014-2018, cantitatea de energie termică distribuită în sistem centralizat în județul Sibiu a scăzut cu 52,9%, de la 15.506 gigacalorii în 2014, la 7.295 gigacalorii în 2018. Această reducere se datorează opririi alimentării cu energie termică în orașul Copșa Mică în 2016 și numeroaselor debranșări din Municipiul Sibiu. În mare parte, sistemele centralizate de distribuție a energiei termice nu au mai putut satisface cerințele din cauza uzurii echipamentelor și conductelor, a lipsei resurselor financiare pentru reparații și întreținere, precum și a scăderii cererii de energie termică, afectând capacitatea de investiție [53].

În prezent, majoritatea populației din județul Sibiu utilizează sisteme de încălzire individuale, cum ar fi microcentrale de apartament sau sobe. În județ există un singur operator economic, S.C. URBANA S.A., care produce, distribuie și furnizează energie termică în sistem centralizat pentru consumatorii rezidențiali și agenții economici din cartierul Hipodrom, Municipiul Sibiu, în baza Contractului de Concesiune nr. 1/05.01.2017, încheiat cu Primăria Municipiului Sibiu, pe o perioadă de 10 ani. Centrala termică situată pe Str. Mirăslău nr. 41, alimentează 701 apartamente și 14 spații comerciale din cartierul Hipodrom (străzile: Mihai Viteazu, Aleea Biruinței, Aleea Buia, Mirăslău) [53].

Cantitatea de energie termică livrată în 2019 a fost de 3.333 kWh, din care 3.206 kWh (96%) pentru populație și 127 kWh (4%) pentru agenții economici. În ultimii 5 ani, cantitatea de energie termică livrată a scăzut cu 11%, un motiv fiind continuarea debranșărilor (69 de apartamente în perioada menționată). În perioada de vară, cererea de energie termică scade la 20%, iar instalațiile funcționează la parametri minimi. Pierderea tehnologică de căldură din rețeaua de transport și distribuție a scăzut de la 36% în 2015 la 27% în 2019, datorită investițiilor în modernizarea sistemului [53].

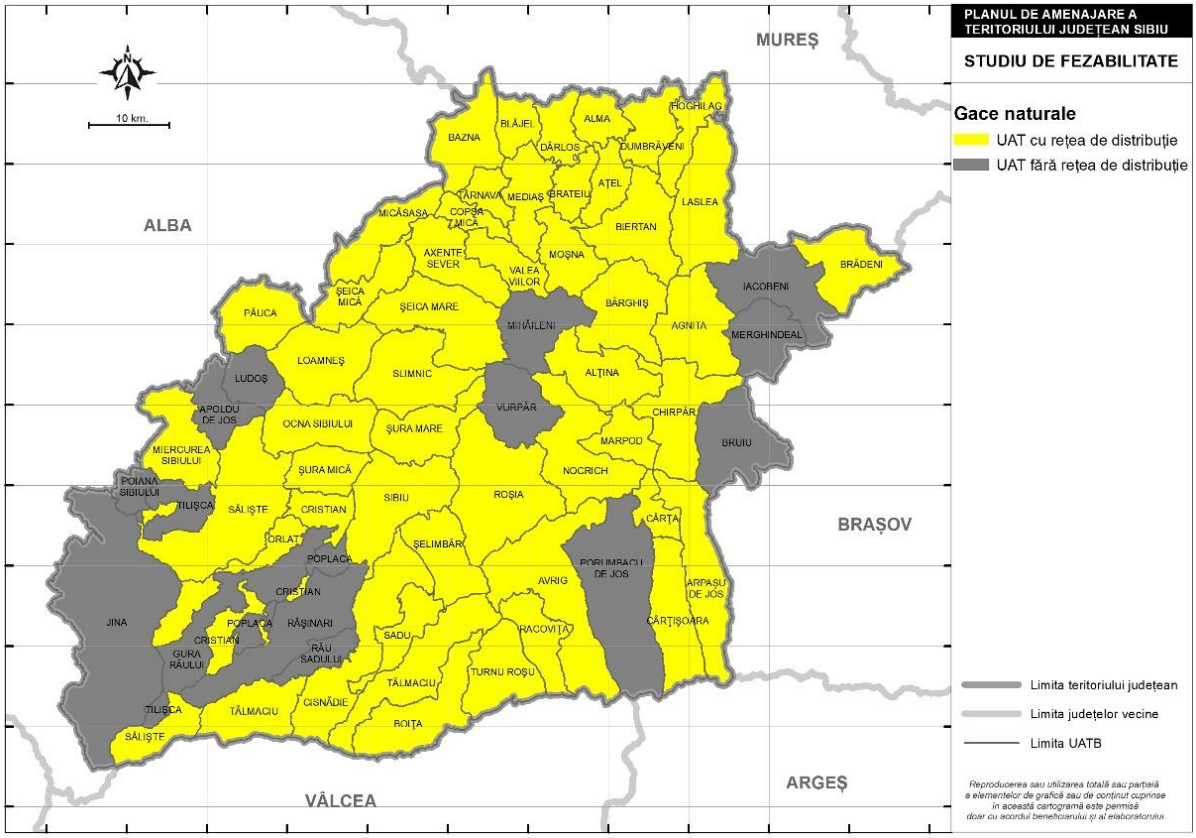
Deși prețul local total de producere a energiei termice a crescut cu 10% în ultimii 5 ani, prețul facturat populației a rămas constant datorită subvențiilor. Apartamentele și spațiile comerciale conectate la SC Urbana SA sunt echipate 100% cu sisteme individuale de contorizare a energiei termice pentru încălzire și apă caldă menajeră, permițând astfel consumatorilor să gestioneze individual consumul și să controleze costurile [53].

În județul Sibiu există resurse bogate de gaze naturale, situate în jumătatea de nord a județului, în orașele Agnita și Copșa Mică și în comunele Loamneș (Loamneș, Sădinca, Alămor), Axente Sever (Axente Sever, Șoala), Slimnic (Ruși), Șeica Mare (Petiș), Bazna (Bazna, Velț), Brădeni (Țeline, Retiș), Alțana (Alțana), Bârghiș (Berghiș), Chirpăr (Săsăuș, Chirpăr), Nocrich (Nocrich), Marpod (Ilimbav), Laslea (Noul Săsesc) și Alma (Alma). Conductele magistrale de transport gaze de înaltă presiune, care fac parte din sistemul național de transport gaze, traversează județul pe direcțiile sud-est/nord-vest/nord. În județul

Sibiu nu există și nu sunt planificate depozite de gaze naturale. Rețeaua de transport gaze din județ include două stații de compresiune: S.C. Botorca și S.C. Brateiu [53].

Conform datelor INS, în 2018, în județul Sibiu erau alimentate cu gaze 49 de localități, dintre care 11 urbane, lăsând 15 comune fără acest serviciu. Lungimea totală a rețelei de distribuție era de 1.587,4 km, reprezentând 17,8% din lungimea totală a rețelei de gaze din Regiunea Centru. În perioada 2014-2018, rețeaua de gaze s-a extins cu 6,7%, peste media regională de 5,4%, dar sub media națională de 9,3%. Volumul gazelor distribuite a fost de 213.202 mii mc, reprezentând 20,4% din volumul distribuit în Regiunea Centru. Dintre acestea, 55,8% au fost pentru uz casnic, restul fiind destinat activităților industriale și altor activități. Volumul de gaze pentru consum casnic a crescut cu 14,8% în perioada menționată, în timp ce volumul total de gaze distribuite în județul Sibiu a scăzut cu 21,5% [53].

Fig. 24 SITUAȚIA ALIMENTĂRII CU GAZE NATURALE ÎN JUDEȚUL SIBIU [53]



Disfuncționalitățile rețelei de alimentare cu gaze în județul Sibiu includ lipsa rețelei în anumite localități, necesitatea extinderii rețelei, în special în zonele noi, și starea tehnică necorespunzătoare a unor segmente ale rețelei. Pentru o alimentare optimă cu gaze, este necesară continuarea programelor de modernizare și mentenanță a rețelelor, extinderea acestora pentru a include localitățile și zonele neconectate, precum și dezvoltarea unei infrastructuri de distribuție inteligentă, adaptată utilizării pe scară largă a energiei regenerabile bazate pe hidrogen și alte gaze verzi [53].

4.2. Transport

Transport rutier

Județul Sibiu, situat în centrul României, se bucură de o accesibilitate și conexiune excelentă cu regiunile țării, fiind traversat de autostrada A1 și drumurile europene E68 și E81. Acest județ este străbătut de Coridorul IV pan-european de transport, o rută care asigură legături rapide între sud-estul Europei (Istanbul, Salonic) și Europa Centrală (Dresda, Nürnberg), prin Grecia, Bulgaria, România, Ungaria, Slovacia, Austria și Cehia. Pe acest traseu se află DN7 (E81), care, împreună cu DN1 (E68), se numără printre drumurile cu cel mai intens trafic din România [54].

Județul Sibiu beneficiază, de asemenea, de conectivitate rutieră directă la rețeaua rutieră TEN-T Core (Principală) prin coridorul Rin-Dunăre și la rețeaua rutieră TEN-T Comprehensive (Extinsă) prin coridoarele Sibiu-Târgu Mureș și Sibiu-Brașov [54].

Fiind direct conectat la rețelele de transport TEN-T, județul Sibiu are un avantaj semnificativ în ceea ce privește accesibilitatea la nivel național și european pentru persoane și mărfuri. Dezvoltarea rețelei TEN-T contribuie la modernizarea drumurilor județene care asigură legătura cu rețeaua TEN-T, îmbunătățind condițiile de transport pentru pasageri și mărfuri, reducând timpul de călătorie, poluarea și consumul de combustibil, și promovând dezvoltarea economică a localităților din județ [54].

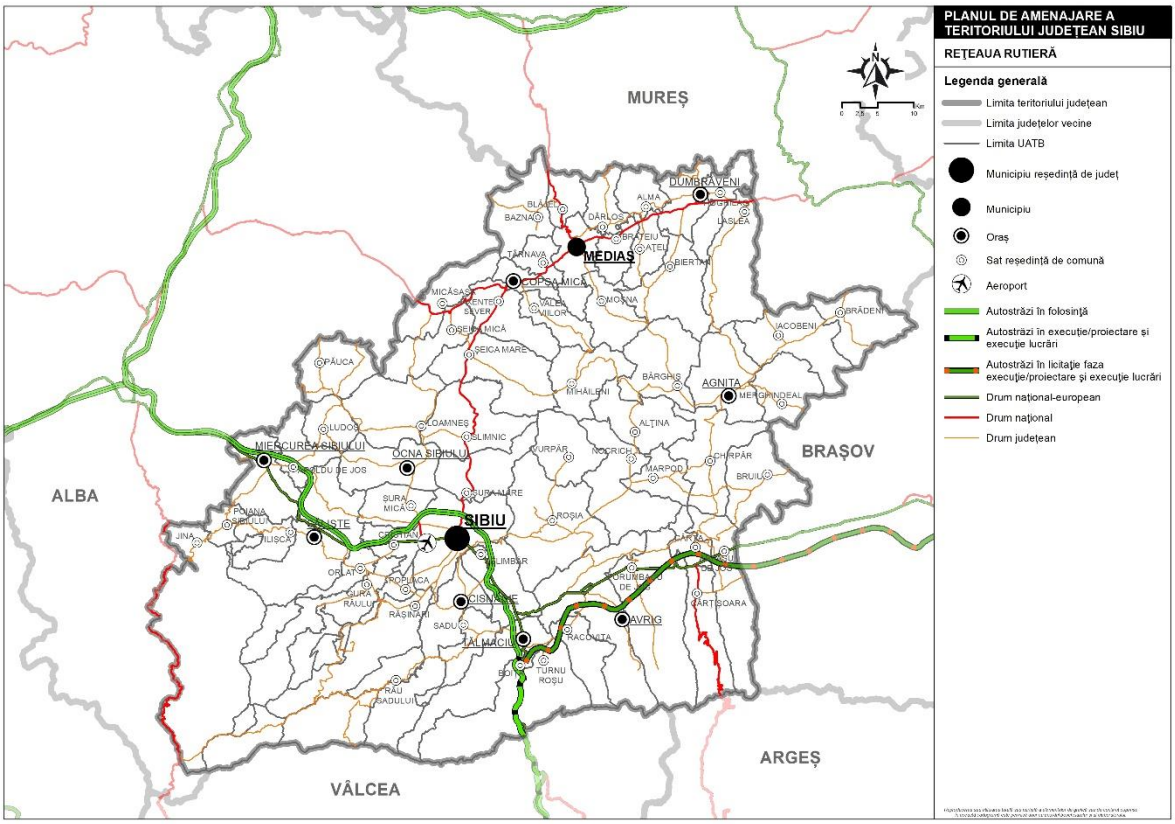
Conform HG 540/2000, modificată de HG 363/2004, în județul Sibiu există următoarele drumuri publice: naționale, județene și comunale:

- șase trasee de drumuri naționale, însumând 329 km, dintre care:
- două trasee de drumuri europene (E68 - DN 1 și E81 - DN 7),
- un traseu de drum național principal (DN 14) și trei trasee de drumuri naționale secundare (DN 14A, DN 7C și DN 14B);
- 51 trasee de drumuri județene;
- 72 trasee de drumuri comunale.

Județul este străbătut de un tronson de 55 km al autostrăzii A1. De asemenea, a început construcția autostrăzii Pitești-Sibiu, considerată o prioritate de investiții pentru următoarea perioadă de programare. Autostrada Sibiu-Brașov, denumită Autostrada Transilvania 3, este prevăzută în Master Planul General de Transport, fiind în prezent în curs de revizuire a Studiului de Fezabilitate pentru tronsonul Sibiu-Făgăraș (73 km) [54].

În anul 2019, rețeaua de drumuri publice din județul Sibiu măsura 1.678 km, reprezentând 14,6% din lungimea totală a rețelei rutiere din regiunea Centru și 1,94% din lungimea totală a rețelei rutiere din România. Între 2015 și 2019, lungimea rețelei de drumuri publice din județul Sibiu a scăzut cu 0,77% (de la 1.691 km la 1.678 km) din cauza reducerii lungimii drumurilor comunale. În aceeași perioadă, lungimea rețelelor de drumuri publice din regiunea Centru și din România a crescut cu 1,04%, respectiv 0,55% [54].

Fig. 25 REȚEAUA DE DRUMURI PUBLICE DIN JUDEȚUL SIBIU [54]



În 2019, densitatea drumurilor publice în județul Sibiu era de 30,9 km/100 km², sub media Regiunii Centru (33,6 km/100 km²) și a mediei naționale (36,2 km/100 km²), infrastructura rutieră fiind mai slab dezvoltată în zonele de munte [54].

Din totalul drumurilor din județ, 19,61% sunt drumuri naționale, 56,97% sunt drumuri județene și 23,42% sunt drumuri comunale. Procentajul drumurilor naționale și comunale este sub media națională și regională, în timp ce procentajul drumurilor județene este peste aceste medii [54].

Lungimea drumurilor naționale din județul Sibiu a rămas constantă în perioada 2015-2019, în timp ce în regiunea Centru s-a înregistrat o creștere de 2,2%, mai mare decât media națională de 1,5%. Toate drumurile naționale din județ sunt modernizate și se încadrează în clasele tehnice III și IV, având o stare tehnică considerată bună [54].

Ambuteiaje de trafic se înregistrează de vineri până duminică între orele 12:00-21:00 pe următoarele tronsoane: DN1 (punct control Veștem, tronsonul între PC Veștem și limita județului Brașov), DN 7C (tronsonul între DN1 localitatea Arpașu și limita județului Argeș), DN7 (tronsonul între PC Veștem și limita județului Vâlcea) [54].

Cele mai multe accidente în 2019 s-au înregistrat pe DN 14 (35 de accidente pe tronsonul ieșire municipiul Sibiu – Copșa Mică și 22 de accidente pe tronsonul Copșa Mică – limita județului Mureș), precum și pe DN1 (19 accidente pe tronsonul limita județului Brașov - PC Veștem, 19 accidente pe

tronsonul PC Veștem - intrare municipiul Sibiu și 8 accidente pe tronsonul ieșire municipiul Sibiu – limita județului Alba) [54].

Drumurile județene sunt în proprietatea publică a județului și asigură în principal legăturile între municipii, orașe și centrele de comună din interiorul județului. Ele pot conecta rețeaua de drumuri naționale pentru orașele care nu sunt intersectate de un drum național, cum ar fi Agnita (DJ 106, DJ 141), Cisnădie (DJ 106C, DJ 106D) și Ocna Sibiului (DJ 106B). Consiliul Județean Sibiu este responsabil de rețeaua de drumuri județene, având în subordine S.C. Drumuri și Poduri S.A., care se ocupă de întreținerea drumurilor județene, podurilor și podețelor, precum și a altor elemente ale infrastructurii rutiere (șanțuri, ziduri de sprijin etc.) [54].

În perioada 2015-2019, lungimea drumurilor județene din județul Sibiu a crescut cu 3,4%, în contrast cu scăderile de 5,4% în regiunea Centru și de 0,7% la nivel național. În județul Sibiu, 66,3% din drumurile județene au fost modernizate, procentaj semnificativ mai mare decât media regională (56,9%) și națională (42,3%). Drumurile cu îmbrăcăminte ușoară rutieră reprezintă 9,3% din totalul drumurilor județene, cele pietruite 18,7% și cele din pământ 5,6%. În ultimii cinci ani, proporția drumurilor județene modernizate a crescut cu 6,6% [54].

În 2021, lungimea drumurilor județene a rămas la 956 km, însă lungimea drumurilor modernizate a crescut la 730 km, marcând o creștere de 15,1% față de 2019. Lungimea drumurilor județene cu îmbrăcăminte ușoară rutieră a scăzut la 60 km, drumurile pietruite la 120 km, iar drumurile din pământ la 46 km, reprezentând 4,8% din total [54].

În județ sunt în derulare mai multe proiecte de modernizare, reparare și consolidare a drumurilor județene, finanțate din fonduri proprii, guvernamentale și europene. Printre drumurile vizate se numără DJ 107B, DJ 142G, DJ 106T, DJ 106G, DJ 106C, DJ 106E, DJ 106J, DJ 141, DJ 106 și DJ 106B.

Legătura între comune sau între centrul de comună și sate este asigurată prin drumurile comunale, care însumează 393 km în județul Sibiu. Între 2015 și 2019, lungimea drumurilor comunale din județ a scăzut cu 10,1%, în timp ce în regiunea Centru și în România a crescut cu 7,5% și, respectiv, 1,4%. În județul Sibiu, 30,5% din drumurile comunale sunt modernizate, o valoare superioară mediei regionale (19,9%) și naționale (18,9%). Drumurile cu îmbrăcăminte ușoară rutieră reprezintă 32,3% din totalul drumurilor comunale, cele pietruite 8,4% și cele din pământ 28,7%. Drumurile comunale de pământ, care constituie peste 25% din total, îngreunează accesul între centrele de comună și satele aparținătoare, precum și accesul la drumurile naționale și județene [53][54].

Există disparități semnificative între ponderea drumurilor naționale modernizate și cea a drumurilor județene și comunale, atât la nivel județean, cât și regional. În 2019, ponderea drumurilor naționale modernizate în județul Sibiu era de 100%, iar la nivel regional de 95%. În schimb, ponderea drumurilor județene și comunale modernizate era de 55,9% la nivel județean și de 38,2% la nivel regional [54].

Un procent de 44,1% din lungimea drumurilor județene și comunale nemodernizate nu oferă o suprafață de rulare corespunzătoare pentru un trafic sigur și confortabil. Aceste drumuri pot deveni

impracticabile în anumite perioade, în special în anotimpul rece, ducând la cvasi-izolarea localităților deservite. De asemenea, lățimea insuficientă a drumurilor este problematică din cauza frontului îngust al limitei de proprietate. În zonele montane ale județului Sibiu, rețeaua de drumuri este redusă și insuficient modernizată, afectând negativ potențialul turistic al localităților. Programele de modernizare a drumurilor județene derulate în ultimii ani au dus la creșterea lungimii drumurilor modernizate, ajungând în 2021 la 76,4% din totalul drumurilor județene [53][54].

Alte probleme întâlnite în infrastructura de transport rutier includ lipsa sau starea precară a trotuarelor de pe drumurile județene sau comunale, inundarea unor drumuri publice din cauza colmatării sau lipsei sistemelor de drenaj a apelor pluviale, starea necorespunzătoare a parcărilor de-a lungul drumurilor sau absența acestora, precum și insuficienta dezvoltare a rețelei de piste și trasee pentru bicicliști [54].

Conform rezultatelor colectate prin sondaje, interviuri și grupuri de discuții pentru domeniul infrastructurii, se observă necesitatea îmbunătățirii generale a stării drumurilor pentru a îmbunătăți accesibilitatea, mobilitatea și confortul pentru populație și mărfuri, pentru a reduce numărul de accidente și a îmbunătăți viteza de trafic, precum și pentru a stimula potențialul socio-economic al localităților din județul Sibiu [54].

Analiza stării de viabilitate a podurilor amplasate pe drumurile județene, furnizată de Consiliul Județean Sibiu, indică următoarele concluzii: din totalul de 188 de poduri, 68 (36%) sunt în stare foarte bună, 78 (42%) sunt în stare bună, 28 (15%) sunt în stare satisfăcătoare, iar 14 (7%) sunt în stare nesatisfăcătoare. Podurile cu starea tehnică foarte bună și bună necesită doar activități de întreținere curentă și mici reparații, cele cu starea satisfăcătoare necesită reparații sau consolidări mai consistente, iar cele cu starea nesatisfăcătoare necesită lucrări de reabilitare sau refacere totală. În prezent, unele poduri și drumuri județene sunt în curs de modernizare sau au fost deja modernizate [53][54].

În ceea ce privește podurile de pe drumurile comunale, datele recente lipsesc, fiind utilizate informațiile existente în Masterplanul infrastructurii rutiere din județul Sibiu. Analiza a inclus 40 de poduri, din care 13 (32,5%) au o stare tehnică bună sau foarte bună, 12 (30%) au o stare satisfăcătoare, iar 15 (37,5%) au o stare nesatisfăcătoare sau rea, necesitând intervenții urgente pentru reabilitare sau reconstrucție totală [53][54].

Autobuzele cu pile de combustie pe bază de hidrogen devin tot mai răspândite în orașele din întreaga lume, în principal datorită emisiilor zero la țeava de eșapament, care produc doar vapori de apă. Acest lucru reduce semnificativ poluarea aerului urban, oferind beneficii substanțiale pentru sănătate prin atenuarea problemelor respiratorii și cardiovasculare asociate cu evacuarea motorinei [55].

Autobuzele pe bază de hidrogen oferă avantaje practice față de autobuzele electrice cu baterii, cum ar fi o autonomie mai mare și timpi de realimentare mai scurți. Un autobuz cu hidrogen poate fi realimentat în mai puțin de zece minute, similar unui autobuz diesel, ceea ce îl face foarte potrivit pentru rute lungi și funcționare continuă, fără timpii de nefuncționare asociați cu încărcarea bateriei. De exemplu, Londra și

Los Angeles au integrat deja autobuze cu hidrogen în flotele lor, demonstrând viabilitatea și eficiența acestora [55].

În ceea ce privește transportul în comun la nivelul județului Sibiu, Tursib SA se remarcă prin serviciile oferite, deservind peste 200000 de locuitori ai municipiului Sibiu și a zonelor limitrofe, pe o suprafață de 121 km^2.

Planul de transport al Tursib SA este organizat astfel:

- Trasee principale: 1, 2, 3, 5 pe care se circulă cu o frecvență între 7 și 10 minute la orele de vârf;
- Trasee secundare: 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 pe care se circulă cu o frecvenţă de 20 minute la orele vârf;
- Trasee profesionale: 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118 care deservesc în principal agenții economici din zonele industriale;
- Trasee elevi: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8
- Traseu turistic: 22, care se execută cu un autobuz, între Sibiu şi Păltiniş.
- Societatea execută programele de circulaţie cu 123 autobuze şi încă 5 minibuze electrice, care parcurg zilnic peste 19300 km şi transportă în medie peste 103000 călători pe zi [56].

Vehiculele cu pile de combustie pe bază de hidrogen (HFCV) oferă o alternativă promițătoare la vehiculele electrice cu baterii (BEV), în special pentru uz privat și comercial. Producători auto precum Toyota și Hyundai au dezvoltat mașini cu propulsie pe hidrogen care oferă beneficiile grupurilor motopropulsoare electrice, cu comoditatea realimentării rapide și a autonomiei mai mari. Aceste vehicule sunt potrivite în special pentru utilizatorii care necesită timpi de întoarcere rapidă și distanțe de deplasare mai lungi, fără opriri frecvente pentru reîncărcare.

Pentru vehiculele grele, cum ar fi camioanele și autobuzele, pilele de combustie cu hidrogen sunt o soluție practică. Aceste vehicule necesită o densitate mare de energie și realimentare rapidă, domenii în care hidrogenul excelează. Companii precum Nikola și Daimler dezvoltă camioane cu propulsie pe hidrogen care pot parcurge distanțe lungi cu timp de nefuncționare minim, ceea ce le face ideale pentru operațiunile de logistică și transport de marfă.

Un studiu cuprinzător care analizează cererea potențială de hidrogen în sectorul transporturilor în 14 țări evidențiază o creștere semnificativă în viitor. Acest studiu prognozează că cererea de hidrogen în transportul rutier va crește substanțial până în 2050, determinată de politicile de sprijin și de progresele tehnologice. De exemplu, țări precum Japonia și Coreea de Sud investesc masiv în infrastructura de hidrogen și stabilesc obiective ambițioase pentru implementarea vehiculelor cu hidrogen [55].

În ciuda perspectivelor promițătoare, trebuie abordate mai multe provocări:

- Costuri ridicate de producție: Producerea hidrogenului, în special prin electroliză, este în prezent mai scumpă decât combustibilii convenționali. Cu toate acestea, se așteaptă ca progresele în tehnologiile energiei regenerabile să reducă aceste costuri în timp. Utilizarea energiei

regenerabile excedentare pentru producerea de hidrogen poate reduce, de asemenea, amprenta totală de carbon.

- Depozitare și distribuție: Depozitarea și distribuția eficientă a hidrogenului rămân provocări cheie. Diferite metode de stocare, cum ar fi hidrogenul gazos comprimat, hidrogenul lichid și purtătorii de hidrogen organic lichid (LOHC), oferă diverse avantaje și provocări. De exemplu, hidrogenul lichid este rentabil pentru transportul pe distanțe lungi, în timp ce hidrogenul comprimat este mai potrivit pentru distanțe mai scurte.
- Durabilitate și fiabilitate: Îmbunătățirea durabilității și fiabilității sistemelor de pile de combustie cu hidrogen este crucială. Cercetarea și dezvoltarea continuă sunt esențiale pentru a îmbunătăți durata de viață și performanța acestor sisteme în condiții reale.

Viitorul hidrogenului în transporturi pare promițător, cu investiții și politici de sprijin din ce în ce mai mari la nivel mondial. Guvernele joacă un rol esențial prin finanțarea proiectelor de infrastructură, oferirea de stimulente pentru adoptarea vehiculelor cu hidrogen și stabilirea de cadre de reglementare care încurajează trecerea la energie curată.

Se așteaptă ca progresele tehnologice în curs să facă din hidrogen o opțiune mai competitivă. Inovațiile în producția de hidrogen, stocarea și tehnologia pilelor de combustie vor reduce costurile și vor îmbunătăți eficiența, stimulând și mai mult adoptarea vehiculelor cu hidrogen.

Creșterea gradului de conștientizare a publicului cu privire la beneficiile hidrogenului și demonstrarea siguranței și fiabilității acestuia sunt cruciale pentru a obține o acceptare mai largă. Acceptarea publicului va fi întărită pe măsură ce mai multe vehicule cu hidrogen sunt implementate și infrastructura se extinde, demonstrând caracterul practic și beneficiile hidrogenului ca sursă de energie curată.

În concluzie, hidrogenul are potențialul de a revoluționa transportul public și vehiculele rutiere, oferind o alternativă durabilă și eficientă la combustibilii fosili. Deși rămân provocări, eforturile combinate ale guvernelor, industriei și instituțiilor de cercetare deschid calea către un viitor bazat pe hidrogen. Prin abordarea nevoilor de infrastructură și reducerea costurilor de producție, hidrogenul poate juca un rol central în atingerea obiectivelor climatice globale și transformarea sectorului transporturilor într-o industrie mai curată și mai durabilă.

Transport feroviar

Județul Sibiu este conectat la Coridorul pan-european IV feroviar, care traversează Europa de la Nurnberg la Praga, Viena, Budapesta, Curtici, Simeria, Sighișoara, Brașov, și până la București și Constanța. De asemenea, este integrat în rețeaua feroviară TEN-T Core (Principală) prin intermediul Coridorului Rin-Dunăre, care străbate traseul de la frontieră, Curtici, Arad, Braşov, Bucureşti și până la Constanța, însumând 880 km. Conexiunea la rețeaua feroviară TEN-T Comprehensive (Extinsă) este asigurată prin coridorul Sebeș-Sibiu-Pitești-București [54].

Infrastructura feroviară din județul Sibiu include următoarele căi ferate principale:

- Magistrala 300: care parcurge traseul București - Ploiești - Brașov - Sighișoara - Blaj - Cluj Napoca - Oradea - Episcopia Bihorului, cu o lungime de 47,98 km în teritoriul județului Sibiu;
- Linia 203: care leagă Caracal de Copșa Mică, întinzându-se pe o distanță de 68,759 km în județul Sibiu;
- Linia 205: care conectează Brașovul cu Podu Olt, având o lungime de 33,99 km în județ;
- Linia 210: ce merge de la Sibiu până la Vințu de Jos, pe o distanță de 58,3 km pe teritoriul județului Sibiu.
- Linia 201: Sibiu – Agnita– linie cu ecartament îngust – nefuncțională din anul 2001.

Începând din anul 2005, s-au inițiat demersurile pentru includerea liniei de cale ferată Sibiu-Agnita și a gărilor asociate în lista monumentelor istorice, inițiativă susținută de Asociația „Valea Hârtibaciului", cu sprijinul Trustului „Mihai Eminescu". Linia de cale ferată a fost clasificată ca monument istoric, fiind încadrată în categoria ansamblului, grupa B, cod SB-II-a-B-20923, conform Listei Monumentelor Istorice. În 2007, Asociația de Dezvoltare Intercomunitară „Consorțiul de Dezvoltare Interregională Sibiu-Agnita" a obținut concesionarea liniei de cale ferată pentru o perioadă de 25 de ani. Ulterior, din anul 2009, Asociația "Prietenii Mocăniței" s-a implicat activ în reactivarea mocăniței, obținând finanțare pentru achiziționarea unei locomotive cu abur și recondiționarea a două vagoane, prin intermediul Grupului de Acțiune Locală Microregiunea Hârtibaciu. În prezent, un tren cu abur circulă ocazional pe traseul Hosman - Cornățel - Hosman (14 km) [54].

În județul Sibiu există trei noduri feroviare la Sibiu, Copșa Mică și Podul Olt, care asigură legături la nivel național și internațional cu Europa Centrală și de Vest. În 2019, gara Sibiu a înregistrat sosirea a 36 de trenuri și expedierea a 38 de trenuri, gara Copșa Mică a avut sosirea a 30 de trenuri și expedierea a 30 de trenuri, iar gara Podul Olt a avut sosirea și expedierea a câte 30 de trenuri. De asemenea, gara Tălmaciu a avut un tranzit semnificativ de 33 de trenuri sosite și 33 de trenuri expediate pe zi [54].

În 2019, conform datelor furnizate de SRCF Brașov, lungimea totală a liniilor de cale ferată din județul Sibiu a fost de 303.431 km, incluzând linii simple neelectrificate, linii duble neelectrificate, linii duble electrificate, linii încălecate și liniile în stații. Starea tehnică a rețelei este considerată bună, fiind corespunzătoare vitezelor de circulație. Densitatea liniilor de cale ferată la 100 km2 în județul Sibiu a fost de 2,7 km/100 km2 în 2019, situându-se sub media națională și regională, din cauza reliefului predominant deluros și muntos al județului. De asemenea, doar 29,5% din liniile de cale ferată din județ sunt electrificate, ceea ce indică necesitatea modernizării infrastructurii feroviare. Scăderea numărului de călători în gările județului în ultimii 4 ani se datorează unor factori precum condițiile de transport sub standard, timpii mari de călătorie, vitezele reduse de circulație și întârzierile față de orar, în contextul subfinanțării acestui tip de transport [54].

În ultimii ani s-au desfășurat mai multe proiecte de reabilitare la diferitele gări din județul Sibiu: Avrig (reabilitare clădire gară - 2017), Copșa Mică (modernizare peroane acoperite, peroane înalte, tunel pietonal, linii - 2018), Dumbrăveni (modernizare peroane acoperite, peroane înalte, tunel pietonal, linii - 2018), Mediaș (modernizare peroane acoperite, peroane înalte, tunel pietonal, linii - 2018), Miercurea Sibiului (modernizare peroane înalte și linii - 2016), Sibiu (reabilitare clădire gară - 2014, modernizare peroane acoperite și tunel pietonal - 2019) și Tălmaciu (modernizare peroane înalte și linii – 2019) [54].

Reabilitarea și modernizarea infrastructurii feroviare în cadrul rețelei TEN-T va avea un impact semnificativ asupra accesibilității și mobilității în județul Sibiu. Strategia pentru dezvoltarea infrastructurii feroviare 2018-2022 include proiecte importante cu impact pozitiv asupra județului Sibiu, cum ar fi "Reabilitarea liniei de cale ferată Sibiu-Vințu de Jos" și "Reabilitarea tronsonului Sighișoara – Coșlariu". În Planul de investiții pentru dezvoltarea infrastructurii de transport pe perioada 2020-2030 al Ministerului Transporturilor, este prevăzut și proiectul pentru trenul metropolitan în județul Sibiu [54].

În contextul eforturilor de combatere a schimbărilor climatice și reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră, transportul feroviar este un domeniu în care utilizarea hidrogenului ca sursă de energie curată devine din ce în ce mai relevantă [57].

Una dintre cele mai mari provocări ale transportului feroviar tradițional este reprezentată de emisiile de carbon generate de motoarele diesel. Utilizarea hidrogenului ca sursă de energie în trenuri electrice cu pile de combustie poate contribui la reducerea semnificativă a acestor emisii, ajutând la îndeplinirea obiectivelor europene și naționale de reducere a emisiilor de carbon. Trenurile electrice cu pile de combustie alimentate cu hidrogen beneficiază de o eficiență energetică mai mare în comparație cu trenurile diesel sau chiar cu cele alimentate cu energie electrică provenită din surse neregenerabile. Acest lucru se datorează procesului electrochimic prin care hidrogenul este transformat în energie electrică, utilizată ulterior pentru propulsarea trenului. Trenurile cu hidrogen oferă o autonomie mai mare în comparație cu trenurile cu baterii, deoarece hidrogenul poate fi stocat în recipiente de presiune și alimentat rapid în timpul opririlor la stații. Trenurile cu hidrogen necesită mai puțină infrastructură în comparație cu sistemele de electrificare a liniilor ferate. Acest lucru face ca implementarea lor să fie mai convenabilă și mai puțin costisitoare, mai ales în zonele în care infrastructura feroviară este încă în curs de dezvoltare [57].

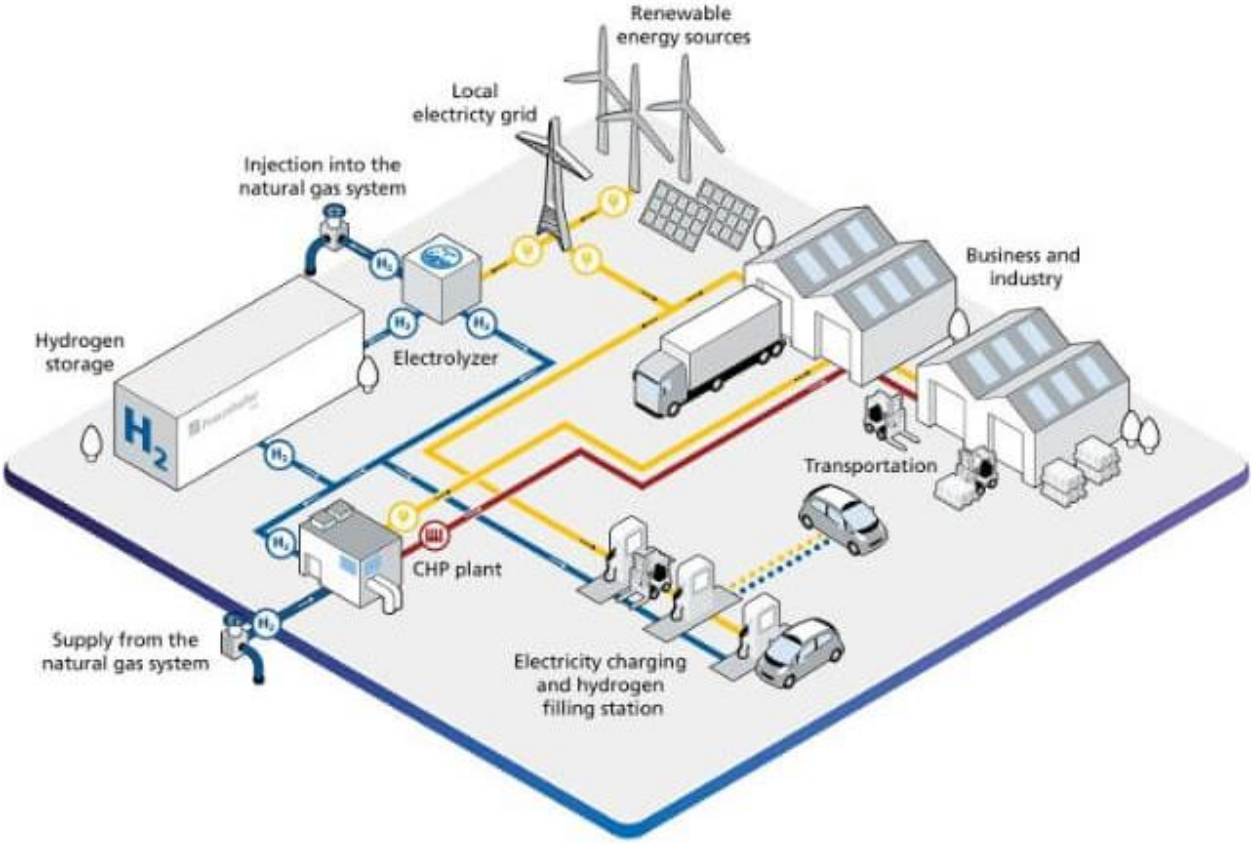
Unul dintre principalele obstacole în calea utilizării hidrogenului în transportul feroviar este legat de aspecte economice. Costurile inițiale de achiziție a trenurilor cu hidrogen sunt încă relativ ridicate în comparație cu trenurile diesel sau cu cele electrice convenționale. Deși costurile tehnologiei hidrogenului au început să scadă treptat odată cu avansarea tehnologică, ele rămân încă un obstacol major pentru implementarea largă a acestor trenuri. Siguranța este o preocupare majoră în ceea ce privește utilizarea hidrogenului ca sursă de energie în transportul feroviar. Deși hidrogenul este un gaz inflamabil, standardele stricte de siguranță și tehnologiile de gestionare a riscurilor pot minimiza riscurile asociate cu manipularea și stocarea hidrogenului [57].

În ciuda provocărilor, trenurile cu hidrogen reprezintă o soluție promițătoare pentru viitorul transportului feroviar, oferind beneficii semnificative în ceea ce privește reducerea emisiilor de carbon și utilizarea energiei regenerabile. Cu sprijinul adecvat din partea industriei, a guvernelor și a comunității științifice, este posibil să vedem o extindere semnificativă a utilizării hidrogenului în transportul feroviar în deceniile următoare [57].

5. Arhitectura sistemului integrat de producție, stocare și distribuție de hidrogen

În Figura 26 este ilustrată arhitectura unui sistem de producție, stocare și distribuție a hidrogenului, utilizând electroliza ca tehnologie principală. Acest sistem este conceput pentru a se integra perfect în infrastructura existentă și a răspunde unei varietăți de aplicații.

Fig. 26 ARHITECTURA UNUI SISTEM DE PRODUCȚIE, STOCARE ȘI DISTRIBUȚIE A HIDROGENULUI [58]



Uzina de producție de hidrogen - Electrolizor

În centrul sistemului se află uzina de electroliză, o instalație care valorifică sursele de energie regenerabilă, precum energia eoliană și solară, pentru a produce hidrogen verde. Electroliza este un proces prin care apa (H_2O) este descompusă în elementele sale constitutive, hidrogen (H_2) și oxigen (O_2), folosind electricitate. În acest sistem, energia regenerabilă alimentează acest proces, asigurând un ciclu de producție a hidrogenului sustenabil și cu emisii reduse de carbon [59].

Electrolizorul, componenta centrală a uzinei, găzduiește celulele electrochimice unde are loc reacția de descompunere a apei. Electricitatea regenerabilă este introdusă în aceste celule, conducând la separarea hidrogenului și oxigenului. Oxigenul produs poate fi eliberat în atmosferă sau potențial utilizat în alte scopuri industriale [59].

Stocarea Hidrogenului

Hidrogenul produs în uzina de electroliză este apoi direcționat către unitatea de stocare a hidrogenului. Stocarea eficientă și sigură este crucială pentru succesul general al sistemului din cauza naturii intermitente a surselor de energie regenerabilă. Instalația de stocare poate consta în diverse tehnologii, fiecare cu avantajele și dezavantajele sale:

Stocarea Gazului Comprimat: Hidrogenul este stocat sub presiune ridicată în rezervoare specializate. Această metodă este potrivită pentru aplicații la scară mică și oferă o eliberare rapidă a hidrogenului atunci când este necesar [59].

Stocarea Hidrogenului Lichid: Hidrogenul este răcit la temperaturi extrem de scăzute (-253°C) pentru a-l transforma într-o stare lichidă, crescând semnificativ densitatea sa energetică pe unitate de volum. Această abordare este ideală pentru stocarea la scară largă și transportul pe distanțe lungi [59].

Stocarea Bazată pe Materiale: Hidrogenul este absorbit în materiale specifice, cum ar fi hidrurile metalice, care eliberează hidrogenul atunci când sunt încălzite. Această tehnologie este încă în curs de dezvoltare, dar arată potențial pentru soluții de stocare compacte și sigure [59].

Alegerea tehnologiei de stocare depinde de factori precum scara sistemului, capacitatea de stocare necesară și utilizarea prevăzută a hidrogenului [59].

Distribuția Hidrogenului

Rețeaua de distribuție din cadrul sistemului este concepută pentru a răspunde diverselor aplicații, de la utilizarea industrială la transport:

Injectarea în Sistemul de Gaze Naturale: O parte din hidrogenul produs poate fi injectat în rețeaua existentă de conducte de gaze naturale. Această abordare de "amestecare" permite introducerea treptată a hidrogenului ca sursă de combustibil în industrii și gospodării, minimizând în același timp modificările infrastructurii [59].

Afaceri și Industrie: Industriile cu cerințe energetice ridicate, cum ar fi fabricile chimice și rafinăriile, pot primi direct hidrogen pentru diverse procese, inclusiv producția de amoniac și fabricarea oțelului [59].

Transport: Stațiile de alimentare cu hidrogen oferă o sursă de energie curată pentru vehiculele electrice cu pile de combustie (FCEV), care emit doar vapori de apă. Diagrama prezintă camioane care transportă hidrogen către aceste stații, permițând dezvoltarea unei rețele de transport bazate pe hidrogen [59].

Uzina CHP: O uzină de cogenerare (CHP) utilizează hidrogenul pentru a genera atât electricitate, cât și căldură. Acest proces poate fi extrem de eficient, oferind resurse energetice valoroase pentru comunitățile locale sau industrii [59].

Caracteristici Suplimentare

Sistemul încorporează câteva caracteristici suplimentare pentru a-și îmbunătăți flexibilitatea și eficiența:

Rețeaua Electrică Locală: Uzina de electroliză poate alimenta excesul de electricitate generat din surse regenerabile în rețeaua locală, contribuind la stabilitatea rețelei și reducând dependența de centralele electrice pe bază de combustibili fosili [59].

Alimentare din Sistemul de Gaze Naturale: În cazurile de disponibilitate redusă a energiei regenerabile sau cerere mare, sistemul poate extrage gaze naturale pentru a menține funcționarea centralei CHP. Acest flux bidirecțional asigură o furnizare fiabilă de energie [59].

Întregul sistem al uzinei de electroliză a hidrogenului, stocare și distribuție reprezintă o abordare holistică pentru decarbonizarea sectorului energetic. Prin valorificarea energiei regenerabile, producerea de hidrogen verde și integrarea cu infrastructura existentă, acest sistem prezintă o soluție durabilă și scalabilă pentru un viitor alimentat de energie curată [59].

5.1. Siguranța în implementarea stațiilor de producție și distribuție de hidrogen

Stațiile de producție și distribuție de hidrogen necesită o evaluare a riscurilor pentru a acoperi riscurile de siguranță asociate cu incendiu și explozie, riscurile pentru sănătate și riscurile pentru mediu. Aceste evaluări ale riscurilor vor identifica măsurile de control care trebuie puse în aplicare pentru a asigura un nivel adecvat de siguranță publică pentru instalația propusă [60].

Evaluarea riscurilor pentru instalații trebuie să includă o analiză temeinică a principalelor pericole de accident prezentate de distribuția și stocarea hidrogenului la fața locului și să identifice controale adecvate și planuri de urgență [60].

Unele dintre proprietățile hidrogenului oferă beneficii de siguranță comparativ cu benzina sau alte combustibili. Cu toate acestea, toate combustibilile inflamabile trebuie manipulate cu responsabilitate. La fel ca benzina și gazul natural, hidrogenul este inflamabil și se poate comporta periculos în condiții specifice. Hidrogenul poate fi manipulat în siguranță atunci când sunt respectate linii directoare simple și utilizatorul are o înțelegere a comportamentului său. Hidrogenul este de obicei distribuit sub formă gazoasă, dar poate fi stocat pe amplasamente în formă gazoasă sau lichid [60].

Puncte critice de luat în considerare în evaluările de risc:

Hidrogenul este un gaz extrem de penetrant, incolor, care poate curge prin îmbinări considerate etanșe la azot. Prin urmare, pot fi necesare tehnici stricte de îmbinare, cum ar fi conexiuni specializate [60].

- Hidrogenul este un gaz extrem de ușor care se va acumula cu ușurință la nivel înalt, prin urmare este necesară o ventilație adecvată în locuri precum acoperișul unei încăperi de depozitare sau copertina de deasupra unui dozator, pentru a preveni acumularea de gaz care ar putea forma o atmosferă potențial explozivă.
- Distanțele de separare pentru instalațiile cu hidrogen necesită o atenție deosebită la distanțele verticale.
- Echipamentele electrice din zonele periculoase cu hidrogen trebuie să fie certificate pentru grupul specific de gaze, ținându-se cont de toate gazele inflamabile care pot fi prezente.
- Este necesară o cantitate foarte mică de energie pentru a aprinde un nor inflamabil de gaz hidrogen. Hidrogenul se poate aprinde spontan în caz de scurgere sau în caz de deschidere a unui dispozitiv de siguranță.
- Energia scăzută de aprindere necesită o atenție deosebită controlului electricității statice. Toate componentele metalice, conductele și echipamentele trebuie să fie legate și împământate acolo unde există posibilitatea de descărcare electrostatică.
- Flăcările de hidrogen sunt aproape invizibile și produc foarte puțină căldură radiantă. Abordarea lor trebuie făcută cu precauție. În comparație cu arderea hidrocarburilor, flăcările de hidrogen radiază mult mai puțină căldură, astfel încât percepția umană asupra acestei călduri nu are loc până la contactul direct cu flacăra.
- Conductele scoase din uz trebuie purjate cu gaz inert până când concentrația reziduală de hidrogen este sub 1% și purjate în funcțiune cu un gaz inert până când tot oxigenul rezidual este eliminat. Deși hidrogenul nu este toxic, o atmosferă îmbogățită cu hidrogen poate provoca asfixierea prin epuizarea oxigenului.

Principiile de amplasament

Amplasamentul amplasamentului trebuie pregătit ținând cont de următoarele:

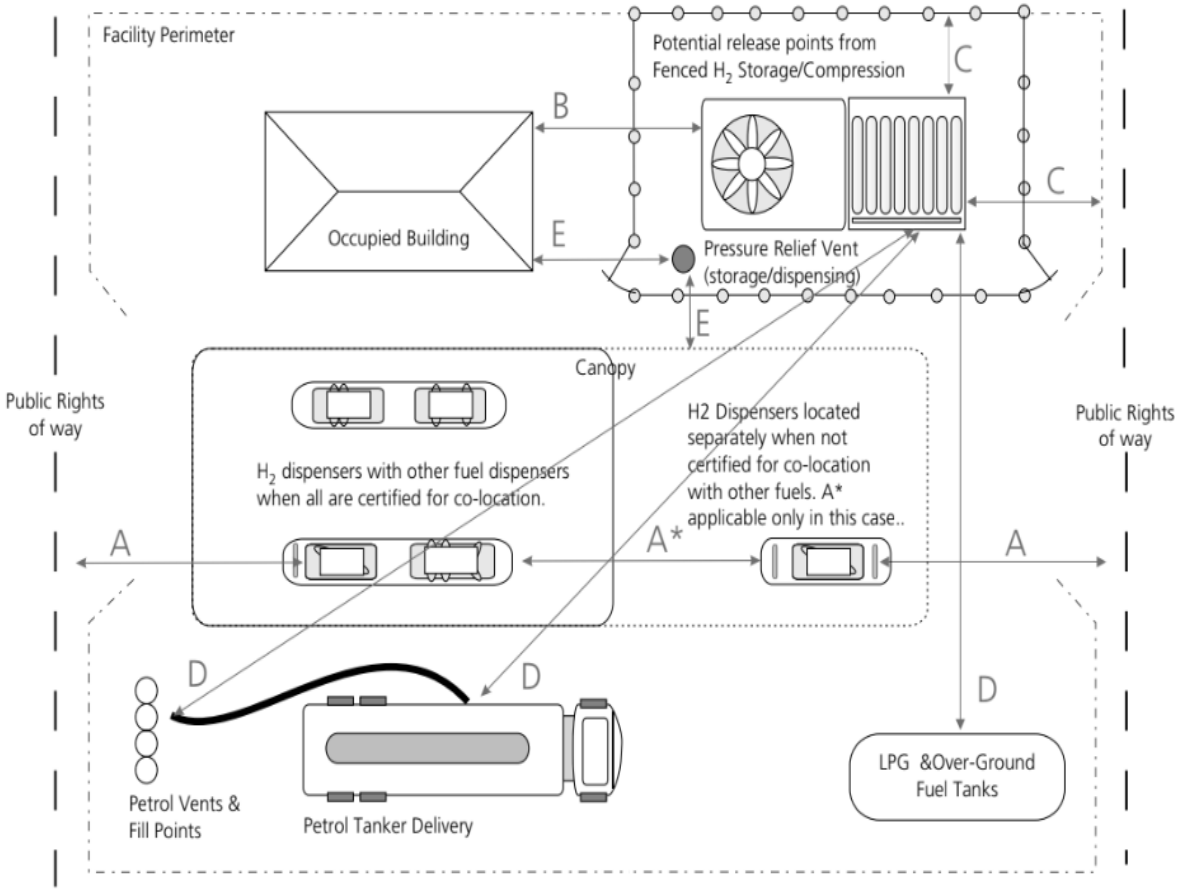
- zone periculoase
- distanțe de separare
- accesul și ieșirea vehiculelor și pietonilor
- operațiuni de mentenanță
- accesul și ieșirile de urgență
- captarea scurgerilor

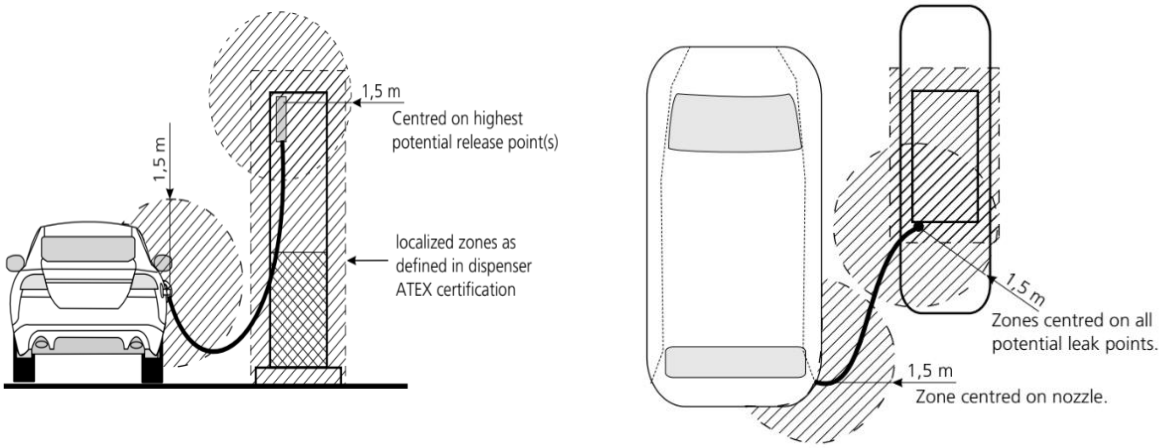
În Europa, instalațiile de producere și distribuție a hidrogenului au fost integrate în planul urbanistic de detaliu, fiind exploatate în condiții de siguranță, amplasate conform imaginilor de mai jos.

Tabel 3 DISTANȚE DE SIGURANȚĂ [60]

	Distanțe de siguranță pentru stațiile de alimentare cu hidrogen	**Distanță minimă**
A	De la dispensor la clădiri ocupate, zone publice, autostrăzi și potențiale surse de aprindere	1.5 m sau amprenta la sol a vehiculului alimentat + 1.5m
B	Potenţiale puncte de eliberare față de echipamentele de stocare sau comprimare	5m
C	Echipamente de stocare și comprimare față de zone pietonale sau publice	5m
D	Alte zone de distribuție a gazelor periculoase sau a altor tipuri de combustibili	8m

Fig. 27 DISTANȚE DE SIGURANȚĂ ÎN CAZUL ZONELOR DE DISTRIBUȚIE A HIDROGENUNLUI CĂTRE AUTOVEHICULE [60]





5.2. Exemple de bune practici

Fig. 28 OMV SHUTTLEWORTHSTRAßE 10 1210 VIENA (AUSTRIA) [63]

Fig. 29 SHELL ROTHENBACHSTR. 1 13089 BERLIN (GERMANIA) [64]

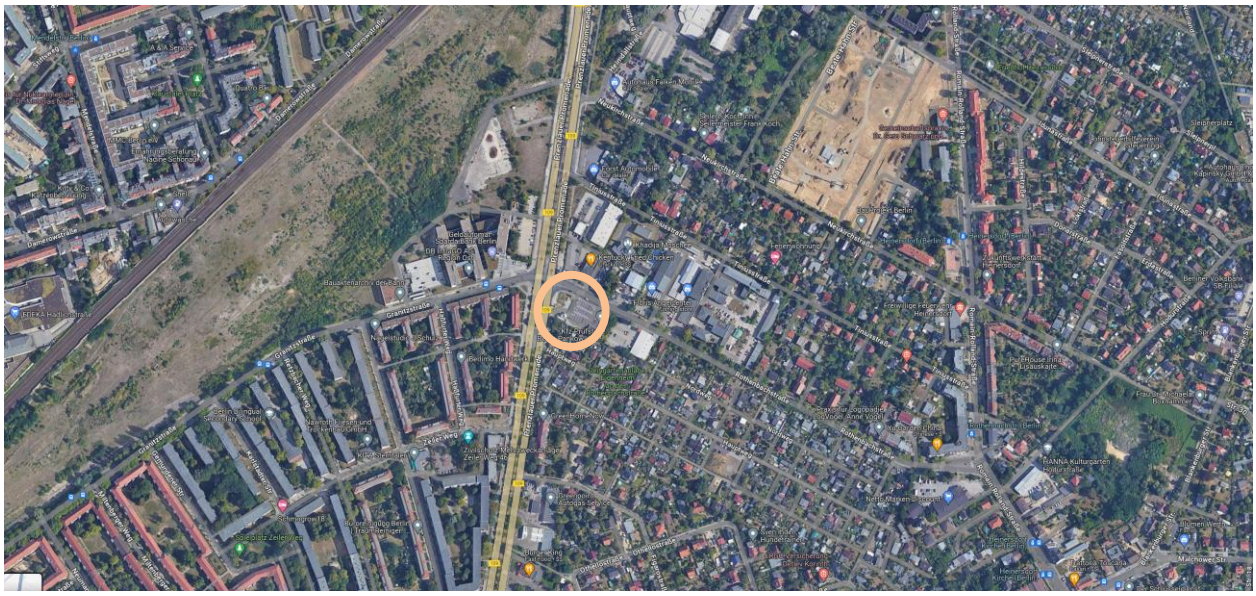


Fig. 30 OMV OSTBAHNSTRAßE 10 8041 GRAZ (AUSTRIA) [65]

Fig. 31 ZOFINGEN - AGROLA TOPSHOP & CARWASH, BLEICHEWEG 6, 4800 ZOFINGEN, (ELVETIA) [66]

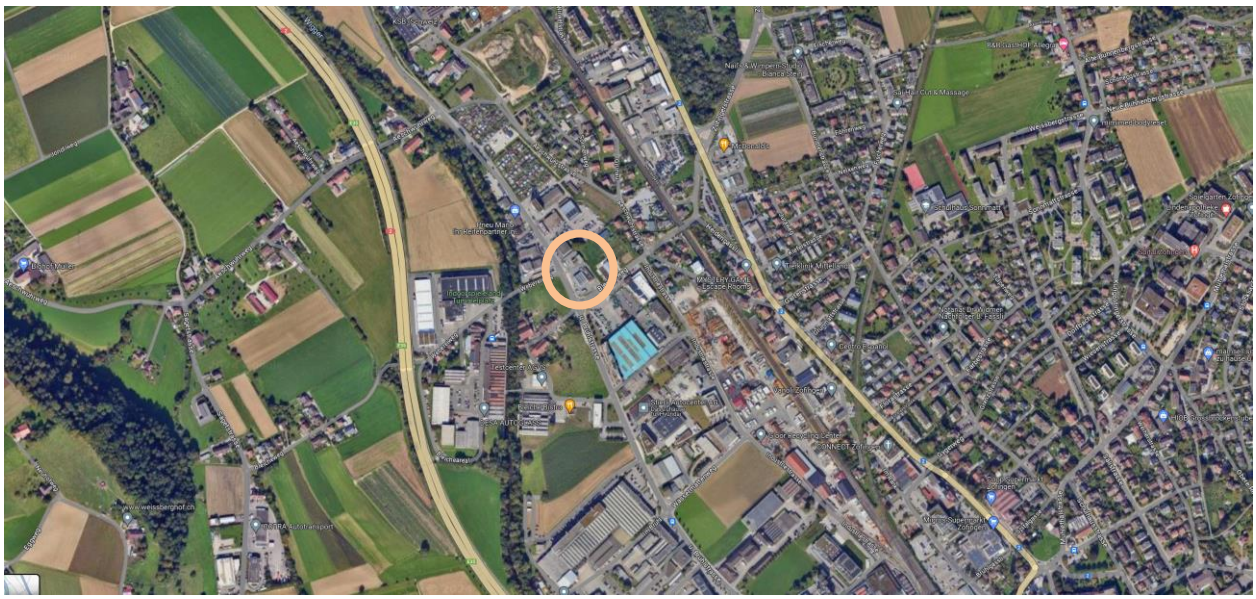


Fig. 32 ORLEN, PRAHA BARRANDOV, K BARRANDOVU 1136, 152 00 PRAHA 5, (CEHIA)[67]

Fig. 33 HYDROGEN REFUELLING STATION, BUS STATION, MONMOUTH RD, ABERGAVENNY NP7 5HF, MAREA BRITANIE [68]

6. Prezentarea scenariilor considerate

6.1. Scenariul 1

În acest scenariu a fost analizată varianta în care amplasăm în exterior o stație de producere și alimentare cu hidrogen, care utilizează un electrolizor cu tehnologie PEM (Polymer electrolyte membrane), cât și restul echipamentelor necesare pentru comprimarea, stocarea și distribuția Hidrogenului prin intermediul dispenserelor către autobuze și autovehicule și un modul pentru alimentarea instalației de comprimare dintr-un trailer mobil sau pentru încărcarea acestuia. Tot aici va fi amplasat punctul de conexiune la rețeaua electrică de distribuție, stațiile de transformare și distribuție a energiei electrice necesare electrolizei, cât și o sursă auxiliară de energie (generator) pentru serviciile interne. Sistemul de producere a Hidrogenului prin electroliza apei, va fi montat in container, și echipat cu **Electrolizor PEM 2.5MW**, cu o capacitate de producție **1062kg H_2 /zi**.

După generare hidrogenul va fi stocat într-o unitate intermediară (buffer) la 30 bar pentru a putea fi ulterior comprimat de către unitatea de comprimare, ce îi va ridica presiunea la 200 bar, având debit minim 44.22kg/h H2 și îl va stoca în a doua unitate intermediară de stocare hidrogen (buffer) ce are o capacitate de stocare de 40.7 kg H2 la 200 bar. Din acest buffer se va alimenta cea de a doua unitate de comprimare ce va ridica presiunea hidrogenului de la 50-200 bar la o presiune de ieșire de până la 900 bar, având un debit minim 44.22kg/h.

Hidrogenul comprimat de a doua unitate va fi direcționat prin intermediul unității de gestiune a hidrogenului cu presiunea de 450 bar către unitatea de stocare hidrogen cu o capacitate de stocare de minim 240 kg H2 la presiunea de 450 bar. Din acest rezervor va fi alimentat, prin intermediul unității de gestiune a hidrogenului cu presiunea de minim 450 bar, dispenserul (pompa) utilizată pentru alimentarea cu hidrogen a autobuzelor la presiunea 350 bar cu un debit minim de 3.6 kg/min, ce este echipat cu două furtunuri de alimentare TK16 și TK 25.

Totodată în funcție de necesități unitatea de gestiune a hidrogenului cu presiunea de minim 900 bar va comanda ridicarea presiunii hidrogenului la 900 bar și îl va direcționa către unitatea de stocare hidrogen ce are o capacitate de stocare de minim 8 kg H2 la presiunea de 900 bar. Din acest rezervor va fi alimentat, prin intermediul unității de gestiune a hidrogenului cu presiunea de 900 bar, Dispenserul (pompa) pentru alimentarea cu hidrogen a autovehiculelor la presiunea 700 bar cu un debit minim de 3.6 kg/min, echipata cu un furtun de alimentare TK17 și cu sistem de plată a hidrogenului consumat.

Fabrica de hidrogen va fi prevăzută cu sistem de protecție împotriva trăsnetelor, dotări PSI, hidrant suprateran în vecinătatea acesteia, sistem de detecție staționară gaze și flacără ce va utiliza senzori cu traductor de gaz, traductor de flacără, traductor de gaz cu ultrasunete.

Pe două dintre laturi platforma va avea un zid de beton în lungime totală de 60.50 ml, grosime 0,50 m și înălțimea de 2.00 m, iar pe celelalte două laturi va fi montat un gard de protecție industrial cu lungimea totală de 60 m și înălțimea de 1.9 m prevăzut cu porți de acces în zonele necesare.

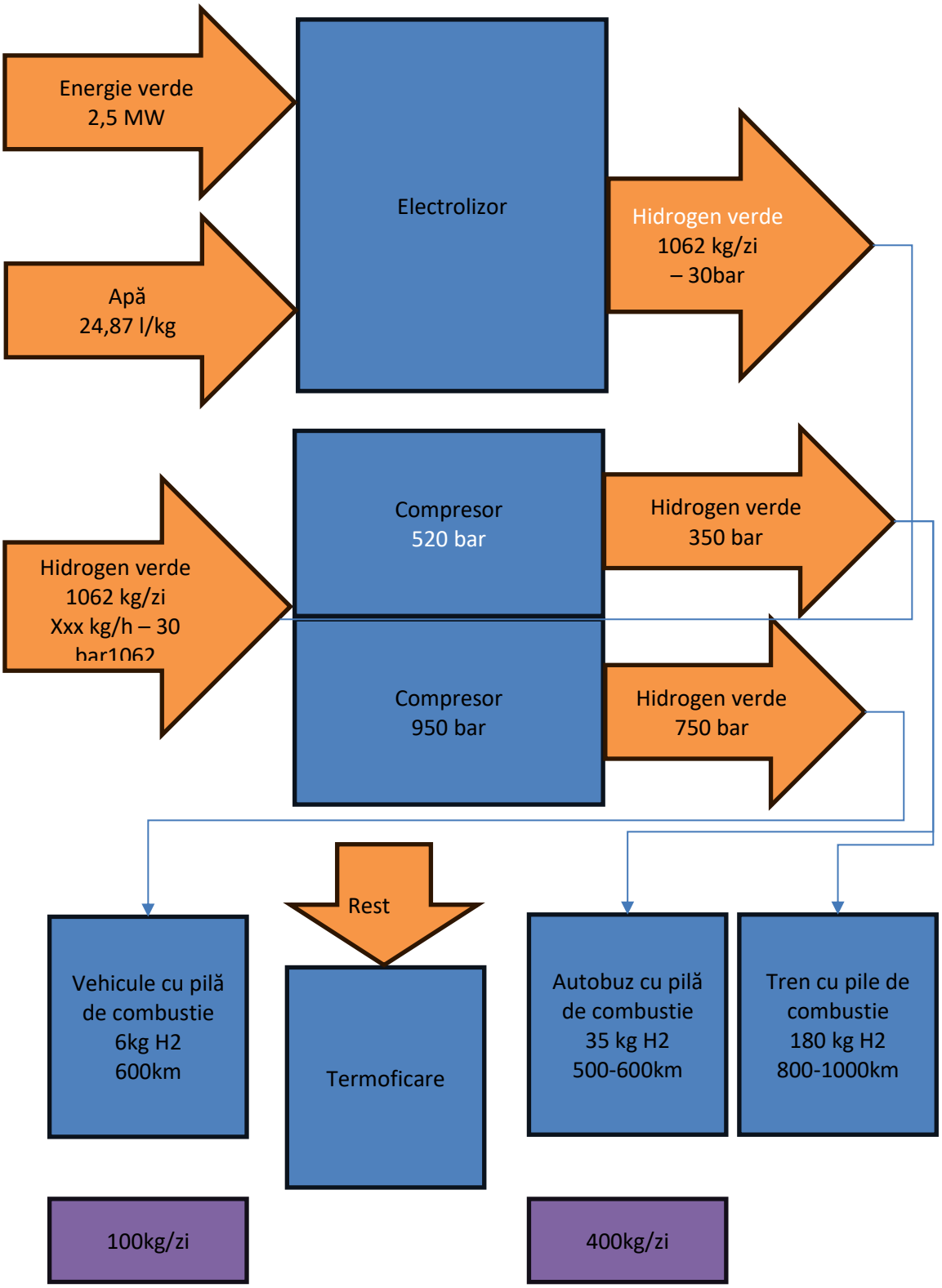
Fabrica de hidrogen propusă va avea ca echipamente după cum urmează:

- **Redresor** – ce va converti curentul de intrare alternativ de medie tensiune în curent continuu în vederea utilizării în procesul de electroliză pentru separarea ionilor de hidrogen și oxigen.
- **Electrolizor PEM** - Electrolizorul fabricii propuse va fi de tip PEM, ceea ce înseamnă că va crea o reacție folosind un polimer solid conductiv din punct de vedere ionic față de un lichid. În momentul în care tensiunea este aplicată între cei 2 electrozi, oxigenul încărcat negativ în moleculele de apă primește electroni rezultând în protoni, electroni și ioni de oxigen la anod. Ionii de hidrogen trec prin polimerul conductiv protonic unde primesc un electronic și devin atomi neutrii de hidrogen care se strâng și ajung la catod.
- **Separator Oxigen + rezervor apă** – Reprezintă rezervorul în care ajung ionii de oxigen uniți cu reziduuri de molecule de apă după procesul de electroliză. În acest rezervor, surplusul de apă este separat de ionii de oxigen și este reintrodus în electrolizor. Oxigenul generat după acest proces este eliberat în atmosferă.
- **Separator Hidrogen + rezervor apă** – Reprezintă rezervorul în care ajung ionii de hidrogen uniți cu reziduuri de molecule de apă după procesul de electroliză. În acest rezervor, surplusul de apă este separat de ionii de hidrogen și este reintrodus în electrolizor.
- **Uscător Hidrogen** – Acesta reprezintă ultima etapă în producția de hidrogen și constă în uscarea moleculelor de hidrogen pentru a se asigura o puritate a hidrogenului produs cât mai mare, în funcție de cerința pentru utilizare.

Tabel 4 DATE DE INTRARE PENTRU ESTIMAREA SCENARIULUI 1

Putere instalată fabrica de hidrogen	2.50	MW
Consum specific	52.29	kW/kg (BOL)
Producție	492.00	Nm^3 H_2/h
Producție	44.22	kg H_2/h
Consum specific de apă brută pentru Electroliză	0.025	m^3/kg
Consum specific de apă brută pentru Electroliză	24.87	l/kg
Putere calorifică inferioară hidrogen	143	MJ/kg
Valoare echipamente producere hidrogen	3,800,000.00*	Euro
Valoare echipamente comprimare, stocare, distribuție	3,400,000.00*	Euro
Costuri asociate mentenanței	1.50	%
Valoare electrolozor după 10 ani	1,520,000.00	Euro
*prețurile pot suferi variații de până la 25%, în funcție de producător (aceeași tehnologie)		

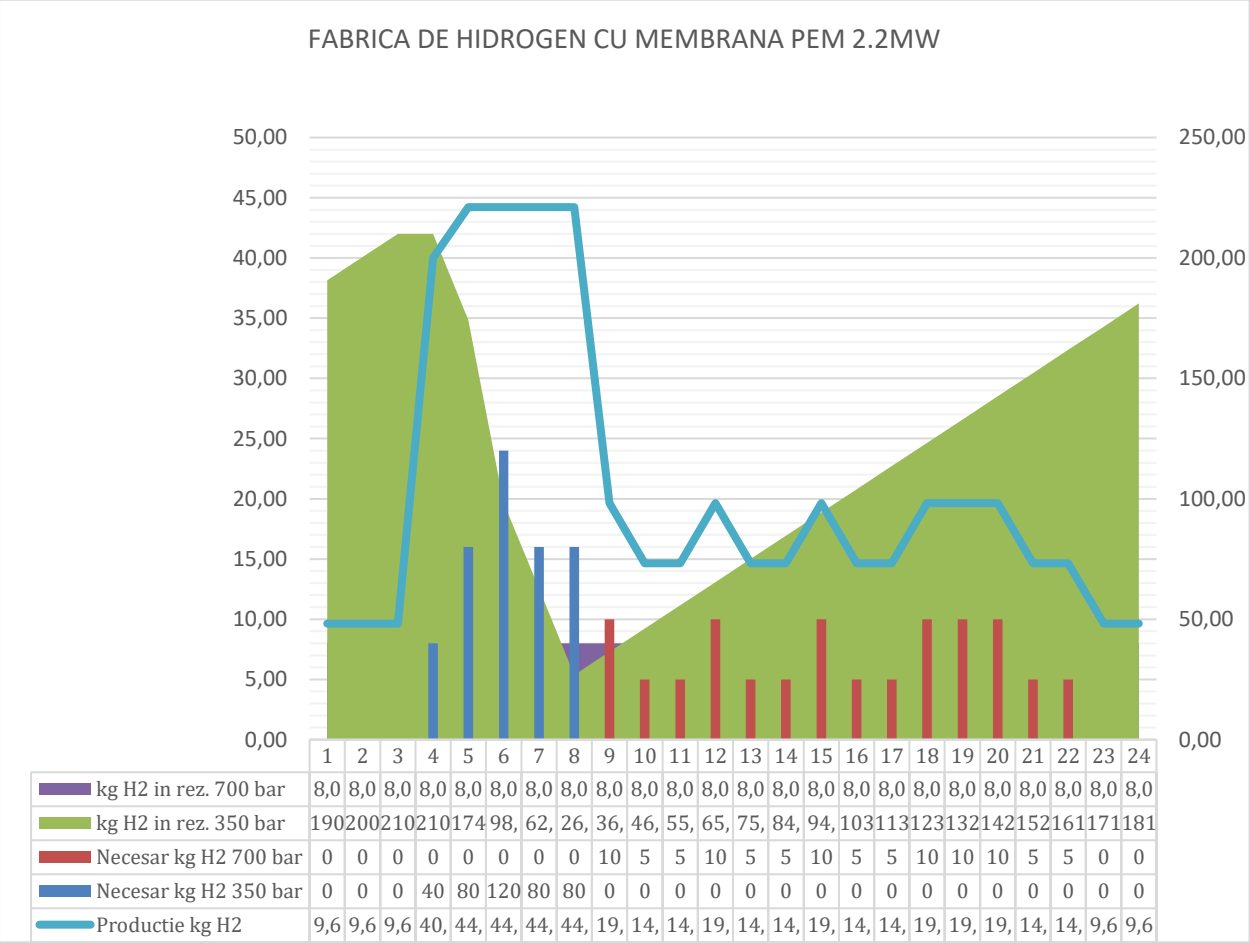
Fig. 34 SCHEMA PRODUCERII ȘI UTILIZĂRII HIDROGENULUI CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP PEM, 2.5 MW



Tabel 5 DETERMINAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PETRU MOBILITATE IN CAZUL SCENARIULUI 1

Necesar de hidrogen pentru Autobuze:		
Număr de autobuze	20	buc
Consum specific de hidrogen	10.00	kg/100km
Distanţa parcursă /zi de un autobuz	200	km
Necesar zilnic de hidrogen / autobuz	20	kg/autobuz
Volum rezervor / autobuz	40	kg
Necesar total de hidrogen / zi pentru autobuze	400	kg/zi
Necesar de hidrogen pentru Autovehicule:		
Număr de autovehicule	20	buc
Volum rezervor / autovehicul	5	kg
Necesar total de hidrogen / zi pentru autovehicule	100	kg/zi
Necesar Total de Hidrogen	500	kg/zi

Fig. 35 ESTIMAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PENTRU AUTOBUZE ŞI AUTOVEHICULE, PRODUS CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP PEM, 2.5 MW



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
kg H2 in rez. 700 bar	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
kg H2 in rez. 350 bar	190	200	210	210	174	98,	62,	26,	36,	46,	55,	65,	75,	84,	94,	103	113	123	132	142	152	161	171	181
Necesar kg H2 700 bar	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5	5	10	5	5	10	5	5	10	10	10	5	5	0	0
Necesar kg H2 350 bar	0	0	0	40	80	120	80	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Productie kg H2	9,6	9,6	9,6	40,	44,	44,	44,	44,	19,	14,	14,	19,	14,	14,	19,	14,	14,	19,	19,	19,	14,	14,	9,6	9,6

Pentru o uzină cu o capacitate redusă de 1062 kg de hidrogen pe zi, **zona Tălmaciu - Avrig** se evidențiază ca o locație potrivită, datorită potențialului său energetic diversificat, infrastructurii dezvoltate și accesului facil la piețele locale. Zona Tălmaciu - Avrig, situată la poalele Munților Făgăraș, beneficiază de un potențial energetic considerabil, în special în ceea ce privește energia eoliană și hidroenergia. În județul Sibiu, energia eoliană este concentrată în special în zonele montane înalte, unde densitatea puterii vântului poate ajunge la valori între 1000 și 2000 W/m2 la o altitudine de 100 m, conform datelor din Planul de Amenajare a Teritoriului Județean (PATJ) Sibiu. Această resursă eoliană poate fi valorificată prin instalarea de turbine eoliene, care să furnizeze energia necesară procesului de electroliză utilizat în producția de hidrogen. În plus, potențialul hidroenergetic al zonei este semnificativ, datorită prezenței râului Olt și a afluenților săi. Aceste cursuri de apă pot fi valorificate prin microhidrocentrale, care să ofere o sursă constantă de energie electrică pentru electroliză. Astfel, zona Tălmaciu - Avrig devine o locație strategică nu doar pentru producția de hidrogen, ci și pentru diversificarea mixului energetic local, reducând dependența de o singură sursă.

Un alt factor important care susține alegerea acestei locații este infrastructura energetică și de transport bine dezvoltată. Regiunea este deservită de rețele electrice de înaltă tensiune, care permit distribuția eficientă a energiei produse către uzina de hidrogen, minimizând pierderile și asigurând stabilitatea operațională. De asemenea, infrastructura rutieră și feroviară este robustă, facilitând transportul hidrogenului către piețele de desfacere. Proximitatea autostrăzii A1 și a liniei ferate Sibiu - Brașov oferă acces rapid la coridoarele de transport naționale și europene și posibilitatea integrării hidrogenului în transportul feroviar.

Amplasarea în apropierea principalelor centre industriale și de consum din județ reprezintă un alt avantaj. Orașul Sibiu, aflat la o distanță relativ mică, are o cerere potențială mare de hidrogen pentru transport și industrie. Avrig, cu o dezvoltare industrială în creștere, poate deveni, de asemenea, un consumator important, contribuind la decarbonizarea industriei locale. Integrarea uzinei în această zonă ar putea stimula dezvoltarea de clustere industriale axate pe tehnologii verzi și crea noi locuri de muncă. În plus, prezența unor mari consumatori industriali în apropiere oferă oportunități pentru utilizarea hidrogenului în procesele industriale, reducând emisiile de carbon.

Dezvoltarea unei uzine de hidrogen în zona Tălmaciu - Avrig ar avea un impact minim asupra mediului, datorită caracteristicilor naturale și infrastructurale ale regiunii. Utilizarea energiei eoliene și hidroenergetice pentru producerea de hidrogen asigură un proces durabil, fără emisii de gaze cu efect de seră. Proiectul poate include măsuri de compensare ecologică și tehnologii avansate de monitorizare a emisiilor și a consumului de apă, asigurând utilizarea eficientă a resurselor și minimizarea impactului asupra mediului.

Din punct de vedere economic, amplasarea uzinei în această zonă poate stimula dezvoltarea economică locală prin crearea de locuri de muncă și atragerea de investiții. Utilizarea hidrogenului ca sursă de energie poate reduce dependența de combustibilii fosili și contribui la stabilizarea prețurilor

energiei. Zona are, de asemenea, potențial de extindere în viitor pentru a include mai multe facilități de producție, stocare și transport al hidrogenului, sau pentru integrarea cu alte tehnologii verzi.

6.2. Scenariul 2

În acest scenariu a fost analizată varianta în care amplasăm în exterior o stație de producere și alimentare cu hidrogen, care utilizează un electrolizor cu tehnologie alcalină (ALK), cât și restul echipamentelor necesare pentru comprimarea, stocarea și distribuția Hidrogenului prin intermediul dispenserelor către autobuze și autovehicule și un modul pentru alimentarea instalației de comprimare dintr-un trailer mobil sau pentru încărcarea acestuia. Tot aici va fi amplasat punctul de conexiune la rețeaua electrică de distribuție, stațiile de transformare și distribuție a energiei electrice necesare electrolizei, cât și o sursă auxiliară de energie (generator) pentru serviciile interne. Sistemul de producere a Hidrogenului prin electroliza apei, va fi montat în container și echipat cu **Electrolizor KOH 2.2MW**, cu o capacitate de producție **864 kg H_2 /zi**. După generare hidrogenul va fi stocat într-o unitate intermediară (buffer) la 30 bar pentru a putea fi ulterior comprimat de către cele 2 unități de Comprimare, ce îi va ridica presiunea la valorile de 520 bar sau 900 bar în funcție de necesități, având debit minim 20 kg/h H2 pe fiecare unitate de comprimare.

Hidrogenul comprimat la presiunea de 520 bar va fi direcționat prin intermediul unității de gestiune a hidrogenului către unitățiile de stocare hidrogen cu o capacitate de stocare de minim 270 kg H2 la presiunea de 520 bar.Din aceste rezervoare vor fi alimentate, prin intermediul unitații de gestiune a hidrogenului, cele 2 dispensere (pompa) utilizate pentru alimentarea cu hidrogen a autobuzelor la presiunea 350 bar cu un debit minim de 3,6 kg/min, ce sunt echipate cu un furtun de alimentare TK17-H35.Totodată în funcție de necesități unitatea de gestiune a hidrogenului va comanda ridicarea presiuni hidrogenului la 900 bar și îl va direcționa către unitatea de stocare hidrogen ce are o capacitate de stocare de minim 8 kg H2 la presiunea de 900 bar. Din acest rezervor va fi alimentat, prin intermediul unitați de gestiune a hidrogenului, Dispenserul (pompa) pentru alimentarea cu hidrogen a autovehiculelor la presiunea 700 bar cu un debit minim de 3.6 kg/min, echipata cu un furtun de alimentare TK17-H70 și cu sistem de plată a hidrogenului consumat. Fabrica de hidrogen va fi prevăzută cu sistem de protecție împotriva trăsnetelor, dotări PSI, hidrant suprateran în vecinătatea acesteia, sistem de detecție staționară gaze și flacără ce va utiliza senzori cu traductor de gaz, traductor de flacără, traductor de gaz cu ultrasunete. Pe două dintre laturi platforma va avea un zid de beton în lungime totală de 60.50ml, grosime 0,50m și înălțimea de 2.00m, iar pe celelalte două laturi va fi montat un gard de protecție industrial cu lungimea totală de 60m și înălțimea de 1.9m prevăzut cu porți de acces în zonele necesare.

Fabrica de hidrogen propusă va avea ca echipamente după cum urmează:

- Redresor – ce va converti curentul de intrare alternativ de medie tensiune în curent continuu în vederea utilizării în procesul de electroliză pentru separarea ionilor de hidrogen și oxigen.
- Electrolizor ALK - Electrolizorul fabricii propuse va fi de tip alcalin, ceea ce înseamnă că va utiliza curentul continuu produs de redresor pentru a alimenta doi electrozi introduși în soluția de electrolit alcalină din interiorul electrolizorului. Cei doi electrozi sunt despărțiți printr-o diafragmă și în

momentul în care o tensiune suficientă este aplicată, moleculele de apă preiau electroni pentru a creea ioni de hidroxid (OH-) și ioni de hidrogen (H2). Ionii de hidroxid sunt atrași către anod, iar ionii de hidrogen sunt atrași către catod. Recombinarea ionilor este oprită datorită diafragmei care separă cei doi electrozi.

- Rezervor lesie (solutie electrolit) – Soluția electrolit alcalină din interiorul electrolizorului este alcatuită din apă și soluție de hidroxid de potasiu (KOH). Această soluție este racită în separatoare după procesul de electroliză și reintrodusă în electrolizor.
- Separator Oxigen + soluție electrolit – Reprezintă rezervorul în care ajung ionii de oxigen uniți cu soluția de electrolit după procesul de electroliză. În acest rezervor, surplusul de soluție electrolit este separat de ionii de oxigen și este reintrodus în electrolizor. Oxigenul generat dupa acest proces este eliberat în atmosferă.
- Separator Hidrogen + soluție electrolit – Reprezintă rezervorul în care ajung ionii de hidrogen unite cu soluția de electrolit după procesul de electroliză. În acest rezervor, surplusul de soluție electrolit este separat de ionii de hidrogen și este reintrodus în electrolizor.
- Răcitor Hidrogen – Acest echipament este atașat rezervorului de apă demineralizată și, răcește ionii de hidrogen, astfel încât se separă și eventualele reziduri de electrolit care rămân atașate de ionii de hidrogen.
- Dezoxidificator – În acest echipament intră ionii răciți de hidrogen și se vor separa de eventualii ioni reziduali de oxigen.
- Uscător Hidrogen – Aceasta reprezintă ultima etapă în producția de hidrogen și constă în uscarea ionilor de hidrogen pentru a se asigura o puritate a hidrogenului produs cât mai mare, în funcție de cerința pentru utilizare.

Tabel 6 DATE DE INTRARE PENTRU ESTIMAREA SCENARIULUI 2

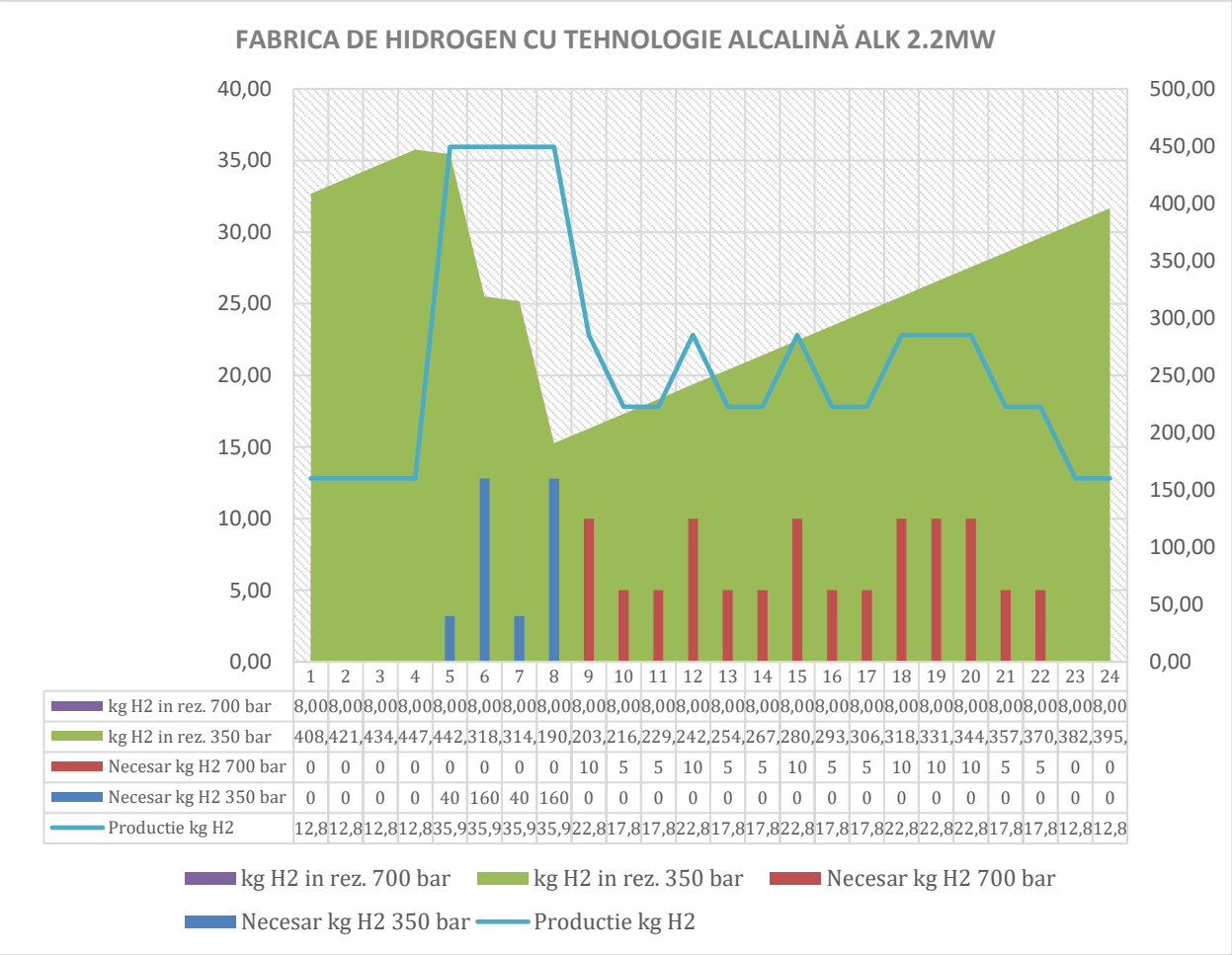
Putere instalată fabrica de hidrogen	2.20	MW
Consum specific	55.40	kW/kg (BOL)
Producție	400.00	Nm^3 H_2/h
Producție	35.95	kg H_2/h
Consum specific de apă brută pentru Electroliză	0.009	m^3/kg
Consum specific de apă brută pentru Electroliză	9.12	l/kg
Putere calorifică inferioară hidrogen	143	MJ/kg
Valoare echipamente producere hidrogen	2,100,000.00*	Euro
Valoare echipamente comprimare, stocare, distribuție	2,541,856.00*	Euro
Costuri asociate mentenanței	3	%
Valoare electrolozor după 10 ani	840,000.00	Euro
*prețurile pot suferi variații de până la 25%, în funcție de producător (aceeași tehnologie)		

Fig. 36 SCHEMA PRODUCERII ȘI UTILIZĂRII HIDROGENULUI CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP ALK, 2.2 MW

Tabel 7 DETERMINAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PETRU MOBILITATE IN CAZUL SCENARIULUI 2

Necesar de hidrogen pentru Autobuze:		
Număr de autobuze	20	buc
Consum specific de hidrogen	10.00	kg/100km
Distanţa parcursă /zi de un autobuz	200	km
Necesar zilnic de hidrogen / autobuz	20	kg/autobuz
Volum rezervor / autobuz	40	kg
Necesar total de hidrogen / zi pentru autobuze	400	kg/zi
Necesar de hidrogen pentru Autovehicule:		
Număr de autovehicule	20	buc
Volum rezervor / autovehicul	5	kg
Necesar total de hidrogen / zi pentru autovehicule	100	kg/zi
Necesar Total de Hidrogen	500	kg/zi

Fig. 37 ESTIMAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PENTRU AUTOBUZE ȘI AUTOVEHICULE, PRODUS CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP ALK, 2.2 MW



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
kg H2 in rez. 700 bar	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
kg H2 in rez. 350 bar	408,	421,	434,	447,	442,	318,	314,	190,	203,	216,	229,	242,	254,	267,	280,	293,	306,	318,	331,	344,	357,	370,	382,	395,
Necesar kg H2 700 bar	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5	5	10	5	5	10	5	5	10	10	10	5	5	0	0
Necesar kg H2 350 bar	0	0	0	0	40	160	40	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Productie kg H2	12,8	12,8	12,8	12,8	35,9	35,9	35,9	35,9	22,8	17,8	17,8	22,8	17,8	17,8	22,8	17,8	17,8	22,8	22,8	22,8	17,8	17,8	12,8	12,8

Zona **Sadu - Cisnădie** este o regiune strategică din punct de vedere energetic și geografic, având un potențial considerabil pentru amplasarea unei uzine de producție de hidrogen cu capacitate moderată. Alegerea acestei locații se bazează pe mai multe criterii esențiale, cum ar fi accesul la surse regenerabile de energie, infrastructura energetică existentă, proximitatea față de centrele de consum și impactul minim asupra mediului. Printr-o analiză detaliată a acestor factori, se poate demonstra că zona Sadu - Cisnădie este ideală pentru dezvoltarea unei astfel de uzine.

Unul dintre cele mai mari avantaje ale zonei Sadu - Cisnădie este potențialul său hidroenergetic. Râul Sadu, care traversează această regiune, a fost deja valorificat pentru producția de energie electrică, având o serie de microhidrocentrale care funcționează eficient. Aceste hidrocentrale pot oferi o sursă stabilă și nepoluantă de energie electrică, esențială pentru alimentarea uzinei de hidrogen. Energia hidro este una dintre cele mai sustenabile surse de energie, având un impact minim asupra mediului și oferind o producție constantă, spre deosebire de energia eoliană sau solară, care pot fi mai variabile.

Capacitatea hidroenergetică a râului Sadu este bine documentată în PATJ Sibiu, iar utilizarea acestei resurse în combinație cu o uzină de hidrogen ar maximiza eficiența energetică a regiunii. De asemenea, există oportunități pentru extinderea capacităților de microhidrocentrale, asigurând astfel că energia necesară pentru producția de hidrogen este disponibilă pe termen lung. Cu toate acestea, este important de menționat că extinderea capacității hidroenergetice trebuie realizată cu atenție pentru a minimiza impactul asupra mediului și a asigura un echilibru între producția de energie și conservarea ecosistemelor acvatice.

Pe lângă resursele hidroenergetice, zona Sadu - Cisnădie poate beneficia și de un potențial eolian, în special în zonele mai înalte din apropierea Munților Cindrel. Deși PATJ Sibiu indică faptul că cea mai mare parte a județului are un potențial eolian scăzut la altitudini mai joase, zonele montane și submontane pot avea un potențial mai ridicat. O evaluare detaliată a resurselor eoliene la locații specifice din această zonă ar fi necesară pentru a determina fezabilitatea utilizării energiei eoliene ca sursă complementară pentru producerea de hidrogen.

În ceea ce privește energia solară, deși zona Sadu - Cisnădie nu se numără printre cele mai favorabile din județul Sibiu pentru energia fotovoltaică, există totuși un potențial care poate fi valorificat. Instalarea de panouri solare pe clădiri sau terenuri disponibile ar putea contribui la reducerea costurilor energetice și la creșterea sustenabilității uzinei. Cu toate acestea, contribuția energiei solare la alimentarea uzinei ar putea fi mai limitată în comparație cu hidroenergia și potențialul eolian.

Zona Sadu - Cisnădie dispune de o infrastructură energetică și de transport bine dezvoltată, ceea ce reprezintă un avantaj semnificativ pentru amplasarea unei uzine de hidrogen. Rețelele de transport electric existente pot fi ușor adaptate pentru a integra producția de hidrogen, iar accesul facil la orașul Sibiu și la alte centre urbane prin intermediul drumurilor naționale și al autostrăzii A1 facilitează transportul și distribuția hidrogenului către consumatori. Planurile de modernizare a infrastructurii de transport din județ vor îmbunătăți și mai mult accesibilitatea și conectivitatea regiunii.

Un alt aspect important este proximitatea față de orașele Cisnădie și Sibiu, care reprezintă centre importante de consum. Cisnădie, cu activitățile sale industriale, poate utiliza hidrogenul pentru a-și decarboniza procesele de producție. Sibiu, fiind un important centru economic și de transport, oferă o piață semnificativă pentru hidrogen, atât în sectorul industrial, cât și în cel al transportului public și privat. Integrarea unei uzine de hidrogen în zona Sadu - Cisnădie ar putea stimula tranziția industriei locale către soluții energetice mai sustenabile și ar putea contribui la dezvoltarea unui sistem de transport public și privat bazat pe hidrogen în Sibiu. Aceasta ar putea transforma regiunea într-un model de sustenabilitate și ar putea atrage investiții în noi tehnologii și servicii legate de hidrogen.

Amplasarea unei uzine de hidrogen în zona Sadu - Cisnădie prezintă un impact redus asupra mediului, în special datorită utilizării surselor regenerabile de energie, cum ar fi hidroenergia și energia eoliană. Infrastructura existentă permite integrarea uzinei fără a afecta semnificativ peisajul sau ecosistemele locale. Cu toate acestea, este esențial să se realizeze o evaluare detaliată a impactului asupra mediului pentru a identifica și implementa măsuri de protecție adecvate, cum ar fi monitorizarea calității apei și a aerului, precum și utilizarea celor mai bune tehnologii disponibile pentru a minimiza consumul de resurse și emisiile.

Din punct de vedere economic, proiectul are potențialul de a genera beneficii semnificative pentru comunitatea locală, prin crearea de locuri de muncă, atragerea de investiții și dezvoltarea infrastructurii. Integrarea hidrogenului în industrie și transport poate stimula inovația și dezvoltarea de noi tehnologii și servicii. Pe termen lung, zona Sadu - Cisnădie ar putea deveni un centru regional pentru producția și distribuția de hidrogen, contribuind la tranziția energetică a României și la dezvoltarea unei economii sustenabile.

Zona Sadu - Cisnădie se dovedește a fi o locație favorabilă pentru amplasarea unei uzine de hidrogen cu capacitate moderată în județul Sibiu. Potențialul hidroenergetic, infrastructura existentă, proximitatea față de centrele de consum și impactul redus asupra mediului sunt factori decisivi în această alegere. Implementarea unui astfel de proiect ar putea avea un impact pozitiv semnificativ asupra dezvoltării economice și sociale a regiunii, contribuind în același timp la atingerea obiectivelor de sustenabilitate și la reducerea emisiilor de carbon.

6.3. Scenariul 3

În acest scenariu a fost analizata varianta în care amplasăm în exterior o stație de producere și alimentare cu hidrogen, care utilizează un electrolizor cu tehnologie PEM (Polymer electrolyte membrane), cât și restul echipamentelor necesare pentru comprimarea, stocarea și distribuția Hidrogenului prin intermediul dispenserelor către autobuze și autovehicule și un modul pentru alimentarea instalației de comprimare dintr-un trailer mobil sau pentru încărcarea acestuia. Tot aici va fi amplasat punctul de conexiune la rețeaua electrică de distribuție, stațiile de transformare și distribuție a energiei electrice necesare electrolizei, cât și o sursă auxiliară de energie (generator) pentru serviciile interne. Sistemul de producere a Hidrogenului prin electroliza apei, va fi montat in container, și echipat cu **Electrolizor PEM 5MW**, cu o capacitate de producție **2122.6 kg H_2 /zi**.

După generare hidrogenul va fi stocat într-o unitate intermediară (buffer) la 30 bar pentru a putea fi ulterior comprimat de către unitatea de comprimare, ce îi va ridica presiunea la 200 bar, având debit minim 88.43kg/h H2 și îl va stoca în a doua unitate intermediară de stocare hidrogen (buffer) ce are o capacitate de stocare de 81.4 kg H2 la 200 bar. Din acest buffer se va alimenta cea de a doua unitate de comprimare ce va ridica presiunea hidrogenului de la 50-200 bar la o presiune de ieșire de până la 900 bar, având un debit minim 88.43kg/h. Hidrogenul comprimat de a doua unitate va fi direcționat prin intermediul unității de gestiune a hidrogenului cu presiunea de 450 bar către unitatea de stocare hidrogen (2 rezervoare) cu o capacitate de stocare de minim 480 kg H2 la presiunea de 450 bar.

Din aceste rezervoare va fi alimentat, prin intermediul unitații de gestiune a hidrogenului cu presiunea de 450 bar, Dispenserul (pompa insula) utilizată pentru alimentarea cu hidrogen a autobuzelor la presiunea 350 bar cu un debit minim de 3.6 kg/min, ce este echipat cu două furtune de alimentare TK16 și TK 25.

Totodată în funcție de necesități unitatea de gestiune a hidrogenului cu presiunea de 900 bar va comanda ridicarea presiunii hidrogenului la 900 bar și il va direcționa către unitatea de stocare hidrogen ce are o capacitate de stocare de minim 16 kg H2 la presiunea de 900 bar. Din acest rezervor va fi alimentat, prin intermediul unitații de gestiune a hidrogenului cu presiunea de 900 bar, Dispenserul (pompa) pentru alimentarea cu hidrogen a autovehiculelor la presiunea 700 bar cu un debit minim de 3.6 kg/min, echipata cu un furtun de alimentare TK17 și cu sistem de plată a hidrogenului consumat.

Fabrica de hidrogen va fi prevăzută cu sistem de protecție împotriva trăsnetelor, dotări PSI, hidrant suprateran în vecinătatea acesteia, sistem de detecție staționară gaze și flacără ce va utiliza senzori cu traductor de gaz, traductor de flacără, traductor de gaz cu ultrasunete. Pe două dintre laturi platforma va avea un zid de beton în lungime totală de 60.50 ml, grosime 0,50m și înălțimea de 2.00 m, iar pe celelalte două laturi va fi montat un gard de protecție industrial cu lungimea totală de 60 m și înălțimea de 1.9 m prevăzut cu porți de acces în zonele necesare.

Fabrica de hidrogen propusă va avea ca echipamente după cum urmează:

- **Redresor** – ce va converti curentul de intrare alternativ de medie tensiune în curent continuu în vederea utilizării în procesul de electroliză pentru separarea ionilor de hidrogen și oxigen.
- **Electrolizor PEM** - Electrolizorul fabricii propuse va fi de tip PEM, ceea ce înseamnă că va crea o reacție folosind un polimer solid conductiv din punct de vedere ionic față de un lichid. În momentul în care tensiunea este aplicată între cei 2 electrozi, oxigenul încărcat negativ în moleculele de apă primește electroni rezultând în protoni, electroni și ioni de oxigen la anod. Ionii de hidrogen trec prin polimerul conductiv protonic unde primesc un electronic și devin atomi neutrii de hidrogen care se strâng și ajung la catod.
- **Separator Oxigen + rezervor apă** – Reprezintă rezervorul în care ajung ionii de oxigen uniți cu reziduuri de molecule de apă după procesul de electroliză. În acest rezervor, surplusul de apă este separat de ionii de oxigen și este reintrodus în electrolizor. Oxigenul generat după acest proces este eliberat în atmosferă.
- **Separator Hidrogen + rezervor apă** – Reprezintă rezervorul în care ajung ionii de hidrogen uniți cu reziduuri de molecule de apă după procesul de electroliză. În acest rezervor, surplusul de apă este separat de ionii de hidrogen și este reintrodus în electrolizor.
- **Uscător Hidrogen** – Acesta reprezintă ultima etapa în producția de hidrogen și constă în uscarea moleculelor de hidrogen pentru a se asigura o puritate a hidrogenului produs cât mai mare, în funcție de cerința pentru utilizare.

Tabel 8 DATE DE INTRARE PENTRU ESTIMAREA SCENARIULUI 3

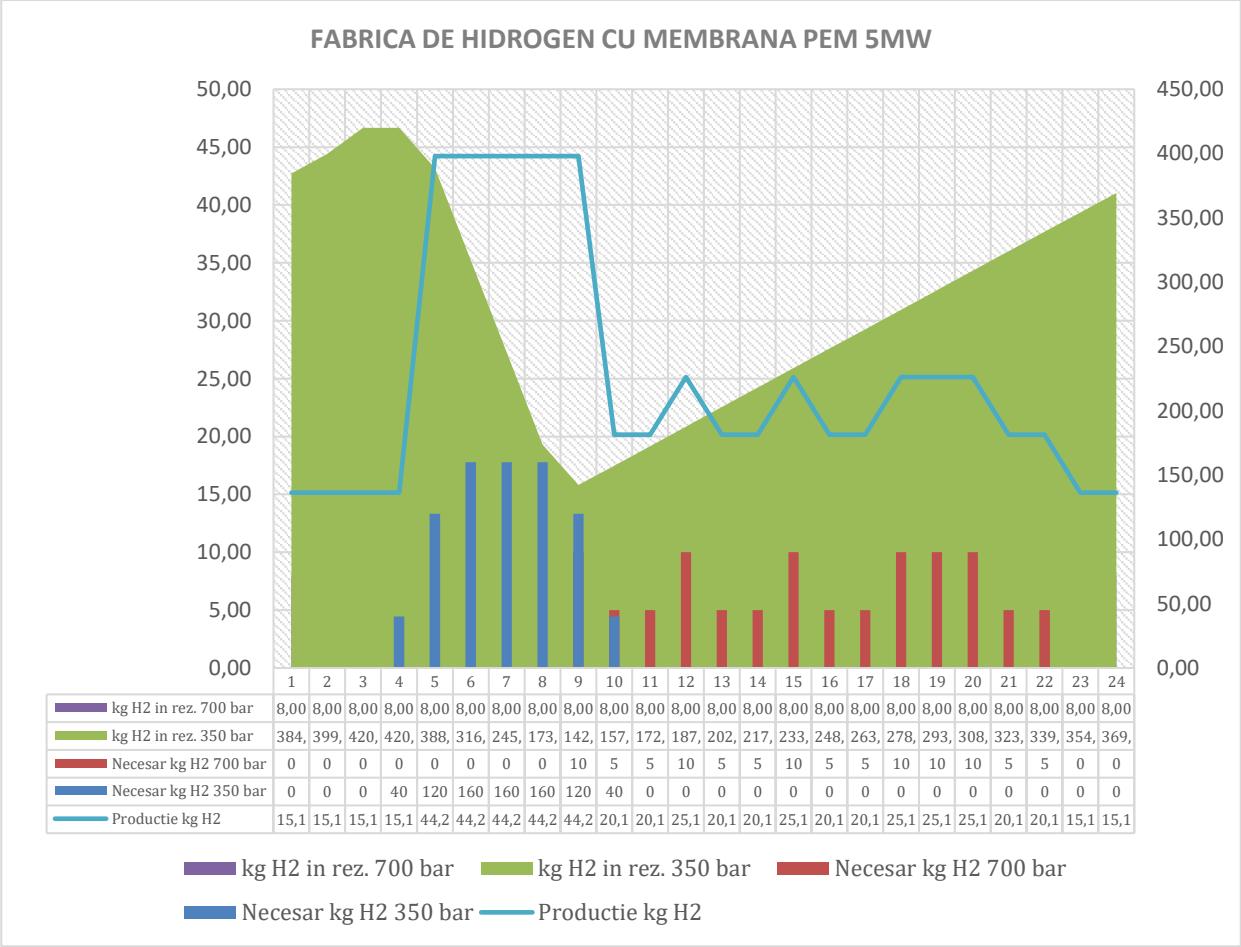
Putere instalată fabrica de hidrogen	5	MW
Consum specific	104.58	kW/kg (BOL)
Producție	984	Nm^3 H_2/h
Producție	88.44	kg H_2/h
Consum specific de apă brută pentru Electroliză	0.050	m^3/kg
Consum specific de apă brută pentru Electroliză	49.74	l/kg
Putere calorifică inferioară hidrogen	143	MJ/kg
Valoare echipamente producere hidrogen	6,000,000.00*	Euro
Valoare echipamente comprimare, stocare, distribuție	6,000,000.00*	Euro
Costuri asociate mentenanței	1.50	%
Valoare electrolozor după 10 ani	2,400,000.00	Euro
*prețurile pot suferi variații de până la 25%, în funcție de producător (aceeași tehnologie)		

Fig. 38 ESTIMAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PENTRU AUTOBUZE ȘI AUTOVEHICULE, PRODUS CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP PEM, 5 MW

Tabel 9 DETERMINAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PETRU MOBILITATE IN CAZUL SCENARIULUI 3

Necesar de hidrogen pentru Autobuze:		
Număr de autobuze	40	buc
Consum specific de hidrogen	10.00	kg/100km
Distanţa parcursă /zi de un autobuz	200	km
Necesar zilnic de hidrogen / autobuz	20	kg/autobuz
Volum rezervor / autobuz	40	kg
Necesar total de hidrogen / zi pentru autobuze	800	kg/zi
Necesar de hidrogen pentru Autovehicule:		
Număr de autovehicule	20	buc
Volum rezervor / autovehicul	5	kg
Necesar total de hidrogen / zi pentru autovehicule	100	kg/zi
Necesar Total de Hidrogen	900	kg/zi

Fig. 39 ESTIMAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PENTRU AUTOBUZE ȘI AUTOVEHICULE, PRODUS CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP PEM, 5 MW



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
kg H2 in rez. 700 bar	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
kg H2 in rez. 350 bar	384,	399,	420,	420,	388,	316,	245,	173,	142,	157,	172,	187,	202,	217,	233,	248,	263,	278,	293,	308,	323,	339,	354,	369,
Necesar kg H2 700 bar	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5	5	10	5	5	10	5	5	10	10	10	5	5	0	0
Necesar kg H2 350 bar	0	0	0	40	120	160	160	160	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Productie kg H2	15,1	15,1	15,1	15,1	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	20,1	20,1	25,1	20,1	20,1	25,1	20,1	20,1	25,1	25,1	25,1	20,1	20,1	15,1	15,1

Zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului reprezintă o regiune strategică, cu un potențial energetic semnificativ și o infrastructură dezvoltată, fiind astfel o locație ideală pentru amplasarea unei uzine de producție a hidrogenului cu capacitate medie. Această alegere este fundamentată pe analiza mai multor factori cheie, cum ar fi accesul la surse regenerabile de energie, infrastructura energetică existentă, apropierea de centrele de consum și impactul minim asupra mediului. Printr-o evaluare detaliată a acestor aspecte, zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului se conturează ca fiind o locație optimă pentru dezvoltarea unei uzine de hidrogen.

Zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului beneficiază de un potențial eolian moderat, care poate fi valorificat prin instalarea de turbine eoliene moderne. Potrivit datelor din Planul de Amenajare a Teritoriului Județean (PATJ) Sibiu, această regiune se bucură de viteze medii ale vântului ce variază considerabil, cu valori medii de până la 6-7 m/s la altitudini de 100 m. În plus, densitatea puterii vântului în această zonă este favorabilă pentru producția de energie eoliană, în special la altitudini mai mari. Această sursă de energie regenerabilă poate fi utilizată pentru a alimenta procesul de electroliză în cadrul uzinei de hidrogen, asigurând astfel o producție sustenabilă și stabilă de hidrogen. Utilizarea energiei eoliene în combinație cu alte surse regenerabile, cum ar fi energia solară, poate contribui la reducerea costurilor operaționale și la creșterea sustenabilității proiectului. În plus, dezvoltarea de parcuri eoliene în această zonă poate atrage investiții suplimentare în infrastructura energetică locală, stimulând astfel creșterea economică și crearea de locuri de muncă.

Pe lângă potențialul eolian, zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului beneficiază de un potențial solar rezonabil, care poate fi valorificat prin instalarea de panouri fotovoltaice. Radiația solară medie anuală în această regiune este de aproximativ 1100 kWh/m², conform datelor din PATJ Sibiu, ceea ce permite o producție eficientă de energie solară. Această energie poate fi utilizată pentru a suplimenta necesarul de energie al uzinei de hidrogen, mai ales în perioadele în care producția de energie eoliană este mai redusă.

De asemenea, zona beneficiază de acces la resurse hidroenergetice prin râurile și pârâurile din apropiere, care pot fi valorificate prin microhidrocentrale. Acestea pot furniza o sursă constantă de energie electrică, necesară pentru a stabiliza producția de hidrogen și a asigura continuitatea operațională a uzinei. Integrarea acestor surse de energie regenerabilă poate reduce dependența de rețeaua electrică națională și poate asigura o producție mai sustenabilă și mai eficientă.

Zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului dispune de o infrastructură energetică bine dezvoltată, care permite integrarea eficientă a unei uzine de hidrogen. Rețelele electrice de înaltă tensiune din această regiune sunt bine interconectate, ceea ce facilitează distribuția energiei produse către uzina de hidrogen și minimizarea pierderilor de energie. În plus, această regiune este situată în proximitatea unor coridoare majore de transport, cum ar fi drumul național DN1 și autostrada A1, care asigură acces rapid la piețele de desfacere din județul Sibiu și din județele învecinate.

Proximitatea față de autostrada A1, care leagă orașul Sibiu de rețeaua europeană de transport, reprezintă un avantaj logistic major. Aceasta facilitează transportul hidrogenului produs către piețele naționale și internaționale, asigurând totodată accesul rapid la materiile prime și echipamentele necesare pentru uzină. De asemenea, infrastructura feroviară existentă poate fi utilizată pentru transportul hidrogenului în cazul unor volume mari de producție, asigurând astfel o flexibilitate logistică crescută.

Orașele Miercurea Sibiului și Ocna Sibiului, aflate în proximitatea acestei regiuni, reprezintă centre de consum importante în județul Sibiu. Miercurea Sibiului este un oraș cu o economie locală în dezvoltare, care poate beneficia de utilizarea hidrogenului în procesele industriale, contribuind astfel la reducerea emisiilor de carbon și la îmbunătățirea eficienței energetice. De asemenea, Ocna Sibiului, cunoscută pentru exploatarea sării și pentru turismul balnear, poate integra hidrogenul în diverse aplicații industriale și de transport, stimulând astfel dezvoltarea locală.

În plus, orașul Sibiu, situat la aproximativ 30 km distanță, oferă o piață semnificativă pentru hidrogen, atât în sectorul industrial, cât și în cel al transportului. Integrarea unei uzine de hidrogen în această zonă ar putea facilita tranziția către soluții energetice mai sustenabile, stimulând totodată cererea locală și națională pentru hidrogen. Aceasta ar contribui la dezvoltarea unui ecosistem industrial verde, care să atragă investiții și să creeze locuri de muncă în regiune.

Amplasarea unei uzine de hidrogen în zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului ar avea un impact minim asupra mediului, datorită utilizării surselor de energie regenerabilă. Energia eoliană, solară și hidroenergetică sunt surse de energie nepoluante, care contribuie la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și la protejarea mediului înconjurător. În plus, infrastructura existentă în zonă permite integrarea uzinei fără necesitatea unor modificări majore ale peisajului sau ale ecosistemelor locale.

Proiectul poate include măsuri suplimentare de protecție a mediului, cum ar fi monitorizarea emisiilor de CO_2, a consumului de apă și a calității aerului, pentru a asigura că activitățile industriale nu afectează negativ ecosistemele locale. De asemenea, utilizarea tehnologiilor avansate de electroliză, care necesită mai puțină apă și energie, ar putea îmbunătăți eficiența uzinei și ar reduce consumul de resurse naturale.

Din punct de vedere economic, amplasarea unei uzine de hidrogen în zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului ar putea stimula dezvoltarea economică locală și regională. Crearea de locuri de muncă, atragerea de investiții și dezvoltarea infrastructurii energetice sunt doar câteva dintre avantajele pe termen lung ale acestui proiect. În plus, utilizarea hidrogenului ca sursă de energie poate reduce dependența de combustibilii fosili, contribuind la stabilizarea prețurilor energiei și la îmbunătățirea securității energetice a județului Sibiu.

Pe termen lung, zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului ar putea deveni un hub regional pentru producția și distribuția de hidrogen, având capacitatea de a atrage și alte industrii verzi și de a deveni un exemplu de sustenabilitate și inovație. De asemenea, succesul acestui proiect ar putea încuraja alte

comunități din județul Sibiu și din alte regiuni să adopte soluții similare, contribuind la tranziția energetică a României.

Zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului reprezintă o locație ideală pentru amplasarea unei uzine de hidrogen cu capacitate medie în județul Sibiu. Combinând un potențial energetic diversificat, infrastructura bine dezvoltată și proximitatea față de centrele de consum, această regiune oferă toate condițiile necesare pentru succesul unui astfel de proiect. Implementarea unei uzine de hidrogen în această zonă nu doar că va contribui la tranziția energetică a județului Sibiu, dar va stimula și dezvoltarea economică și socială a regiunii, creând un model de sustenabilitate și inovație care poate fi replicat și în alte părți ale țării.

6.4. Scenariul 4

În acest scenariu a fost analizata varianta în care amplasăm în exterior o stație de producere și alimentare cu hidrogen, care utilizează un electrolizor cu tehnologie alcalină (ALK), cât și restul echipamentelor necesare pentru comprimarea, stocarea și distribuția Hidrogenului prin intermediul dispenserelor către autobuze și autovehicule și un modul pentru alimentarea instalației de comprimare dintr-un trailer mobil sau pentru încărcarea acestuia. Tot aici va fi amplasat punctul de conexiune la rețeaua electrică de distribuție, stațiile de transformare și distribuție a energiei electrice necesare electrolizei, cât și o sursă auxiliară de energie (generator) pentru serviciile interne. Sistemul de producere a Hidrogenului prin electroliza apei, va fi montat în container și echipat cu **Electrolizor KOH 4.4MW**, cu o capacitate de producție **1725.69 kg H_2 /zi.**

După generare hidrogenul va fi stocat într-o unitate intermediară (buffer) la 30 bar pentru a putea fi ulterior comprimat de către cele 4 unități de Comprimare, ce îi va ridica presiunea la valorile de 520 bar sau 900 bar în funcție de necesități, având debit minim 20 kg/h H2 pe fiecare unitate de comprimare. Hidrogenul comprimat la presiunea de 520 bar va fi direcționat prin intermediul unității de gestiune a hidrogenului către unitățiile de stocare hidrogen cu o capacitate de stocare de minim 270 kg H2 la presiunea de 520 bar.Din aceste rezervoare vor fi alimentate, prin intermediul unitații de gestiune a hidrogenului, cele 2 dispensere (pompa) utilizate pentru alimentarea cu hidrogen a autobuzelor la presiunea 350 bar cu un debit minim de 3,6 kg/min, ce sunt echipate cu un furtun de alimentare TK17-H35. Totodată în funcție de necesități unitatea de gestiune a hidrogenului va comanda ridicarea presiuni hidrogenului la 900 bar și îl va direcționa către unitatea de stocare hidrogen ce are o capacitate de stocare de minim 8 kg H2 la presiunea de 900 bar.Din acest rezervor va fi alimentat, prin intermediul unitați de gestiune a hidrogenului, Dispenserul (pompa) pentru alimentarea cu hidrogen a autovehiculelor la presiunea 700 bar cu un debit minim de 3.6 kg/min, echipata cu un furtun de alimentare TK17-H70 și cu sistem de plată a hidrogenului consumat. Fabrica de hidrogen va fi prevăzută cu sistem de protecție împotriva trăsnetelor, dotări PSI, hidrant suprateran în vecinătatea acesteia, sistem de detecție staționară gaze și flacără ce va utiliza senzori cu traductor de gaz, traductor de flacără, traductor de gaz cu ultrasunete. Pe două dintre laturi platforma va avea un zid de beton în lungime totală de 60.50ml, grosime 0,50m și înălțimea de 2.00m, iar pe celelalte două laturi va fi montat un gard de protecție industrial cu lungimea totală de 60m și înălțimea de 1.9m prevăzut cu porți de acces în zonele necesare.

Fabrica de hidrogen propusă va avea ca echipamente după cum urmează:

- Redresor – ce va converti curentul de intrare alternativ de medie tensiune în curent continuu în vederea utilizării în procesul de electroliză pentru separarea ionilor de hidrogen și oxigen.
- Electrolizor ALK - Electrolizorul fabricii propuse va fi de tip alcalin, ceea ce înseamnă că va utiliza curentul continuu produs de redresor pentru a alimenta doi electrozi introduși în soluția de electrolit alcalină din interiorul electrolizorului. Cei doi electrozi sunt despărțiți printr-o diafragmă și în momentul în care o tensiune suficientă este aplicată, moleculele de apă preiau electroni pentru a

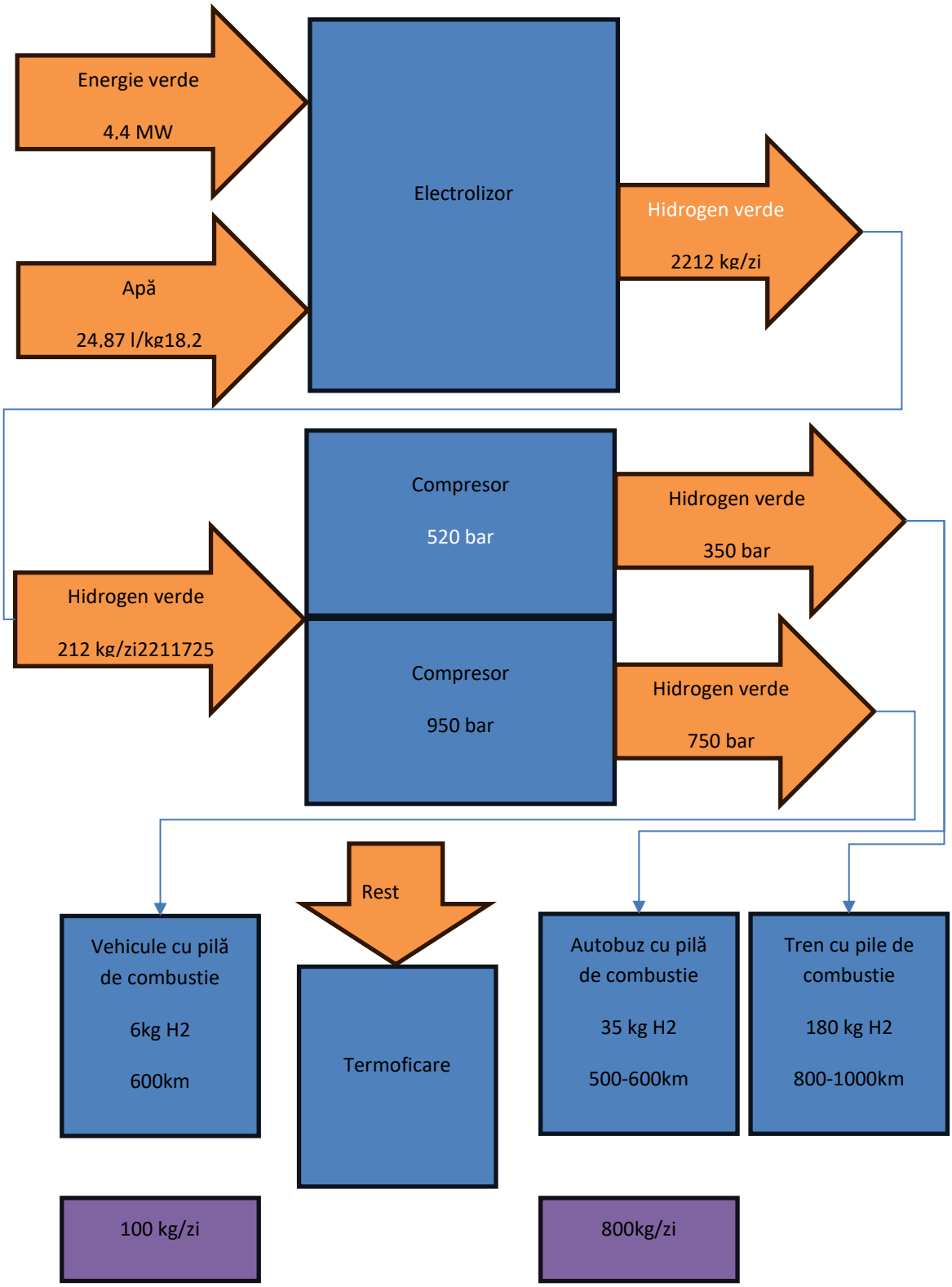
creea ioni de hidroxid (OH-) și ioni de hidrogen (H2). Ionii de hidroxid sunt atrași către anod, iar ionii de hidrogen sunt atrași către catod. Recombinarea ionilor este oprită datorită diafragmei care separă cei doi electrozi.

- Rezervor lesie (solutie electrolit) – Soluția electrolit alcalină din interiorul electrolizorului este alcatuită din apă și soluție de hidroxid de potasiu (KOH). Această soluție este racită în separatoare după procesul de electroliză și reintrodusă în electrolizor.
- Separator Oxigen + soluție electrolit – Reprezintă rezervorul în care ajung ionii de oxigen uniți cu soluția de electrolit după procesul de electroliză. În acest rezervor, surplusul de soluție electrolit este separat de ionii de oxigen și este reintrodus în electrolizor. Oxigenul generat dupa acest proces este eliberat în atmosferă.
- Separator Hidrogen + soluție electrolit – Reprezintă rezervorul în care ajung ionii de hidrogen unite cu soluția de electrolit după procesul de electroliză. În acest rezervor, surplusul de soluție electrolit este separat de ionii de hidrogen și este reintrodus în electrolizor.
- Răcitor Hidrogen – Acest echipament este atașat rezervorului de apă demineralizată și, răcește ionii de hidrogen, astfel încât se separă și eventualele reziduri de electrolit care rămân atașate de ionii de hidrogen.
- Dezoxidificator – În acest echipament intră ionii răciți de hidrogen și se vor separa de eventualii ioni reziduali de oxigen.
- Uscător Hidrogen – Aceasta reprezintă ultima etapă în producția de hidrogen și constă în uscarea ionilor de hidrogen pentru a se asigura o puritate a hidrogenului produs cât mai mare, în funcție de cerința pentru utilizare.

Tabel 10 DATE DE INTRARE PENTRU ESTIMAREA SCENARIULUI 3

Putere instalată fabrica de hidrogen	4.4	MW
Consum specific	110.80	kW/kg (BOL)
Producție	800.00	Nm^3 H_2/h
Producție	71.90	kg H_2/h
Consum specific de apă brută pentru Electroliză	0.047	m^3/kg
Consum specific de apă brută pentru Electroliză	47.11	l/kg
Putere calorifică inferioară hidrogen	143	MJ/kg
Valoare echipamente producere hidrogen	4,000,000.00*	Euro
Valoare echipamente comprimare, stocare, distribuție	4,200,000.00*	Euro
Costuri asociate mentenanței	3	%
Valoare electrolozor după 10 ani	1,600,000.00	Euro
*prețurile pot suferi variații de până la 25%, în funcție de producător (aceeași tehnologie)		

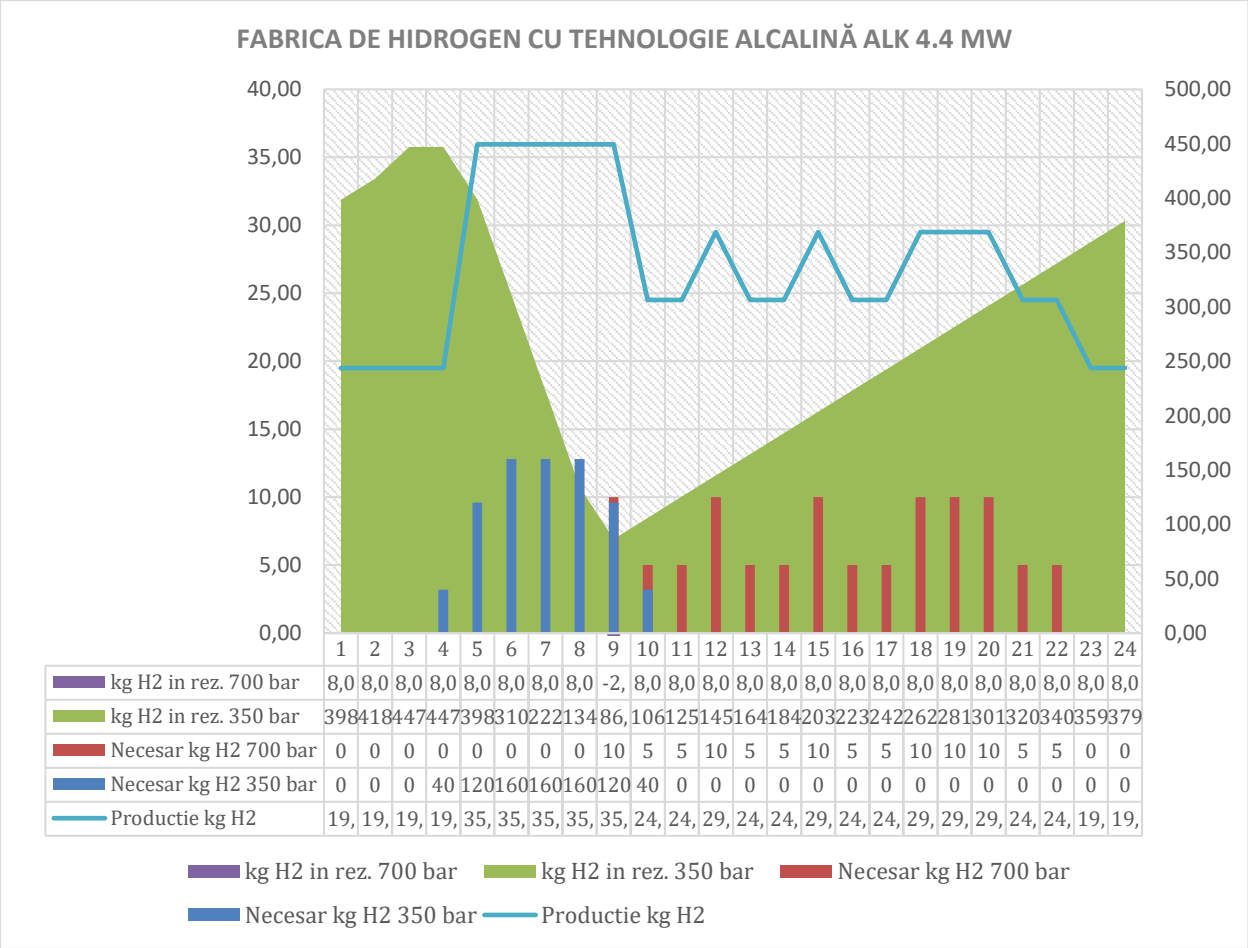
Fig. 40 SCHEMA PRODUCERII ȘI UTILIZĂRII HIDROGENULUI CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP ALK, 4.4 MW



Tabel 11 DETERMINAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PETRU MOBILITATE IN CAZUL SCENARIULUI 4

Necesar de hidrogen pentru Autobuze:		
Număr de autobuze	40	buc
Consum specific de hidrogen	10.00	kg/100km
Distanţa parcursă /zi de un autobuz	200	km
Necesar zilnic de hidrogen / autobuz	20	kg/autobuz
Volum rezervor / autobuz	40	kg
Necesar total de hidrogen / zi pentru autobuze	800	kg/zi
Necesar de hidrogen pentru Autovehicule:		
Număr de autovehicule	20	buc
Volum rezervor / autovehicul	5	kg
Necesar total de hidrogen / zi pentru autovehicule	100	kg/zi
Necesar Total de Hidrogen	900	kg/zi

Fig. 41 ESTIMAREA NECESARULUI DE HIDROGEN PENTRU AUTOBUZE ȘI AUTOVEHICULE, PRODUS CU AJUTORUL ELECTROLIZORULUI DE TIP ALK, 4.4 MW



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
kg H2 in rez. 700 bar	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	-2,	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
kg H2 in rez. 350 bar	398	418	447	447	398	310	222	134	86,	106	125	145	164	184	203	223	242	262	281	301	320	340	359	379
Necesar kg H2 700 bar	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5	5	10	5	5	10	5	5	10	10	10	5	5	0	0
Necesar kg H2 350 bar	0	0	0	40	120	160	160	160	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Productie kg H2	19,	19,	19,	19,	35,	35,	35,	35,	35,	24,	24,	29,	24,	24,	29,	24,	24,	29,	29,	29,	24,	24,	19,	19,

Zona **Mediaș - Copșa Mică** este o regiune de importanță industrială și energetică, care oferă un potențial semnificativ pentru amplasarea unei uzine de producție a hidrogenului cu capacitate mare. Această locație este strategică datorită proximității față de resursele energetice, infrastructura bine dezvoltată și accesul la piețele de desfacere. Printr-o analiză detaliată a acestor factori, zona Mediaș - Copșa Mică se conturează ca fiind o locație ideală pentru dezvoltarea unei uzine de hidrogen cu capacitate mare. Aceasta zonă beneficiază de un potențial eolian moderat, care poate fi valorificat prin instalarea de turbine eoliene de mare capacitate. Viteza medie a vântului în această regiune este de aproximativ 6 m/s, ceea ce face posibilă producția eficientă de energie eoliană. Această sursă de energie regenerabilă poate fi utilizată pentru a alimenta procesul de electroliză în cadrul uzinei de hidrogen, asigurând astfel o producție sustenabilă și stabilă de hidrogen. Pe lângă potențialul eolian, zona Mediaș - Copșa Mică beneficiază de un potențial solar rezonabil, care poate fi valorificat prin instalarea de panouri fotovoltaice. Radiația solară medie anuală în această regiune este de aproximativ 1100 kWh/m², ceea ce permite o producție eficientă de energie solară. Această energie poate fi utilizată pentru a suplimenta necesarul de energie al uzinei de hidrogen, mai ales în perioadele în care producția de energie eoliană este mai redusă.

Zona Mediaș - Copșa Mică are o tradiție industrială puternică, fiind cunoscută pentru activitățile sale în domeniul gazului natural, chimiei și metalurgiei. Această tradiție industrială oferă un context favorabil pentru integrarea unei uzine de hidrogen, care poate beneficia de infrastructura industrială existentă și de experiența forței de muncă locale. De asemenea, există oportunități pentru integrarea hidrogenului în procesele industriale existente, contribuind astfel la reducerea emisiilor de carbon și la îmbunătățirea eficienței energetice.

Infrastructura energetică din zona Mediaș - Copșa Mică este bine dezvoltată, cu multiple interconectări la rețelele naționale de gaz și electricitate. Aceasta facilitează integrarea eficientă a producției de hidrogen și distribuția acesteia către piețele de desfacere. În plus, această regiune este situată în proximitatea unor coridoare majore de transport, cum ar fi drumul național DN14 și autostrada A3, care asigură acces rapid la piețele naționale și internaționale.

Orașul Mediaș, fiind unul dintre cele mai importante centre industriale din județul Sibiu, reprezintă o piață semnificativă pentru hidrogen. Hidrogenul produs în această regiune poate fi utilizat în diverse aplicații industriale, cum ar fi rafinăriile de gaz, industria chimică și metalurgia, contribuind astfel la reducerea emisiilor de carbon și la îmbunătățirea eficienței energetice. De asemenea, Mediaș este un important nod de transport, care facilitează distribuția hidrogenului către piețele naționale și internaționale.

Copșa Mică, deși cunoscută în trecut pentru poluarea industrială, are potențialul de a deveni un centru pentru tehnologii verzi și sustenabile. Integrarea unei uzine de hidrogen în această regiune ar putea stimula tranziția către o economie verde, atrăgând investiții și creând locuri de muncă. De asemenea, hidrogenul poate fi utilizat în sectorul transporturilor, contribuind la d Amplasarea unei uzine de hidrogen în zona Mediaș - Copșa Mică ar avea un impact semnificativ pozitiv asupra mediului,

contribuind la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și la tranziția către o economie verde. Utilizarea energiei eoliene și solare pentru producția de hidrogen garantează că procesul este sustenabil și nu contribuie la poluarea mediului. În plus, infrastructura existentă în zonă permite integrarea uzinei fără necesitatea unor modificări majore ale peisajului sau ale ecosistemelor locale.

Proiectul poate include măsuri suplimentare de protecție a mediului, cum ar fi monitorizarea emisiilor de CO_2, a consumului de apă și a calității aerului, pentru a asigura că activitățile industriale nu afectează negativ ecosistemele locale. De asemenea, utilizarea tehnologiilor avansate de electroliză, care necesită mai puțină apă și energie, ar putea îmbunătăți eficiența uzinei și ar reduce consumul de resurse naturale.ezvoltarea unei rețele de transport public și privat pe bază de hidrogen.

Din punct de vedere economic, amplasarea unei uzine de hidrogen în zona Mediaș - Copșa Mică ar putea stimula dezvoltarea economică locală și regională. Crearea de locuri de muncă, atragerea de investiții și dezvoltarea infrastructurii energetice sunt doar câteva dintre avantajele pe termen lung ale acestui proiect. În plus, utilizarea hidrogenului ca sursă de energie poate reduce dependența de combustibilii fosili, contribuind la stabilizarea prețurilor energiei și la îmbunătățirea securității energetice a județului Sibiu.

Pe termen lung, zona Mediaș - Copșa Mică ar putea deveni un hub regional pentru producția și distribuția de hidrogen, având capacitatea de a atrage și alte industrii verzi și de a deveni un exemplu de sustenabilitate și inovație. De asemenea, succesul acestui proiect ar putea încuraja alte comunități din județul Sibiu și din alte regiuni să adopte soluții similare, contribuind la tranziția energetică a României.

Zona Mediaș - Copșa Mică reprezintă o locație ideală pentru amplasarea unei uzine de hidrogen cu capacitate mare în județul Sibiu. Combinând un potențial energetic diversificat, infrastructura bine dezvoltată și proximitatea față de piețele de desfacere, această regiune oferă toate condițiile necesare pentru succesul unui astfel de proiect. Implementarea unei uzine de hidrogen în această zonă nu doar că va contribui la tranziția energetică a județului Sibiu, dar va stimula și dezvoltarea economică și socială a regiunii, creând un model de sustenabilitate și inovație care poate fi replicat și în alte părți ale țării.

7. Alegerea scenariului optim

Recomandarea: Scenariul 3.

- ✓ Cel mai mare randament de producție;
- ✓ Capacitate suficientă pentru a satisface cererea actuală și viitoare;
- ✓ Posibilitatea de a extinde producția în viitor;
- ✓ Costuri mai mici pe kg de hidrogen produs.

Capacitatea de Producție. Scenariul 3 utilizează un electrolizor **PEM de 5MW**, capabil să producă **2122.6 kg H2 pe zi**. Această capacitate este semnificativă și poate satisface nevoile locale de hidrogen pentru alimentarea autobuzelor și autovehiculelor, precum și pentru alte aplicații industriale.

Tehnologie și Eficiență. Tehnologia PEM (Proton Exchange Membrane) are mai multe avantaje:

- ✓ Eficiență Ridicată: Electrolizoarele PEM sunt mai eficiente decât cele alcaline (ALK), oferind o eficiență energetică mai mare, ceea ce duce la costuri de operare mai mici pe termen lung.
- ✓ Flexibilitate: Sistemele PEM pot răspunde mai rapid la variațiile în cererea de energie, ceea ce este crucial pentru integrarea surselor de energie regenerabilă variabilă, cum ar fi energia solară și eoliană.
- ✓ Puritate Ridicată a Hidrogenului: Hidrogenul produs prin electroliză PEM este de o puritate foarte înaltă, ceea ce este important pentru aplicațiile sensibile.

Comprimare și Stocare. Scenariul 3 prevede două etape de comprimare:

- ✓ Prima Unitate de Comprimare: Comprimă hidrogenul de la 30 bar la 200 bar, cu un debit minim de 88.43 kg/h.
- ✓ A Doua Unitate de Comprimare: Ridică presiunea hidrogenului de la 50-200 bar la 900 bar, cu același debit minim.

Distribuția și Alimentarea Vehiculelor.

- ✓ Dispensor Autobuze: Presiunea de alimentare de 350 bar, debit minim de 3.6 kg/min, echipat cu două furtunuri de alimentare (TK16 și TK25).
- ✓ Dispensor Autovehicule: Presiunea de alimentare de 700 bar, debit minim de 3.6 kg/min, echipat cu furtun de alimentare TK17 și sistem de plată.

Aceste sisteme de distribuție sunt adaptate pentru nevoile actuale și viitoare de alimentare cu hidrogen ale vehiculelor.

Infrastructură și Siguranță. Fabrica de hidrogen va fi prevăzută cu:

- ✓ Sistem de Protecție împotriva trăsnetelor
- ✓ Dotări PSI și Hidrant Suprateran
- ✓ Sistem de Detecție Staționară Gaze și Flacără

Avantajele Scenariului 3 pentru Județul Sibiu

- ✓ Capacitate Superioară de Producție: Acoperă o gamă largă de nevoi de hidrogen, de la transport public la aplicații industriale.
- ✓ Eficiență și Flexibilitate: Tehnologia PEM asigură o eficiență energetică mai mare și adaptabilitate la sursele de energie regenerabilă.
- ✓ Stocare și Distribuție Optimizate: Sistemele de stocare și distribuție sunt bine proiectate pentru a asigura disponibilitatea continuă și sigură a hidrogenului.
- ✓ Sustenabilitate și Viitor: Permite o tranziție ușoară către o economie bazată pe hidrogen, reducând emisiile de carbon și contribuind la obiectivele de sustenabilitate ale județului.

Scenariul 3 poate fi extins cu ușurință în viitor pentru a satisface o cerere mai mare de hidrogen.

Scenariul 1 ar fi o opțiune secundară bună dacă se dorește un echilibru între costuri și performanță, având totodată avantajele tehnologiei PEM, dar cu o capacitate de producție mai mică decât scenariul 3.

Scenariile 2 și 4 ar putea fi considerate dacă se prioritizează costurile mai reduse ale echipamentelor ALK, dar trebuie să se ia în considerare capacitatea de producție mai mică și complexitatea infrastructurii.

În concluzie, scenariul 3 este recomandat pentru județul Sibiu. Acest scenariu are cel mai mare randament de producție, capacitate suficientă pentru a satisface cererea actuală și viitoare, costuri mai mici pe kg de hidrogen produs și poate fi extins cu ușurință în viitor.

Acest scenariu va sprijini tranziția către o economie verde și va satisface cerințele energetice în creștere ale regiunii.

Factori suplimentari de luat în considerare:

- ✓ Disponibilitatea terenului;
- ✓ Accesul la rețeaua electrică – cu puterea necesară
- ✓ Costurile de implementare;
- ✓ Reglementările locale / avizare.

8. Plan de acțiune privind implementarea unui sistem integrat de producție și distribuție de hidrogen

I. Estimarea financiară și socială

Estimarea costurilor implică o analiză temeinică și amănunțită a tuturor elementelor conexe unui sistem integrat de producție și distribuție de hidrogen. O serie dintre costurile imperative a fi luate în considerare se regăsesc mai jos:

- **Investiție inițială:**

1. Costul terenului și al construcțiilor
2. Costul echipamentelor și al instalațiilor
3. Costurile de proiectare și inginerie
4. Costurile de obținere a autorizațiilor și permiselor

- **Costuri de operare:**

1. Costul energiei electrice (din rețea sau din surse proprii)
2. Costul apei
3. Costurile cu materiile prime (în cazul tehnologiilor care utilizează gaze naturale sau biomasă)
4. Costurile de personal (salarii, instruire)
5. Costurile de mentenanță și reparații

- **Alte costuri:**

1. Costurile de transport și distribuție a hidrogenului
2. Costurile de asigurare
3. Costurile de marketing și vânzări
4. Taxe și impozite

Planificare financiară va lua în calcul aceste elemente și va avea ca element central un model financiar financiar detaliat care să estimeze fluxurile de numerar pe întreaga durată de viață a proiectului (20-30 de ani). Acest model va include:

- Venituri din vânzarea hidrogenului
- Cheltuieli de investiție și operare
- Subvenții și stimulente guvernamentale
- Scenarii de prețuri ale hidrogenului și ale energiei electrice

Analiza Riscurilor: Se vor identifica și evalua riscurile asociate proiectului (riscuri tehnologice, riscuri de piață, riscuri legislative, riscuri de mediu etc.) și se vor propune măsuri de mitigare a acestora.

Plan de finanțare: Se va elabora un plan de finanțare care să identifice sursele de capital necesare (credite bancare, investitori privați, fonduri europene etc.) și să stabilească condițiile de finanțare (dobânzi, garanții, termene de rambursare).

Analiza rentabilității: Se vor calcula indicatorii de rentabilitate a investiției (valoarea actuală netă, rata internă de rentabilitate, perioada de recuperare a investiției) pentru a evalua fezabilitatea economică a proiectului.

Selectarea amplasamentului optim pentru uzina de hidrogen este o decizie strategică ce influențează în mod direct succesul și sustenabilitatea proiectului.

Criterii de selecție extinse

Pe lângă criteriile menționate anterior (proximitatea față de surse de energie regenerabilă, accesul la infrastructura de transport, disponibilitatea apei), se vor analiza și următorii factori:

Disponibilitatea forței de muncă calificate

Evaluarea pieței de muncă: Se va analiza disponibilitatea forței de muncă calificate în domenii precum inginerie chimică, electromecanică, automatizări, mentenanță industrială etc. în zona Sibiului și în localitățile învecinate.

Programe de formare și calificare: Se vor identifica și evalua posibilitățile de colaborare cu instituții de învățământ și centre de formare profesională pentru a asigura un flux constant de personal calificat pe termen lung.

Atractivitatea zonei: Se vor analiza factorii care pot atrage forța de muncă calificată în zonă, cum ar fi nivelul salariilor, costul vieții, infrastructura educațională și medicală, calitatea vieții etc.

Impactul social și acceptarea comunității:

Dialog cu comunitatea: Se vor organiza întâlniri și consultări publice cu reprezentanții comunității locale pentru a prezenta proiectul, a asculta opiniile și preocupările acestora și a răspunde la întrebări.

Evaluarea impactului social: Se va realiza o evaluare a impactului social al proiectului asupra comunității, luând în considerare aspecte precum crearea de locuri de muncă, dezvoltarea economică locală, impactul asupra mediului și calității vieții.

Plan de comunicare și responsabilitate socială: Se va elabora un plan de comunicare transparent și eficient pentru a informa comunitatea despre proiect și beneficiile sale, precum și un plan de responsabilitate socială corporativă pentru a susține dezvoltarea comunității locale.

Stabilitatea politică și economică

Analiza riscului politic: Se va evalua stabilitatea politică a României și riscurile asociate cu schimbările legislative sau de reglementare care ar putea afecta proiectul.

Analiza riscului economic: Se va analiza stabilitatea economică a țării și riscurile asociate cu fluctuațiile cursului de schimb, inflația sau crizele financiare.

Măsuri de mitigare a riscurilor: Se vor identifica și implementa măsuri de mitigare a riscurilor politice și economice, cum ar fi contracte pe termen lung cu furnizorii și clienții, asigurări împotriva riscurilor politice, diversificarea surselor de finanțare etc.

II. Studiu Geotehnic Detaliat

Investigații de teren:

Foraje geotehnice: Se vor realiza foraje geotehnice în mai multe puncte ale terenului pentru a colecta probe de sol și rocă și a determina caracteristicile geotehnice ale acestora (compoziție, rezistență, compresibilitate, permeabilitate etc.).

Teste de teren: Se vor efectua teste de teren (de exemplu, teste de penetrare standard, teste de încărcare pe placa) pentru a evalua comportamentul solului sub diferite încărcări.

Măsurători geofizice: Se vor realiza măsurători geofizice (de exemplu, seismică de refracție, geoelectrică) pentru a identifica structuri geologice ascunse (straturi de rocă, falii, zone de alterare) și a estima adâncimea până la roca de bază.

Analiza și Interpretarea Datelor:

Caracterizarea geotehnică a solului: Se vor analiza probele de sol și datele colectate pentru a caracteriza geotehnic solul (tipuri de sol, profil stratigrafic, proprietăți mecanice și hidraulice).

Evaluarea riscurilor geologice: Se vor identifica și evalua riscurile geologice (tasare, alunecări de teren, lichefiere, cutremure) și se vor propune măsuri de fundație și proiectare adecvate pentru a asigura stabilitatea și siguranța construcțiilor.

Elaborarea raportului geotehnic: Se va întocmi un raport geotehnic detaliat care să prezinte rezultatele investigațiilor, analiza și interpretarea datelor, concluziile și recomandările pentru proiectare și construcție.

Această fază a proiectului transformă studiul de fezabilitate și datele colectate în planuri concrete și detaliate pentru uzina de hidrogen.

III. Proiectarea Uzinei

Se va elabora un master plan care să definească amplasarea și configurația generală a uzinei, inclusiv:

- **Clădiri și zone de proces**: Amplasarea clădirilor de producție, a stației de electroliză, a depozitelor de hidrogen, a stației de comprimare și încărcare, a laboratoarelor și a clădirilor administrative.
- **Infrastructură de utilități**: Rețele de alimentare cu energie electrică, apă, gaze naturale (dacă este cazul), sistem de tratare a apei, sistem de răcire etc.
- **Căi de acces și circulație**: Drumuri, alei, parcări, zone de încărcare/descărcare.
- **Zone verzi și de protecție**: Spații verzi, zone tampon pentru protecția mediului, bariere de siguranță.

IV. Proiectarea instalațiilor tehnologice

Proiectarea stației de electroliză: Se vor stabili numărul, tipul și capacitatea electrolizoarelor, precum și configurația optimă a acestora pentru a asigura o producție eficientă și fiabilă de hidrogen.

Proiectarea depozitului de hidrogen: Se va proiecta un sistem de stocare a hidrogenului (sub formă comprimată, lichidă sau în hidruri metalice), dimensionat corespunzător capacității de producție și cererii estimate.

Proiectarea stației de comprimare și încărcare: Se va proiecta o stație de comprimare și încărcare a hidrogenului în butelii sau în rezervoare pentru vehicule, respectând standardele de siguranță și performanță.

Proiectarea sistemelor de utilități: Se vor proiecta și dimensiona sistemele de alimentare cu energie electrică, apă, gaze naturale, sisteme de tratare a apei, sisteme de răcire etc.

V. Amprenta la sol și distanțe de siguranță

Respectarea normativelor: Se vor respecta cu strictețe normele și reglementările în vigoare privind amplasarea și distanțele de siguranță între diferitele componente ale uzinei, pentru a asigura siguranța personalului și a populației din jur.

Optimizarea spațiului: Se va căuta optimizarea amprentei la sol a uzinei, pentru a minimiza impactul asupra terenului și a reduce costurile de construcție.

VI. Alimentarea cu energie electrică

Se vor evalua diferite opțiuni de alimentare cu energie electrică, cum ar fi:

- **Rețeaua electrică națională:** Se va analiza capacitatea rețelei de a furniza energia necesară și costurile asociate.
- **Surse regenerabile proprii:** Se va analiza posibilitatea de a instala panouri solare sau turbine eoliene pentru a produce energie verde pentru uzină.
- **Combinarea surselor:** Se poate opta pentru o combinație de surse, de exemplu, utilizarea energiei din rețea în perioadele cu producție redusă de energie regenerabilă.

VII. Alimentarea cu apă

Se vor evalua diferite surse de apă disponibile, cum ar fi:

- **Rețeaua publică de apă:** Se va analiza capacitatea rețelei de a furniza apa necesară și calitatea apei.
- **Surse de apă subterană:** Se va analiza posibilitatea de a fora puțuri pentru a extrage apă subterană.

- **Ape de suprafață:** Se va analiza posibilitatea de a utiliza apa din râuri sau lacuri din apropiere.
- **Tratarea apei:** Se va proiecta un sistem de tratare a apei pentru a asigura calitatea apei necesară în procesul de electroliză.

VIII. Injectarea hidrogenului în rețea:

Se vor identifica punctele de conectare optime la rețeaua de gaze naturale și se va proiecta infrastructura necesară pentru injectarea hidrogenului.

- Standarde de calitate: Se vor respecta standardele de calitate și siguranță pentru injectarea hidrogenului în rețeaua de gaze naturale.
- Monitorizare și control: Se va implementa un sistem de monitorizare și control al calității hidrogenului injectat și al presiunii în rețea.
- Această etapă crucială poate fi de lungă durată și complexă, necesitând o colaborare strânsă cu autoritățile competente și o abordare proactivă pentru a asigura respectarea tuturor cerințelor legale și de mediu.

IX. Studiu de Impact Asupra Mediului (SIAM)

SIAM are ca scop identificarea, evaluarea și cuantificarea impactului potențial al proiectului asupra mediului înconjurător. Studiul va fi realizat de o echipă multidisciplinară de experți în domenii precum:

- Se vor evalua emisiile de poluanți atmosferici generate de uzină (în special în cazul tehnologiilor bazate pe reformarea metanului) și impactul acestora asupra calității aerului în zonă.
- Se va analiza impactul asupra resurselor de apă subterană și de suprafață (consum de apă, deversări de ape uzate tratate), precum și asupra ecosistemelor acvatice.
- Se va evalua impactul asupra calității solului (risc de contaminare), stabilității terenului și a peisajului.
- Se vor măsura nivelurile de zgomot și vibrații generate de uzină și se vor evalua efectele acestora asupra populației și faunei din zonă.
- Se va analiza impactul asupra florei și faunei locale, inclusiv asupra habitatelor naturale și a speciilor protejate.
- Se va evalua impactul vizual al uzinei asupra peisajului înconjurător.

Pe baza rezultatelor SIAM, se vor propune și implementa măsuri concrete pentru a preveni, reduce sau compensa impactul negativ al proiectului asupra mediului. Aceste măsuri pot include:

- Utilizarea celor mai bune tehnici disponibile (BAT) pentru reducerea emisiilor de poluanți.
- Tratarea eficientă a apelor uzate înainte de deversare.

- Monitorizarea periodică a calității aerului, apei și solului în zona uzinei.
- Implementarea de măsuri de reducere a zgomotului și a vibrațiilor.
- Crearea de zone verzi și de protecție a biodiversității.
- Integrarea peisagistică a uzinei.

X. Obținerea Autorizațiilor și Avizelor

- Autorizația de construire: Se va solicita și obține autorizația de construire de la autoritatea locală competentă (primăria). Aceasta va fi emisă în baza documentației tehnice a proiectului (studiul de fezabilitate, proiectul tehnic, SIAM) și a avizelor obținute de la alte autorități.
- Autorizația de mediu: Se va solicita și obține autorizația de mediu de la Agenția pentru Protecția Mediului. Aceasta va fi emisă în baza SIAM și a planului de măsuri de prevenire și mitigare a impactului asupra mediului.
- Avizul autorității de sănătate publică: Se va obține avizul privind impactul proiectului asupra sănătății populației din zona uzinei.
- Avizul inspectoratului pentru situații de urgență: Se va obține avizul privind măsurile de prevenire și stingere a incendiilor și de intervenție în caz de accidente.
- Avizul autorității aeronautice civile: Dacă uzina depășește o anumită înălțime, se va obține avizul privind impactul asupra siguranței navigației aeriene.
- Alte autorizații și avize: În funcție de specificul proiectului, pot fi necesare și alte autorizații și avize, cum ar fi avizul privind protecția patrimoniului cultural, avizul privind gestionarea deșeurilor etc.

XI. Colaborarea cu autoritățile și transparența:

- Comunicare proactivă: Este esențială o comunicare proactivă și transparentă cu toate autoritățile competente pe parcursul întregului proces de obținere a autorizațiilor. Se vor organiza întâlniri de lucru, se vor prezenta documentele și se vor oferi explicații suplimentare ori de câte ori este necesar.
- Adaptarea la cerințe: Echipa de proiect trebuie să fie pregătită să adapteze proiectul și documentația tehnică în funcție de cerințele și observațiile autorităților.
- Respectarea termenelor: Este important să se respecte termenele limită pentru depunerea documentelor și obținerea avizelor, pentru a evita întârzieri în implementarea proiectului.
- Obținerea autorizațiilor și permiselor poate fi un proces complex și consumator de timp, dar este esențial pentru a asigura legalitatea și sustenabilitatea proiectului.

XII. Pregătirea amplasamentului:

- Curățarea terenului: Se va realiza curățarea terenului de vegetație, resturi de construcții sau alte obstacole.
- Nivelarea și excavarea: Terenul va fi nivelat și se vor efectua lucrări de excavare pentru fundații, canale și alte structuri subterane.
- Amenajarea căilor de acces: Se vor construi drumurile și căile de acces necesare pentru transportul materialelor și echipamentelor, precum și pentru circulația în interiorul uzinei.
- Construcția clădirilor și infrastructurii:
    - Fundații: Se vor realiza fundațiile pentru clădiri, rezervoare, stația de electroliză și alte structuri, conform specificațiilor din proiectul tehnic și având în vedere rezultatele studiului geotehnic.
    - Structură și închidere: Se vor ridica structurile clădirilor (cadre metalice, pereți, acoperișuri), se vor monta ușile și ferestrele, se vor realiza finisajele interioare și exterioare.
    - Infrastructură de utilități: Se vor instala rețelele de alimentare cu energie electrică, apă, gaze naturale (dacă este cazul), sistemul de tratare a apei, sistemul de răcire etc.

XIII. Instalarea echipamentelor și instalațiilor:

- Stația de electroliză: Se vor instala electrolizoarele, împreună cu toate componentele auxiliare (pompe, schimbătoare de căldură, sisteme de control etc.).
- Stocarea de hidrogen: Se va instala sistemul de stocare a hidrogenului (comprimat, lichid sau în hidruri metalice), inclusiv rezervoarele, compresoarele, sistemele de răcire și de siguranță.
- Stația de comprimare și încărcare: Se vor instala compresoarele, sistemele de purificare, uscare și răcire a hidrogenului, precum și echipamentele de umplere a buteliilor sau a rezervoarelor vehiculelor.
- Sisteme de control și automatizare: Se vor instala sistemele de control și automatizare care vor monitoriza și controla toate procesele din uzină, asigurând funcționarea optimă și sigură a acesteia.

XIV. Testarea și Punerea în Funcțiune:

- Teste individuale: Fiecare componentă și sistem al uzinei va fi testat individual pentru a verifica dacă funcționează conform specificațiilor și standardelor de calitate.

- Teste integrate: Se vor efectua teste integrate pentru a verifica interacțiunea și funcționarea corectă a tuturor componentelor și sistemelor în ansamblu.
- Punere în funcțiune graduală: Uzina va fi pusă în funcțiune treptat, pornind cu o capacitate redusă și crescând progresiv producția, pentru a permite personalului să se familiarizeze cu echipamentele și procesele și pentru a identifica și remedia eventualele probleme.
- Optimizare și calibrare: Se vor realiza ajustări și calibrări ale echipamentelor și sistemelor pentru a optimiza performanța și eficiența uzinei.
- Training pentru personal: Se va organiza un program de instruire detaliat pentru personalul de operare și mentenanță, pentru a-i familiariza cu procedurile de lucru, cu echipamentele și cu măsurile de siguranță.

XV. Managementul proiectului de construcție:

- Planificare și organizare: Se va elabora un plan detaliat de construcție care să stabilească etapele, termenele, resursele necesare și responsabilitățile fiecărei părți implicate.
- Monitorizare și control: Se va asigura monitorizarea atentă a progresului lucrărilor, a respectării bugetului și a calității construcției.
- Managementul riscurilor: Se vor identifica și evalua riscurile asociate construcției (întârzieri, accidente, costuri suplimentare etc.) și se vor implementa măsuri de prevenire și mitigare a acestora.
- Comunicare și colaborare: Se va asigura o comunicare eficientă și o colaborare strânsă între toți factorii implicați în proiect (proprietar, proiectant, constructor, furnizori, autorități etc.).
- Construcția și punerea în funcțiune a unei uzine de hidrogen este o provocare complexă, dar cu o planificare atentă, o gestionare riguroasă a proiectului și o colaborare eficientă între toate părțile implicate, se poate realiza cu succes. Rezultatul va fi o uzină modernă și eficientă, capabilă să producă hidrogen verde pentru a alimenta economia locală și a contribui la tranziția către o energie curată și sustenabilă.

Operare și Întreținere:

Această etapă marchează trecerea de la construcție la funcționarea uzinei de hidrogen. Este o fază esențială pentru a asigura o producție eficientă, sigură și sustenabilă pe termen lung.

Operațiuni Zilnice:

- Pornirea și oprirea uzinei: Stabilirea procedurilor clare și sigure pentru pornirea și oprirea uzinei, inclusiv verificarea funcționării tuturor sistemelor și echipamentelor.

- Monitorizarea și controlul proceselor: Implementarea unui sistem de control și monitorizare avansat (SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition) pentru a supraveghea în timp real parametrii de funcționare ai electrolizoarelor, depozitelor de hidrogen, stației de comprimare și a celorlalte instalații.
- Ajustarea parametrilor de operare: Reglarea continuă a parametrilor de operare (presiune, temperatură, debit etc.) pentru a optimiza eficiența și a preveni disfuncționalitățile.
- Gestionarea materiilor prime și a produselor: Asigurarea aprovizionării constante cu apă și electricitate (sau gaze naturale, în cazul tehnologiilor SMR), precum și gestionarea eficientă a hidrogenului produs și a eventualelor subproduse.
- Încărcarea și expedierea hidrogenului: Organizarea și coordonarea operațiunilor de încărcare a hidrogenului în butelii sau rezervoare pentru transportul către clienți.
- Respectarea normativelor de siguranță: Implementarea și respectarea strictă a tuturor normelor și reglementărilor de siguranță în domeniul hidrogenului, inclusiv utilizarea echipamentelor de protecție individuală (EPI), efectuarea de inspecții și audituri periodice, precum și organizarea de exerciții de evacuare și intervenție în caz de urgență.

XVI. Întreținere:

- Întreținere preventivă: Elaborarea și implementarea unui plan de întreținere preventivă pentru a identifica și remedia din timp eventualele defecțiuni sau uzuri ale echipamentelor și instalațiilor.
- Întreținere corectivă: Intervenția promptă în cazul apariției unor defecțiuni sau avarii, pentru a minimiza timpul de nefuncționare al uzinei.
- Întreținere predictivă: Utilizarea tehnologiilor de monitorizare și analiză a datelor (senzori, algoritmi de machine learning) pentru a anticipa apariția unor defecțiuni și a planifica intervențiile de mentenanță înainte ca acestea să se producă.
- Gestionarea pieselor de schimb: Asigurarea stocului necesar de piese de schimb și consumabile pentru a permite intervenții rapide în caz de nevoie.
- Colaborarea cu furnizorii: Menținerea unei relații strânse cu furnizorii de echipamente și servicii de mentenanță pentru a beneficia de asistență tehnică și actualizări periodice.

XVII. Managementul personalului:

- Recrutare și selecție: Atragerea și selectarea personalului calificat pentru operarea și întreținerea uzinei, inclusiv ingineri, tehnicieni, operatori, personal de laborator și personal administrativ.

- Instruire și dezvoltare: Organizarea de programe de instruire inițială și continuă pentru a asigura că personalul are cunoștințele și abilitățile necesare pentru a-și îndeplini sarcinile în condiții de siguranță și eficiență.
- Motivare și retenție: Crearea unui mediu de lucru motivant și a unui sistem de recompensare a performanței pentru a atrage și reține personalul talentat.
- Evaluarea performanței: Evaluarea periodică a performanței angajaților și oferirea de feedback constructiv pentru îmbunătățirea continuă a activității.

XVIII. Optimizarea performanței uzinei:

- Monitorizarea consumului de energie și apă: Urmărirea atentă a consumului de energie electrică și apă pentru a identifica și implementa măsuri de eficientizare energetică și de reducere a consumului de apă.
- Analiza datelor de producție: Analiza datelor de producție (cantitatea de hidrogen produsă, eficiența electrolizoarelor, consumul de materii prime etc.) pentru a identifica și corecta eventualele abateri de la parametrii optimi de funcționare.
- Implementarea de îmbunătățiri tehnologice: Urmărirea evoluției tehnologice în domeniu și implementarea de noi tehnologii sau echipamente pentru a crește eficiența, fiabilitatea și sustenabilitatea uzinei.
- Cercetare și dezvoltare: Colaborarea cu universități și institute de cercetare pentru a dezvolta și testa noi soluții tehnologice și pentru a îmbunătăți performanța uzinei.
- Operarea și întreținerea uzinei de hidrogen sunt esențiale pentru a asigura o producție constantă, sigură și eficientă de hidrogen verde. Această etapă necesită un management riguros, personal calificat și o atenție constantă la detalii pentru a maximiza beneficiile aduse de această tehnologie inovatoare.
- Această etapă vizează creșterea și adaptarea uzinei de hidrogen la evoluția pieței și la apariția de noi oportunități tehnologice. Este o etapă continuă, care asigură competitivitatea și sustenabilitatea pe termen lung a proiectului.

XIX. Strategii de dezvoltare:

- Extinderea capacității de producție: Pe măsură ce cererea de hidrogen crește, se va analiza posibilitatea de a extinde capacitatea de producție a uzinei. Aceasta poate implica adăugarea de noi electrolizoare, creșterea capacității de stocare a hidrogenului sau instalarea de noi unități de comprimare și încărcare.

- Diversificarea produselor și serviciilor: Pe lângă producerea și vânzarea de hidrogen comprimat sau lichid, uzina ar putea oferi și alte produse și servicii, cum ar fi:
- Hidrogen lichefiat pentru transportul pe distanțe lungi sau pentru aplicații speciale.
- Amestecuri de hidrogen și gaze naturale pentru injectarea în rețeaua de gaze existentă.
- Servicii de consultanță și proiectare pentru dezvoltarea infrastructurii de hidrogen.
- Training și certificare pentru personalul care lucrează în domeniul hidrogenului.
- Integrarea cu alte tehnologii: Uzina ar putea fi integrată cu alte tehnologii complementare, cum ar fi:
- Captarea și stocarea carbonului (CCS): Dacă uzina utilizează gaze naturale ca materie primă, se poate implementa un sistem CCS pentru a reduce emisiile de CO2.
- Producerea de energie electrică: Uzina ar putea utiliza hidrogenul produs pentru a alimenta o centrală electrică pe bază de hidrogen, generând astfel energie electrică verde.
- Producția de amoniac verde: Hidrogenul produs poate fi utilizat pentru a produce amoniac verde, un îngrășământ sustenabil
- Parteneriate cu producători de echipamente: Colaborarea cu producători de echipamente pentru dezvoltarea de noi tehnologii și pentru a beneficia de asistență tehnică și de mentenanță.
- Parteneriate cu furnizorii de materii prime: Stabilirea de parteneriate pe termen lung cu furnizorii de energie electrică, apă sau gaze naturale pentru a asigura o aprovizionare stabilă și la prețuri competitive.
- Parteneriate cu consumatorii de hidrogen: Colaborarea cu potențialii consumatori de hidrogen pentru a dezvolta soluții personalizate și a asigura o piață stabilă pentru hidrogenul produs.
- Parteneriate cu autoritățile publice: Colaborarea cu autoritățile locale și naționale pentru a beneficia de sprijin financiar, de reglementări favorabile și de promovarea hidrogenului ca soluție energetică sustenabilă.
- Colaborare cu Universități și Institute de Cercetare: Dezvoltarea de parteneriate cu instituții de cercetare pentru a accesa cele mai noi descoperiri și tehnologii în domeniul hidrogenului și pentru a forma specialiști în acest domeniu.

XX. Adaptarea la schimbările tehnologice și de piață:

- Monitorizarea tendințelor: Urmărirea constantă a evoluției tehnologice și a schimbărilor de pe piața hidrogenului pentru a identifica noi oportunități și amenințări.
- Adaptarea strategiei: Adaptarea strategiei de dezvoltare a uzinei în funcție de noile tendințe și de evoluția pieței.
- Investiții în inovație: Alocarea de resurse pentru cercetare și dezvoltare pentru a menține uzina la un nivel tehnologic avansat și competitiv.

- Implementarea unui Plan de Dezvoltare Durabilă:
- Reducerea amprentei de carbon: Implementarea de măsuri pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră ale uzinei, cum ar fi utilizarea energiei regenerabile, captarea și stocarea carbonului, optimizarea proceselor de producție etc.
- Economisirea apei: Implementarea de măsuri de economisire a apei, cum ar fi reutilizarea apei, utilizarea de tehnologii de răcire eficiente etc.
- Gestionarea responsabilă a deșeurilor: Implementarea unui sistem de gestionare a deșeurilor care să minimizeze cantitatea de deșeuri generate și să asigure reciclarea sau valorificarea acestora.
- Implicarea comunității: Continuarea dialogului cu comunitatea locală și implicarea acesteia în procesul de dezvoltare a uzinei, pentru a asigura acceptarea și sprijinul pe termen lung.
- Dezvoltarea și extinderea uzinei de hidrogen sunt esențiale pentru a-i asigura succesul pe termen lung. Printr-o abordare strategică, adaptabilitate și o viziune pe termen lung, uzina de hidrogen de la Sibiu poate deveni un model de succes în tranziția către o economie bazată pe hidrogen.

9. Concluzii

Județul Sibiu este remarcabil prin prisma potențialului semnificativ de producție a energiei electrice din surse regenerabile, cu resurse variate și abundente în ceea ce privește energia solară, eoliană și hidroenergia. Imensa cantitate de energie potențial generabilă poate fi valorificată pentru implementarea unei infrastructuri de producție și distribuție de hidrogen, cu o configurație scalabilă, rentabilă și sigură.

Energie solară

- Potențialul de producție de energie solară este considerabil, în special în jumătatea de nord a județului, unde radiația solară normală poate atinge **1100 kWh/m²/an.**
- Județul Sibiu înregistrează valori normale directe ale radiației solare cuprinse între **1095 kWh/m²** și **1247 kWh/m²** anual.
- Potențialul de producție energetică solară orizontală anuală este cuprins între **1241 kWh/ m²** și **1314 kWh/ m²**.
- La unghiul optim de captare, potențialul de producție de energie electrică prin panouri solare poate ajunge la **1314 kWh/kWp**.
- Există deja o capacitate instalată de producere a energiei electrice din surse solare de **38,9898 MW**, cu posibilitatea de extindere în viitor.

Energie eoliană

- Potențialul de producție de energie eoliană este considerabil, în special în zonele înalte și de deal, unde viteza medie anuală a vântului este estimată între 5 și 7 m/s.
- Zonele cu potențial ridicat, situate în sudul muntos, ar putea produce anual până la **3000-4000 MWh** per MW de capacitate instalată.
- Podișul central prezintă un potențial moderat, cu o producție estimată la **2000-3000 MWh** per MW de capacitate instalată anual.
- La nivelul întregului județ, producția medie anuală de energie eoliană este estimată la aproximativ **2500 MWh** per MW de capacitate instalată.

Hidroenergie

- Județul Sibiu are o capacitate de producție hidroenergetică de **267,3 GWh/an**.
- Există trei amenajări hidroenergetice neutilizate care ar putea fi revitalizate pentru a crește producția.
- Potențialul hidroenergetic neexploatat este estimat la aproximativ **10 MWh/an**, în special pe râul Săliștea (Valea Mare) și afluenții săi.

Estimarea totală a capacității de producție a energiei regenerabile la nivelul județului Sibiu este de **267.3 GWh/an**, cu un **potențial hidroenergetic neexploatat de aproximativ 10MWh/an.**

Corelarea potențialului energetic cu producția de hidrogen

Pentru a estima numărul de fabrici și vehicule care pot fi alimentate în fiecare scenariu, vom folosi următoarele ipoteze și informații din document:

- Consum autobuz: **35 kg H_2/500 km (valoare medie)**
- Consum autoturism: **6 kg H_2/600 km**
- Consum tren: **180 kg H_2/800 km (valoare medie)**
- Distanță zilnică parcursă de un autobuz: **200 km**
- Autonomie autoturism: **600 km (un plin)**
- Autonomie tren: **800 km (un plin)**
- Necesar termoficare: **100 kg H_2/zi (scenariile 1 și 2) sau 800 kg H2/zi (scenariile 3 și 4)**
- Număr de zile de funcționare pe an: **365**

Având în vedere potențialul energetic al județului Sibiu, infrastructura existentă și nevoile de consum, au fost identificate patru zone cu potențial ridicat pentru amplasarea fabricilor de hidrogen verde/gri:

- **Zona Tălmaciu - Avrig:** Această zonă se remarcă prin resurse eoliene și hidroenergetice semnificative, oferind un acces facil la energie regenerabilă pentru producerea hidrogenului verde. De asemenea, infrastructura de transport bine dezvoltată și proximitatea față de orașul Sibiu, un important centru de consum, fac din această zonă o locație strategică.
- **Zona Sadu - Cisnădie:** Cu un potențial hidroenergetic considerabil datorită râului Sadu, această zonă oferă o altă opțiune atractivă pentru producerea de hidrogen verde. Apropierea de orașul Sibiu și de alte centre urbane asigură o distribuție eficientă a hidrogenului către consumatori.
- **Zona Mediaș - Copșa Mică:** Această regiune, cu o tradiție industrială îndelungată și o infrastructură energetică dezvoltată, este ideală pentru amplasarea unei uzine de hidrogen de capacitate mare, care să deservească atât nevoile industriale locale, cât și cererea regională.
- **Zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului:** Cu un potențial eolian și solar considerabil, această zonă oferă o alternativă sustenabilă pentru producerea hidrogenului verde. Apropierea de centre urbane și industriale importante facilitează distribuția și utilizarea hidrogenului produs.

Scenariul 1

- Producție zilnică: **1062 kg H_2**
- Necesar total: **400 kg H_2 (autobuze) + 120 kg H_2 (autoturisme) + 180 kg H_2 (tren) + 100 kg H_2 (termoficare) = 800 kg H_2**
- Număr de fabrici: **1 fabrică (cu o capacitate de 1062 kg H_2/zi) poate acoperi necesarul total.**
- Număr de autobuze alimentate: **20**
- Număr de autoturisme alimentate: **20**

- Număr de trenuri alimentate: **1**

Scenariul 2

- Producție zilnică: **864 kg H_2**
- Necesar total: **400 kg H_2 (autobuze) + 120 kg H_2 (autoturisme) + 180 kg H_2 (tren) + 100 kg H_2 (termoficare) = 800 kg H_2**
- Număr de fabrici: **Este nevoie de aproximativ 1.23 fabrici pentru a acoperi necesarul. Deoarece nu putem avea o fracțiune de fabrică, ar fi necesare 2 fabrici.**
- Număr de autobuze alimentate: **40 (2 fabrici * 20 autobuze/fabrică)**
- Număr de autoturisme alimentate: **40 (2 fabrici * 20 autoturisme/fabrică)**
- Număr de trenuri alimentate: **2 (2 fabrici * 1 tren/fabrică)**

Scenariul 3

- Producție zilnică: **2122,6 kg H_2**
- Necesar total: **800 kg H_2 (autobuze) + 120 kg H_2 (autoturisme) + 180 kg H_2 (tren) + 800 kg H_2 (termoficare) = 1900 kg H_2**
- Număr de fabrici: **1 fabrică poate acoperi necesarul total.**
- Număr de autobuze alimentate: **40**
- Număr de autoturisme alimentate: **20**
- Număr de trenuri alimentate: **6 (cu un surplus de 222,6 kg H_2/zi)**

Scenariul 4

- Producție zilnică: 1725,69 kg H_2
- Necesar total: 800 kg H_2 (autobuze) + 120 kg H_2 (autoturisme) + 180 kg H_2 (tren) + 800 kg H_2 (termoficare) = 1900 kg H_2
- Număr de fabrici: **Este nevoie de aproximativ 1.1 fabrici pentru a acoperi necesarul. Deoarece nu putem avea o fracțiune de fabrică, ar fi necesare 2 fabrici.**
- Număr de autobuze alimentate: **80 (2 fabrici * 40 autobuze/fabrică)**
- Număr de autoturisme alimentate: **40 (2 fabrici * 20 autoturisme/fabrică)**
- Număr de trenuri alimentate: **8 (2 fabrici * 4 trenuri/fabrică, cu un surplus de aproximativ 125 kg H2/zi)**

Luând în considerare necesarul de hidrogen pentru termoficare, scenariile 1 și 3 rămân fezabile cu o singură fabrică, în timp ce scenariile 2 și 4 ar necesita două fabrici pentru a acoperi cererea**. Scenariul 3, cu electrolizorul PEM de 5 MW, rămâne cea mai bună opțiun**e, oferind cea mai mare flexibilitate și capacitate de producție, chiar și cu necesarul suplimentar pentru termoficare. Este de avut în vedere faptul că aceste configurații sunt complet scalabile, iar cererea de hidrogen va crește odată cu implementarea infrastructurii, fapt care va duce la epuizarea excedentului de hidrogen și la introducerea nevoii de construcție a altor uzine de producție. Cu toate acestea, implementarea acestor uzine depinde în mod definitiv de capacitatea de alimentare cu apă și energie, de infrastructura energetică și de variantele de poziționare geografică ale acestora. Fără ca factorii amintiți în planul de acțiune să fie satisfăcuți, implementarea unor astfel de rețele de producție și distribuție devine exponențial mai dificilă.

Zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului reprezintă o alegere excelentă pentru amplasarea acestei uzine datorită mai multor factori esențiali:

Regiunea dispune de un potențial eolian moderat spre ridicat, cu viteze medii ale vântului de peste 6-7 m/s la altitudini de 100 m, precum și de un potențial solar rezonabil, cu radiație solară medie anuală de aproximativ 1100 kWh/m². Aceste resurse regenerabile pot alimenta eficient procesul de electroliză necesar pentru producția de hidrogen, contribuind la sustenabilitatea și stabilitatea proiectului.

Zona este bine deservită de rețele electrice de înaltă tensiune și are acces facil la coridoare majore de transport, precum drumul național DN1 și autostrada A1. Aceasta asigură distribuția eficientă a hidrogenului produs și minimizează pierderile de energie. În plus, proximitatea față de Sibiu, un important centru economic și industrial, facilitează accesul la piețele de desfacere și integrarea industrială.

Utilizarea surselor de energie regenerabilă precum eoliană, solară și hidroenergetică contribuie la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și protejarea mediului. Amplasarea uzinei în această zonă nu va necesita modificări majore ale peisajului sau ale ecosistemelor locale, menținând un impact ecologic redus.

Implementarea uzinei de hidrogen în această locație poate stimula creșterea economică locală, crea locuri de muncă și atrage investiții suplimentare în infrastructură. În plus, aceasta poate transforma zona într-un hub regional pentru producția și distribuția de hidrogen, contribuind la tranziția energetică a județului Sibiu și la stabilizarea prețurilor energiei.

Prin urmare, Scenariul 3 oferă o soluție optimă care îmbină potențialul energetic, infrastructura existentă, sustenabilitatea ecologică și oportunitățile economice, conturând zona Miercurea Sibiului - Ocna Sibiului ca locația ideală pentru dezvoltarea unei uzine de hidrogen cu capacitate medie.

Județul Sibiu are un potențial semnificativ pentru producerea de energie verde din surse regenerabile, inclusiv energie solară, eoliană și hidroenergie. Acest potențial poate fi valorificat pentru a produce hidrogen verde, un combustibil curat și versatil, care poate fi utilizat în diverse sectoare ale economiei, contribuind la reducerea emisiilor de carbon și la dezvoltarea durabilă a județului.

Implementarea scenariului 3, care propune utilizarea unui electrolizor PEM de 5 MW alimentat cu energie verde, reprezintă o soluție optimă pentru a valorifica acest potențial și a asigura o producție suficientă de hidrogen pentru a satisface cererea actuală și viitoare.

Pe termen lung, dezvoltarea infrastructurii de producție, stocare și distribuție a hidrogenului poate transforma județul Sibiu într-un centru regional important pentru economia hidrogenului, creând noi oportunități de afaceri, locuri de muncă și dezvoltare economică sustenabilă.

SURSE BIBLIOGRAFICE

[1] Ramchandra Bhandari, Clemens A. Trudewind, Petra Zapp, *Life cycle assessment of hydrogen production via electrolysis – a review,* Journal of Cleaner Production, Volume 85, 2014, Pages 151-163, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.048.

[2] European Commission. (2020). *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*.

[3] Dincer, I., & Acar, C. (2021). *Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability*. International Journal of Hydrogen Energy, 46(59), 29817-29849.

[4] Staffell, I., Scamman, D., Abad, A. V., Balcombe, P., Dodds, P. E., Ekins, P., Li, Y. (2019). *The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system*. Energy & Environmental Science, 12(2), 463-491.

[5] Wang, Y., Chen, K. S., Mishler, J., Cho, S. C., & Adroher, X. C. (2020). *A review of polymer electrolyte membrane fuel cells: Technology, applications, and needs on fundamental research*. Applied Energy, 258, 114053.

[6] Moriarty, P., & Honnery, D. (2019). *Hydrogen's role in meeting Paris Agreement climate goals*. Nature Communications, 10(1), 259.

[7] Veza, Ibham & Idris, Muhammad & Fattah, I. M. Rizwanul. (2022). *Circular economy, energy transition, and role of hydrogen*. Mechanical Engineering for Society and Industry. 2. 54-56. 10.31603/mesi.7134.

[8] Element Energy (ERM), *REFHYNE Clean Refinery Hydrogen for Europe*, Lessons Learnt (2022)

[9] HyDeploy Project, *Project Close Down Report Rev 03(Final)*, (2021)

[10] Proiect pilot 20HyGrid, *Analiza comportării componentelor sistemului de distribuție a gazelor naturale, instalațiilor și aparatelor de utilizare existente, fără modificări, la amestecul de gaze naturale cu 20% vol. Hidrogen*, Raport final (2024)

[11] International Renewable Energy Agency (IRENA), www.irena.org

[12] Clean Hydrogen Partnership, *Joint Initiative for hydrogen Vehicles across Europe (JIVE),* https://www.clean-hydrogen.europa.eu/

[13] Hydrogen for clean urban transport in Europe, HyFLEET:CUTE, https://cordis.europa.eu/project/id/19991

[14] Hydrogen Mobility Europe, https://h2me.eu/

[15] MEHRLIN Project , https://www.fuelcellbuses.eu/projects/mehrlin

[16] *** https://www.energynomics.ro/emil-boc-municipalitatea-cluj-si-a-propus-sa-construiasca-o-unitate-de-productie-a-hidrogenului/

[17] *** https://www.omvpetrom.com/ro/activitatile-noastre/proiecte-cu-emisii-de-carbon-reduse-si-zero/hidrogen-pnrr

[18] *** https://www.viata-libera.ro/prima-pagina/199681-o-fabrica-de-hidrogen-verde-va-pune-galatiul-pe-harta-europeana-a-energiei

[19] *** https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen

[20] *** https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en

[21] *** https://hydrogen-central.com/hydrogen-accelerator-key-element-commissions-repowereu-plan/

[22] *** https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

[23] *** https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en

[24] *** https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-04/ro_final_necp_main_ro_0.pdf

[25] *** https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/139677

[26] *** https://energie.gov.ro/category/pnrr/masura-de-investitii-i-2/

[27] *** https://lege5.ro/Gratuit/geztqnrvg4zdq/legea-nr-237-2023-privind-integrarea-hidrogenului-din-surse-regenerabile-si-cu-emisii-reduse-de-carbon-in-sectoarele-industriei-si-transporturilor

[28] *** https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/267452

[29] *** https://energie.gov.ro/strategia-nationala-a-hidrogenului-si-planul-de-actiune-pentru-implementarea-sa/

[30] *** https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55/#:~:text=Why%20'Fit%20for%2055'%3F,line%20with%20the%202030%20goal.

[31] *** https://www.consilium.europa.eu/ro/infographics/fit-for-55-afir-alternative-fuels-infrastructure-regulation/

[32] *** https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0283_RO.html

[33] *** https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

[34] *** https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund_en

[35] *** https://www.eib.org/en/index.htm

[36] *** https://www.adrcentru.ro/dez-reg/analiza-emisiilor-de-gaze-cu-efect-de-sera-la-nivelul-regiunii-centru-in-contextul-schimbarilor-climatice-identificarea-solutiilor-privind-eficienta-energetica-si-utilizarea-energiilor-regenerabile/

[37] *** https://globalsolaratlas.info/map

[38] Document 50045/01.04.2024 referitor la solicitarea către ANRE cu nr. 45644/22.03.2024

[39] Alcalá, G.; Grisales-Noreña, L.F.; Hernandez-Escobedo, Q.; Muñoz-Criollo, J.J.; Revuelta-Acosta, J.D. (2021) SHP Assessment for a Run-of-River (RoR) Scheme Using a Rectangular Mesh Sweeping Approach (MSA) Based on GIS. Energies, 14, 3095. https://doi.org/10.3390/en14113095

[40] Ayele, M. K. . (2020). GIS Based Assessment of Hydropower Potential (A Case Study on Gumara River Basin). American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences, 69(1), 26–44. Retrieved from https://asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/5890

[41] Daniela Elena Gogoaşe Nistoran, Davide Abdelal, Cristina Sorana Ionescu (2017) A Simple Method to Assess Theoretical Hydropower Potential of a River, The 10th International Symposium on Advanced Topics In Electrical Engeneering March 23-25, 2017 Bucharest, Romania

[42] Giulia Garegnani, Sandro Sacchelli, Jessica Balest, Pietro Zambelli, (2018) GIS-based approach for assessing the energy potential and the financial feasibility of run-off-river hydro-power in Alpine valleys, Applied Energy, Volume 216, , Pages 709-723, ISSN 0306-2619, https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.043.

[43] Haidu, Ionel, (1993) Potenţialul hidroenergetic al râurilor mici din grupa nordică a Carpaţilor Orientali. Aplicaţie la Carpaţii Maramureşului şi ai Bucovinei, Editura Gloria, Cluj-Napoca, 176 p.

[44] Horváth Csaba, (2008), Studiul lacurilor de acumulare din bazinul superior al Crisului Repede, Casa Cartii De Stiinta , Cluj-Napoca, P. 208. ISBN 978-973-133-419-6

[45] Horváth Csaba, Antal Maria Ivett (2008) Teoretical specific areal hidroenergetic potential. Model: Crişul Repede River upper basin, Geographia Technica, Cluj-Napoca.

[46] Pop, P. Grigor (1996), România: geografie hidroenergetica, Presa Universitară Clujeană

[47] Punys, P.; Dumbrauskas, A.; Kvaraciejus, A.; Vyciene, G. (2011) Tools for Small Hydropower Plant Resource Planning and Development: A Review of Technology and Applications. Energies 2011, 4, 1258-1277. https://doi.org/10.3390/en4091258

[48] Ujvari I., (1972), Geografia apelor României, Ed. Științifică, București

[49] *** Ministerul Energiei - Strategia energetică a României 2018-2030, cu perspectiva anului 2050

[50] *** Arhiva Hidroelectrica SA

[51] *** Arhiva Apele Romane, Administrația Bazinală de Apă Olt

[52] *** Arhiva Apele Romane, Administrația Bazinală de Apă Mureș

[53] *** https://www.cjsibiu.ro/wp-content/uploads/2023/02/Sinteza-Strategiei-de-dezv-a-Jud-Sibiu-Strategia-2030.pdf

[54] *** https://www.turnulsfatului.ro/uploads/media/2022/5/19/pmud-sibiu-depus-apm-au9v.pdf

[55] Zulfhazli, Alexander Ryota Keeley, Thierry Yerema Coulibaly, Shunsuke Managi, *Analysis of prospective demand for hydrogen in the road transportation sector: Evidence from 14 countries*, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 56, 2024, Pages 853-863, ISSN 0360-3199, https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.12.246.

[56] *** https://www.tursib.ro/page/despre-noi

[57] Daniel Ding, Xiao-Yu Wu, Hydrogen fuel cell electric trains: Technologies, current status, and future, Applications in Energy and Combustion Science, Volume 17, 2024, 100255, ISSN 2666-352X, https://doi.org/10.1016/j.jaecs.2024.100255.

[58] *** https://www.greencarcongress.com/2020/04/20200411-fraunhoferiff.html

[59]***http://newbusfuel.eu/wpcontent/uploads/2017/03/NewBusFuel_D4.3_Guidancedocument-for-large-scale-hydrogen-refuelling_final.pdf

[60]*** https://publishing.energyinst.org/topics/hydrogen/guidance-on-hydrogen-delivery-systems-for-refuelling-of-motor-vehicles

[61] *** GEOGloWS Hydroviewer - https://apps.geoglows.org/apps/geoglows-hydroviewer/

[62] *** https://earthmap.org ECMWF ERA5 - reprezentând cea de-a cincea generație de reanaliză atmosferică ECMWF a climei globale

[63] *** https://www.google.com/maps/place/Hydrogen+Refuelling+Station/@51.8209701,-3.0162315,1719m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x4871d147f36fa69b:0xbdc3289a896a99f6!8m2!3d51.8201047!4d-3.0150242!16s%2Fg%2F11lkyx8rf8?entry=ttu

[64]***
https://www.google.com/maps/@48.2707209,16.412309,3a,75y,226.5h,86.47t/data=!3m6!1e1!3m4!1sUX6fYeVaa-Bn5aqPm4d3zQ!2e0!7i16384!8i8192?entry=ttu

[65]***
https://www.google.com/maps/@52.5718331,13.429501,3a,44.3y,215.33h,92.29t/data=!3m6!1e1!3m4!1sO_rkFLPWmpg8VMjEcXpVgA!2e0!7i16384!8i8192?entry=ttu

[66]***
https://www.google.com/maps/@47.0421559,15.4638164,3a,75y,151.86h,89.7t/data=!3m6!1e1!3m4!1sluxdCFC5t1WT1xK7MLK6DQ!2e0!7i16384!8i8192?entry=ttu

[67]***
https://www.google.com/maps/@47.295867,7.9319982,3a,90y,15.15h,86.34t/data=!3m6!1e1!3m4!1sy0kIKNL2b1cyHfviTb0EEA!2e0!7i16384!8i8192?entry=ttu

[68]***
https://www.google.com/maps/@50.0312407,14.380799,3a,90y,272.65h,89.55t/data=!3m6!1e1!3m4!1sl73s9Kl9rCCjbvAlEYjqRg!2e0!7i16384!8i8192?entry=ttu

[69] National Grid. (n.d.). *Hydrogen colour spectrum*. Retrieved from National Grid.

[70] Energy Education. (n.d.). *Types of hydrogen fuel*. Retrieved from Energy Education.

[71] Staffell, I., et al. (2019). *The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(1), 257-259. Retrieved from Sci-Hub.

[72] Burton, M., et al. (2021). *Hydrogen production costs 2021: A global perspective*. *Hydrogen Energy Publication*. Retrieved from Sci-Hub.

[73] Yue, M., et al. (2021). *Hydrogen energy – Current status and future trends*. *Energy Reports*, 7, 185-197. Retrieved from

[74] Facultatea de Geografie, Universitatea Babeș-Bolyai. 2023. *Planul de Amenajare a Teritoriului Județean Sibiu - Etapa I: Analiza și Prognoza Evoluției Dezvoltării Teritoriale a Județului Sibiu, Volumul I.2. Studii de Fundamentare cu Caracter Analitic și Prospectiv*. *Livrabil 1.1 – I.2.1.1. STUDIU DE FUNDAMENTARE PRIVIND CADRUL NATURAL ȘI CALITATEA MEDIULUI*. Cluj-Napoca: Universitatea Babeș-Bolyai