



Studiu de fundamentare privind condițiile
geotehnice și hidrologice

ACTUALIZARE PLAN URBANISTIC GENERAL AL COMUNEI CRIZBAV

Beneficiar
Comuna Crizbav, Județul Brașov

Proiectant General
Vego Concept Engineering S.R.L.





FOAIE DE CAPĂT

Denumire proiect	Actualizare Plan Urbanistic General al comunei Crizbav
Beneficiar	Comuna Crizbav, Județul Brașov
Proiectant general	Vego Concept Engineering S.R.L.
Studiu	Studiu de fundamentare privind condițiile geotehnice și hidrologice
Data elaborării	FEB 2026



COLECTIV DE ELABORARE

Specialist	ing. Mădălin POPESCU	
Project manager	Virgil PROFEANU	
Colectiv elaborare	Urb. Călin ALEXANDRESCU	
	Arh. Luiza TĂNASE	
	Urb. Bianca Raluca Ioana NEDEA	
	Urb. Alexandru Georgian CHIRIȚĂ	
	Urb. Diana Iulia STĂNCIULESCU	
	Urb. Andrei Cristian CIOCAN	
	Urb. Denisa SPIREA	
	Urb. Andreea Florentina CODREANU	
	Urb. Andrei Cristian ION	
	Urb. Iona ALBULESCU	



CUPRINS:

STUDIUL DE FUNDAMENTARE PRIVIND CONDIȚIILE GEOTEHNICE ȘI HIDROLOGICE	7
1. INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE	8
1.1. Scopul și Obiectivele Specifice ale Studiului.....	8
1.2. Cadrul Legislativ de Referință	9
1.3. Metodologia de Analiză Utilizată.....	10
2. CADRUL LEGAL ȘI METODOLOGIC.....	12
2.1. Legislația Națională și Europeană Aplicabilă.....	13
2.2. Normative Tehnice de Referință	14
2.3. Metodologia de Colectare și Analiză a Datelor	15
3. ANALIZA DATELOR DE INTRARE ȘI A SITUAȚIEI EXISTENTE.....	16
3.1. Sursele de Date Fundamentale (Topo-Cadastrale și Urbanistice).....	16
3.2. Cadrul Geografic și Administrativ.....	18
3.3. Situația Existentă: Utilizarea Terenurilor și Fondul Construit	19
3.4. Analiza Critică a Situației Existente și a Disfuncționalităților Anterioare	20
4. CADRUL GEOLOGIC ȘI GEOTEHNIC AL ZONEI	22
4.1. Geologie regională	22
4.2. Litologie și Unități Geotehnice.....	23
4.3. Caracteristici Fizico-Mecanice	23
4.4. Foraje și Profile Geotehnice Reprezentative.....	24
5. ANALIZA CADRULUI HIDROGEOLOGIC	26
5.1. Acvifere freatice și de adâncime	26
5.2. Nivelul piezometric și direcțiile de curgere.....	27
5.3. Calitatea și agresivitatea apei subterane	28
5.4. Interacțiunea apelor subterane cu cele de suprafață și drenajul natural	29
6. IDENTIFICAREA HAZARDELOR GEOTEHNICE.....	30
6.1. Hazard la tasare	31
6.2. Hazard la umflare-contrație	32
6.3. Hazard la lichefiere.....	33
6.4. Harta de hazard geotehnic	34
7. ZONIFICAREA GEOTEHNICĂ A TERITORIULUI	35



7.1. Criterii de zonificare.....	35
7.2. Zone favorabile (construibile fără măsuri speciale).....	38
7.3. Zone condiționate (construibile cu măsuri speciale).....	39
7.4. Zone cu restricții (neconstruibile sau construibile cu măsuri excepționale)	41
8. ANALIZA RISCURILOR NATURALE CONEXE (SEISM, INUNDAȚII, ALUNECĂRI).....	43
8.1. Risc seismic.....	43
8.2. Risc la inundații.....	45
8.3. Risc la alunecări de teren	46
8.4. Analiză integrată a riscurilor.....	47
9. VULNERABILITATEA LA POLUARE A RESURSELOR DE APĂ.....	48
9.1. Surse Potențiale de Poluare	48
9.2. Harta de Vulnerabilitate Naturală la Poluare	50
9.3. Zone de Protecție Sanitară și Recomandări de Utilizare a Terenului	51
10. RECOMANDĂRI GENERALE PRIVIND CONSTRUIBILITATEA.....	53
10.1. Construibilitate în zone favorabile.....	53
10.2. Condiționări specifice (studii suplimentare, măsuri de îmbunătățire).....	54
10.3. Restricții de construire (temporare, definitive)	56
10.4. Lucrări de terasament și stabilitatea versanților	57
11. RECOMANDĂRI SPECIFICE DE FUNDARE PE ZONE	59
11.1. Fundații directe.....	59
11.2. Fundații indirecte (piloți, barete)	60
11.3. Îmbunătățirea terenului de fundare	61
11.4. Adâncimea de îngheț și adâncimea de fundare	62
12. IMPLICAȚII ÎN RLU: PROPUNERI DE REGLEMENTĂRI TEHNICE	63
12.1. Propuneri Articole-Cadru pentru RLU privind Zonificarea Geotehnică	64
12.2. Reglementări privind Condițiile Generale și Specifice de Fundare.....	66
12.3. Reglementări privind Restricțiile de Construire în Zonele de Risc	67
12.4. Reglementarea Obligativității Studiului Geotehnic în Procesul de Autorizare	68
13. CONCLUZII, SINTEZĂ ȘI MĂSURI PRIORITARE.....	70
13.1. Sinteza Rezultatelor și Concluzii Finale.....	70
13.2. Măsuri Prioritare de Integrat în PUG și RLU.....	72
13.3. Recomandări de Monitorizare.....	73
14. ANEXE (HĂRȚI, DOCUMENTE AVIZARE, BIBLIOGRAFIE).....	75



14.1. Documente de avizare	75
14.2. Bibliografie.....	76
14.3. Anexe tehnice (foraje, analize)	77



STUDIU DE FUNDAMENTARE PRIVIND CONDIȚIILE GEOTEHNICE ȘI HIDROLOGICE

Introducere :

Acest studiu de fundamentare stabilește cadrul tehnic și normativ pentru analiza condițiilor geotehnice și hidrologice ale comunei Crizbav, județul Brașov. Demersul este o componentă esențială în procesul de actualizare a Planului Urbanistic General (PUG), având ca scop principal definirea construibilității teritoriului și fundamentarea reglementărilor urbanistice care vor asigura o dezvoltare spațială sigură, coerentă și durabilă. Prin corelarea datelor geologice, a investigațiilor de teren și a analizelor de risc, documentul oferă un instrument de planificare esențial pentru administrația publică locală, proiectanți și investitori, traducând complexitatea condițiilor naturale într-un set de reguli clare și acționabile.

Motivația elaborării acestui studiu derivă direct din necesitatea stringentă de a alinia dezvoltarea comunei la realitățile fizice ale teritoriului, în contextul unei presiuni de suburbanizare tot mai accentuate, dată de proximitatea față de polul urban Brașov. Documentația PUG existentă, elaborată în anul 2001, nu mai corespunde dinamicii socio-economice actuale și nici cadrului normativ recent, care impune o abordare mult mai riguroasă a riscurilor naturale. Prin urmare, prezentul studiu nu este doar o actualizare formală, ci o reevaluare fundamentală a oportunităților și constrângerilor teritoriului, menită să ofere o fundație solidă pentru deciziile de planificare pe termen lung.

1. INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE

Constatarea factuală de la care pornește acest capitol este caracterul depășit al reglementărilor urbanistice existente pentru comuna Crizbav, elaborate în anul 2001. Problema clară este că dezvoltarea spațială, în absența unui cadru tehnic actualizat, riscă să devină haotică, generând costuri suplimentare și expunând comunitatea la pericole. Consecința este necesitatea stringentă a unui studiu de fundamentare care să definească riguros condițiile de construibilitate. Implicația majoră pentru PUG este că acest studiu va oferi baza tehnică pentru fundamentarea reglementărilor, pentru identificarea zonelor cu risc și pentru asigurarea siguranței construcțiilor, aliniindu-se la cadrul normativ în vigoare.

Metodologia aplicată se bazează pe o abordare integrată, care corelează datele existente cu investigații de teren specifice, conform normativelor tehnice. Sursele de date esențiale utilizate sunt:

1. planurile topografice și cadastrale în format digital, recepționate de OCPI;
2. PUG-ul existent (2001) și documentațiile de urbanism aprobate ulterior;
3. fișele celor 12 foraje geotehnice realizate pe teritoriul comunei;
4. hărțile geologice și hidrogeologice regionale. Ipoteza de lucru este că, prin corelarea acestor date într-un sistem GIS, se poate obține o imagine coerentă a teritoriului, în ciuda limitărilor date de scara de lucru și de vechimea unor informații.

Criteriile de selecție a zonelor pentru analiză detaliată au fost stabilite în funcție de dinamica dezvoltării recente, de disfuncționalitățile cunoscute și de potențialul de extindere a intravilanului, asigurând o fundamentare riguroasă a concluziilor.

1.1. Scopul și Obiectivele Specifice ale Studiului

Constatarea factuală este că scopul acestui studiu depășește simpla descriere a condițiilor geotehnice, vizând transformarea datelor tehnice într-un instrument de planificare activ. Problema pe care o rezolvă este lipsa unui cadru predictibil și coerent care să ghideze dezvoltarea localității într-o manieră sigură și sustenabilă. Consecința este că demersul delimitează zonele cu condiții de fundare favorabile de cele care necesită măsuri speciale sau care prezintă restricții. Implicația pentru PUG este fundamentală: studiul asigură o bază solidă pentru deciziile de amenajare a teritoriului, pentru procesele de avizare și autorizare, contribuind la reducerea riscurilor și la optimizarea costurilor de dezvoltare pe termen lung.



Pentru atingerea acestui scop, studiul urmărește șapte obiective specifice. Acestea sunt:

1. Stabilirea bazei legale și normative care guvernează demersul, pentru a asigura conformitatea deplină a analizei cu legislația în vigoare.
2. Clarificarea detaliată a metodologiei de lucru, pentru a garanta transparența și reproductibilitatea analizei.
3. Analiza aprofundată a cadrului geologic și hidrogeologic, prin cartografierea unităților litologice și a acviferelor și determinarea caracteristicilor acestora.
4. Identificarea și delimitarea hazardelor geotehnice specifice teritoriului: potențialul de tasare, fenomenele de umflare-contrație și riscul de lichefiere.
5. Corelarea acestor hazarde cu alte riscuri naturale, precum cel seismic și cel la inundații, pentru a obține o imagine integrată a vulnerabilității.
6. Analiza vulnerabilității la poluare a resurselor de apă.
7. Transpunerea tuturor concluziilor tehnice în propuneri concrete pentru Regulamentul Local de Urbanism (RLU), definind reguli clare privind condițiile de fundare, restricțiile de construire și obligativitatea realizării unor studii de detaliu.

Contribuția acestui studiu la fundamentarea PUG este una directă și esențială. Prin definirea riguroasă a construibilității, studiul oferă suportul tehnic necesar pentru extinderea motivată a intravilanului, evitând includerea unor terenuri improprii construcțiilor, care ar genera costuri suplimentare și riscuri pentru viitorii dezvoltatori și locuitori. De asemenea, prin zonificarea geotehnică a teritoriului în areale favorabile, condiționate sau cu restricții, documentul devine un instrument de orientare strategică, permițând prioritizarea investițiilor în infrastructură și direcționarea dezvoltării către zonele cele mai sigure și mai eficiente din punct de vedere economic. Recomandările formulate vor sta la baza definirii unităților teritoriale de referință (UTR) și a reglementărilor asociate acestora în cadrul RLU, asigurând că fiecare zonă a localității beneficiază de un set de reguli adaptate la particularitățile sale geotehnice. Astfel, studiul nu este doar o piesă tehnică obligatorie în dosarul PUG, ci un element activ de politici urbane, care contribuie la creșterea siguranței, la protejarea investițiilor și la utilizarea rațională a resurselor de teren.

1.2. Cadrul Legislativ de Referință

Constatarea factuală este că elaborarea studiului de fundamentare se înscrie într-un cadru legislativ complex, care reglementează domeniul urbanismului, construcțiilor și riscurilor naturale. Problema constă în asigurarea unei conformități depline cu acest cadru, pentru a garanta validitatea tehnică și opozabilitatea juridică a reglementărilor derivate. Consecința este necesitatea unei analize riguroase a actelor normative relevante. Implicația pentru PUG este că fiecare



recomandare tehnică va fi ancorată într-o prevedere legală, asigurând o punte solidă între analiza de specialitate și practica administrativă.

Cadrul legislativ de referință este structurat pe trei niveluri: legi generale, normative tehnice și standarde.

1. Legi generale:

- a) **Legea nr. 350/2001** privind amenajarea teritoriului și urbanismul.
- b) **Legea nr. 50/1991** privind autorizarea executării lucrărilor de construcții.
- c) **Legea nr. 10/1995** privind calitatea în construcții.
- d) **Legea apelor nr. 107/1996**.
- e) **Ordonanța de Urgență a Guvernului nr. 57/2007** privind regimul ariilor naturale protejate.

2. Normative tehnice specifice:

- a) **NP 074/2014** privind documentațiile geotehnice pentru construcții.
- b) **SR EN 1997 (Eurocod 7):** Proiectarea geotehnică.
- c) **NP 112/2014** privind proiectarea fundațiilor de suprafață.
- d) **NP 123/2010** privind proiectarea geotehnică a fundațiilor pe piloți.
- e) **NP 125/2010** privind fundarea pe pământuri sensibile la umezire.
- f) **Codul de proiectare seismică P100-1/2013**.
- g) **NP 128/2011** privind evaluarea riscului la inundații.

Respectarea acestui cadru normativ extins este o condiție esențială atât pentru validitatea tehnică a studiului, cât și pentru opozabilitatea juridică a reglementărilor care vor fi incluse în PUG și RLU. Orice propunere de zonificare, de instituire a unor restricții de construire sau de condiționare a autorizării este solid fundamentată în prevederile acestor acte normative. Astfel, studiul geotehnic devine un instrument administrativ și juridic care produce efecte pe termen lung în dezvoltarea localității.

1.3. Metodologia de Analiză Utilizată

Constatarea este că rigoarea și credibilitatea studiului depind de o metodologie de lucru transparentă și sistematică. Problema constă în a structura procesul de analiză într-un flux logic, de la colectarea datelor brute la elaborarea hărților de sinteză. Consecința este adoptarea unei metodologii în șase etape, care asigură o abordare completă și trasabilă. Implicația pentru PUG



este că această abordare structurată garantează o fundamentare solidă pentru toate concluziile și recomandările formulate.

Procesul de elaborare a acestui studiu a urmat șase etape distincte:

1. **Documentarea preliminară și colectarea datelor de intrare:** Sinteza documentațiilor de urbanism anterioare, analiza suportului topo-cadastral și integrarea datelor geologice și hidrogeologice la scară regională.
2. **Planificarea investigațiilor de teren:** Stabilirea unui program de 12 foraje geotehnice, amplasate strategic în zone reprezentative.
3. **Execuția lucrărilor de teren:** Realizarea forajelor, descrierea litologiei, măsurarea nivelului apei subterane și prelevarea de probe de pământ și apă.
4. **Analize de laborator:** Testarea probelor pentru determinarea caracteristicilor de identificare (granulometrie, plasticitate), a stării de îndesare/consistență, a parametrilor de compresibilitate și rezistență la forfecare, și a agresivității chimice a apei.
5. **Interpretarea integrată a datelor:** Corelarea rezultatelor din teren și laborator, elaborarea profilelor geotehnice sintetice, caracterizarea unităților geotehnice și înțelegerea regimului hidrogeologic, cu integrarea datelor într-un sistem GIS.
6. **Elaborarea hărților de sinteză:** Generarea hărților tematice (geologică, hidrogeologică, hărți de hazard) și a hărții finale de zonificare geotehnică.

Această abordare metodologică, care îmbină analiza documentară cu investigații directe și sinteza cartografică, asigură o fundamentare solidă și transparentă a tuturor concluziilor și recomandărilor formulate în cadrul studiului.

2. CADRUL LEGAL ȘI METODOLOGIC

Constatarea factuală fundamentală este că orice demers de planificare urbanistică, pentru a fi valid și opozabil, trebuie să fie riguros ancorat într-un cadru normativ și metodologic coerent. Problema clară pe care o adresează acest capitol este definirea explicită a acestui cadru pentru studiul geotehnic și hidrogeologic al comunei Crizbav, asigurând alinierea la exigențele tehnice și legislative actuale. Consecința este structurarea analizei într-un mod care garantează conformitatea, trasabilitatea și rigoarea științifică. Implicația pentru PUG este una majoră: acest capitol poziționează studiul nu doar ca pe o analiză tehnică, ci ca pe un instrument administrativ și juridic robust, ale cărui concluzii sunt direct aplicabile și opozabile în procesul de avizare și autorizare a viitoarelor construcții, constituind astfel coloana vertebrală a întregului demers de fundamentare.

Metodologia descrisă în acest capitol este concepută pentru a asigura o rigoare maximă în colectarea, procesarea și interpretarea datelor, fiind piatra de temelie a credibilității studiului. Instrumentele cheie utilizate în acest proces sunt:

- 1) normativele tehnice pentru investigații de teren (NP 074/2014);
- 2) standardele de laborator pentru analiza probelor de pământ și apă (seria SR EN ISO 17892);
- 3) ghidurile de bună practică pentru elaborarea hărților de hazard și de risc.

Sursele primare de date sunt constituite din cele 12 foraje geotehnice realizate special pentru acest studiu (documentate în anexa 4102_FISE_FORAJE_12p.pdf), datele topo-cadastrale recepționate de OCPI și documentațiile de urbanism existente. Sursele secundare includ hărțile geologice și hidrogeologice la scară regională, studiile de specialitate anterioare și datele de monitorizare a riscurilor naturale. Ipoteza de lucru fundamentală este că există o corelare directă între caracteristicile geotehnice ale terenului, hazardele naturale identificate și reglementările urbanistice propuse, permițând o fundamentare logică și trasabilă a deciziilor. Modurile de corelare a datelor implică suprapunerea straturilor de informații în format GIS, ancorate spațial prin grila TKHC (4102_50x50_GRILA_TKHC_CRIZBAV.pdf), analiza statistică a parametrilor geotehnici și modelarea scenariilor de risc, asigurând o sinteză coerentă pentru toate concluziile studiului.



2.1. Legislația Națională și Europeană Aplicabilă

Constatarea factuală este că fundamentarea juridică a prezentului studiu se ancorează într-un set complex de acte normative de rang superior. Problema constă în asigurarea conformității depline cu acest cadru, pentru a garanta validitatea tehnică și opozabilitatea juridică a reglementărilor derivate. Consecința este că demersul este aliniat la trei legi fundamentale:

- 1) **Legea nr. 350/2001** privind amenajarea teritoriului și urbanismul, care definește rolul studiilor de fundamentare și obligativitatea corelării dezvoltării spațiale cu condițiile naturale;
- 2) **Legea nr. 50/1991** privind autorizarea executării lucrărilor de construcții, care impune respectarea documentațiilor de urbanism și a normelor tehnice;
- 3) **Legea nr. 10/1995** privind calitatea în construcții, care definește cerințele fundamentale de calitate, precum "rezistență mecanică și stabilitate" și "siguranță în exploatare". Implicația pentru PUG este că fiecare recomandare tehnică este direct transpusă într-o reglementare cu putere juridică, aplicabilă pe întreg teritoriul administrativ.

Cadrul legislativ este completat de o serie de acte normative sectoriale care adresează direct managementul riscurilor naturale. Principalele documente luate în considerare sunt:

1. **Legea nr. 575/2001** privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național - Secțiunea a V-a - Zone de riscuri naturale, care stabilește obligația identificării și delimitării zonelor expuse la riscuri geologice și hidrologice și instituirea de măsuri specifice în PUG.
2. **Legea apelor nr. 107/1996**, care reglementează utilizarea și protecția resurselor de apă, având implicații directe asupra analizei hidrogeologice, managementului riscului la inundații și instituirii zonelor de protecție sanitară.
3. **Ordonanța de Urgență a Guvernului nr. 57/2007** privind regimul ariilor naturale protejate, care impune restricții suplimentare în anumite perimetre, condiționând dezvoltarea urbanistică de respectarea obiectivelor de conservare a biodiversității.

Corelarea cu aceste legi este esențială pentru a asigura o analiză multi-risc și pentru a formula reglementări urbanistice care să răspundă integrat la complexitatea hazardelor naturale.

La nivel european, demersul se aliniază la principiile directivelor care promovează o abordare integrată și preventivă a riscurilor. **Directiva 2007/60/CE** privind evaluarea și gestionarea riscurilor la inundații (Directiva Inundații) ghidează metodologia de elaborare a hărților de hazard și de risc, promovând o planificare care ține cont de probabilitatea de producere a evenimentelor extreme. În mod similar, abordările privind adaptarea la schimbările climatice, promovate la



nivelul Uniunii Europene, influențează analiza pe termen lung a riscurilor, recomandând luarea în considerare a unor scenarii climatice viitoare. Integrarea acestor principii europene în metodologia studiului asigură o abordare modernă și prospectivă, aliniată la cele mai bune practici internaționale. Astfel, fiecare pas al metodologiei este perfect ancorat într-un sistem de referință legislativ și tehnic solid, transparent și actualizat.

2.2. Normative Tehnice de Referință

Constatarea tehnică este că rigoarea și validitatea analizelor geotehnice și hidrogeologice depind exclusiv de aplicarea consecventă a normativelor și standardelor în vigoare. Problema pe care o rezolvă acest subcapitol este identificarea și aplicarea corectă a acestui corpus tehnic pentru a asigura o abordare unitară și verificabilă. Consecința este că întregul proces de investigare, analiză și proiectare este guvernat de documente precise. Implicația pentru studiu este că fiecare parametru geotehnic, fiecare clasificare și fiecare recomandare este direct trasabilă la o prevedere normativă, garantând rigoare științifică și soluții sigure.

Corpusul de normative utilizat este structurat pe trei paliere:

1. Investigarea terenului și proiectarea geotehnică:

- Documentul fundamental este **NP 074/2014**, care stabilește conținutul obligatoriu al documentațiilor geotehnice.
- Proiectarea este guvernată de seria **SR EN 1997 (Eurocod 7)**, care definește principiile de calcul la stări limită.
- Soluțiile de fundare sunt detaliate în **NP 112/2014** (fundații de suprafață) și **NP 123/2010** (fundații pe piloți).
- Zonele cu pământuri dificile sunt tratate conform **NP 125/2010** (pământuri sensibile la umezire).

2. Riscuri naturale și hidrogeologie:

- Analiza hazardului seismic și a riscurilor conexe (lichefierea) se realizează conform **P100-1/2013**.
- Aspectele hidrogeologice și de alimentare cu apă sunt ghidate de **NP 133/2013**.
- Riscul la inundații este evaluat conform **NP 128/2011**.

3. Testare și clasificare:

- Încercările de laborator pe pământuri respectă standardele din seria **SR EN ISO 17892**.
- Clasificarea pământurilor se realizează conform **SR EN ISO 14688**, iar a rocilor conform **SR EN ISO 14689**.
- Documentațiile topo-cadastrale respectă standardele emise de **ANCPI**.

Utilizarea consecventă a acestui ansamblu normativ este garanția calității tehnice și a conformității demersului.

2.3. Metodologia de Colectare și Analiză a Datelor

Constatarea factuală este că un studiu de fundamentare solid se bazează pe o metodologie riguroasă și transparentă. Problema constă în a structura procesul analitic într-un flux logic, de la colectarea datelor brute la elaborarea hărților de sinteză. Consecința este adoptarea unei metodologii structurate în șase etape, care asigură o abordare completă și trasabilă. Implicația pentru PUG este că această abordare structurată garantează o fundamentare solidă pentru toate concluziile și recomandările formulate, asigurând că fiecare decizie de planificare este bazată pe dovezi.

Etapele metodologice urmate în elaborarea studiului sunt:

- 1. Documentarea preliminară:** Această etapă a constat în colectarea și analiza datelor de intrare, incluzând sinteza documentațiilor de urbanism anterioare, analiza suportului topocadastral existent (inclusiv Grila TKHC) și integrarea datelor geologice și hidrogeologice la scară regională pentru a crea o imagine de ansamblu.
- 2. Planificarea și realizarea investigațiilor de teren:** S-a stabilit un program de 12 foraje geotehnice, amplasate strategic în zone reprezentative sau problematice pentru a obține informații directe despre succesiunea straturilor geologice, nivelul pânzei freatice și caracteristicile pământurilor, cu prelevarea de probe pentru analize de laborator.
- 3. Analize de laborator:** Probele de pământ prelevate au fost supuse unui set complet de teste pentru determinarea caracteristicilor de identificare (granulometrie, plasticitate), a stării de îndesare/consistență și a parametrilor de compresibilitate și rezistență la forfecare. În paralel, probele de apă au fost analizate chimic.
- 4. Interpretarea integrată a datelor:** Rezultatele din teren și laborator au fost corelate, permițând elaborarea profilelor geotehnice sintetice, caracterizarea unităților geotehnice și înțelegerea regimului hidrogeologic. Toate datele au fost integrate într-un sistem GIS.
- 5. Elaborarea hărților tematice de hazard:** Pe baza datelor interpretate, au fost generate hărți specifice pentru fiecare tip de hazard identificat (tasare, umflare-contrație, lichiefiere, alunecări de teren), clasificând teritoriul în funcție de gradul de risc.
- 6. Elaborarea hărții de zonificare geotehnică:** Aceasta este etapa de sinteză finală, în care hărțile tematice de hazard sunt suprapuse și integrate pentru a obține o singură hartă care clasifică teritoriul în funcție de gradul de favorabilitate pentru construire, constituind suportul direct pentru reglementările RLU.

Această abordare metodologică asigură o fundamentare solidă și transparentă a tuturor concluziilor.

3. ANALIZA DATELOR DE INTRARE ȘI A SITUAȚIEI EXISTENTE

Constatarea factuală de la care pornește orice analiză urbanistică este dependența sa directă de un set de date de intrare coerent, verificat și actualizat, care constituie linia de bază a teritoriului. Problema clară este că, în absența unei astfel de fundații informaționale, orice demers de planificare riscă să devină speculativ și inaplicabil. Consecința este că acest capitol sintetizează și validează datele esențiale pentru comuna Crizbav, stabilind punctul de plecare factual pentru toate analizele de specialitate ulterioare. Implicația pentru PUG este una fundamentală: prin structurarea riguroasă a datelor de bază, se asigură trasabilitatea și auditabilitatea întregului proces de fundamentare, de la sursa primară la reglementarea finală.

Metodologia aplicată pentru acest capitol se bazează pe colectarea, centralizarea și interpretarea critică a datelor din surse multiple și verificate, utilizând sistemul de informații geografice (GIS) ca instrument principal de corelare și analiză spațială. Sursele utilizate sunt ierarhizate conform metodologiei RENDA, prioritizând datele oficiale:

1. datele vectoriale și raster furnizate de Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară (ANCPI), având rang de prioritate 1 (sursă LOC);
2. documentația PUG existentă din anul 2001 și PUZ-urile aprobate ulterior, tratate ca surse istorice;
3. datele administrative și statistice privind populația și fondul construit.

Analiza comparativă între starea de fapt, documentată prin ortofotoplanuri și date cadastrale, și starea de drept, reflectată în PUG-ul vechi, este esențială pentru a scoate în evidență neconcordanțele, presiunea urbanistică și tendințele reale de dezvoltare, oferind un diagnostic precis al disfuncționalităților.

3.1. Sursele de Date Fundamentale (Topo-Cadastrale și Urbanistice)

Constatarea factuală de la care pornește orice demers de planificare este necesitatea unui suport topografic și cadastral precis și actualizat. Problema constă în asigurarea acurateței și interoperabilității acestor date, care fundamentează toate analizele spațiale. Consecința este că, pentru prezentul studiu, baza cartografică este formată din date vectoriale în format digital, recepționate de Oficiul de Cadastru și Publicitate Imobiliară (OCPI), asigurând o reprezentare corectă a limitelor administrative, a parcelarului și a fondului construit. Implicația este utilizarea



unui format GIS standardizat, o cerință contractuală esențială care facilitează analiza, implementarea și monitorizarea PUG de către administrația locală. Această infrastructură digitală a datelor reprezintă fundamentul tehnic pe care se construiește întreaga analiză.

Baza de date a studiului este compusă dintr-un set de surse primare verificate, a căror sinteză asigură o imagine completă și actualizată a teritoriului, conform cerințelor contractuale și metodologice. Fiecare sursă are un rol specific în construcția analizei, fiind integrată într-un sistem coerent și trasabil.

Tip Sursă de Date	Furnizor	An de Referință	Format	Observații
Limite UAT și intravilan	ANCPI / OCPI Brașov	2024	Vectorial (.shp)	Date oficiale, recepționate, cu rang de prioritate 2 (LOC).
Ortofotoplan	ANCPI	2023	Raster (.tif)	Rezoluție înaltă, utilizat pentru foto-interpretare și validare.
Date cadastrale (imobile)	ANCPI / OCPI Brașov	2024	Vectorial (.shp)	Acoperire parțială; utilizat pentru analiza parcelarului și a fondului construit.
Model Digital al Terenului	ANCPI (geoportal)	2022	Raster	Utilizat pentru generarea hărții pantelor și a curbelor de nivel.
Grila TKHC (TrAIns KILO-HECTA CAROURI)	RENDA (sursă proprie)	2025	Vectorial	Sistem canonic de referință spațială (4102_50x50_GRILA_TKHC_CRIZBAV.pdf).

Tabel 1 - Sinteza surselor de date topo-cadastrale și anul de referință. Sursă: Proiectant

Pe lângă suportul cartografic, au fost colectate și analizate documentațiile de urbanism existente. Planul Urbanistic General al comunei Crizbav, elaborat în anul 2001, deși depășit, oferă o imagine asupra viziunii de dezvoltare de la acel moment și servește ca bază de comparație pentru evaluarea evoluțiilor ulterioare. Analiza sa critică, împreună cu Planurile Urbanistice Zonale (PUZ) aprobate ulterior, permite identificarea principalelor direcții de dezvoltare și a zonelor cu presiune imobiliară.



În final, Caietul de Sarcini și contractul de servicii ce stabilesc obiectivele proiectului, incluzând necesitatea digitalizării și a studiilor de fundamentare.

Această triadă de surse – topo-cadastrale, urbanistice și contractuale – formează o bază informațională solidă și completă.

3.2. Cadrul Geografic și Administrativ

Constatarea factuală este localizarea precisă a Unității Administrativ-Teritoriale (UAT) Crizbav, cu cod SIRUTA 42456. Problema constă în înțelegerea relațiilor spațiale și administrative care definesc teritoriul și îi influențează dinamica. Consecința, pe baza datelor din sursele oficiale, este că UAT Crizbav este situat în partea central-estică a județului Brașov, la contactul dintre Depresiunea Bârsei și Munții Perșani. Această poziționare la interfața dintre o zonă montană și una de depresiune induce o presiune de suburbanizare semnificativă. Vecinătățile sale sunt: la Nord Comuna Comana și Comuna Măieruș, la Est Comuna Feldioara, la Sud Comuna Hălchiu și la Vest Comuna Dumbrăvița. Teritoriul administrativ include satele Crizbav și Cutuș și este traversat de Râul Crizbav. Conectivitatea este asigurată de rețeaua de drumuri județene.

Teritoriul comunei Crizbav se remarcă printr-un patrimoniu natural și cultural valoros, care generează oportunități de dezvoltare, dar și constrângeri de protecție. Prezența Pădurii Bogății și includerea unei părți semnificative a teritoriului în situl de importanță avifaunistică Natura 2000 ROSPA0093 Pădurea Bogata impun un regim de protecție strict, care condiționează orice extindere a intravilanului sau dezvoltare de infrastructură. Patrimoniul cultural este marcat de prezența sitului arheologic de importanță națională "La Cetate", clasificat ca monument istoric cu codul LMI BV-I-s-A-11273. Acesta include ruinele cetății Heldenburg (BV-I-m-A-11273.01), o așezare hallstattiană și o fortificație dacică. La acestea se adaugă numeroase alte situri arheologice repertoriate.

Cod LMI / RAN	Denumire	Localizare / Punct	Categorie	Observații
BV-I-s-A-11273	Situl arheologic "La Cetate"	Crizbav	Monument de importanță națională	Include cetate medievală, așezare hallstattiană și fortificație dacică.
BV-I-m-A-11273.01	Ruinele cetății Heldenburg	Crizbav, "La Cetate"	Monument istoric	Stare de conservare precară, necesită măsuri de protecție.



Cod LMI / RAN	Denumire	Localizare / Punct	Categorie	Observații
41060.01	Krummesser neolitic	Cutuș	Descoperire izolată	Neolitic.
41051.02	Așezare paleolitică	Crizbav, "Bajos"	Așezare	Paleolitic superior.
41051.08	Situl arheologic	Crizbav, "Valea Mare"	Sit arheologic	Epoca bronzului, Hallstatt.

Tabel 2 - Listă sintetică a monumentelor istorice și a siturilor arheologice principale. Sursă: Proiectant

Înțelegerea acestui cadru este fundamentală pentru o planificare realistă. Relieful, hidrografia, pădurile, rețeaua de localități și căile de comunicație definesc scheletul fizic. Suprapunerea elementelor de patrimoniu, cu regimul lor de protecție, conturează o matrice complexă de oportunități și constrângeri. Orice propunere de dezvoltare trebuie evaluată în raport cu această matrice pentru a asigura o dezvoltare armonioasă.

3.3. Situația Existentă: Utilizarea Terenurilor și Fondul Construit

Constatarea factuală, bazată pe analiza ortofotoplanurilor recente și a datelor cadastrale, este că utilizarea terenurilor reflectă o structură specifică unei localități rurale periurbane, cu o presiune crescândă de transformare a terenurilor agricole. Problema constă în echilibrarea dezvoltării rezidențiale cu protejarea resurselor agricole și naturale. Consecința este că o pondere semnificativă a teritoriului este ocupată de fondul forestier (Pădurea Bogății) și de pajiști/fânețe, care susțin activitățile zootehnice, ambele având un rol ecologic și economic important. Implicația pentru PUG este necesitatea stringentă de a proteja aceste suprafețe prin reglementări clare. Intravilanul existent, în satele Crizbav și Cutuș, este relativ compact, dar cu tendințe evidente de extindere difuză de-a lungul principalelor căi de acces.

Fondul construit existent reflectă istoria și evoluția recentă a localității. În vetrele vechi ale satelor predomină locuințele individuale, cu regim de înălțime redus (Parter sau Parter+1 Etaj) și parcele generoase, specifice mediului rural. În zonele de extindere recentă, apărute adesea prin operațiuni de parcelare, se observă construcții noi, cu un limbaj arhitectural diferit și o densitate mai mare. Pe lângă funcțiunea rezidențială, care este dominantă, fondul construit include dotări publice esențiale (primărie, școli, grădinițe, dispensar, cămin cultural, lăcașuri de cult), concentrate în satul de reședință, Crizbav. Funcțiunile economice sunt reprezentate de mici unități de producție

(ex: prelucrarea lemnului), ateliere, spații comerciale și unități de turism rural (pensiuni), indicând o diversificare a economiei locale, dar și un potențial de conflict funcțional.

Infrastructura tehnico-edilitară condiționează în mod direct calitatea locuirii și potențialul de dezvoltare. Este necesară o evaluare riguroasă a gradului de acoperire și a stării rețelelor de alimentare cu apă, canalizare, energie electrică și gaze naturale, precum și a rețelei de drumuri.

Extinderile recente, realizate adesea fără o planificare a infrastructurii, pot genera disfuncționalități majore, cum ar fi dificultăți de acces, lipsa utilităților sau suprasolicitarea rețelelor existente. Identificarea precisă a acestor zone deficitare, prin corelarea datelor de la operatorii de utilități cu observațiile din teren, este esențială pentru a prioritiza investițiile publice viitoare și pentru a condiționa dezvoltările noi de asigurarea echipării edilitare corespunzătoare.

3.4. Analiza Critică a Situației Existente și a Disfuncționalităților Anterioare

Constatarea factuală critică este caracterul complet depășit al Planului Urbanistic General existent, elaborat în 2001. Problema majoră este neconcordanța flagrantă dintre acest cadru de reglementare vechi și dinamica socio-economică actuală, marcată de o presiune de suburbanizare intensă. Consecința este o dezvoltare parțial haotică, cu un risc major de extindere necontrolată a intravilanului ("urban sprawl"), presiune asupra extravilanului agricol și forestier și apariția de construcții necorelate cu infrastructura existentă sau planificată. Această disfuncționalitate fundamentală generează conflicte funcționale, incertitudine pentru investitori și costuri publice pe termen lung pentru remedierea deficitelor de infrastructură. Implicația pentru noul PUG este necesitatea stringentă de a crea un cadru de reglementare actualizat, coerent și predictibil, care să gestioneze această presiune.

O a doua disfuncționalitate majoră, derivată din prima, este dezvoltarea necontrolată a intravilanului prin operațiuni speculative de parcelare. În absența unor reglementări clare și a unui control eficient, există riscul extinderii haotice, care nu ține cont de capacitatea infrastructurii, de calitatea peisajului sau de protecția terenurilor agricole valoroase. Acest fenomen, vizibil deja în anumite zone, generează costuri publice ridicate pentru extinderea rețelelor, duce la degradarea peisajului cultural rural și la pierderea identității locale. O problemă conexă este apariția de construcții în zone expuse la riscuri naturale, cum ar fi zonele inundabile sau cele cu potențial de instabilitate, o consecință directă a lipsei unor studii de fundamentare riguroase în PUG-ul anterior.

În ceea ce privește fondul construit, se pot identifica conflicte funcționale punctuale, precum amplasarea unor activități economice generatoare de disconfort (zgomot, trafic greu) în proximitatea zonelor de locuit, care necesită o reglementare mai clară a compatibilităților. Starea avansată de degradare a ruinelor cetății Heldenburg (BV-I-m-A-11273.01) reprezintă nu doar o disfuncționalitate culturală, prin pierderea unui reper de patrimoniu, ci și una de siguranță, constituind o oportunitate ratată pentru dezvoltarea turistică. În final, o disfuncționalitate structurală este legată de infrastructura tehnico-edilitară. Extinderea zonelor construite fără o planificare a rețelelor de utilități duce la apariția unor zone deficitare, greu de deservit ulterior. Concluzia critică este necesitatea de a corela orice dezvoltare viitoare cu o strategie clară de modernizare și extindere a infrastructurii, condiționând autorizarea noilor dezvoltări de asigurarea echipării edilitare.



4. CADRUL GEOLOGIC ȘI GEOTEHNIC AL ZONEI

Constatarea factuală de la care pornește acest capitol este complexitatea geologică a teritoriului comunei Crizbav, situat la contactul tectonic dintre Orogenul Carpatic (Munții Perșani) și unitatea de depresiune a Bazinului Brașov. Problema tehnică fundamentală este traducerea acestei complexități într-un model geotehnic operațional și predictibil, care să poată fundamenta decizii de planificare urbanistică. Consecința este necesitatea stringentă a unei abordări integrate, care corelează datele geologice regionale, obținute din hărți la scara 1:200.000 și 1:50.000, cu investigațiile geotehnice de detaliu, materializate prin cele 12 foraje executate. Implicația majoră pentru Planul Urbanistic General este că acest capitol definește, caracterizează și cartografiază unitățile geotehnice, oferind baza tehnică indispensabilă pentru zonificarea teritoriului în funcție de preabilitatea la construire și pentru formularea unor reglementări urbanistice care să asigure siguranța pe termen lung.

4.1. Geologie regională

Constatarea factuală este că încadrarea geologică a comunei Crizbav este definită de poziția sa la marginea sud-estică a Munților Perșani, o zonă de contact tectonic activă cu Depresiunea Brașovului. Problema este că această poziționare se traduce într-o structură geologică complexă, cu un grad ridicat de heterogenitate, care influențează direct condițiile de fundare și regimul seismic local. Consecința este prezența unui fundament aparținând Pânzei Getice (șisturi cristaline, gnaise, calcare, conglomerate), acoperit de o cuvertură groasă de depozite sedimentare neogene și cuaternare. Implicația pentru PUG este că orice planificare trebuie să țină cont de existența unor sisteme de falii majore la contactul dintre unitățile montane și cele de depresiune, care, deși nu sunt active în prezent, reprezintă zone de slăbiciune structurală în scoarță.

Cuvertura sedimentară post-tectonică, care formează terenul de fundare pe aproape întreg teritoriul, este alcătuită din depozite ce acoperă intervalul Badenian-Cuaternar. Problema pentru proiectanți este varietatea mare a acestor depozite. Depozitele neogene (marne, argile, nisipuri) au grosimi de ordinul sutelor de metri și sunt, în general, consolidate, oferind un fundament bun la adâncimi mari. La suprafață, însă, domină depozitele cuaternare, mult mai neomogene: depozite deluviale pe versanți, conuri de dejecție proluviale la baza pantelor și depozite aluvionare în luncile râurilor. Compoziția acestora variază de la blocuri și bolovănișuri la pietrișuri, nisipuri, prafuri și argile. Consecința este că, în funcție de amplasament, terenul de fundare poate prezenta caracteristici radical diferite. Implicația pentru PUG este necesitatea de a nu trata teritoriul ca pe o unitate omogenă, ci de a-l diviza în sub-zone cu comportament geotehnic distinct.



4.2. Litologie și Unități Geotehnice

Constatarea factuală, bazată pe datele celor 12 foraje, este predominanța depozitelor fine, argilo-prăfoase, în partea superioară a succesiunii stratigrafice, urmate la adâncime de depozite mai grosiere, nisipoase. Problema este că această structură, tipică zonelor de contact deal-câmpie, creează condiții de fundare variabile, care necesită o caracterizare detaliată. Consecința este gruparea pământurilor întâlnite în trei complexe geotehnice principale, fiecare cu proprietăți distincte. Implicația pentru PUG este că harta de distribuție a acestor complexe devine un instrument esențial pentru definirea construibilității.

Complexul de prafuri și argile de suprafață este prima unitate geotehnică, întâlnită în majoritatea forajelor, cu grosimi între 0,40 m (F1) și 1,50 m (F2, F4). Constatarea este că acest strat, alcătuit din prafuri argiloase și argile plastice, constituie terenul de fundare direct pentru construcțiile ușoare. Problema este că plasticitatea și sensibilitatea sa la variațiile de umiditate îl fac susceptibil la mișcări de volum (umflare-contrație). Consecința este că, în zonele unde acest strat este dominant, fundațiile trebuie proiectate cu măsuri specifice de precauție.

Complexul argilos-prăfos, identificat pe areale extinse la adâncimi mai mari (de la -1,50 m la -4,50 m în forajul F2), reprezintă pachetul principal de straturi în multe zone. Constatarea este că acest complex, format dintr-o alternanță de argile și prafuri plastic consistente, are o compresibilitate medie și o rezistență la forfecare moderată. Problema este că, în zonele unde are grosimi mari, pot apărea tasări pe termen lung sub încărcări semnificative. Consecința pentru PUG este că aceste zone vor necesita studii geotehnice care să includă obligatoriu o analiză a tasărilor.

Complexul nisipos cu pietriș a fost interceptat la adâncimi mai mari, în special în zonele de luncă și terasă din KILO_CAROURILE [Xo8, Yo6] și [Xo9, Yo6] (ex: forajul F5, de la -5,00 m la -12,00 m). Constatarea este că acest strat, format din nisipuri mediu-îndesate, are o capacitate portantă ridicată și o compresibilitate redusă. Problema este adâncimea mare la care se găsește. Consecința este că, deși reprezintă un strat de fundare excelent, utilizarea sa este condiționată de fezabilitatea economică a unor soluții de fundare de adâncime, precum piloții.

4.3. Caracteristici Fizico-Mecanice

Constatarea tehnică, bazată pe încercările de laborator, este că fiecare unitate geotehnică prezintă un set distinct de caracteristici fizico-mecanice, care dictează comportamentul său sub încărcări. Problema este traducerea acestor parametri (umiditate, plasticitate, compresibilitate, rezistență) în recomandări de proiectare concrete. Consecința este necesitatea de a caracteriza cantitativ



fiecare complex. Implicația pentru PUG este că aceste valori stau la baza definirii zonelor construibile condiționat sau cu restricții.

Pentru **Complexul de prafuri și argile de suprafață**, datele indică o compresibilitate medie ($M = 4.000 - 8.000$ kPa) și o rezistență la forfecare moderată ($\varphi = 12^\circ - 18^\circ$, $c = 20 - 40$ kPa). Problema este că aceste valori sunt la limita inferioară a ceea ce este considerat un teren bun de fundare. Consecința este că, pentru construcții mai mari de P+1, fundațiile trebuie să traverseze acest strat.

Pentru **Complexul argilos-prăfos**, caracteristicile sunt superioare: compresibilitate mai redusă ($M = 6.000 - 12.000$ kPa) și rezistență la forfecare mai mare ($\varphi = 15^\circ - 22^\circ$, $c = 30 - 60$ kPa). Acesta constituie un strat de fundare competent. Problema constă în identificarea corectă a adâncimii la care se găsește și a grosimii sale.

Complexul nisipos cu pietriș prezintă caracteristici excelente: este practic incompresibil și are o rezistență la forfecare foarte ridicată ($\varphi = 32^\circ - 38^\circ$, $c \approx 0$ kPa). Problema este, din nou, adâncimea. Consecința este că servește ca strat de fundare ideal pentru fundații indirecte.

Analizele chimice ale apei subterane indică, în general, o agresivitate slabă față de beton. Problema punctuală a apărut în forajul F5, unde s-a constatat o agresivitate moderată sulfatică. Consecința este că, în zona de luncă, proiectele de fundare vor trebui să prevadă măsuri speciale de protecție a betonului.

4.4. Foraje și Profile Geotehnice Re reprezentative

Constatarea este că variabilitatea spațială a condițiilor geotehnice poate fi cel mai bine ilustrată prin profile de foraj reprezentative. Problema este cum să se sintetizeze informația detaliată dintr-un foraj într-o formă relevantă pentru planificare. Consecința este prezentarea unor fișe sintetice, corelate cu secțiuni geotehnice.

Implicația este o mai bună înțelegere a relației dintre geomorfologie, litologie și condiții de fundare.

Forajul F1, executat în caroul $[X_{08}, Y_{07}] \cdot (\Delta X = 500 \text{ m}, \Delta Y = 300 \text{ m})$, este reprezentativ pentru zonele de terasă. Constatarea este prezența unui pachet gros de pământuri coezive (7 metri), cu apă subterană la $-5,20$ m. Problema este compresibilitatea acestui pachet. Consecința este că fundațiile clădirilor multietajate vor necesita o analiză a tasărilor.



Forajul F5, din caroul [X09, Y06] · ($\Delta X=200$ m, $\Delta Y=800$ m), este reprezentativ pentru zona de luncă. Constatarea este prezența unui strat gros de nisip cu pietriș la adâncime medie (-5,00 m) și a apei la suprafață (-2,80 m). Problema este dublă: necesitatea unor măsuri speciale la execuția fundațiilor (epuismente) și potențialul de lichefiere al stratului de nisip. Consecința pentru PUG este încadrarea acestei zone în categoria celor cu restricții.

Secțiunea geotehnică N-S, care corelează forajele F2, F1, F5 și F8, ilustrează clar tranziția de la condițiile de deal la cele de luncă. Se observă subțierea depozitelor argiloase și ridicarea spre suprafață a complexului nisipos în apropierea râului. Această imagine de ansamblu fundamentează deciziile de zonificare și demonstrează necesitatea unei abordări diferențiate a teritoriului.



5. ANALIZA CADRULUI HIDROGEOLOGIC

Resursele de apă subterană de pe teritoriul comunei Crizbav constituie o componentă esențială a mediului natural, cu implicații majore asupra condițiilor de fundare, stabilității versanților și protecției sănătății publice. Problema clară este că regimul hidrogeologic, ca factor direct de influență, trebuie descris factual pentru a fundamenta reglementările urbanistice. Consecința este că această analiză se concentrează pe caracterizarea corpurilor de apă subterană, pe determinarea adâncimii și variațiilor nivelului freatic și pe evaluarea calității apei. Implicația pentru PUG este că acest demers oferă baza de date necesară pentru a defini condiționări și restricții de construire, asigurând siguranța și durabilitatea dezvoltării.

Metodologia aplicată pentru caracterizarea cadrului hidrogeologic se bazează pe o abordare integrată, care corelează datele obținute din investigații de teren cu informațiile din surse documentare și cu cadrul normativ în vigoare. Instrumentele principale folosite sunt fișele celor 12 foraje geotehnice realizate pe teritoriul UAT, hărțile geologice regionale, datele topo-cadastrale și normativele tehnice (NP 074/2014, Legea 458/2002). Ipoteza de lucru este că datele punctuale din foraje pot fi extrapolate la scara întregului teritoriu prin corelare cu unitățile geologice și geomorfologice. Modurile de corelare a datelor includ elaborarea de secțiuni hidrogeologice, construcția hărții hidroizohipselor și analiza chimică a probelor de apă, toate informațiile fiind integrate și reprezentate spațial cu ajutorul sistemelor GIS, având ca referință grila canonică de caroiaj.

5.1. Acvifere freatic și de adâncime

Constatarea factuală este prezența pe teritoriul comunei Crizbav a două sisteme acvifere suprapuse: un acvifer freatic superficial în depozitele cuaternare și, potențial, acvifere de adâncime în formațiuni mai vechi. Problema esențială este că acviferul freatic, fiind la adâncime mică, influențează direct condițiile de fundare și este vulnerabil la poluare. Consecința este că majoritatea analizelor se concentrează asupra acestuia. Implicația pentru PUG/RLU este că reglementările trebuie să se adreseze cu prioritate gestionării riscurilor asociate cu acviferul freatic, atât pentru siguranța construcțiilor, cât și pentru protecția sanitară.

Acviferul freatic este un corp de apă subterană cu nivel liber, cantonat în principal în depozitele aluvionare de luncă și de terasă ale Râului Crizbav (pietrișuri și nisipuri) și, local, în depozitele deluviale de pe versanți. Forajele executate au confirmat prezența sa la adâncimi variabile. De exemplu, în forajul F5, amplasat în KILOCAROU [X10, Yo6], stratul de pietrișuri cu nisip saturat

cu apă a fost întâlnit la doar 2,5 metri adâncime. În forajul F8, situat pe o terasă mai înaltă, în KILOCAROU [X09, Y07], apa a fost interceptată la 6,8 metri. Aceste depozite granulare, cu permeabilitate ridicată, constituie principalul rezervor de apă freatică, dar și cea mai rapidă cale de propagare a poluanților.

Pe lângă stratul acvifer principal, există posibilitatea existenței unor acvifere secundare de adâncime, discontinue, cantonate în pachetele de gresii sau conglomerate din formațiunile geologice mai vechi. Acestea sunt, de regulă, sub presiune, separate de acviferul freatic prin strate impermeabile. Prezența unor izvoare pe versanți, cum ar fi cele semnalate în zona KILO_CAROULUI [X07, Y08], ar putea indica puncte de descărcare naturală a acestora. Din punct de vedere al planificării, aceste acvifere de adâncime prezintă un interes strategic major, putând constitui surse de apă potabilă de înaltă calitate, fiind mult mai bine protejate. Se recomandă ca administrația locală să ia în considerare realizarea unor studii hidrogeologice specifice pentru a evalua acest potențial.

5.2. Nivelul piezometric și direcțiile de curgere

Constatarea este că adâncimea și direcția de curgere a apei subterane sunt factori dinamici care influențează direct proiectarea. Problema constă în a transpune datele punctuale din cele 12 foraje într-o imagine spațială coerentă. Consecința este elaborarea hărții hidroizohipselor, care vizualizează "relieful" suprafeței freactice. Implicația pentru PUG este că această hartă devine un instrument fundamental pentru identificarea zonelor cu risc de inundații din subteran și a celor critice pentru fundare.

Adâncimea nivelului hidrostatic variază semnificativ. Cele mai mici valori, sub 3,0 metri, s-au înregistrat în lunca râului (forajele F5 la 2,5 m și F6 la 2,8 m), în KILO_CAROURILE [X10, Y06] și [X09, Y06]. Pe terase și versanții inferioari, adâncimea crește; în forajele F8 și F9 ([X09, Y07] și [X08, Y07]), nivelul a fost găsit la 6,8 m, respectiv 7,5 m. Pe versanții mai înalți, precum în zona forajului F3 din caroul [X07, Y08], adâncimea depășește 10-15 metri. Aceste valori reflectă drenarea naturală, dar sunt supuse unor variații sezoniere de 0,5 până la 1,5 metri.

Pe baza cotelor absolute ale nivelului piezometric se evidențiază o direcție generală de curgere a apelor subterane dinspre nord-vest și sud-vest către zona central-estică a teritoriului. Analiza acestor direcții este esențială pentru evaluarea riscului de propagare a poluanților, deoarece în cazul unei contaminări accidentale, substanțele poluante se vor deplasa descendent, urmând gradientul hidraulic, ceea ce permite delimitarea rapidă a arealului potențial afectat.



5.3. Calitatea și agresivitatea apei subterane

Constatarea este că impactul compoziției chimice a apei subterane asupra durabilității construcțiilor este semnificativ. Problema esențială este evaluarea gradului de agresivitate față de betoanele și armăturile fundațiilor. Consecința este necesitatea analizelor chimice, iar implicația pentru RLU este impunerea de condiționări specifice în zonele cu agresivitate chimică. Datele provin din analizele efectuate pe probele de apă din forajele F2, F5, F9 și F12.

Analizele chimice au vizat determinarea pH-ului, conținutului de sulfatați (SO_4^{2-}), magneziu (Mg^{2+}), amoniu (NH_4^+) și dioxid de carbon agresiv (CO_2), interpretarea realizându-se conform normativului NP 133/2013. De exemplu, în forajul F9 (KILO_CAROU [X08, Y07]), rezultatele indică o agresivitate slabă (pH 6,8; sulfatați 150 mg/l; CO_2 agresiv 25 mg/l). În contrast, proba din forajul F5, din zona de luncă, a indicat o concentrație de sulfatați de 280 mg/l, încadrând apa într-o clasă de agresivitate moderată sulfatică.

Foraj	KILO_CAROU (TKHC)	pH	Sulfatați (SO_4^{2-} mg/l)	CO_2 agresiv (mg/l)	Clasa de agresivitate
F2	[X07, Y06]	7,1	180	18	Slabă
F5	[X10, Y06]	6,9	280	30	Moderată (sulfatică)
F9	[X08, Y07]	6,8	150	25	Slabă
F12	[X10, Y07]	7,3	165	15	Slabă

Tabel 3 - Rezultatele analizelor chimice și clasele de agresivitate. Sursă: Proiectant

În zonele cu agresivitate moderată, precum cea identificată în KILO_CAROU [X10, Y06], este obligatorie utilizarea unor cimenturi speciale rezistente la sulfatați (tip SR) și/sau aplicarea unor sisteme de hidroizolație performante. Prin urmare, RLU va condiționa autorizarea construcțiilor în aceste zone de prezentarea în proiectul tehnic a unor soluții de protecție anticorozivă a fundațiilor, justificate pe baza studiului geotehnic de amplasament.

5.4. Interacțiunea apelor subterane cu cele de suprafață și drenajul natural

Constatarea factuală este că apele subterane și cele de suprafață constituie un sistem hidrologic unitar. Problema constă în înțelegerea naturii acestei interacțiuni. Consecința este necesitatea de a analiza relația dintre acviferul freatic și Râul Crizbav. Implicația pentru PUG este că înțelegerea acestor mecanisme permite o planificare urbanistică ce respectă și utilizează inteligent rețeaua naturală de drenaj, prevenind acumulările de apă.

Analiza hărții hidroizohipselor arată că acviferul freatic alimentează Râul Crizbav (râu efluent), asigurând un debit de bază. Situația se poate inversa temporar în timpul viiturilor, când râul alimentează acviferul (râu influent), ducând la o ridicare rapidă a nivelului freatic în zonele adiacente. Acest fenomen crește riscul de inundare a subsolurilor și de reducere a capacității portante a terenului și trebuie luat în considerare la orice proiect de construire în zona de luncă.

Pe lângă drenajul principal realizat de Râul Crizbav, teritoriul este fragmentat de o rețea de văi și ravene secundare. Acestea colectează apele din precipitații și eventualele izvoare. Harta pantelor (Planșa nr. 4) evidențiază clar aceste axe. Orice blocare a acestora prin intervenții necontrolate poate duce la acumularea apei, la stagnare și la destabilizarea versanților. Prin urmare, RLU trebuie să instituie un regim de protecție pentru aceste văi, definindu-le ca fiind culoare de drenaj natural și condiționând strict realizarea de lucrări care le-ar putea afecta capacitatea de transport. Această abordare este fundamentală pentru un management sustenabil al apelor.

6. IDENTIFICAREA HAZARDELOR GEOTEHNICE

Cartografierea detaliată a hazardelor geotehnice pe teritoriul administrativ al comunei Crizbav fundamentează tehnic reglementările PUG, traducând datele de teren și analizele de laborator într-un set de hărți de risc tematice, esențiale pentru o planificare urbanistică responsabilă. Problema clară pe care o adresează acest capitol este identificarea, caracterizarea și delimitarea spațială a trei hazarde principale: tasarea, fenomenele de umflare-contracție și lichefierea. Consecința este că se răspunde la întrebări esențiale:

- 1) ce zone sunt predispuse la tasări inegale;
- 2) unde există pământuri cu potențial mare de umflare;
- 3) care este riscul de lichefiere în caz de cutremur și unde se manifestă acesta.

Implicația pentru PUG este că fiecare hazard identificat va genera un set de condiționări sau restricții de construire, asigurând că dezvoltarea viitoare a comunei se va realiza în condiții de siguranță.

Metodologia aplicată pentru identificarea și cartografierea hazardelor combină analiza datelor geotehnice punctuale, obținute din cele 12 foraje executate (F1-F12), cu extrapolarea spațială ghidată de hărțile geologice și geomorfologice, în cadrul unui sistem de informații geografice (GIS). Instrumentele de analiză utilizate sunt:

- 1) normativele tehnice în vigoare (NP 112, NP 125, P100-1) pentru definirea pragurilor cantitative de risc;
- 2) metodele de clasificare a pământurilor (SR EN ISO 14688) pentru identificarea materialelor problematice;
- 3) tehnicile de interpolare spațială pentru generarea hărților de hazard.

Sursele de date esențiale sunt fișele forajelor geotehnice, buletinele de analiză de laborator și modelul digital al terenului (MDT). Ipoteza de lucru este că distribuția hazardelor geotehnice este direct controlată de distribuția unităților litologice și de condițiile hidrogeologice, permițând o extrapolare rezonabilă a datelor punctuale. Limitele acestei analize sunt inerente scării de lucru a unui PUG (1:5.000) și sunt date de densitatea redusă a punctelor de investigare, studiile geotehnice de amplasament rămânând obligatorii.



6.1. Hazard la tasare

Constatarea factuală principală este prezența, pe areale extinse, a unor depozite cu potențial de compresibilitate ridicată, susceptibile de a produce tasări semnificative sub încărcările de la construcții. Forajele geotehnice F2, F5 și F7, amplasate în zona de luncă și pe terasele inferioare ale Râului Crizbav, în carourile TKHC [X07, Y06], [X08, Y06] și [X10, Y06], au interceptat strate de argilă prăfoasă și praf argilos de consistență redusă (plastic-moale), cu module de deformație edometrică (M) sub 5 MPa. Problema majoră pe care o generează aceste pământuri nu este tasarea totală, ci tasarea diferențiată, care poate induce eforturi suplimentare severe în structura de rezistență a clădirilor.

Consecința directă este că orice construcție amplasată în aceste perimetre necesită o analiză geotehnică aprofundată, iar implicația pentru PUG/RLU este necesitatea de a condiționa autorizarea construirii de realizarea unor studii geotehnice care să includă obligatoriu calculul de tasări.

Mecanismul de producere a tasărilor este legat de procesul de consolidare a pământurilor coezive saturate sub acțiunea unei sarcini. La aplicarea încărcării de la fundație, presiunea din apa conținută în porii pământului crește. Treptat, această suprapresiune se disipează prin expulzarea apei, iar sarcina este preluată de scheletul solid al pământului, care se deformează (consolidează). Acest proces este lent și poate dura ani de zile. O altă cauză a tasărilor o reprezintă prezența unor strate de umpluturi necontrolate, de grosimi variabile, identificate în special în proximitatea zonelor locuite. Forajul F11, de exemplu, a interceptat un strat de 2,5 metri de umpluturi eterogene, materiale care nu pot constitui un teren bun de fundare.

Pe baza datelor obținute din foraje și a corelării acestora cu informațiile geologice disponibile, a fost elaborată o analiză a hazardului la tasare, prin care teritoriul a fost clasificat în funcție de potențialul de producere a tasărilor. Parametrii utilizați în procesul de clasificare au fost grosimea cumulată a stratelor compresibile și valoarea modulului de deformație edometrică.

- a) Zonele cu hazard ridicat și foarte ridicat corespund luncii și teraselor joase, unde depozitele argilo-prăfoase au grosimi mari și consistență redusă.
- b) Zonele cu hazard mediu sunt asociate cu versanții și platourile unde strate compresibile apar la adâncimi mai mari.
- c) Zonele cu hazard scăzut sunt cele unde predomină depozitele grosiere sau unde roca de bază este la mică adâncime.



Implicația pentru PUG/RLU este directă: zonele cu hazard ridicat și foarte ridicat trebuie încadrate în categoria Zonelor Construibile Condiționat (ZCC), impunându-se, prin regulament, obligativitatea realizării unor studii geotehnice care să includă încercări edometrice și calcule de prognoză a tasărilor.

6.2. Hazard la umflare-contrație

Constatarea factuală, bazată pe analizele de laborator din forajele F3, F7 și F8, este prezența pe teritoriul comunei Crizbav a unor pământuri argiloase cu potențial de umflare și contrație (PUCM). Forajul F7, situat în KILO_CAROUL [X07, Y07], a interceptat un strat de argilă cafenie-gălbui cu un indice de plasticitate (IP) de peste 20%, încadrându-se în categoria argilelor cu plasticitate mare. Problema tehnică generată de aceste pământuri constă în mișcările verticale pe care le induc asupra fundațiilor: umflare în perioadele umede și contrație în perioadele secetoase. Consecința pentru planificare este necesitatea de a identifica și cartografia aceste zone, iar implicația pentru RLU este de a impune măsuri speciale de proiectare, conform normativului NP 125/2010.

Mecanismul de umflare-contrație este legat de prezența mineralelor argiloase expansive (montmorillonit) care absorb apa. Adâncimea de variație sezonieră a umidității, estimată la 1,5 - 2,5 metri pentru zona Crizbav, este un parametru cheie. Pe baza indicilor de plasticitate și a testelor de umflare liberă, s-a elaborat harta de hazard la umflare-contrație (Planșa nr. 7). Zonele cu hazard ridicat sunt concentrate în perimetrele unde forajele F3, F7 și F8 au interceptat argilele plastice la mică adâncime.

Implicațiile pentru PUG/RLU sunt directe. Zonele cu hazard mediu și ridicat la umflare-contrație trebuie încadrate în categoria Zonelor Construibile Condiționat (ZCC-PUCM). Pentru aceste zone, RLU va specifica următoarele condiționări obligatorii:

1. Studiul geotehnic trebuie să includă determinări specifice pentru identificarea PUCM (limite de plasticitate, presiune de umflare) și să stabilească adâncimea de variație a umidității.
2. Proiectarea fundațiilor trebuie să adopte soluții care să minimizeze efectul mișcărilor de volum, cum ar fi fundarea sub adâncimea de variație a umidității sau utilizarea fundațiilor pe piloți.
3. Se vor prevedea măsuri de control al umidității în jurul construcției (trotuare perimetrare etanșe, evacuarea controlată a apelor pluviale).

6.3. Hazard la lichefiere

Constatarea critică este existența unui hazard semnificativ de lichefiere a solului în lunca aluvionară a Râului Crizbav, în KILO_CAROURILE [X09, Y06] și [X10, Y06]. Lichefierea este un fenomen prin care un pământ necoeziv saturat cu apă își pierde brusc rezistența la forfecare sub acțiunea unui cutremur. Problema este una de siguranță majoră, putând duce la prăbușirea construcțiilor. În această zonă sunt îndeplinite simultan cele trei condiții necesare:

- 1) existența unor depozite de nisipuri fine și prăfoase (identificate în forajul F5);
- 2) prezența apei subterane la adâncime foarte mică (sub 3 metri);
- 3) o valoare a accelerației seismice de proiectare ($a_g = 0,15g$) suficient de mare pentru a iniția procesul.

Consecința este că această zonă prezintă un risc inacceptabil, iar implicația pentru PUG/RLU este necesitatea de a institui restricții de construire severe, mergând până la interdicție.

Mecanismul de producere a lichefierii este complex. În timpul unui seism, undele de forfecare induc o tendință de contractare a nisipului saturat. Deoarece apa din pori nu se poate drena rapid, presiunea acesteia crește exponențial. Când presiunea apei interstițiale egalează efortul efectiv vertical, contactul dintre particulele de nisip se pierde, iar întregul masiv de pământ se comportă ca un fluid dens. O evaluare preliminară a potențialului de lichefiere, utilizând o metodă simplificată bazată pe datele din forajul F5, a indicat un factor de siguranță la lichefiere (FS,L) subunitar pentru stratele de nisip situate la adâncimi de până la 10 metri, confirmând nivelul ridicat de hazard.

Având în vedere gravitatea excepțională a acestui hazard, implicațiile pentru PUG/RLU sunt la fel de excepționale. Se propune încadrarea întregii zone cu potențial de lichefiere în categoria Zonelor cu Restricție Definitivă (ZCR-L), conform Planșei nr. 8. În cadrul RLU, se va formula un articol care să interzică realizarea de construcții noi cu funcțiune de locuire, dotări publice sau orice altă funcțiune care implică prezența permanentă a oamenilor. Prin excepție, se pot accepta anumite lucrări de infrastructură (poduri) sau construcții anexe temporare, dar numai cu condiția realizării unor studii de microzonare seismică și a adoptării unor soluții de fundare speciale, extrem de costisitoare (fundații indirecte, îmbunătățirea terenului). Autorizarea acestor lucrări va fi condiționată de avizul unui expert tehnic atestat Af.

6.4. Harta de hazard geotehnic

Concluzia acestui capitol este că hazardele geotehnice (tasare, umflare–contractie, lichefiere) nu sunt distribuite uniform la nivelul teritoriului, ci se concentrează în areale distincte. Pentru procesul de planificare, provocarea constă în valorificarea coerentă a acestor informații tehnice în fundamentarea deciziilor.

În acest sens, analizele au fost integrate într-un document sintetic, care suprapune și ierarhizează hazardele individuale, oferind o imagine de ansamblu asupra gradului de risc geotehnic. Acest instrument devine baza pentru elaborarea zonificării geotehnice și constituie fundamentul tehnic al reglementărilor incluse în Regulamentul Local de Urbanism (RLU).

Elaborarea analizei de hazard geotehnic s-a realizat prin aplicarea unei metodologii de suprapunere ponderată în sistem GIS, fiecărui tip de hazard fiindu-i atribuit un coeficient de importanță proporțional cu gravitatea consecințelor potențiale (lichefierea având ponderea cea mai ridicată).

Rezultatul constă într-o clasificare a teritoriului în patru clase distincte de hazard geotehnic:

- Clasa de hazard scăzut: corespunde zonelor stabile, fără pământuri problematice.
- Clasa de hazard mediu: include zonele cu pământuri moderat compresibile sau cu un potențial redus de umflare-contrație.
- Clasa de hazard ridicat: delimitează arealele cu pământuri foarte compresibile sau cu argile active, care impun studii aprofundate.
- Clasa de hazard foarte ridicat: este rezervată zonei cu potențial de lichefiere.

Correspondența dintre clasele de hazard și categoriile de construibilitate este directă:

- a) Hazard scăzut → Zonă Favorabilă Construirii (ZCF).
- b) Hazard mediu și ridicat → Zone Construibile Condiționat (ZCC).
- c) Hazard foarte ridicat → Zonă cu Restricții (ZCR).



7. ZONIFICAREA GEOTEHNICĂ A TERITORIULUI

Acest capitol reprezintă sinteza operațională a tuturor analizelor prezentate anterior, având ca scop traducerea datelor geotehnice, hidrogeologice și de hazard natural într-un instrument de planificare direct aplicabil în procesul de actualizare a Planului Urbanistic General. Demersul clasifică întregul teritoriu administrativ al comunei Crizbav în funcție de gradul de favorabilitate pentru construire, delimitând zonele cu condiții optime de cele care impun măsuri speciale sau chiar restricții severe. Se conturează astfel o hartă a construibilității, care nu doar descrie realitatea din teren, ci ghidează în mod activ deciziile viitoare de dezvoltare spațială, fundamentând criteriile de clasificare, caracterizând zonele favorabile, condiționate și cu restricții și prezentând implicațiile directe pentru reglementările urbanistice. Analiza răspunde la întrebări esențiale privind localizarea și modalitățile de construire în siguranță, precum și costurile și riscurile asociate dezvoltării în anumite perimetre.

Metodologia utilizată pentru realizarea zonificării geotehnice este una de tip multicriterial, implementată într-un mediu GIS, care permite suprapunerea și corelarea ponderată a diferitelor straturi de informații. Instrumentele principale folosite au fost datele și normativele tehnice privind proiectarea geotehnică și managementul riscurilor (NP 112, NP 125, Legea 350/2001) și tehnicile de analiză spațială pentru modelarea favorabilității. Sursele de date sunt exclusiv cele generate în cadrul prezentului studiu, incluzând harta geologică, harta pantelor, harta hidrogeologică și hărțile de hazard la alunecări și lichiefiere. Ipoteza fundamentală de lucru este că gradul de construibilitate al unui teren este o funcție complexă a acestor factori, care trebuie evaluați în mod integrat. Limitele acestei analize sunt date de scara de lucru (1:5.000), care oferă o imagine de ansamblu strategică, dar nu poate substitui investigațiile de detaliu la nivel de amplasament. Procesul de corelare a implicat atribuirea unor clase de favorabilitate pentru fiecare factor (de exemplu, pante sub 5% sunt favorabile, peste 25% sunt restrictive) și combinarea acestora printr-o matrice de decizie pentru a obține harta finală de zonificare, un proces care asigură transparența și obiectivitatea clasificării.

7.1. Criterii de zonificare

Constatarea factuală de la care pornește acest subcapitol este necesitatea definirii unui set de criterii clare, obiective și măsurabile pentru a clasifica teritoriul din punct de vedere geotehnic. Problema constă în transformarea unei multitudini de date tehnice complexe, referitoare la geologie, relief, hidrogeologie și hazarde, într-un sistem de clasificare simplu și robust, care să poată fi utilizat eficient în planificarea urbană. Consecința este adoptarea unei metodologii

multicriteriale, care evaluează fiecare unitate de teren în funcție de un set de factori determinanți. Implicația pentru PUG/RLU este că această transparentizare a criteriilor de decizie fundamentează în mod solid și juridic reglementările urbanistice care vor deriva din zonificare.

Principalul criteriu utilizat în zonificare este **natura terenului de fundare**, derivată direct din harta geologică și din datele celor 12 foraje. Acest factor ia în considerare litologia, starea de consistență sau de îndesare a depozitelor, precum și parametri fizico-mecanici (capacitate portantă, compresibilitate). Depozitele de pietrișuri și nisipuri îndesate de pe terase sunt considerate favorabile, în timp ce depozitele argiloase cu plasticitate și compresibilitate ridicată sunt considerate condiționate. Un al doilea criteriu esențial este **panta terenului**, extrasă din modelul digital al terenului. Pantele line (sub 5%) sunt favorabile, pantele moderate (5-15%) introduc condiționări, iar pantele abrupte (peste 25%) devin restrictive, nu doar din cauza costurilor de amenajare, ci și din cauza riscului crescut de instabilitate.

Condițiile **hidrogeologice** reprezintă al treilea set de criterii. **Adâncimea nivelului apei subterane** este un factor determinant. Un nivel freatic la adâncime mare (peste 6 metri) este o condiție favorabilă, în timp ce prezența apei la mică adâncime (sub 2-3 metri) impune condiționări severe, legate de necesitatea hidroizolării, a drenajului sau de riscul de reducere a capacității portante. Un alt aspect este **agresivitatea chimică a apei subterane** față de betoane, care, dacă este prezentă (cum s-a identificat în forajul F5), impune utilizarea unor cimenturi speciale și măsuri de protecție a fundațiilor.

Cel de-al patrulea și cel mai important set de criterii este legat de prezența **hazardelor naturale**. Acesta are un rol decisiv, putând suprascrie clasificarea bazată pe ceilalți factori. **Susceptibilitatea la alunecări de teren** este un criteriu major; zonele cu susceptibilitate ridicată sau foarte ridicată sunt încadrate direct în categoria zonelor cu restricții, indiferent de ceilalți parametri. **Potențialul de lichiefiere** în caz de cutremur este un alt hazard critic; zonele identificate cu acest risc, chiar dacă în condiții statice ar fi construibile, devin zone cu restricții severe din cauza comportamentului catastrofal la acțiune seismică. **Expunerea la inundații**, deși este un hazard hidrologic, se corelează direct cu condițiile geotehnice, deoarece afectează nivelul freatic și stabilitatea terenului, contribuind la încadrarea luncii majore în categoria zonelor cu restricții.



Criteria Principal	Parametru de Evaluare	Clasa Favorabilă	Clasa Condiționată	Clasa Restrictivă	Sursa de Date / Normativ
Teren de Fundare	Tip litologic	Nisipuri și pietrișuri îndesate	Prafuri și argile plastic-consistente	Argile plastic-moi, umpluturi	Foraje / Harta geologică
	Capacitate portantă (Pconv)	> 200 kPa	100 - 200 kPa	< 100 kPa	NP 112/2014
	Compresibilitate (Modul M)	> 10.000 kPa	4.000 - 10.000 kPa	< 4.000 kPa	SR EN 1997
Relief	Panta terenului	< 5%	5% - 25%	> 25%	Model Digital al Terenului
Hidrogeologie	Adâncime nivel freatic	> 6,0 m	2,0 - 6,0 m	< 2,0 m	Foraje / Harta hidroizohipse
	Agresivitate apă	Slabă	Moderată	Puternică	Analize de laborator
Hazard Natural	Risc la alunecări de teren	Scăzut / Foarte scăzut	Mediu	Ridicat / Foarte ridicat	Harta de hazard la alunecări
	Risc la inundații	În afara zonei inundabile	-	În zona inundabilă	Studiu Hidrologic
	Potențial de lichefiere	Scăzut / Nul	-	Mediu / Ridicat	Harta de hazard la lichefiere

Tabel 4 - Matrice de sinteză a criteriilor de zonificare geotehnică și a pragurilor utilizate. Sursă: Proiectant

Procesul de zonificare implică integrarea acestor criterii într-un model spațial. Fiecare unitate de teren (celulă a grilei TKHC) a fost evaluată pentru fiecare criteriu în parte, primind un punctaj. Punctajele au fost apoi agregate, folosind o formulă de ponderare care acordă o importanță maximă hazardelor naturale, pentru a obține un scor final de favorabilitate. Harta de zonificare geotehnică este, așadar, reprezentarea cartografică a acestor scoruri, grupate în cele trei clase



principale: favorabil, condiționat și cu restricții. Această metodologie explicită și transparentă asigură că zonificarea nu este un act subiectiv, ci rezultatul unei analize cantitative, reproductibile și fundamentate pe date concrete și pe principii ingineresti solide. Astfel, harta rezultată devine un instrument credibil și opozabil, capabil să susțină decizii administrative complexe și să ofere un cadru de referință stabil pentru dezvoltarea pe termen lung a comunei.

7.2. Zone favorabile (construibile fără măsuri speciale)

Constatarea factuală principală este că o parte semnificativă a teritoriului comunei Crizbav, în special platourile și terasele superioare, oferă condiții optime pentru construire. Problema, în aceste zone, nu este una de risc, ci de valorificare rațională a potențialului, evitând ocuparea dezordonată și asigurând o dezvoltare coerentă. Consecința este că aceste perimetre, definite ca Zone Favorabile Construirii (ZCF), trebuie să constituie direcțiile prioritare pentru extinderea planificată a intravilanului. Implicația pentru PUG/RLU este de a stabili un regim de construire permisiv, care să încurajeze investițiile, menținând în același timp standardele de calitate și obligativitatea respectării normelor generale de proiectare.

Zonele favorabile sunt caracterizate, conform criteriilor stabilite, de o combinație de factori pozitivi. Acestea se regăsesc în principal în KILO_CAROURILE [Xo8, Yo7], [Xo9, Yo7] și parțial în [Xo8, Yo6], pe interfluviile plane sau cu pante foarte line (sub 5%). Din punct de vedere geologic, substratul este alcătuit din depozite de terasă sau formațiuni argilo-prăfoase de consistență ridicată, care asigură o capacitate portantă bună și tasări reduse. Nivelul apei subterane este la adâncime mare (peste 6-8 metri), eliminând riscurile legate de infiltrații sau de subpresiune. Cel mai important aspect este absența hazardelor naturale semnificative: aceste zone nu sunt expuse la inundații, nu au potențial de lichefiere și prezintă o susceptibilitate foarte scăzută la alunecări de teren. Toate aceste caracteristici fac ca fundarea construcțiilor să fie posibilă prin soluții simple, economice și sigure.

Într-un scenariu generic de dezvoltare în aceste zone, o construcție tipică (locuință P+1E) poate fi fundată direct, prin intermediul unor **fundații de suprafață**. Soluțiile uzuale includ fundații continue din beton armat sub pereți sau fundații izolate de tip bloc și cuzinet sub stâlpi. Adâncimea de fundare va fi dictată de adâncimea de îngheț, de 1,10 metri, și de necesitatea de a depăși stratul de sol vegetal. Nu sunt necesare măsuri speciale de îmbunătățire a terenului sau soluții de fundare complexe, ceea ce se traduce prin costuri de infrastructură reduse și un proces de execuție mai rapid. Chiar și în aceste condiții optime, rămâne valabilă obligativitatea legală a realizării unui **studiu geotehnic** la nivel de amplasament, conform NP 074. Rolul acestuia este de a confirma



încadrarea în zona favorabilă, de a identifica eventualele particularități locale (ex: un buzunar de umplutură necontrolată) și de a furniza proiectantului de rezistență valorile de calcul exacte pentru dimensionarea fundației.

Implicațiile pentru planificarea urbanistică sunt clare și directe. RLU trebuie să reflecte caracterul favorabil al acestor zone, permițând o gamă largă de funcțiuni, de la locuințe individuale și colective cu regim redus de înălțime, la dotări publice, servicii și unități economice nepoluante. Densitatea de construire poate fi mai mare decât în alte zone, iar procesul de autorizare poate fi simplificat, în sensul că nu vor fi solicitate studii sau avize suplimentare din punct de vedere geotehnic, dincolo de documentația standard. Prin PUG, aceste zone ar trebui declarate ca fiind **zone prioritare de dezvoltare și extindere a intravilanului**. O strategie coerentă ar trebui să direcționeze investițiile publice în infrastructură (drumuri, rețele edilitare) către aceste perimetre, pentru a încuraja o dezvoltare compactă și ordonată și pentru a descuraja extinderea în zonele mai puțin favorabile. Astfel, zonificarea geotehnică devine un instrument proactiv de modelare a dezvoltării, nu doar o simplă constatare a stării de fapt.

7.3. Zone condiționate (construibile cu măsuri speciale)

Constatarea factuală este că o mare parte a teritoriului studiat, deși nu prezintă riscuri majore, are anumite caracteristici geotehnice sau hidrogeologice care impun o atenție sporită la proiectarea și execuția construcțiilor. Problema nu este de a interzice construirea, ci de a o **condiționa** de adoptarea unor măsuri tehnice adecvate, care să anuleze efectele negative ale acestor factori. Consecința este definirea acestor areale ca Zone Construibile Condiționat (ZCC), unde principiul de bază este adaptarea soluției de fundare la specificul terenului. Implicația pentru PUG/RLU este necesitatea de a introduce un regim tehnic special, care să oblige dezvoltatorii la realizarea unor studii geotehnice aprofundate și la implementarea unor soluții constructive justificate prin calcul.

Zonele condiționate de pe teritoriul comunei Crizbav pot fi grupate în funcție de problematica dominantă. O primă categorie este reprezentată de **zonele cu pământuri compresibile**, situate în principal în zonele de șes, pe depozite argilo-prăfoase, cum ar fi cele din caroul TKHC [X07, Y06]. Aici, problema principală este riscul de **tasări mari și inegale** sub greutatea construcțiilor. A doua categorie o constituie **zonele cu argile active**, cu potențial de umflare-contrație, identificate în caroul [X07, Y07], unde variațiile de umiditate pot induce mișcări verticale ale fundațiilor. A treia categorie importantă este cea a **zonelor cu nivel freatic la mică adâncime**, în special în zonele adiacente luncii, dar în afara perimetrului de risc la inundații, unde apa subterană poate afecta comportamentul fundațiilor și poate crea probleme la realizarea



subsolurilor. În fine, o a patra categorie este cea a **zonelor în pantă**, cu înclinări medii (5-15%), unde, deși nu există un risc iminent de alunecare, stabilitatea locală trebuie analizată cu atenție.

Pentru fiecare dintre aceste categorii, RLU trebuie să impună condiționări specifice. În zonele cu pământuri compresibile, autorizarea va fi condiționată de prezentarea unui calcul de tasări în cadrul studiului geotehnic și de adoptarea unor soluții de fundare rigide (radiere, rețele de grinzi). În zonele cu argile active, se va solicita determinarea presiunii de umflare și proiectarea fundațiilor sub adâncimea de variație a umidității, conform NP 125. Pentru zonele cu apă la suprafață, RLU poate interzice realizarea subsolurilor sau o poate condiționa de realizarea unor cuve etanșe și a unor sisteme de drenaj. În zonele în pantă, orice lucrare de terasament (săpătură sau umplutură) va trebui justificată printr-un calcul de stabilitate locală. Aceste condiționări nu sunt menite să blocheze, ci să ghideze dezvoltarea către soluții ingineresti corecte și sigure.

Tip Zonă ZCC	Problematică Dominantă	Măsuri Obligatorii în Studiul Geotehnic	Soluții de Fundare / Măsuri Specifice Recomandate
ZCC-C (Compresibilitate)	Tasări mari și inegale	Încercări edometrice, calcul de prognoză a tasărilor.	Fundații rigide (radier general, rețea de grinzi), îmbunătățirea terenului (perne de balast, coloane).
ZCC-A (Argile Active)	Umflare-contrație	Determinarea umflării libere și a presiunii de umflare.	Fundare sub adâncimea de variație a umidității, măsuri de control al umidității (trotoare), stabilizare cu lianți.
ZCC-H (Hidrogeologie)	Nivel freatic ridicat	Monitorizare nivel freatic, analiză de agresivitate a apei.	Interzicerea subsolurilor sau realizarea de cuve etanșe, sisteme de drenaj, betoane speciale (rezistente la sulfați).
ZCC-P (Pantă)	Stabilitate locală	Analiză de stabilitate a versantului pentru amplasament.	Fundare în trepte, realizarea de lucrări de sprijin (ziduri, gabioane), management controlat al apelor pluviale.

Tabel 5 - Matrice de condiționări specifice pentru fiecare tip de zonă ZCC. Sursă: Proiectant

O alternativă la adaptarea fundației este **îmbunătățirea terenului de fundare**. În multe cazuri, poate fi mai eficient economic să se intervină direct asupra pământului pentru a-i îmbunătăți caracteristicile. Pentru pământurile compresibile, se pot aplica tehnici precum



realizarea de perne de balast compactat sau de coloane de material granular, care reduc tasările și uniformizează presiunile. Pentru argilele active, se poate recurge la tratarea cu lianți hidraulici (var, ciment) pentru a reduce potențialul de umflare și a crește rezistența mecanică. RLU ar trebui să recunoască și să încurajeze aceste tehnologii, condiționând aplicarea lor de elaborarea unui proiect tehnic specific, verificat de specialiști. Prin această abordare flexibilă, se oferă dezvoltatorilor multiple opțiuni pentru a construi în siguranță.

7.4. Zone cu restricții (neconstruibile sau construibile cu măsuri excepționale)

Constatarea critică a studiului este existența unor areale pe teritoriul comunei Crizbav unde hazardul natural atinge o intensitate atât de mare, încât principiul de bază al planificării trebuie să fie **evitarea**, nu adaptarea. Problema este cum să se transpună această constatare tehnică într-o reglementare urbanistică fermă, care să protejeze în mod real viețile și bunurile. Consecința este definirea acestor perimetre ca Zone cu Restricții (ZCR) și instituirea unor interdicții de construire clare și justificate. Implicația pentru PUG/RLU este majoră: aceste zone sunt "scoase" de pe harta dezvoltării rezidențiale și publice, o decizie curajoasă, dar absolut necesară pentru un management responsabil al riscurilor.

Zona cea mai problematică, propusă pentru încadrare în categoria **zonelor cu restricție definitivă**, este **lunca inundabilă a Râului Crizbav**, în special în sectoarele identificate cu risc ridicat de **lichiefiere**, corespunzătoare KILO_CAROURILOR [X09, Y06] și [X10, Y06]. Aici se cumulează trei hazarde majore: inundațiile, un strat de nisip saturat susceptibil la pierderea totală a capacității portante în caz de cutremur și un nivel freatic la suprafață. Se propune ca RLU să interzică în mod explicit, în acest perimetru, construcțiile de locuințe, dotările publice și orice altă funcțiune care presupune o prezență umană permanentă. Cu titlu excepțional, se pot admite anumite lucrări de infrastructură sau agricole, dar numai cu condiția realizării unor studii geotehnice speciale și a adoptării unor soluții de fundare excepționale (ex: piloți forajați până la stratul stabil), avizate de experți tehnici.

O a doua categorie importantă este cea a **zonelor cu restricție temporară**, propusă pentru arealele cu **susceptibilitate ridicată și foarte ridicată la alunecări de teren**, cum sunt cele de pe versanții din caroul [X08, Y08]. Aici, interdicția de construire nu este definitivă, ci **condiționată** de realizarea unor studii de stabilitate la scară de detaliu, care să analizeze întregul versant. Până la elaborarea și aprobarea acestor studii, care pot fi inițiate de autoritatea locală sau de un grup de proprietari, orice nouă construcție este interzisă. Dacă studiul de detaliu

demonstrează că anumite sectoare sunt stabile sau pot fi stabilizate prin lucrări de consolidare fezabile, restricția poate fi ridicată punctual, prin PUZ. Această abordare prudentă previne dezvoltările riscante, dar nu blochează definitiv potențialul acestor zone.

Pe lângă aceste restricții de natură geotehnică și de hazard, RLU va trebui să integreze și să coreleze și celelalte restricții impuse de legislația în vigoare. Acestea includ zonele de protecție sanitară a surselor de apă, zonele de protecție a monumentelor istorice (precum cetatea Heldenburg) și perimetrele de protecție integrală din cadrul siturilor Natura 2000.

Suprapunerea acestor diverse straturi de restricții va genera harta finală a zonelor neconstruibile. Este esențial ca RLU să prezinte în mod clar și neechivoc toate aceste interdicții, oferind o bază legală solidă pentru refuzul autorizațiilor de construire în aceste perimetre. Prin această abordare fermă, PUG-ul își îndeplinește rolul fundamental de a proteja interesul public și de a asigura o dezvoltare sigură, rezilientă și responsabilă față de patrimoniul natural și cultural.

8. ANALIZA RISCURILOR NATURALE CONEXE (SEISM, INUNDAȚII, ALUNECĂRI)

Acest capitol evaluează și integrează principalele riscuri naturale care pot afecta teritoriul comunei Crizbav, corelând hazardele geotehnice deja identificate cu riscurile de natură seismică, hidrologică și geomorfologică. Abordarea este una multi-risc, menită să ofere o imagine de ansamblu asupra vulnerabilității teritoriului, esențială pentru o planificare urbanistică responsabilă. Analiza se concentrează pe cartografierea și descrierea factuală a acestor riscuri, stabilind legăturile cauzale dintre ele și impactul lor potențial cumulat, fără a propune măsuri concrete de apărare. Tematicile principale abordate sunt riscul seismic și fenomenele asociate, riscul la inundații și interacțiunea cu pânza freatică, precum și riscul la alunecări de teren și factorii declanșatori, pentru a răspunde la întrebări cheie privind impactul unui seism asupra stabilității, influența inundațiilor asupra condițiilor de fundare și zonele unde se cumulează mai multe tipuri de riscuri.

Metodologia de analiză se bazează pe o sinteză a datelor din surse multiple, utilizând ca instrument principal de corelare spațială sistemele de informații geografice (GIS). Datele seismice provin de la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului, hărțile de hazard la inundații sunt cele elaborate de Administrația Națională "Apele Române", iar datele geotehnice și hidrogeologice sunt cele din prezentul studiu. Ipoteza de lucru este că riscurile naturale interacționează, potențându-se reciproc, iar o analiză integrată este singura capabilă să surprindă corect vulnerabilitatea reală a teritoriului. Limitele analizei sunt date de scara de lucru (1:5.000) și de caracterul probabilist al unor hazarde. Corelarea implică suprapunerea hărților de hazard pentru a identifica zonele de cumul, analiza condițiilor locale (litologie, pante, nivel freatic) care pot amplifica un hazard regional și modelarea interacțiunilor, cum ar fi declanșarea alunecărilor de teren de către un seism pe versanți saturați.

8.1. Risc seismic

Constatarea factuală esențială pentru analiza de risc este încadrarea seismică a teritoriului comunei Crizbav. Conform normativului P100-1/2013, zona se caracterizează printr-o valoare de vârf a accelerației terenului pentru proiectare (ag) de 0,15g, corespunzătoare unui interval mediu de recurență de 225 de ani. Problema principală nu este hazardul seismic în sine, considerat moderat, ci potențialul său de a declanșa fenomene geotehnice conexe periculoase. Consecința directă este necesitatea analizării aprofundate a comportamentului terenului sub acțiune seismică,

în special în zonele cu litologie și condiții hidrogeologice favorizante. Implicația pentru PUG/RLU este obligativitatea de a transpune aceste riscuri secundare în condiționări clare de construire.

Principalul fenomen geotehnic indus seismic care prezintă un risc pentru comuna Crizbav este lichefierea. Acest fenomen, constând în pierderea totală a capacității portante a pământurilor nisipoase saturate, este probabil să se manifeste în zona de luncă a Râului Crizbav, în carourile TKHC [X09, Y06] și [X10, Y06]. Prezența depozitelor de nisip fin, confirmată de forajul F5, corelată cu un nivel al apei freactice la mică adâncime și cu accelerația seismică de proiectare, creează un scenariu de risc ridicat. Impactul unui astfel de fenomen ar fi catastrofal pentru orice construcție fundată direct în acest perimetru, ducând la tasări masive, înclinări și cedare structurală. Analiza detaliată a acestui fenomen este crucială, deoarece ignorarea sa poate duce la consecințe dezastruoase. Potențialul de lichefiere depinde de granulometria nisipului, gradul său de îndesare, adâncimea nivelului apei subterane și intensitatea mișcării seismice, toți acești factori indicând un grad de susceptibilitate ce nu poate fi neglijat.

Pe lângă lichefiere, un eveniment seismic poate induce tasări suplimentare în pământurile necoezive cu îndesare redusă, fenomen cunoscut ca densificare seismică. Deși forajele efectuate nu au indicat strate extinse de nisipuri afânate în afara zonei de luncă, acest risc trebuie considerat punctual în studiile geotehnice de amplasament. O altă consecință este potențialul de declanșare a alunecărilor de teren. Un cutremur poate acționa ca un factor declanșator major pentru versanții în echilibru limită. Zonele cu susceptibilitate ridicată la alunecări, în special cele cu pante mari și strate de argilă, devin și mai vulnerabile seismic. Interacțiunea dintre hazardul seismic și cel de alunecare este un exemplu de risc în cascadă, necesitând o abordare integrată pentru evaluarea corectă a vulnerabilității totale a teritoriului.

Analiza impactului seismic asupra stabilității terenului impune o abordare prudentă în reglementările urbanistice. Pentru zona cu risc de lichefiere se impun condiționări severe, până la interzicerea anumitor categorii de construcții. Pentru restul teritoriului, Regulamentul Local de Urbanism (RLU) va trebui să specifice obligativitatea ca toate studiile geotehnice să includă o secțiune dedicată analizei condițiilor de teren în context seismic. Aceasta trebuie să confirme sau să infirme prezența pământurilor susceptibile la lichefiere sau densificare și să evalueze influența acțiunii seismice asupra stabilității generale a versanților. Această cerință asigură că riscul seismic este tratat integrat, atât la nivelul structurii de rezistență, cât și la nivelul interacțiunii clădire-teren.

8.2. Risc la inundații

Constatarea factuală este că riscul la inundații pentru comuna Crizbav este generat în principal de Râul Crizbav și de afluenții săi, care pot produce viituri în perioadele cu precipitații abundente sau la topirea rapidă a zăpezilor. Problema constă în impactul direct al apelor de suprafață și în efectele conexe asupra terenului de fundare. Consecința directă este că inundațiile duc la saturarea pământurilor, la reducerea capacității portante a acestora și la eroziunea malurilor. Implicația pentru PUG/RLU este necesitatea de a corela hazardul hidrologic cu condițiile geotehnice locale pentru a evalua corect construibilitatea, în special în zonele de luncă.

Zona cea mai expusă este lunca majoră a Râului Crizbav, corespunzând în mare parte carourilor TKHC [X09, Y06], [X10, Y06] și [X10, Y07]. În timpul unei viituri, are loc o ridicare semnificativă a nivelului hidrostatic în depozitele aluvionare permeabile. Această creștere a nivelului freatic reduce eforturile efective din terenul de fundare, diminuând capacitatea portantă, și crește subpresiunea apei asupra elementelor îngropate (subsoluri, radiere), sporind riscul de "plutire". Acest fenomen de interacțiune între apele de suprafață și cele subterane este critic și trebuie luat în considerare la proiectarea oricărei construcții în zona de luncă. Revenirea nivelului freatic la cotele normale poate dura un timp considerabil după trecerea viiturii, menținând terenul într-o stare de saturație și cu rezistențe scăzute.

Un alt efect periculos al viiturilor este eroziunea laterală (afuieri de mal), care poate duce la subminarea fundațiilor construcțiilor amplasate prea aproape de mal. Zonele cu risc de eroziune trebuie identificate pe baza analizei dinamicii albiei. În plus, riscul la inundații interacționează cu alte riscuri: un cutremur produs într-o perioadă în care depozitele nisipoase din luncă sunt saturate are un potențial de lichefiere mult mai mare, iar saturația prelungită a versanților cu pante accentuate este un factor major în declanșarea alunecărilor de teren. Aceste interacțiuni subliniază necesitatea unei abordări integrate a riscurilor. Din perspectiva PUG, gestionarea riscului la inundații impune măsuri clare. Principala măsură este de natură non-structurală și constă în instituirea de restricții de construire în zonele inundabile, conform hărților de hazard aprobate. În aceste zone, RLU ar trebui să interzică realizarea de noi locuințe sau dotări publice.

Pentru construcțiile existente, se pot permite lucrări de modernizare, dar cu condiția implementării unor măsuri de protecție individuală. Pentru orice construcție permisă în proximitatea zonelor inundabile, studiul geotehnic va trebui să analizeze explicit influența nivelului maxim al apelor freactice asupra capacității portante și stabilității fundației.

8.3. Risc la alunecări de teren

Constatarea principală este prezența pe teritoriul comunei Crizbav a unor condiții naturale favorabile declanșării alunecărilor de teren, impunând o abordare prudentă a intervențiilor în zonele de versant. Problema constă în identificarea zonelor cu susceptibilitate ridicată și în transpunerea acestui risc în reglementări urbanistice preventive. Consecința este necesitatea unei analize care să coreleze factorii predispozanți (panta, geologia, hidrogeologia) cu factorii declanșatori (precipitații, seisme, activități umane). Implicația pentru PUG este că zonele cu susceptibilitate ridicată trebuie să fie supuse unui regim de construire condiționat sau restrictiv.

Factorii predispozanți sunt prezenți pe areale extinse. Harta pantelor evidențiază versanții cu înclinări mari (peste 15-20%), localizați în special pe flancurile dealurilor care mărginesc depresiunea, în carourile TKHC precum [Xo7, Yo7] și [Xo8, Yo8]. Prezența la mică adâncime a complexului argilos-prăfos, confirmat de forajul F3, cu rezistență la forfecare redusă la umiditate ridicată, creează condiții favorabile pentru formarea suprafețelor de alunecare. Factorii hidrogeologici, precum apariția izvoarelor sau circulația apelor subterane, contribuie la diminuarea stabilității.

Factorii declanșatori sunt cei care activează alunecările în zonele predispuse. Cel mai frecvent este reprezentat de precipitațiile abundente și de lungă durată sau de topirea rapidă a zăpezii. Acțiunea seismică poate constitui, de asemenea, un factor declanșator major. Activitățile umane necontrolate pot destabiliza versanții prin:

- 1) realizarea de săpături neasigurate la baza pantei;
- 2) supraîncărcarea părții superioare a versantului;
- 3) modificarea regimului de scurgere a apelor.

Pe baza corelării acestor factori, a fost elaborată o hartă de susceptibilitate la alunecări, care clasifică teritoriul în clase de risc. Implicațiile pentru PUG sunt semnificative. Zonele cu susceptibilitate ridicată și foarte ridicată la alunecări vor fi încadrate în categoria zonelor cu restricție de construire (ZCR), interzicând, de regulă, realizarea de construcții noi. Extinderea intravilanului va trebui să evite explicit aceste zone. În zonele cu susceptibilitate medie, construirea va fi condiționată de realizarea unor studii geotehnice speciale, care să includă o analiză detaliată a stabilității versantului la scara amplasamentului. Dacă este necesar, proiectul tehnic va trebui să includă lucrări de consolidare, cum ar fi ziduri de sprijin, drenuri, ancore sau piloți foraj.

8.4. Analiză integrată a riscurilor

Constatarea factuală este că riscurile individuale (seismic, inundații, alunecări) interacționează și se cumulează, generând o vulnerabilitate complexă a teritoriului. Problema reală pentru planificare este că analiza separată a acestor hazarde este insuficientă și poate subestima pericolul real. Consecința este obligativitatea realizării unei sinteze multi-risc prin suprapunerea hărților de hazard. Implicația pentru PUG este că harta de riscuri naturale integrate devine instrumentul fundamental pentru definirea politicilor de utilizare a terenurilor și pentru fundamentarea celor mai restrictive măsuri din Regulamentul Local de Urbanism.

Prin suprapunerea hărților, se conturează clar zonele problematice. Zona de risc maxim este lunca inundabilă a Râului Crizbav, în carourile TKHC [X09, Y06] și [X10, Y06]. Aici se cumulează: 1) riscul la inundații; 2) riscul geotehnic de lichefiere a depozitelor nisipoase în caz de cutremur; 3) riscul de eroziune a malurilor. Această combinație face ca zona să fie practic improprie pentru construcții de locuit sau dotări publice, justificând încadrarea sa în categoria zonelor cu restricții severe (ZCR). Orice intervenție în acest perimetru trebuie limitată la lucrări de infrastructură strict necesare, proiectate cu măsuri de siguranță excepționale.

O altă zonă de atenție este reprezentată de versanții cu pante accentuate care mărginesc lunca, în special în carourile [X08, Y07] și [X07, Y07]. Aici, riscul dominant este cel de alunecări de teren, dar acesta poate fi amplificat de un eveniment seismic (factor declanșator) sau de saturația versantului în urma unor ploi torențiale. Astfel, deși nu este o zonă de cumul direct, este o zonă de interacțiune a riscurilor, ceea ce justifică încadrarea sa în categoria zonelor construibile condiționat, cu obligativitatea realizării unor studii de stabilitate detaliate. Suprapunerea hărții de hazard seismic peste harta de susceptibilitate la alunecări permite identificarea celor mai critice sectoare de versant. Această analiză integrată a riscurilor reprezintă piesa finală a fundamentării. Ea oferă o bază rațională și transparentă pentru deciziile de planificare, permițând administrației locale să argumenteze tehnic și legal orice restricție impusă prin PUG. Tranziția de la o abordare reactivă, la una proactivă, care evită dezvoltarea în zonele periculoase, este esențială pentru o comunitate rezilientă. Harta de riscuri integrate, împreună cu harta de zonificare geotehnică, constituie instrumentele cheie pentru această tranziție.



9. VULNERABILITATEA LA POLUARE A RESURSELOR DE APĂ

Acest capitol evaluează riscul de contaminare a resurselor de apă subterană de pe teritoriul comunei Crizbav, un demers esențial pentru protecția sănătății publice și asigurarea unei dezvoltări durabile. Analiza se concentrează pe identificarea surselor potențiale de poluare, pe cartografierea gradului de vulnerabilitate naturală a acviferelor și pe formularea de recomandări concrete pentru instituirea unor măsuri de protecție. Se urmărește traducerea datelor hidrogeologice și a informațiilor despre utilizarea terenurilor într-un instrument de planificare acționabil, care să fundamenteze reglementările din noul Plan Urbanistic General. Se abordează inventarierea surselor de poluare difuze și punctuale, modelarea vulnerabilității acviferului freatic și delimitarea perimetrelor de protecție sanitară, răspunzând astfel la întrebările privind principalele amenințări la adresa calității apei subterane, zonele care necesită o atenție sporită și măsurile preventive ce pot fi integrate în Regulamentul Local de Urbanism.

Metodologia aplicată în acest capitol îmbină analiza datelor existente cu modelarea spațială în sistem GIS pentru a obține o imagine integrată a riscului la poluare. Instrumentele cheie utilizate sunt metodele standard de evaluare a vulnerabilității, precum metoda DRASTIC, tehnicile de analiză spațială pentru identificarea surselor de poluare și normativele privind delimitarea zonelor de protecție sanitară. Sursele de date fundamentale sunt reprezentate de harta de utilizare a terenurilor, datele geotehnice și hidrogeologice din capitolele anterioare și datele administrative privind activitățile economice și rețelele de utilități. Ipoteza de lucru este că vulnerabilitatea la poluare este o funcție complexă, determinată de interacțiunea dintre caracteristicile naturale ale mediului, care controlează capacitatea de atenuare a poluanților, și presiunile antropice, care reprezintă sursele de contaminare. Limitele analizei sunt date de scara de lucru generală, specifică unui PUG, de lipsa unor date de monitorizare continuă a calității apei și de necesitatea validării prin studii de detaliu la nivel de amplasament. Modurile de corelare implică suprapunerea hărții surselor de poluare peste harta de vulnerabilitate naturală pentru a obține harta de risc, un proces care permite ierarhizarea teritoriului și fundamentarea măsurilor de protecție.

9.1. Surse Potențiale de Poluare

Constatarea factuală este că identificarea surselor de poluare reprezintă primul pas în evaluarea riscului de contaminare a resurselor de apă. Problema clară este că, pe teritoriul comunei Crizbav, aceste surse se împart în două categorii: punctuale și difuze, fiecare cu un impact specific. Consecința este că lipsa unui sistem centralizat de canalizare face ca fosele septice și latrinele



neetanșe să devină o sursă de poluare punctuală generalizată, cu impact semnificativ asupra acviferului freatic, în special în zonele dens locuite din KILO_CAROURILE [Xo8, Yo7] și [Xo9, Yo7]. Implicația pentru PUG/RLU este necesitatea de a reglementa strict sistemele individuale de colectare a apelor uzate și de a prioritiza extinderea rețelei de canalizare.

Sursele punctuale, care descarcă poluanți într-un punct definit, sunt mai ușor de identificat și controlat. Pe lângă deversările de ape uzate menajere, în această categorie intră scurgerile de la platformele de depozitare a dejecțiilor animaliere, potențialele scurgeri accidentale de la stațiile de distribuție a carburanților sau de la atelierele industriale. Sistemele individuale de colectare a apelor uzate, dacă nu sunt proiectate și întreținute corespunzător, permit infiltrarea în subteran a unor cantități importante de nitrați, fosfați și contaminanți microbiologici. Platformele de depozitare a gunoii de grajd, frecvente în gospodăriile cu activități zootehnice, reprezintă o altă sursă punctuală majoră de poluare cu nitrați, dacă nu sunt impermeabilizate. De asemenea, sursele de poluare istorice, precum vechile depozite de deșeuri, pot continua să elibereze poluanți.

Tip Sursă Punctuală	Risc Principal	Localizare Potențială (Grila TKHC)	Observații
Sisteme individuale ape uzate	Nitrați, fosfați, bacterii	Zonele locuite dens ([Xo8, Yo7], [Xo9, Yo7])	Risc generalizat datorită lipsei de canalizare.
Platforme dejecții animaliere	Nitrați, materie organică	Gospodării cu activități zootehnice	Risc crescut în lipsa impermeabilizării și a managementului corect.
Stații distribuție carburanți	Hidrocarburi, compuși organici	De-a lungul principalelor căi de comunicație	Risc de poluare accidentală.
Ateliere / Mici unități industriale	Substanțe specifice activității	Dispersat pe teritoriul comunei	Necesită inventariere și control specific.
Depozite de deșeuri istorice	Compuși variați (levigat)	Zone care necesită investigații de teren	Risc pe termen lung.

Tabel 6 - Inventarul principalelor surse de poluare punctuale identificate pe teritoriul comunei Crizbav. Sursă: Proiectant

Sursele difuze generează o contaminare distribuită pe suprafețe mari și sunt mai greu de controlat. Principala sursă de acest tip în comuna Crizbav este agricultura, prin utilizarea îngrășămintelor chimice și a pesticidelor, care sunt spălate de precipitații și transportate în apele subterane, în special pe solurile permeabile. Pășunatul extensiv, transportul rutier (prin depunerea de hidrocarburi, metale grele, săruri) și depunerile atmosferice contribuie de asemenea la poluarea difuză. Corelarea acestor surse cu contextul hidrogeologic este esențială: în zonele unde acviferul este la mică adâncime și neprotejat, cum este lunca Râului Crizbav ([X09, Y06], [X10, Y06]), impactul este direct și rapid. În contrast, straturile groase de argilă acționează ca o barieră naturală. Această înțelegere a interacțiunilor fundamentează harta de vulnerabilitate.

9.2. Harta de Vulnerabilitate Naturală la Poluare

Constatarea factuală este că vulnerabilitatea naturală a unui acvifer descrie susceptibilitatea sa intrinsecă de a fi contaminat de poluanții de la suprafață. Problema este cum se poate cartografia această caracteristică pentru a obține un instrument de planificare preventivă. Consecința este utilizarea unei metodologii de tip index, precum metoda DRASTIC, care combină factori cheie:

- Adâncimea nivelului freatic (D),
- Reîncărcarea (R),
- Materialul acvifer (A),
- Tipul solului (S),
- Topografia (T),
- Impactul zonei vadoase (I)
- Conductivitatea hidraulică (C).

Implicația pentru PUG este că harta rezultată (Planșa nr. 10) permite identificarea zonelor "sensibile" care necesită un grad sporit de protecție.

Fiecare dintre acești parametri a fost evaluat și cartografiat la nivelul întregului teritoriu. Adâncimea nivelului freatic, derivată din harta hidroizohipselor, a primit un scor de vulnerabilitate mai mare în zonele unde apa este la suprafață. Litologia zonei vadoase, evaluată pe baza forajelor, a primit un scor mic pentru straturile protectoare de argilă și un scor mare pentru nisipuri și pietrișuri. Panta terenului a fost de asemenea inclusă, pantele mai mici favorizând teoretic o atenuare mai bună. Prin combinarea acestor hărți tematice într-un model GIS, atribuind note și

ponderi fiecărui factor, s-a calculat un index final de vulnerabilitate. Rezultatul este o hartă sintetică ce clasifică teritoriul în clase de vulnerabilitate: foarte ridicată, ridicată, medie, scăzută și foarte scăzută.

Analiza hărții de vulnerabilitate relevă o corelație strânsă cu unitățile geomorfologice și geologice. Zonele cu vulnerabilitate foarte ridicată și ridicată sunt concentrate în lunca Râului Crizbav (carourile [X09, Y06], [X10, Y06]). Aici, combinația dintre un nivel freatic la mică adâncime și prezența depozitelor aluvionare foarte permeabile creează condiții ideale pentru transferul rapid al poluanților. Zonele cu vulnerabilitate medie acoperă cele mai mari suprafețe, corespunzând zonelor de terasă și versanților cu pante moderate. Zonele cu vulnerabilitate scăzută și foarte scăzută sunt asociate cu interfluviile înalte și cu zonele unde pachetele de argile impermeabile au grosimi mari, oferind o protecție naturală excelentă.

Implicațiile pentru planificarea urbanistică sunt majore. În zonele cu vulnerabilitate ridicată, RLU trebuie să introducă restricții severe pentru activitățile cu risc de poluare (depozite de deșeuri, stații de carburanți, unități industriale periculoase) și să impună standarde stricte pentru sistemele de epurare individuale. În zonele cu vulnerabilitate medie, restricțiile pot fi mai puțin severe, dar se va menține obligativitatea studiilor de impact. În zonele cu vulnerabilitate scăzută, restricțiile pot fi minime. Astfel, harta de vulnerabilitate devine un instrument proactiv care ajută la prevenirea poluării, nu doar la remedierea ei.

9.3. Zone de Protecție Sanitară și Recomandări de Utilizare a Terenului

Constatarea este că protecția surselor de apă destinate consumului uman reprezintă o prioritate absolută de sănătate publică. Problema constă în instituirea unor perimetre de protecție sanitară în jurul captărilor de apă (puțuri, izvoare). Consecința este necesitatea de a delimita, pe baza unor studii hidrogeologice, trei tipuri de zone: zona cu regim sever (ZPS-RS), zona cu regim de restricții (ZPS-RR) și perimetrul de protecție hidrogeologică (PPH), în care se impun restricții progresive. Implicația pentru PUG, în absența unui sistem centralizat și a studiilor aferente, este de a stabili reguli generale și de a identifica zone de protecție sanitară potențiale în jurul vetrelor de sat.

În absența unui sistem centralizat, PUG-ul poate juca un rol preventiv. Pe baza hărții de vulnerabilitate, se pot contura **zone de protecție sanitară potențiale** în jurul zonelor locuite. RLU ar trebui să introducă un set de reguli de "bună practică" pentru a proteja calitatea apei din fântâni. Aceste reguli ar putea include: 1. Interzicerea amplasării foselor septice sau a platformelor de gunoi de grajd la o distanță mai mică de 50 de metri de orice fântână; 2. Obligativitatea ca noile



sisteme de colectare a apelor uzate să fie etanșe și vidanțate periodic; 3. Restricționarea utilizării îngrășămintelor chimice și a pesticidelor în intravilan. De asemenea, PUG-ul poate stabili perimetre pentru viitoarele surse de apă centralizate. Pe baza analizei hidrogeologice, zonele favorabile pentru foraje de mare adâncime pot fi declarate de interes public și protejate preventiv.

Măsură de Protecție	Reglementare RLU Propusă	Raționament
Distanțe minime de protecție	Interzicerea surselor de poluare (fose, grajduri) la mai puțin de 50 m de fântâni.	Prevenirea contaminării directe a surselor de apă individuale.
Sisteme individuale de ape uzate	Impunerea de soluții etanșe, cu obligativitatea vidanțării periodice.	Reducerea infiltrării de poluanți în acviferul freatic.
Utilizare îngrășămintes/pesticide	Restricționarea utilizării în grădinile din intravilan.	Limitarea poluării difuze cu nitrați și alte substanțe chimice.
Protecția viitoarelor surse	Delimitarea și protejarea preventivă a zonelor favorabile pentru foraje de adâncime.	Asigurarea pe termen lung a unor surse de apă de calitate pentru un sistem centralizat.

Tabel 7 - Sinteza recomandărilor pentru regimul de construire în zonele de protecție sanitară potențiale. Sursă: Proiectant

Pe lângă măsurile specifice, studiul fundamentează și recomandări generale de utilizare a terenului. În **zonele agricole**, se recomandă promovarea bunelor practici, precum utilizarea rațională a îngrășămintelor și crearea de benzi înierbate de protecție de-a lungul cursurilor de apă. În **zonele de locuit**, se recomandă cu prioritate extinderea sistemului centralizat de canalizare și epurare. Pentru **zonele industriale**, se vor impune condiții stricte privind stocarea materialelor periculoase și managementul apelor uzate. Aceste recomandări, transpuse în articole clare în RLU, vor constitui un instrument esențial pentru un management proactiv al calității apelor.



10. RECOMANDĂRI GENERALE PRIVIND CONSTRUIBILITATEA

Acest capitol formulează principiile generale de construire pe teritoriul comunei Crizbav, traducând zonificarea geotehnică într-un set de recomandări acționabile, menite să ghideze procesul de planificare și autorizare. Discursul stabilește un cadru de reglementare general, fără a intra în detalii tehnice de fundare, care rămân în sarcina proiectelor de specialitate. Tematicile abordate vizează principiile de construire în zonele favorabile, condiționările pentru zonele cu dificultăți medii și restricțiile din zonele cu risc ridicat, răspunzând la întrebarea fundamentală: ce reguli generale de construire se aplică în funcție de zonificarea geotehnică.

Metodologia de elaborare a recomandărilor se bazează pe corelarea directă a zonificării geotehnice, prezentată în capitolele anterioare, cu cerințele normativelor în vigoare privind siguranța în construcții. Instrumentele utilizate pentru formularea acestor principii sunt:

1. Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții;
2. normativul de proiectare geotehnică SR EN 1997 (Eurocod 7);
3. normativul NP 074/2014 privind documentațiile geotehnice.

Ipoteza de lucru fundamentală este că analiza geotehnică, pentru a fi utilă, trebuie să se materializeze în principii de construire clare, integrate direct în procesul de planificare urbană. Se urmărește o transpunere directă a datelor tehnice în limbaj de reglementare, asigurând o punte funcțională între studiul de fundamentare și Regulamentul Local de Urbanism.

10.1. Construibilitate în zone favorabile

Constatarea factuală, bazată pe harta de zonificare geotehnică (Planșa nr. 11), este că teritoriul comunei Crizbav dispune de areale extinse cu condiții de fundare optime, localizate în principal pe platourile și terasele stabile din KILO_CAROURILE [Xo8, Yo7] și [Xo9, Yo7]. Problema clară în aceste zone nu este legată de riscuri geotehnice, ci de asigurarea unei dezvoltări coerente și de calitate, care să valorifice acest potențial fără a genera disfuncționalități urbanistice. Consecința este că, în aceste perimetre, definite ca Zone Favorabile Construirii (ZCF), regimul de construire poate fi unul permisiv, care să încurajeze investițiile. Implicația pentru PUG/RLU este că aceste zone trebuie desemnate ca direcții prioritare de dezvoltare, menținându-se însă obligativitatea legală a realizării unui studiu geotehnic la nivel de amplasament pentru a confirma condițiile locale și pentru a furniza datele exacte de calcul pentru fundații.



Chiar și într-o zonă favorabilă, pot exista particularități locale, precum prezența unor umpluturi vechi sau a unor lentile de pământ mai slab, care pot fi identificate doar printr-o investigație punctuală.

Principiul general de construire în aceste zone favorabile este simplitatea și eficiența. Aici, se pot utiliza cu precădere soluții de fundare directă, economice și rapide. Pentru construcțiile cu structură pe pereți portanți, se recomandă fundații continue din beton simplu sau beton armat, iar pentru cele cu structură în cadre, se pot utiliza fundații izolate de tip bloc și cuzinet, rigidizate cu grinzi de fundare. Adâncimea minimă de fundare va fi dictată de adâncimea de îngheț, stabilită pentru zona Crizbav la 1,10 metri. Nu sunt necesare, în principiu, măsuri speciale de îmbunătățire a terenului, cum ar fi perne de balast sau coloane, cu excepția cazurilor punctuale unde studiul geotehnic de amplasament ar putea indica o neomogenitate locală a stratului de fundare. Regimul de construire în aceste zone ar trebui să fie unul care să permită o densitate rezonabilă, fără a impune condiționări geotehnice suplimentare în certificatul de urbanism, dincolo de cele standard, prevăzute de legislația în vigoare.

Deși favorabile, aceste zone nu sunt scutite de respectarea bunelor practici constructive. Orice lucrare de terasament, chiar și de mică anvergură, trebuie realizată astfel încât să nu afecteze stabilitatea terenurilor învecinate. Umpluturile realizate pentru sistematizarea verticală a amplasamentelor trebuie executate din materiale corespunzătoare și compactate în straturi succesive, conform normelor tehnice, pentru a preveni tasările ulterioare. De asemenea, managementul apelor pluviale la nivelul parcelei trebuie gândit astfel încât să se evite infiltrarea necontrolată a apei în zona fundațiilor, o măsură de precauție valabilă pentru orice tip de teren. Prin urmare, chiar dacă terenul oferă condiții optime, responsabilitatea proiectantului și a constructorului de a aplica corect regulile de bază ale ingineriei geotehnice rămâne neschimbată. Prin PUG, se poate încuraja dezvoltarea în aceste zone prin prioritizarea extinderii rețelelor de utilități și prin simplificarea procedurilor de autorizare, în limitele legii.

10.2. Condiționări specifice (studii suplimentare, măsuri de îmbunătățire)

Constatarea factuală este că zonele construibile condiționat (ZCC) ocupă suprafețe importante pe teritoriul comunei, în special pe versanții cu pante moderate și în arealele cu pământuri compresibile sau argile active, precum cele din KILO_CAROURILE [X07, Y06] și [X07, Y07]. Problema clară nu este de a interzice construirea, ci de a o gestiona prin impunerea unor măsuri tehnice adecvate, care să răspundă problematicii specifice fiecărei zone. Consecința este că, în



aceste perimetre, procesul de autorizare trebuie să fie mai riguros, condiționat de realizarea unor studii geotehnice mai aprofundate. Implicația pentru PUG/RLU este necesitatea de a introduce în regulament articole specifice care să definească aceste condiționări, transformând studiul geotehnic dintr-o formalitate într-un instrument real de management al riscului, obligând dezvoltatorii la o abordare inginerească responsabilă.

Principiul general în zonele condiționate este adaptarea. Soluția constructivă nu mai poate fi una standard, ci trebuie să fie adaptată la particularitățile terenului. Această adaptare se poate face în două moduri: prin supradimensionarea sau modificarea sistemului de fundare al clădirii pentru a face față condițiilor dificile, sau prin îmbunătățirea caracteristicilor terenului de fundare. Pentru a alege soluția optimă, este necesară o cunoaștere detaliată a problemei, ceea ce impune realizarea unor **studii geotehnice suplimentare**. De exemplu, în zonele cu pământuri compresibile, studiul geotehnic standard trebuie completat în mod obligatoriu cu încercări de compresibilitate edometrică și cu un calcul de prognoză a tasărilor. În zonele cu argile active, se vor solicita determinări de laborator privind umflarea liberă și presiunea de umflare. Iar în zonele în pantă, este obligatorie o analiză de stabilitate locală a amplasamentului. Aceste cerințe suplimentare, care trebuie specificate clar în RLU pentru fiecare tip de zonă condiționată, asigură că decizia de proiectare se bazează pe date cantitative, nu pe presupuneri.

Ca regulă generală, în zonele construibile condiționate, se recomandă ca reglementările urbanistice să impună, prin certificatul de urbanism, prezentarea în faza de autorizare a unui **referat de verificare la cerința Af** (rezistența și stabilitatea terenului de fundare), elaborat de un verficator de proiecte atestat. Această măsură introduce un filtru de calitate suplimentar și responsabilizează întregul lanț de proiectare. Pe baza studiilor suplimentare, proiectantul poate alege soluția optimă.

De exemplu, pentru a construi pe un teren compresibil, se poate opta pentru un radier general rigid, o rețea de grinzi de fundare sau o pernă de balast compactat sub fundație. Pentru un teren în pantă, se pot prevedea ziduri de sprijin, drenuri sau o fundare în trepte. Este important ca RLU să nu impună o soluție anume, ci să definească problema și să solicite o rezolvare tehnică justificată. Această abordare încurajează inovația și optimizarea, permițând proiectanților să aleagă soluția cea mai eficientă din punct de vedere tehnic și economic pentru fiecare caz în parte.

10.3. Restricții de construire (temporare, definitive)

Constatarea factuală cea mai importantă a acestui studiu este identificarea unor zone cu risc geotehnic ridicat sau foarte ridicat, unde siguranța construcțiilor și a vieților omenești nu poate fi garantată prin măsuri convenționale. Aceste zone sunt concentrate în lunca inundabilă, cu potențial de lichefiere (KILO_CAROURILE [X09, Y06], [X10, Y06]), și pe versanții cu instabilitate activă sau potențială ([X08, Y08]). Problema clară este cum se poate preveni, în mod eficient și legal, dezvoltarea în aceste perimetre periculoase. Consecința directă este necesitatea instituirii unor restricții de construire prin PUG și RLU. Implicația majoră este că aceste zone sunt, practic, "înghețate" din punct de vedere al dezvoltării, o decizie administrativă puternică, dar absolut necesară, fundamentată pe principiul precauției și pe obligația legală a autorităților de a proteja cetățenii.

Principiul fundamental care trebuie să guverneze reglementarea în aceste zone este **evitarea riscului**. Acolo unde hazardul este sever, cea mai sigură și mai eficientă măsură este interzicerea construirii. Se propun două tipuri de restricții. **Restricțiile definitive** se vor aplica în zonele cu risc maxim, unde construcția ar presupune riscuri inacceptabile sau costuri de protecție prohibitive. Acesta este cazul zonei cu risc ridicat la lichefiere, unde se va interzice prin RLU amplasarea construcțiilor de locuințe și a oricăror funcțiuni publice. Se pot admite, cu titlu excepțional, anumite lucrări de infrastructură, dar condiționate de studii speciale și soluții de fundare indirectă. **Restricțiile temporare** se propun pentru zonele cu susceptibilitate ridicată la alunecări de teren. Aici, construirea se interzice până la elaborarea unor studii de stabilitate la scară de detaliu, care să clarifice regimul de stabilitate al întregului versant. Dacă un astfel de studiu demonstrează că anumite parcele sunt stabile, restricția poate fi ridicată punctual, prin PUZ.

Transpunerea acestor restricții în RLU trebuie să fie extrem de clară și neechivocă, pentru a avea putere juridică și a nu lăsa loc de interpretări. Articolele de regulament vor face trimitere directă la planșa de zonificare geotehnică, care devine astfel parte integrantă a reglementării. Se va specifica în mod explicit lista funcțiilor interzise și condițiile în care se pot acorda derogări, dacă este cazul. Este esențial ca aceste măsuri, deși restrictive pentru proprietarii de terenuri, să fie percepute ca fiind în interesul superior al întregii comunități.

O comunicare transparentă a riscurilor și a rațiunilor care stau la baza acestor restricții este crucială pentru acceptarea lor publică. Prin adoptarea acestor măsuri preventive, PUG-ul nu doar



că se conformează legislației privind riscurile naturale, dar devine și un instrument proactiv de creștere a rezilienței localității pe termen lung.

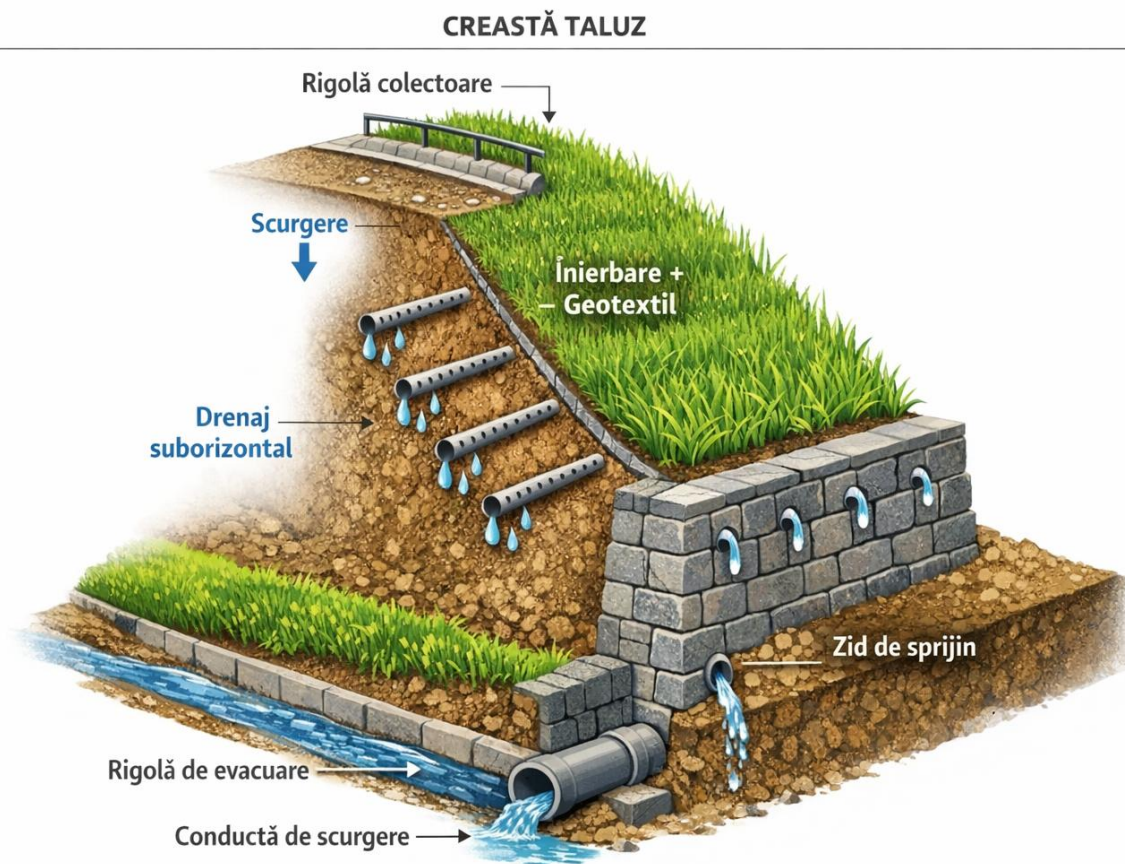
10.4. Lucrări de terasament și stabilitatea versanților

Constatarea factuală este că majoritatea construcțiilor, în special cele amplasate pe terenuri în pantă, implică realizarea unor lucrări de terasament (săpături, umpluturi). Problema este că aceste intervenții, dacă nu sunt proiectate și executate corect, pot deveni ele însele un factor de risc, putând declanșa alunecări de teren locale sau putând afecta stabilitatea construcțiilor învecinate. Consecința este că PUG/RLU trebuie să conțină un set de reguli generale privind realizarea acestor lucrări, pentru a impune un standard minim de siguranță. Implicația este că orice lucrare de terasament de o anumită anvergură nu mai poate fi considerată o simplă amenajare, ci trebuie tratată ca o lucrare de construcție de sine stătătoare, care necesită proiectare, autorizare și execuție controlată.

Principiul de bază este că **orice modificare a geometriei unui versant trebuie să fie justificată printr-o analiză de stabilitate**. Pentru lucrările de mică anvergură, această analiză poate fi una calitativă, bazată pe experiența inginerului, dar pentru săpături sau umpluturi semnificative, este necesar un calcul de stabilitate. Se recomandă ca RLU să definească praguri clare. De exemplu, se poate stipula că pentru săpături cu adâncimi mai mari de 2,0 metri sau pentru umpluturi cu înălțimi mai mari de 1,5 metri, realizate pe terenuri cu panta mai mare de 10%, este obligatorie prezentarea în cadrul documentației de autorizare a unui calcul de stabilitate, avizat de un verificator de proiecte Af. Această regulă simplă ar avea un impact major asupra prevenirii instabilităților locale generate de construcții.

Pe lângă analiza de stabilitate, se impun și reguli constructive. Orice taluz rezultat în urma unei săpături sau a unei umpluturi trebuie să aibă o pantă care să îi asigure stabilitatea pe termen lung, în funcție de natura pământului. Acolo unde spațiul nu permite realizarea de taluzuri stabile, este obligatorie prevederea unor lucrări de sprijin. Acestea pot fi ziduri de sprijin din beton armat, gabioane, pământ armat sau alte soluții ingineresti. Proiectarea acestor lucrări trebuie să se facă cu respectarea normativelor în vigoare, luând în considerare atât împingerea pământului, cât și eventualele suprasarcini sau acțiunea seismică.

O altă măsură esențială este managementul apelor de suprafață. RLU trebuie să interzică evacuarea necontrolată a apelor pluviale pe versanți și să impună realizarea de șanțuri, rigole și alte lucrări de colectare și dirijare a apelor, pentru a preveni infiltrarea acestora în corpul taluzurilor și reducerea stabilității.



Tabel 8 - Schemă de principiu cu măsuri de protecție a unui taluz: drenaj, sprijinire, înierbare. Sursă: Proiectant



11. RECOMANDĂRI SPECIFICE DE FUNDARE PE ZONE

Constatarea factuală de la care pornește acest capitol este că analiza de risc geotehnic se materializează, în termeni de planificare, într-un ghid practic de fundare adaptat fiecărei zone. Problema tehnică este transpunerea zonificării geotehnice (ZCF, ZCC, ZCR) în soluții constructive și recomandări concrete pentru proiectanți și dezvoltatori. Consecința este că acest capitol detaliază soluțiile de fundare pentru fiecare context, de la cele favorabile la cele cu restricții. Implicația majoră este că aceste recomandări de principiu, deși nu înlocuiesc studiul geotehnic de amplasament, oferă un cadru predictibil și fundamentează direct reglementările tehnice care vor fi incluse în RLU, răspunzând la întrebări esențiale privind fezabilitatea și costurile de construire în diferitele zone ale comunei.

11.1. Fundații directe

Constatarea factuală principală este că, pentru Zonele Favorabile Construirii (ZCF), caracterizate prin terenuri stabile, capacitate portantă bună și absența hazardelor geotehnice, soluțiile de fundare directă (de suprafață) reprezintă metoda standard, cea mai eficientă și economică. Aceste zone corespund platourilor și teraselor superioare, precum cele din KILO_CAROURILE [X08, Y07] și [X09, Y07]. Problema tehnică se reduce, în acest caz, la o dimensionare corectă a fundației pentru a prelua încărcările de la suprastructură și a le distribui terenului la o presiune admisibilă, respectând adâncimea minimă de fundare. Consecința este că, pentru construcțiile curente (locuințe, anexe, mici servicii), proiectarea în aceste zone este un proces standardizat, cu riscuri tehnice minime. Implicația pentru RLU este de a confirma acest regim permisiv, menținând însă obligativitatea studiului geotehnic de amplasament pentru a furniza datele exacte de calcul.

Tipurile de fundații directe recomandate în aceste zone depind de sistemul structural al clădirii. Pentru construcțiile cu pereți portanți din zidărie sau beton, soluția uzuală o reprezintă **fundațiile continue** sub pereți, realizabile din beton simplu sau armat. Lățimea tălpii fundației se dimensionează prin calcul, pe baza presiunii convenționale a terenului furnizată de studiul geotehnic. Pentru construcțiile în cadre, se recomandă utilizarea **fundațiilor izolate** de tip bloc și cuzinet sau talpă sub fiecare stâlp, legate obligatoriu cu grinzi de fundare. În cazul unor încărcări mari, se poate opta pentru soluția unui **radier general** din beton armat, care distribuie uniform încărcările pe o arie mare.

Toate aceste soluții de fundare directă trebuie să respecte principiile constructive dictate de normativul NP 112/2014. Cota de fundare trebuie să fie situată sub adâncimea de îngheț, stabilită



pentru zona Crizbav la 1,10 metri. Studiul geotehnic de amplasament rămâne obligatoriu, pentru a confirma caracteristicile terenului și a stabili cu precizie parametrii de calcul.

11.2. Fundații indirecte (piloți, barete)

Constatarea factuală este că, în anumite zone ale comunei Crizbav, stratul bun de fundare se găsește la adâncimi mari, fiind acoperit de pachete groase de pământuri slabe. Această situație este specifică zonelor de luncă, precum cele din KILO_CAROUL [X10, Yo6]. Problema tehnică este că fundarea directă pe aceste strate slabe ar duce la tasări excesive. Consecința este necesitatea de a recurge la soluții de fundare indirectă (piloți, barete), care traversează stratele slabe și transmit încărcările la un strat de adâncime, rezistent. Implicația pentru PUG/RLU este de a semnaliza aceste zone ca fiind dificile și costisitoare pentru fundare, condiționând autorizarea de realizarea unor studii geotehnice complexe.

Principalele tipuri de fundații indirecte aplicabile sunt **piloții** și **baretele**. **Piloții forțați** sunt elemente circulare din beton armat, executați prin forare, armare și betonare. **Baretele** sunt similare, dar cu secțiune dreptunghiulară. Proiectarea acestora se face conform normativului NP 123/2010 și necesită o cunoaștere detaliată a stratificației. Soluțiile de fundare indirectă sunt absolut necesare în **zona cu risc la lichefiere** din lunca Râului Crizbav. Aici, piloții trebuie să traverseze complet stratul de nisip lichefiabil pentru a asigura stabilitatea construcției în caz de cutremur, o problemă de inginerie geotehnică de mare complexitate. Costul ridicat al fundațiilor indirecte le face justificate în principal pentru construcții de importanță deosebită. Implicația strategică pentru PUG este descurajarea dezvoltării rezidențiale extensive în aceste perimetre și orientarea investițiilor către zonele favorabile.

Tip Fundație	Avantaje	Dezavantaje	Contexte de Aplicabilitate Recomandate
Fundații Directe	Cost redus, rapiditate în execuție, tehnologie simplă.	Limitate la terenuri cu capacitate portantă bună, sensibile la tasări diferențiate.	Zone Favorabile Construirii (ZCF), construcții ușoare și medii.
Fundații Indirecte	Permit fundarea pe terenuri slabe, traversează straturi compresibile/lichefiabile,	Cost foarte ridicat, tehnologie complexă, necesită studii geotehnice de mare	Zone cu Restricții (ZCR), construcții înalte, poduri, structuri cu încărcări

Tip Fundație	Avantaje	Dezavantaje	Contexte de Aplicabilitate Recomandate
	capacitate portantă foarte mare.	adâncime, durată mare de execuție.	concentrate foarte mari.
Îmbunătățirea Terenului	Cost mediu, alternativă economică la piloți, reduce tasările, crește capacitatea portantă.	Eficiență limitată de adâncimea stratului slab, necesită utilaje specializate și control riguros al execuției.	Zone Construibile Condiționat (ZCC), pentru construcții cu încărcări medii (hale, depozite, centre comerciale).

Tabel 9 - Tabel comparativ între soluțiile de fundare. Sursă: Proiectant

11.3. Îmbunătățirea terenului de fundare

Constatarea este că, între fundarea directă și cea indirectă, există o a treia cale: **îmbunătățirea caracteristicilor terenului de fundare**, relevantă pentru Zonele Construibile Condiționat (ZCC). Problema este cum să se facă un teren cu proprietăți medii apt pentru a susține construcții curente. Consecința este aplicarea unor tehnologii de inginerie geotehnică care modifică proprietățile pământului. Implicația pentru PUG/RLU este de a recunoaște și încuraja aceste soluții ca alternative viabile, condiționând aplicarea lor de elaborarea unor proiecte tehnice de specialitate.

Una dintre cele mai eficiente metode de îmbunătățire pentru pământuri compresibile, precum cele din KILO_CAROUL [X07, Y06], este realizarea de **perne de material granular**. Acestea presupun înlocuirea stratului slab cu balast sau piatră spartă, bine compactate, având rolul de a distribui încărcările și de a reduce tasările. Pentru adâncimi mai mari, se pot utiliza **coloanele din material granular**, incluziuni rigide care preiau sarcini și accelerează consolidarea. În cazul **argilelor active**, o metodă specifică este **stabilizarea cu lianți hidraulici** (var, ciment), care reduce potențialul de umflare și crește rezistența mecanică. Regulamentul Local de Urbanism ar trebui să stipuleze că adoptarea acestor soluții este condiționată de elaborarea unui proiect tehnic de specialitate, verificat pentru cerința Af, încurajând astfel inovația tehnică sub un control riguros al calității.

11.4. Adâncimea de îngheț și adâncimea de fundare

Constatarea fundamentală este obligativitatea ca fundațiile de suprafață să fie amplasate sub adâncimea de îngheț pentru a nu fi afectate de fenomenul de îngheț-dezgheț. Problema este că acest fenomen poate induce mișcări verticale ale fundațiilor, provocând avarii grave. Consecința este că partea inferioară a fundației trebuie situată sub adâncimea maximă de pătrundere a înghețului. Implicația pentru RLU este că acest parametru trebuie specificat clar ca o cerință minimă absolută. Conform normativului NP 112/2014, pentru comuna Crizbav, **adâncimea de îngheț de calcul** este de 1,10 metri. Aceasta este adâncimea minimă absolută la care trebuie să ajungă talpa oricărei fundații.

Este important de clarificat că adâncimea de îngheț este doar o **condiție minimă**. **Adâncimea de fundare** efectivă se stabilește prin proiect, pe baza studiului geotehnic, și poate fi mai mare, în funcție de necesitatea de a ajunge la "terenul bun de fundare", de prezența unui subsol, de condițiile de stabilitate pe versanți sau de necesitatea de a funda sub adâncimea de variație a umidității în cazul argilelor active. Studiul geotehnic de amplasament este cel care analizează toți acești factori și recomandă adâncimea optimă de fundare. RLU trebuie să întărească rolul studiului geotehnic în stabilirea adâncimii efective, asigurând astfel o proiectare corectă și sigură a infrastructurii clădirilor.

12. IMPLICAȚII ÎN RLU: PROPUNERI DE REGLEMENTĂRI TEHNICE

Acest capitol traduce concluziile tehnice ale studiului de fundamentare într-un set de propuneri normative concrete, destinate integrării directe în Regulamentul Local de Urbanism (RLU) al comunei Crizbav. Constatarea factuală este că eficacitatea acestui studiu depinde integral de capacitatea sa de a genera un cadru de reglementare clar, opozabil juridic și direct aplicabil în procesul de autorizare a construcțiilor. Problema esențială este transpunerea analizelor de risc și a zonificării geotehnice într-un limbaj normativ care să prevină dezvoltările hazardate, fără a bloca în mod nejustificat potențialul teritoriului. Consecința este formularea unor articole specifice care stabilesc regimul tehnic pentru fiecare categorie de zonă, de la cele favorabile la cele cu restricții severe. Implicația pentru PUG este că acest capitol constituie puntea finală între analiza tehnică și decizia administrativă, asigurând că fiecare reglementare propusă este solid fundamentată, trasabilă și orientată spre garantarea siguranței și durabilității pe termen lung.

Metodologia de transpunere a concluziilor tehnice în propuneri normative se bazează pe o structură logică ce pornește de la principiul zonificării geotehnice, așa cum a fost stabilită în capitolele anterioare. Fiecare zonă de construibilitate identificată (ZCF, ZCC, ZCR) devine subiectul unor articole-cadru care definesc permisiunile, condiționările și restricțiile specifice. Instrumentele utilizate pentru această transpunere sunt, în principal:

1. prevederile Legii nr. 350/2001 privind amenajarea teritoriului și urbanismul, care definește structura și rolul RLU;
2. normativele tehnice din domeniul geotehnic și al construcțiilor, care oferă baza tehnică pentru praguri și condiționări;
3. grila canonică TKHC, utilizată pentru ancorarea geospațială precisă a fiecărei reglementări. Sursele de date sunt exclusiv cele sintetizate în prezentul studiu, cu accent pe harta de zonificare geotehnică și hărțile de hazard.

Implicația este că fiecare propunere de articol este direct trasabilă la o constatare factuală și la o analiză tehnică din cuprinsul documentului, asigurând astfel o fundamentare solidă și transparentă a întregului cadru de reglementare propus.

12.1. Propuneri Articole-Cadru pentru RLU privind Zonificarea Geotehnică

Constatarea fundamentală a studiului evidențiază caracterul eterogen al condițiilor de fundare la nivelul teritoriului administrativ al comunei Crizbav, ceea ce impune o abordare diferențiată a procesului de construire. Subcapitolul urmărește transpunerea acestei realități tehnice într-un instrument juridic funcțional, integrat în cadrul Regulamentului Local de Urbanism (RLU).

În consecință, se propune introducerea unui capitol dedicat zonificării geotehnice, care să stabilească explicit faptul că regulile de construire se adaptează particularităților terenului. Structura propusă are la bază trei categorii de construibilitate: Zone Favorabile (ZCF), Zone Construibile Condiționat (ZCC) și Zone cu Restricții (ZCR), fiecare delimitată geospațial și având un regim specific de reglementare, cu caracter normativ.

Se propune introducerea următorului articol-cadru în RLU:

„Art. X: Zonificarea Geotehnică a Teritoriului.

(1) Teritoriul administrativ al comunei Crizbav se împarte în unități teritoriale de referință din punct de vedere geotehnic, conform Planșei nr. 11 - Zonificare Geotehnică, anexă la prezentul regulament.

(2) Se definesc următoarele categorii de zone, având regimuri tehnice distincte:

- a) Zone Favorabile pentru Construire (ZCF);
- b) Zone Construibile Condiționat (ZCC);
- c) Zone cu Restricții (ZCR).

(3) Pentru fiecare categorie de zonă se instituie un regim tehnic specific privind condițiile de amplasare și realizare a construcțiilor, detaliat în articolele următoare.

(4) Încadrarea unui amplasament în una dintre aceste zone se realizează pe baza planșei menționate la alin. (1) și se confirmă, la nivel de parcelă, prin studiul geotehnic.”

Acest articol stabilește fundamentul legal, creând legătura indisolubilă între reglementarea scrisă și reprezentarea cartografică. Delimitarea zonelor este ancorată precis în grila TKHC, de exemplu, zonele favorabile (ZCF) fiind localizate preponderent în KILO_CAROURILE [Xo8, Yo7] și [Xo9, Yo7].

Pentru Zonele Favorabile (ZCF), se propune următorul articol:

„Art. X+1: Regimul tehnic în Zonele Favorabile pentru Construire (ZCF).

(1) În zonele ZCF, marcate pe planșa de zonificare, construirea este permisă cu respectarea condițiilor generale din prezentul regulament și a normativelor tehnice în vigoare, fără a fi necesare măsuri speciale de fundare. Rațiunea este încurajarea dezvoltării în perimetrele sigure.

(2) Realizarea construcțiilor este condiționată de elaborarea unui studiu geotehnic conform normativului NP 074, care să confirme condițiile favorabile de fundare și să furnizeze parametrii de calcul pentru proiectarea fundațiilor.”

Pentru Zonele Construibile Condiționat (ZCC), se propune:

„Art. X+2: Regimul tehnic în Zonele Construibile Condiționat (ZCC).

(1) În zonele ZCC, marcate pe planșa de zonificare, construirea este permisă numai cu condiția implementării unor măsuri specifice de proiectare și/sau execuție, care să contracareze condițiile de teren mai puțin favorabile.

(2) Studiul geotehnic, obligatoriu pentru orice construcție, va include analize suplimentare pentru a evalua problematica specifică a zonei (ex: calcul de tasări în zonele cu pământuri compresibile din KILOCAROUL [X07, Y06], analize de umflare-contrație în KILOCAROUL [X07, Y07], monitorizare nivel freatic).

(3) Proiectul tehnic al construcției va include soluții de fundare adaptate, justificate prin calcul, care să asigure îndeplinirea cerințelor fundamentale de calitate.”

Pentru Zonele cu Restricții (ZCR), regimul propus este cel mai sever:

„Art. X+3: Regimul tehnic în Zonele cu Restricții (ZCR).

(1) În zonele ZCR, marcate pe planșa de zonificare, se instituie restricții definitive sau temporare de construire.

(2) În zona cu risc ridicat la lichefiere (ZCR-L), corespunzătoare KILO_CAROURILOR [X09, Y06] și [X10, Y06], se interzice realizarea construcțiilor de locuințe și a celor publice. Excepțiile și condițiile excepționale sunt detaliate în articolele specifice.

(3) În zonele cu susceptibilitate ridicată la alunecări (ZCR-A), se instituie restricție temporară de construire până la elaborarea unor studii de stabilitate la scară de detaliu, conform condițiilor definite în prezentul regulament.”

12.2. Reglementări privind Condițiile Generale și Specifice de Fundare

Constatarea tehnică fundamentală este că siguranța unei clădiri depinde direct de corectitudinea proiectării și execuției fundației. Problema identificată este lipsa, în multe reglementări de urbanism, a unor prevederi tehnice clare. Consecința este necesitatea de a introduce un set de reguli de bază privind condițiile de fundare, stabilind un standard minim de calitate, completat de cerințe specifice pentru zonele condiționate.

Se propune un articol general în RLU:

„Art. Y: Principii Generale de Fundare.

- (1) Proiectarea fundațiilor se va face cu respectarea normativelor tehnice în vigoare, în special SR EN 1997 (Eurocod 7).
- (2) Adâncimea minimă de fundare va depăși adâncimea de îngheț, stabilită la 1,10 metri pentru comuna Crizbav.
- (3) Talpa fundației se va amplasa obligatoriu pe terenul bun de fundare, identificat prin studiul geotehnic.
- (4) Este interzisă fundarea directă pe umpluturi necontrolate sau pământ vegetal.”

Pentru Zonele Construibile Condiționat (ZCC), se detaliază:

„Art. Y+1: Condiții de fundare în zone cu pământuri compresibile.

- (1) În perimetrele ZCC-C, precum cele din KILO_CAROUL [X07, Y06], studiul geotehnic va include obligatoriu încercări edometrice și un calcul de prognoză a tasărilor.
- (2) Proiectul tehnic va demonstra prin calcul că tasările se încadrează în limitele admisibile, adoptând soluții precum fundații rigide (radier general) sau îmbunătățirea terenului.”

„Art. Y+2: Condiții de fundare în zone cu nivel freatic ridicat.

- (1) În zonele ZCC-H, precum cele din KILO_CAROUL [X09, Y06], unde adâncimea nivelului freatic este sub 3,0 m, realizarea subsolurilor este condiționată.
- (2) Studiul geotehnic va stabili nivelul maxim al apelor freatice (NMAF).
- (3) Cota inferioară a pardoselii subsolului se va amplasa la minimum 0,50 m deasupra NMAF sau se vor prevedea soluții de tip cuvă etanșă, justificate prin calcul la subpresiune.”



„Art. Y+3: Condiții de fundare în zone cu argile active.

(1) În zonele ZCC-A cu pământuri cu potențial de umflare-contrație, precum cele din KILO_CAROUL [X07, Y07], studiul geotehnic va determina obligatoriu presiunea de umflare.

(2) Fundațiile se vor proiecta cu respectarea prevederilor normativului NP 125, adoptând soluții precum fundarea sub adâncimea de variație sezonieră a umidității.”

12.3. Reglementări privind Restricțiile de Construire în Zonele de Risc

Constatarea tehnică centrală este că anumite porțiuni din teritoriul comunei prezintă un nivel de hazard natural atât de ridicat încât dezvoltarea trebuie restricționată sever. Problema constă în transpunerea acestei constatări într-un set de reguli clare, opozabile juridic. Consecința pentru RLU este formularea unor articole dedicate zonelor cu restricții (ZCR), care să stabilească interdicții clare și să condiționeze drastic orice excepție, aplicând principiul fundamental al evitării pericolului.

Pentru zona cu risc ridicat la lichefiere, corespunzătoare KILO_CAROURILOR [X09, Y06] și [X10, Y06], se propune un articol cu caracter de restricție definitivă:

„Art. Z: Restricții de construire în zona cu risc la lichefiere (ZCR-L).

(1) În perimetrul ZCR-L, delimitat pe planșa de zonificare geotehnică, se interzice amplasarea construcțiilor noi cu funcțiuni de locuințe, unități de învățământ, sanitare, instituții publice și alte clădiri care presupun aglomerări de persoane.

(2) Prin excepție, se pot autoriza anexe agricole ușoare sau construcții de infrastructură tehnică, numai cu îndeplinirea cumulativă a următoarelor condiții:

- a) elaborarea unui studiu geotehnic specializat cu o evaluare cantitativă a potențialului de lichefiere;
- b) proiectarea cu măsuri de îmbunătățire a terenului (de ex. compactare dinamică) sau cu sisteme de fundare indirectă (piloți) care să transfere încărcările sub stratul lichefiabil;
- c) proiectul tehnic trebuie să fie verificat de un expert tehnic atestat pentru cerința Af.”



Pentru zonele cu susceptibilitate ridicată la alunecări de teren, identificate în KILO_CAROURILE [Xo7, Yo7] și [Xo8, Yo8], se propune instituirea unei restricții temporare:

„Art. Z+1: Restricții temporare în zone cu potențial de instabilitate (ZCR-A).

(1) În perimetrele ZCR-A, se instituie restricție temporară de construire pentru orice tip de construcție nouă, până la elaborarea și aprobarea de către Consiliul Local a unor studii de stabilitate a versanților, la o scară de cel puțin 1:1.000.

(2) Aceste studii vor fi contractate de autoritatea publică locală sau de investitorii interesați și vor fi avizate de un expert tehnic atestat Af.

(3) Pe baza concluziilor, Consiliul Local poate decide ridicarea restricției pentru anumite sectoare, menținerea acesteia sau instituirea unei restricții definitive.”

Pentru coerența reglementărilor, se propune un articol de corelare:

„Art. Z+2: Corelarea restricțiilor geotehnice cu alte restricții.

(1) În cazul în care un amplasament se află simultan în mai multe zone cu restricții (ex: zonă cu risc la lichefiere și zonă inundabilă), se va aplica regimul tehnic cel mai restrictiv.

(2) Prevederile prezentului capitol se completează cu restricțiile de construire impuse prin studiile de fundamentare specifice privind riscul la inundații, protecția patrimoniului cultural, protecția mediului și altele, conform legislației în vigoare.”

12.4. Reglementarea Obligativității Studiului Geotehnic în Procesul de Autorizare

Constatarea fundamentală este că prezentul studiu de fundamentare, realizat la scară generală, are rol de orientare, dar nu poate înlocui investigația geotehnică specifică fiecărui amplasament. Problema identificată este adesea calitatea necorespunzătoare sau caracterul formal al unor studii geotehnice. Consecința pentru RLU este necesitatea de a introduce un articol care reiterează obligativitatea studiului geotehnic și stabilește cerințe minime privind conținutul și rolul acestuia în procesul de autorizare.

Se propune introducerea unui articol explicit în acest sens:

„Art. W: Obligativitatea și Conținutul Documentației Geotehnice.

(1) Obținerea autorizației de construire este condiționată de prezentarea unei documentații geotehnice elaborate și verificate conform normativelor în vigoare.

(2) Documentația geotehnică va fi elaborată de personal atestat și verificată la cerința Af de către un verificator de proiecte atestat.

(3) Documentația geotehnică stă la baza proiectării fundațiilor, iar soluțiile din proiectul tehnic trebuie să fie în deplină concordanță cu recomandările acesteia. Orice neconcordanță atrage respingerea documentației.”

Pentru a asigura o calitate superioară, RLU va introduce cerințe de conținut diferențiate:

„(4) Conținutul minim al documentației geotehnice va fi adaptat la zona de constructibilitate:

a) În Zonele Favorabile (ZCF), studiul va respecta conținutul minim prevăzut de NP 074.

b) În Zonele Construibile Condiționat (ZCC), studiul va include analize specifice (calcul de tasări, determinări de umflare-contrație etc.).

c) În Zonele cu Restricții (ZCR), unde construirea este permisă excepțional, studiul va avea caracter special, incluzând analize de risc cantitative și va fi obligatoriu supus expertizării de către un expert tehnic atestat Af.”

În final, se recomandă ca RLU să specifice și rolul studiului geotehnic în fazele ulterioare:

(5) Referatul geotehnic este un document opozabil pe parcursul execuției. Orice modificare a soluției de fundare sau neconcordanță între condițiile de teren întâlnite la săpătură și cele descrise în studiu trebuie semnalată și soluționată cu avizul proiectantului și al geotehnicianului.

(6) Studiul geotehnic și referatul de verificare se anexează la Cartea Tehnică a Construcției.”

13. CONCLUZII, SINTEZĂ ȘI MĂSURI PRIORITARE

Acest capitol final consolidează și operaționalizează întregul demers analitic al studiului geotehnic, transformând constatările tehnice într-un set de concluzii clare și măsuri acționabile. Unitatea sintetizează principalele caracteristici, hazarde și condiționări ale teritoriului comunei Crizbav, formulând verdictul tehnic și ierarhizând acțiunile necesare pentru ca Planul Urbanistic General să devină un instrument eficient de management al riscurilor. Discursul traduce analizele complexe într-un limbaj direct, orientat spre decizie, care poate fi preluat și implementat în Regulamentul Local de Urbanism.

Metodologia acestui capitol este una de sinteză deductivă, pornind de la hărțile și analizele detaliate pentru a extrage concluziile esențiale și a formula recomandări ierarhizate. Instrumentele utilizate sunt matricile de prioritizare și analiza multicriterială, aplicate pentru a clasifica măsurile propuse în funcție de urgență, impact și fezabilitate. Sursele de date sunt exclusiv interne studiului, cu accent pe harta de zonificare geotehnică, harta de riscuri naturale integrate și recomandările specifice de fundare. Ipoteza fundamentală de lucru este că o reglementare urbanistică eficientă se bazează pe o ierarhizare clară a problemelor și pe alocarea resurselor către cele mai critice zone. Astfel, se stabilesc punțile finale între analiza tehnică și decizia administrativă, asigurând că fiecare regulă propusă este solid fundamentată și direct corelată cu o nevoie de siguranță identificată în teritoriu.

13.1. Sinteza Rezultatelor și Concluzii Finale

Constatarea factuală principală a studiului este eterogenitatea geotehnică a teritoriului comunei Crizbav, care impune o abordare diferențiată a construirii. Problema clară derivată este că o dezvoltare urbanistică necontrolată, care ignoră această realitate, ar conduce inevitabil la creșterea riscurilor, la avarierea construcțiilor și la costuri publice și private ridicate. Consecința directă este că Planul Urbanistic General trebuie să adopte și să operaționalizeze această zonificare, transformând-o într-un instrument de reglementare. Analiza a identificat trei categorii majore de terenuri, transpuse în harta de zonificare geotehnică:

- 1) Zone Favorabile Construirii (ZCF), localizate pe terasele și platourile stabile, predominant în KILO_CAROURILE [X08, Y07] și [X09, Y07];
- 2) Zone Construibile Condiționat (ZCC), extinse pe versanți și în zonele cu pământuri compresibile sau argile active, precum cele din carourile [X07, Y06] și [X07, Y07];

3) Zone cu Restricții (ZCR), concentrate în lunca inundabilă cu risc de lichefiere ([X09, Yo6], [X10, Yo6]) și pe versanții cu potențial de instabilitate ([X08, Yo8]).

Implicația finală privind construibilitatea este una nuanțată: teritoriul comunei oferă oportunități semnificative de dezvoltare, dar numai cu condiția ca aceasta să fie ghidată de o înțelegere profundă a condițiilor de teren și să respecte cu strictețe regulile tehnice adaptate fiecărei zone.

Sinteza hazardelor naturale conexe a relevat un tablou de risc complex, unde interacțiunile dintre hazarde amplifică vulnerabilitatea. Riscul seismic, deși moderat la nivel regional (cu o valoare de vârf a accelerației terenului pentru proiectare, ag, de 0,15g), devine un factor critic în KILO_CAROURILE [X09, Yo6] și [X10, Yo6], unde poate declanșa fenomenul de lichefiere, transformând o zonă altfel construibilă într-una extrem de periculoasă. Problema majoră este că riscul la inundații, generat de Râul Crizbav, se suprapune peste aceeași zonă de luncă, exacerbând problemele prin ridicarea nivelului freatic și reducerea capacității portante a nisipurilor saturate. Riscul la alunecări de teren este prezent pe versanții cu pante accentuate, în special în zonele cu depozite argiloase, fiind activat de precipitații abundente și, potențial, de activitatea seismică. Concluzia este că zonele de risc cumulat, în special lunca inundabilă, reprezintă cele mai mari vulnerabilități ale teritoriului și trebuie tratate cu prioritate absolută în PUG. Implicația strategică este că orice dezvoltare trebuie să pornească de la principiul evitării acestor zone, concentrând creșterea urbană către arealele sigure.

Analiza vulnerabilității la poluare a resurselor de apă subterană a confirmat, de asemenea, că lunca Râului Crizbav este cea mai sensibilă zonă a teritoriului. Problema este acută, având în vedere că multe gospodării se bazează pe fântâni individuale, iar lipsa unui sistem de canalizare centralizat generalizat conduce la o contaminare cronică a pânzei freactice. Datorită prezenței depozitelor permeabile de nisip și pietriș și a adâncimii reduse a nivelului freatic, orice sursă de poluare de la suprafață (fose septice neetanșe, depozite de dejecții, scurgeri accidentale) poate contamina rapid și pe suprafețe extinse acviferul freatic. Concluzia este că, pe lângă riscurile geotehnice și hidrologice, această zonă prezintă și un risc sanitar major. Implicația pentru PUG/RLU este dublă: pe de o parte, se impune o reglementare mult mai strictă a activităților cu potențial poluator în această zonă, iar pe de altă parte, devine prioritară extinderea sistemului centralizat de alimentare cu apă și canalizare, ca singură soluție durabilă pentru protejarea sănătății publice. Aceste concluzii, coroborate, fundamentează necesitatea unui regim de protecție și restricție sever pentru întreaga luncă a râului.



13.2. Măsuri Prioritare de Integrat în PUG și RLU

Constatarea sintetică este că teritoriul comunei Crizbav necesită un cadru de reglementare urbanistică adaptat la riscurile geotehnice și naturale identificate, pentru a asigura o dezvoltare sigură și sustenabilă. Problema constă în transpunerea concluziilor tehnice în măsuri administrative eficiente și juridic opozabile. Consecința este necesitatea ierarhizării măsurilor, concentrându-se pe cele cu impact maxim. Se propune un set de trei măsuri prioritare care trebuie să constituie nucleul reglementărilor tehnice din noul PUG și RLU. Prima și cea mai importantă măsură este **oficializarea hărții de zonificare geotehnică** ca document normativ, anexă la PUG. Această hartă trebuie să devină instrumentul principal de management al construibilității, iar RLU trebuie să facă referire explicită la regimul tehnic specific fiecărei zone (ZCF, ZCC, ZCR). Această măsură asigură transpunerea directă a analizei de risc în practica de autorizare, oferind un cadru transparent și predictibil pentru investitori și autorități.

A doua măsură prioritară constă în **formularea de articole clare în RLU pentru zonele cu restricții (ZCR)**. Problema principală este prevenirea unor potențiale dezastre umane și materiale. Pentru zona cu risc ridicat la lichefiere și inundații din lunca Râului Crizbav, localizată în KILO_CAROURILE [X09, Y06] și [X10, Y06], se impune o interdicție de construire pentru locuințe și funcțiuni publice. Articolul trebuie să specifice clar funcțiunile interzise și condițiile excepționale în care se pot autoriza construcții de infrastructură. Pentru zonele cu susceptibilitate ridicată la alunecări, măsura prioritară este instituirea restricției temporare de construire, condiționată de elaborarea unor studii de stabilitate la scară de detaliu. Implicația este blocarea dezvoltărilor vulnerabile în aceste perimetre, permițând în același timp o analiză aprofundată care ar putea debloca, punctual, anumite areale. Această abordare duală (restricție definitivă vs. temporară) este esențială pentru un management eficient și echilibrat al riscurilor.

A treia măsură prioritară vizează **întărirea rolului și a cerințelor pentru studiul geotehnic** în procesul de autorizare. Problema identificată este adesea caracterul formal și calitatea necorespunzătoare a acestor studii. Consecința trebuie să fie o reglementare mai strictă în RLU. Se propune un articol care să condiționeze autorizarea de prezentarea unei documentații geotehnice verificate de un specialist atestat pentru cerința Af (rezistența și stabilitatea terenului de fundare) și care să impună un conținut minim diferențiat în funcție de zonificarea geotehnică. În zonele condiționate (ZCC), studiul va trebui să includă analize specifice (calcul de tasări, analize de umflare-contrație). În zonele cu restricții unde se acceptă excepții, se va impune realizarea de studii geotehnice speciale, expertizate. Implicația este că principiile generale de la nivelul PUG sunt detaliate și verificate la nivelul fiecărui proiect, creând o buclă de control esențială pentru



siguranța în construcții. Implementarea acestor trei măsuri prioritare va transforma PUG-ul într-un instrument proactiv de management al riscurilor.

13.3. Recomandări de Monitorizare

Constatarea finală este că riscurile naturale și geotehnice sunt dinamice, putând evolua în timp ca urmare a schimbărilor climatice sau a intervențiilor antropice. Problema este că un Plan Urbanistic General, odată aprobat, tinde să devină un document static, care nu se adaptează acestor schimbări. Consecința este necesitatea implementării unui sistem de monitorizare care să permită actualizarea periodică a cunoașterii despre teritoriu și adaptarea reglementărilor. Recomandarea principală este crearea, la nivelul administrației locale, a unui **program de monitorizare a zonelor de risc**, care să urmărească evoluția fenomenelor identificate ca fiind critice pentru comuna Crizbav.

Se recomandă prioritizarea monitorizării pentru două categorii de fenomene. Prima este **stabilitatea versanților** în zonele cu susceptibilitate ridicată la alunecări, precum cele din KILO_CAROURILE [X07, Y07] și [X08, Y08]. Monitorizarea se poate realiza prin metode simple și eficiente:

- 1) inspecții vizuale periodice, în special după perioade cu precipitații abundente sau după seisme, pentru a identifica apariția de noi crăpături, denivelări sau zone cu exces de umiditate;
- 2) instalarea unor sisteme simple de urmărire a deplasărilor, precum borne topografice sau martori de fisuri, în punctele considerate cele mai active.

Datele colectate ar trebui centralizate într-o bază de date și analizate periodic pentru a detecta eventuale accelerări ale proceselor, care ar putea semnala iminența unei alunecări.

A doua categorie prioritară pentru monitorizare este **regimul apelor subterane** în lunca inundabilă a Râului Crizbav, având în vedere riscul la lichefiere și problemele de fundare. Se recomandă instalarea a 2-3 foraje piezometrice de monitorizare în puncte cheie, de exemplu în KILO_CAROUL [X09, Y06], în care să se măsoare nivelul apei la intervale regulate (lunar sau trimestrial). Aceste date sunt esențiale pentru a înțelege variațiile sezoniere și pe termen lung ale nivelului freatic și pentru a calibra modelele de risc. De asemenea, se recomandă prelevarea periodică de probe de apă din fântânile existente pentru a monitoriza calitatea acestora și a detecta din timp eventualele tendințe de poluare cu nitrați sau alți compuși proveniți de la suprafață.

Implicația finală este că datele obținute din acest program de monitorizare trebuie utilizate în mod activ. Acestea trebuie să stea la baza actualizării periodice (la 5-10 ani) a hărților de risc și a studiilor de fundamentare și, dacă este cazul, a modificării punctuale a PUG și RLU pentru a răspunde noilor realități din teren. Se recomandă ca gestionarea acestei baze de date de monitorizare să se facă în format GIS, pentru a asigura compatibilitatea cu celelalte date de planificare urbană. Prin instituirea unui astfel de sistem, administrația locală va trece de la o planificare statică la un management teritorial adaptativ, capabil să răspundă în mod flexibil și informat la provocările unui mediu în continuă schimbare.



14. ANEXE (HĂRȚI, DOCUMENTE AVIZARE, BIBLIOGRAFIE)

Constatarea factuală de la care pornește acest capitol este că transparența, verificabilitatea și fundamentarea tehnică a datelor prezentate în studiu sunt asigurate prin gruparea materialului grafic, a documentelor de avizare, a surselor bibliografice și a datelor tehnice primare într-o secțiune dedicată. Problema pe care o rezolvă este organizarea acestor materiale diverse într-o formă structurată și accesibilă. Consecința este că acest capitol funcționează ca un centru de resurse, permițând oricărui utilizator să consulte dovezile care stau la baza analizelor și recomandărilor. Implicația pentru PUG este una de robustețe juridică și tehnică, deoarece fiecare reglementare propusă poate fi trasată înapoi la o sursă de date primară, asigurând un grad ridicat de auditabilitate.

Metodologia de structurare a anexelor este una directă, menită să asigure o navigare facilă. Capitolul este împărțit în subcapitole distincte, fiecare dedicat unei categorii de documente: piese desenate, documente de avizare, bibliografie și anexe tehnice. Criteriul de ordonare în cadrul fiecărui subcapitol este cel al relevanței și al succesiunii logice. Această organizare clară facilitează procesul de avizare și consultare publică, permițând un acces rapid la informația de specialitate. Corelarea informațiilor se face prin trimiteri explicite din capitolele analitice către anexele corespunzătoare, asigurând o legătură permanentă și verificabilă între analiză și dovada care o susține.

14.1. Documente de avizare

Constatarea factuală este că validitatea juridică a unui studiu de fundamentare depinde de conformitatea sa cu cadrul administrativ. Problema este asigurarea transparenței acestui proces. Consecința este includerea în anexe a documentelor administrative care atestă parcurgerea etapelor legale. Implicația pentru PUG este că această secțiune oferă dovada rigorii administrative a demersului.

Această anexă grupează documentele esențiale care atestă conformitatea administrativă și metodologică a studiului.

Nr. Crt.	Denumire Document	Sursa de Referință (funcțională)	Rol în Cadrul Studiului
1	Nota explicativă privind proveniența datelor	Document intern de clarificare a surselor	Clarifică sursele de date (INS, LOC, ONL, OTH) și stabilește rangul de prioritate.



Nr. Crt.	Denumire Document	Sursa de Referință (funcțională)	Rol în Cadrul Studiului
2	Certificatul de Urbanism pentru PUG	Emis de autoritatea competentă	Stabilește cadrul legal, regimul juridic și tehnic al teritoriului și lista avizelor necesare.
3	Avizul OCPI (Oficiul de Cadastru)	Emis de OCPI Brașov	Confirmă corectitudinea suportului topografic și a limitelor administrative.
4	Fișa strategică a proiectului (extras)	Document de contractare	Sintetizează obiectivele contractuale și elementele cheie din Caietul de Sarcini.
5	Alte avize și acorduri relevante	Emise de autorități sectoriale	Condiționări specifice (mediu, cultură, ape) relevante pentru studiul geotehnic.

Tabel 10 - Tabel sintetic al documentelor de avizare și de fundamentare. Sursă: Proiectant

14.2. Bibliografie

Constatarea este că rigoarea științifică a oricărui studiu de specialitate este dependentă de calitatea surselor bibliografice. Problema este de a putea verifica fundamentele teoretice și normative ale analizelor. Consecința este includerea unei secțiuni de bibliografie completă. Implicația pentru studiu este că fiecare afirmație tehnică este ancorată într-un document de referință recunoscut.

Sursele bibliografice utilizate sunt grupate pe categorii pentru o consultare facilă.

- Legislație națională:** a) Legea nr. 350/2001 privind amenajarea teritoriului și urbanismul. b) Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții. c) Legea apelor nr. 107/1996. d) Legea nr. 50/1991 privind autorizarea executării lucrărilor de construcții. e) Legea nr. 575/2001 privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național - Secțiunea a V-a. f) Ordonanța de Urgență a Guvernului nr. 57/2007 privind regimul ariilor naturale protejate.
- Normative tehnice:** a) NP 074/2014 - Normativ privind documentațiile geotehnice pentru construcții. b) SR EN 1997-1:2004 / SR EN 1997-2:2007 (Eurocod 7) - Proiectarea geotehnică. c) P100-1/2013 - Cod de proiectare seismică - Partea I. d) NP 112/2014 - Normativ privind proiectarea fundațiilor de suprafață. e) NP 123/2010 - Normativ privind proiectarea geotehnică a fundațiilor pe piloți. f) NP 125/2010 - Normativ privind fundarea pe pământuri cu umflări și contracții mari (PUCM). g) NP 128/2011 - Normativ privind evaluarea riscului la inundații. h) NP 133/2013 - Normativ privind proiectarea sistemelor de alimentare cu apă.
- Standarde de testare și clasificare:** a) SR EN ISO 14688-1,2:2018 - Identificarea și clasificarea pământurilor. b) SR EN ISO 14689:2018 - Identificarea, descrierea și clasificarea rocilor. c) Seria de standarde SR EN ISO 17892 - Încercări de laborator pe pământuri.

14.3. Anexe tehnice (foraje, analize)

Constatarea este că fundamentul oricărui studiu geotehnic îl reprezintă datele primare. Problema constă în asigurarea accesului la aceste date brute pentru a permite verificarea lor. Consecința este necesitatea de a anexa documentația tehnică primară. Implicația pentru studiu este una de transparență și trasabilitate totală, permițând oricărui specialist să înțeleagă pe ce s-au bazat interpretările.

Această secțiune conține datele tehnice primare care au stat la baza analizelor geotehnice și hidrogeologice.

- Fișele Forajelor Geotehnice:** Se anexează fișele sintetice pentru cele 12 foraje executate (F1-F12). Acestea conțin: amplasament, adâncime, coloană litologică, nivelul apei și poziția de prelevare a probelor.
- Profile Geotehnice:** Se anexează profilele geotehnice interpretative care corelează informațiile din mai multe foraje pentru a oferi o imagine bidimensională a structurii geologice.
- Buletine de Analiză de Laborator:** Se include un tabel centralizator cu principalele rezultate ale analizelor de laborator.

Unitate Litologică / Geotehnică	Greutate Volumică (γ , kN/m ³)	Umiditate (w, %)	Indice Plasticitate (IP, %)	Coeziune (c, kPa)	Unghi Frecare (ϕ , °)	Modul Edometric (M, kPa)
Prafuri și argile de suprafață	18,5 - 20,0	18 - 25	15 - 30	20 - 40	12 - 18	4.000 - 8.000
Complex argilos-prăfos	19,0 - 20,5	20 - 22	18 - 28	30 - 60	15 - 22	6.000 - 12.000
Complex nisipos cu pietriș	19,5 - 21,0	15 - 20	Nepastic (NP)	0	32 - 38	> 20.000

Tabel 11 - Tabel centralizator cu principalele caracteristici fizico-mecanice pe unități litologice. Sursă: Proiectant