

UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI



TEZĂ DE DOCTORAT

ANALIZA EFICIENȚEI IMPLEMENTĂRII EUROCODURILOR ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Doctorand: **drd. ing. Vadim ȚURCAN**

Conducător de doctorat: **prof. univ. em. dr. ing. Ion ȘERBĂNOIU**

IAȘI – 2024

UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI
R E C T O R A T U L

Către

Vă facem cunoscut că, în ziua de **26 septembrie 2024** la ora 13:30 în sala 0.1R, corp R , va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată:

“ANALIZA EFICIENȚEI IMPLEMENTĂRII EUROCODURILOR ÎN REPUBLICA MOLDOVA”

elaborate de domnul **VADIM ȚURCAN** în vederea conferirii titlului științific de doctor.

Comisia de doctorat este alcătuită din:

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1. Prof. univ. dr. ing. Andrei Burlacu | președinte |
| Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | |
| 2. Prof. univ. em. dr. ing. Ion Șerbănoiu | conducător de doctorat |
| Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | |
| 3. Conf. univ. dr. ing. Roxana Dana Bucur | referent oficial |
| Universitatea de Științele Vieții "Ion Ionescu de la Brad" din Iași | |
| 4. Conf. univ. dr. ing. Anatolie Taranenco | referent oficial |
| Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova | |
| 5. Conf. univ. dr. ing. Ionuț-Ovidiu Toma | referent oficial |
| Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | |

Cu această ocazie vă invităm să participați la susținerea publică a tezei de doctorat.

RECTOR,

Prof. univ. dr. ing. Dan Cașcaval

Secretar universitate,

Ing. Cristina Nagîț

Cuprins

CAPITOLUL I. INTRODUCERE. OBIECTIVELE CERCETĂRII, STADIUL PE PLAN NAȚIONAL ȘI INTERNAȚIONAL	6
1.1 Necesitatea și oportunitatea cercetării	6
1.2 Stadiul actual al cercetării pe plan internațional și național	7
1.3 Obiectivele cercetării	8
CAPITOLUL II. IMPLEMENTAREA EUROCODURILOR ÎN REPUBLICA MOLDOVA	10
2.1 Ramura construcțiilor în Republica Moldova	10
2.2 Baza normativă actuală pentru proiectarea construcțiilor în Republica Moldova.....	11
2.3 Parametrii determinați național pentru elaborarea Anexelor la Eurocoduri.....	13
2.4 Stadiul actual al elaborării și implementării Eurocodurilor și Anexelor Naționale	14
2.5 Strategia de implementare a Eurocodurilor și Anexelor Naționale	16
CAPITOLUL III. FIABILITATEA STRUCTURALĂ ÎN CONTEXTUL EUROCODURILOR	18
3.1 Concepte generale de fiabilitate și siguranță în domeniul construcțiilor	18
3.2 Indicele de fiabilitate și metoda coeficienților parțiali de siguranță	20
3.2.1 Metoda factorilor de siguranță parțiali	21
3.2.2 Durata de viață proiectată.....	22
3.3 Indicele de fiabilitate în normativele de proiectare din Republica Moldova.....	23
CAPITOLUL IV. CALIBRAREA COEFICIENȚILOR PARȚIALI DE SIGURANȚĂ	24
4.1 Combinații de încărcări	24
4.1.1 Combinații de acțiuni în situații de proiectare persistente și tranzitorii.....	24
4.1.2 Combinații de acțiuni pentru situații de proiectare accidentală sau seismice	25
4.1.3 Combinațiile de acțiuni pentru Starea Limită de Serviciu	25
4.2 Metoda de fiabilitate de ordinul întâi (FORM) și factorii de sensibilitate	26
4.3 Studiu de caz. Element cu secțiune generic constantă.....	26
4.3.1 Introducere în problema cercetată.....	26
4.3.2 Metodologia calculului probabilistic al fiabilității.....	27
4.3.3 Selectarea Parametrului Determinat Național.....	27

4.3.4	Crearea curbelor de fiabilitate și probabilităților de eșec	28
4.3.4.1	Curba indicelui de fiabilitate și a propabilității de eșec conform CEN.....	28
4.3.4.2	Curba indicelui de fiabilitate și a propabilității de eșec în România (RO), Republica Cehă (CZE), Danemarca (DNK) și Republica Moldova (MD)	29
4.3.5	Concluzii	30
CAPITOLUL V. ELABORAREA HĂRȚILOR DE ZONARE DUPĂ ACȚIUNILE FACTORILOR CLIMATERICI.....		32
5.1	Acțiunile provenite de la vânt	32
5.1.1	Normarea încărcării vântului după SM SR Eurocod 1991: Acțiuni asupra structurilor, Partea 1-4: Acțiuni generale – Acțiuni ale vântului.	32
5.1.2	Rezultatele procesării datelor primare despre vânt	33
5.1.3	Valori de referință ale vitezei și presiunii dinamice ale vântului	34
5.1.4	Calculul vitezei și a presiunii dinamice a vântului în Republica Moldova	34
5.2	Acțiuni provenite de la zăpadă	39
5.2.1	Determinarea încărcării normate de zăpadă pe sol la st. Briceni	39
5.2.2	Rezultate finale.....	41
5.3	Acțiuni termice	43
5.3.1	Parametrii normați ai climatului interior	43
5.3.2	Zonarea acțiunilor termice în Republica Moldova.....	43
CAPITOLUL VI. EFECTUL IMPLEMENTĂRII EUROCODURILOR		46
6.1	Adoptarea și implementarea Eurocodurilor în contextul EU	46
6.1	Experiența statelor membre UE în adoptarea și implementarea Eurocodurilor	46
6.2	Studiu de caz nr.1. Calculul unei structuri conform normativelor în vigoare și normativelor Eurocod	47
6.2.1	Date inițiale	47
6.2.2	Calculul necesarului de armare pentru clădirea proiectată.....	48
6.3	Chestionar cu privire la analiza eficienței implementării Eurocodurilor în Republica Moldova	48
6.4	Elaborarea ghidurilor tematice privind utilizarea Eurocodurilor	51

CAPITOLUL VII. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI.....	53
7.1 Concluzii, contribuții originale.....	53
7.2 Recomandări privind aplicarea rezultatelor cercetărilor	56
Bibliografie.....	58

CAPITOLUL I. INTRODUCERE. OBIECTIVELE CERCETĂRII, STADIUL PE PLAN NAȚIONAL ȘI INTERNAȚIONAL

1.1 Necesitatea și oportunitatea cercetării

Reglementarea tehnico-economică și structurală în domeniul construcțiilor este acțiunea principală pentru a obține un set de factori comuni, în vederea respectării calității în construcții. Prin adoptarea Eurocodurilor ca standarde naționale, Republica Moldova se va alinia la Directivele UE cu privire la standardele în construcții.

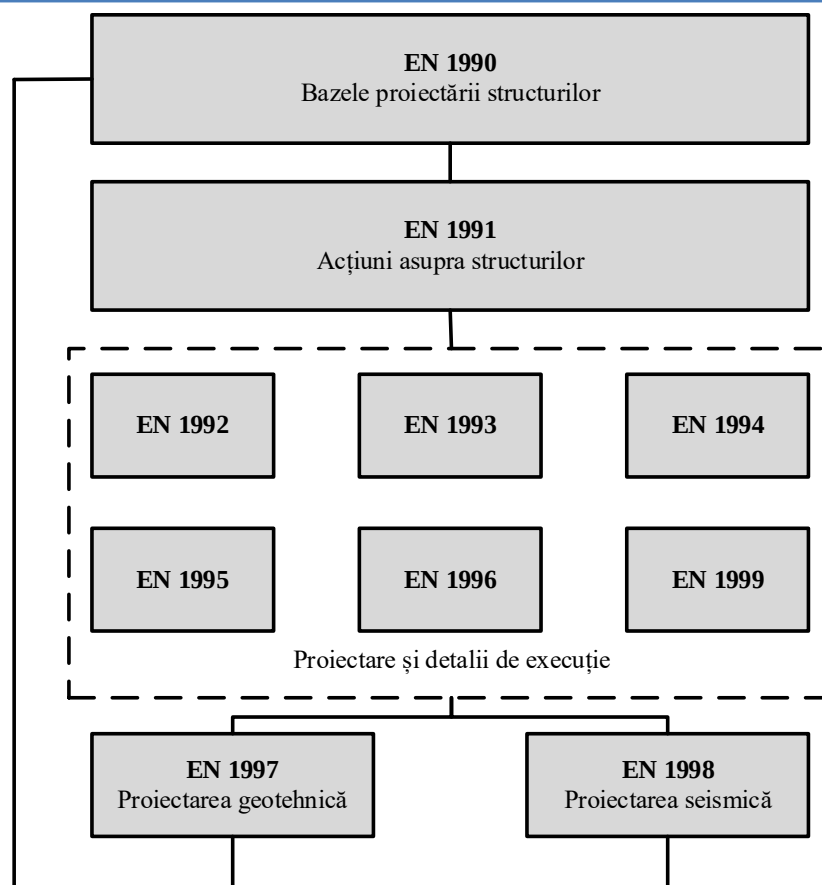
Standardul reprezintă o normă sau ansamblu de norme care reglementează calitatea, caracteristicile, forma etc. unui produs; document în care sunt consemnate aceste norme. (dexonline.ro, 2019)

Eurocodurile structurale reprezintă un set de standarde, ce reglementează exigențele care țin de proiectarea construcțiilor și edificiilor ingineresti, permit verificarea rezistenței, stabilității și rigidității, precum și dimensionarea elementelor structurale ale construcțiilor. Eurocodurile adoptă un cadru bazat pe conceptul de siguranță structurată pe mai multe niveluri, utilizând coeficienții parțiali de siguranță pentru a aborda atât variabilitatea acțiunilor, cât și cea a proprietăților materialelor. Această abordare asigură un nivel de siguranță prin aplicarea unor factori de majorare pentru acțiuni și de micșorare pentru capacitățile materialelor, care permit inginerilor să proiecteze structuri ce pot rezista la condiții neprevăzute, fără a ceda.

Eurocodurile sunt formate din 10 standarde europene, EN 1990 – EN 1999, care oferă instrumente pentru o abordare comună în proiectarea clădirilor și altor structuri ingineresti, cât și materiale de construcții. Acestea acoperă bazele proiectării structurilor, acțiuni asupra structurilor și proiectarea structurilor din beton armat, oțel, structuri compoziție oțel-beton, lemn, zidărie și structuri din aluminiu, împreună cu proiectarea geotehnică, seismică și rezistența la foc. (A. Athanasopoulou, 2019)

Armonizarea documentelor normative trebuie să creeze condiții de compatibilitate a producției importate din străinătate cu cea autohtonă, care la rândul său va conduce la creșterea volumului importului și de investiții din străinătate.

Totodată compatibilitatea producției autohtone și din străinătate, obținută în rezultatul armonizării sistemelor de documente normative, va facilita dezvoltarea producției autohtone și va crea condiții de concurență în spațiul pieței libere. La elaborarea sistemului nou de documente normative apare problema elaborării acestora în mod sistematizat, în baza unui plan, totodată respectând ierarhia internă a sistemului de documente normative. (Potârcă & Șocodei, 1999)

**Figura 1.1** Structura Eurocodurilor

La **28 iunie 2017**, Guvernul Republicii Moldova a ratificat proiectul de lege al Acordului de Asociere între Republica Moldova și Uniunea Europeană, semnat pe **27 iunie 2014** la Bruxelles. Ratificarea acestui acord, presupune ca Republica Moldova să se alinieze la standardele din Uniunea Europeană. (gov.md, 2020)

Prin urmare, Republica Moldova se angajează să se racordeze la sistemele legislative, economice și politice în conformitate cu valorile și standardele Uniunii Europene. În acești parametri se încadrează și armonizarea domeniului ingineriei civile din Republica Moldova cu referințele din UE. Implementarea Eurocodurilor în Republica Moldova, reprezintă o etapă crucială în procesul de armonizare a standardelor naționale de construcții cu cele europene, asigurând, astfel, un cadru de siguranță și durabilitate a construcțiilor conform celor mai înalte cerințe și practici internaționale. În contextul globalizării și al integrării economice, adoptarea și implementarea Eurocodurilor devine nu doar o necesitate, ci și un angajament față de asigurarea unui mediu construit sigur și durabil.

1.2 Stadiul actual al cercetării pe plan internațional și național

Sectorul construcțiilor este de o importanță strategică pentru UE, iar standardele sunt utilizate la proiectarea structurilor și infrastructurii necesare pentru economia națională. Sectorul de construcții

reprezintă aproximativ 10% din Produsul Intern Brut al UE și mai mult de 50% din formarea capitalului fix. Acesta reprezintă cea mai mare activitate economică, în care sunt angajați cele mai multe persoane din Europa, aproximativ 20 de milioane de oameni. (Dimova Silvia, 2015)

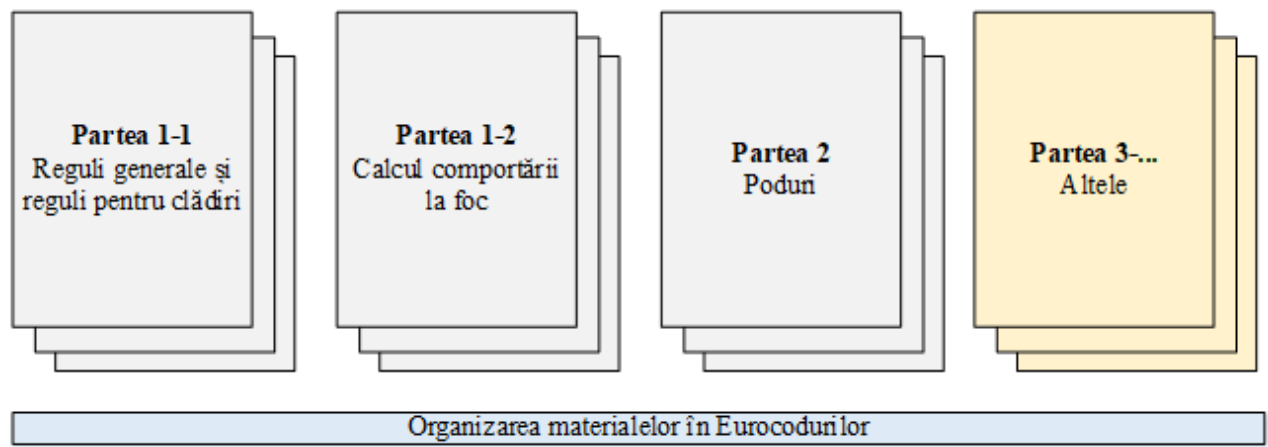


Figura 1.2 Organizarea materialelor în eurocoduri

Eurocodurile structurale sunt distribuite după mai multe componente. EN 1990 și EN 1191 reprezintă partea principală, în care inginerul de structură definește bazele proiectării și acțiuni asupra structurilor. După care urmează EN 1992 până la EN 1996 ce se referă la tipurile de materiale din care sunt construite structurile (beton, oțel, oțel-beton, lemn și zidărie), iar EN 1997 definește principiile de proiectare geotehnice. Setul de standarde se finalizează cu EN 1998, proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur și proiectarea structurilor din aluminiu definită în EN 1999.

Stadiul cercetării pe plan național **a început în 2010**, atunci când prin Hotărârea Institutului Național de Standardizare și Metrologie au fost aprobate toate părțile Eurocodurilor, **însă fără anexe naționale**.

1.3 Obiectivele cercetării

Scopul tezei de doctorat constă în **aplicarea măsurilor pentru implementarea Eurocodurilor în Republica Moldova și analiza eficienței acestora asupra sectorului național al construcțiilor**. Se urmărește o evaluare detaliată și sistematică a eficienței și impactului procesului de armonizare a normativelor de proiectare structurale din Republica Moldova cu standardele europene (Eurocoduri). De asemenea, se impune o analiză comparativă exhaustivă a parametrilor tehnici, economici și de fiabilitate între Eurocoduri și normativele naționale existente, în vederea identificării avantajelor și provocărilor asociate implementării acestora în contextul specific al sectorului construcțiilor din Republica Moldova.

Atingerea scopului se realizează prin îndeplinirea unor **obiective** derivate:

- **analiza situației ramurii construcțiilor în Republica Moldova.** Acest obiectiv este necesar pentru a determina care va fi impactul utilizării Eurocodurilor pentru economia națională. Prin investigarea datelor obținute de la Biroul Național de Statistică, se poate determina influența ramurii construcțiilor în contextul dat. Prin urmare, adoptarea Eurocodurilor ca normative obligatorii în proiectarea structurilor va avea un impact asupra întregii ramuri de construcție din Republica Moldova;
- **analiza bazei normative actuale în construcții.** Necesitatea acestui obiectiv reprezintă identificarea normativelor de proiectare moldovenești, care sunt utilizate în proiectarea structurilor. Având la bază numărul de normative care urmează a fi substituite de către normativele Eurocod, putem observa, care sunt pașii necesari pentru armonizarea ramurii construcțiilor la aquis-ul UE;
- **determinarea selectivă a parametrilor național determinați (NDPs) pentru Anexele Naționale ale Eurocodurilor.** Având în vedere că fără elaborarea Anexelor Naționale utilizarea Eurocodurilor este dificil de realizat, determinarea parametrilor este crucială pentru adoptarea și implementarea Eurocodurilor la nivel național. În cadrul cercetării se vor determina cei mai complicați parametri din Eurocod 0 și Eurocod 1;
- **analiza fiabilității în Eurocoduri și normativele de proiectare moldovenești.** În vederea adoptării Eurocodurilor este necesar de determinat indicile de fiabilitate, căruia să-i corespundă edificiile proiectate și nivelul optim al acestuia. Astfel se propune să fie examinat indicele de fiabilitate care este recomandat de către Eurocod și indicele de fiabilitate din normativele de proiectare moldovenești;
- **calibrarea Eurocodurilor.** Acest obiectiv este necesar pentru determinarea coeficienților de siguranță care să ilustreze unele particularități de proiectare a structurilor. Astfel se propune de a ilustra prin exemple concrete modalitatea de calibrare a Eurocodurilor, în vederea preluării coeficienților parțiali de siguranță în Anexele Naționale moldovenești.
- **preluarea de bune practici de la țările care au adoptat Eurocodurile.** În cadrul acestui obiectiv se propune analiza de bune practici din țările care au implementat Eurocodurile, astfel încât să faciliteze tranziția mai ușoară în Republica Moldova.
- **elaborarea hărților de zonare după acțiunile climaterice.** Anexele Naționale conțin hărți de zonare, ce sunt utilizate de către proiectanții de structuri pentru determinarea acțiunilor și încărcărilor climaterice. Astfel se propune drept obiectiv, având la bază colectate datele climatice, elaborarea hărților climatice pentru acțiunile de la zăpadă, vânt și temperatură, care sunt prezente în Eurocod 1.

CAPITOLUL II. IMPLEMENTAREA EUROCODURILOR ÎN REPUBLICA MOLDOVA

2.1 Ramura construcțiilor în Republica Moldova

Ramura construcțiilor în Republica Moldova este una dintre cele mai complexe sectoare care cuprinde: proiectarea construcțiilor și edificiilor ingineresti, execuția lucrărilor de construcție montaj, servicii de geodezie și topografie, servicii de expertiză geotehnică, servicii de expertiză tehnică, servicii de estimare a costului de deviz și proceduri administrative (obținerea documentației permise, recepția în exploatare a construcțiilor etc.) (ISM, 2019)

Sectorul construcțiilor joacă un rol central în dezvoltarea economică a Moldovei, reprezentând mai mult de jumătate din investițiile fixe, comparativ cu media mondială de aproximativ o treime. Multe studii internaționale folosesc modele de echilibru economic general pentru a demonstra interdependența ridicată dintre fiecare industrie și alte sectoare economice. Aceasta semnifică că există un grad ridicat de complementaritate între actorii economici din sectorul construcțiilor și actorii economici din alte sectoare, inclusiv sectorul public. Prin urmare, formarea și dezvoltarea întregii infrastructuri economice și sociale, care este importantă pentru dezvoltarea durabilă a țării, este direct dependentă de industria construcțiilor. Astfel, calitatea infrastructurii actuale și eficiența investițiilor în capital fix sunt influențate de nivelul de performanță al acestei industrii, iar dezvoltarea acesteia depinde de tendințele generale ale economiei. (Cozma & Sverdlic, 2015)

În Republica Moldova realizarea construcțiilor este strict reglementată de o serie de legi, hotărâri de guvern și normative de construcții în vigoare. Modelul după care Republica Moldova și-a adoptat legislația în vigoare în construcție este similar modelului din România.

Analizând baza statistică de date, putem urmări care este parcursul dezvoltării ramurii construcțiilor în Republica Moldova în perioadele 2013 – 2022.

Tabelul 2.1 Organizațiile de construcții pe forme de proprietate și ani (sistematizat de autor)

Denumirea	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Publica	12	12	12	14	12	7	8	6	14	12
Privata	1201	1241	1291	1256	1562	1525	1560	1808	1818	1945
Mixta (publica si privata), fara participare straina	22	21	24	21	18	11	12	12	12	12
Straina	14	15	17	20	35	22	25	34	26	26
A intreprinderilor mixte	20	15	18	19	23	22	19	21	16	16

Denumirea	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Total	1269	1304	1362	1330	1650	1587	1624	1881	1886	2011

Din Tabelul nr. 2.1 observăm o diversificare vastă a formelor de proprietate a persoanelor juridice care desfășoară activități de construcții. Totodată se atestă la întreprinderile cu proprietate privată, o dinamică a creșterii semnificative, iar celelalte forme de proprietate nu au un trend ascendent pronunțat și au date relativ constante în ultimii 10 ani.

2.2 Baza normativă actuală pentru proiectarea construcțiilor în Republica Moldova

În **Catalogul documentelor în construcții 2024** sunt prezentate toate normativele de construcție și proiectare, cât și coduri practice în vigoare pe teritoriul Republicii Moldova. Actualizarea catalogului documentelor normative în construcții este asigurată de către MIDR prin intermediul instituției subordonate *I.P. Oficiul Amenajarea Teritoriului, Urbanism, Construcții și Locuințe*.

În prezent, există **2615 de documente normative** în sistemul de documente normative în construcții (SDNC). Majoritatea reglementărilor privind normativele de proiectare provin din fostele URSS și RSSM., iar aplicarea lor pe teritoriul Republicii Moldova a fost autorizată prin scrisoarea nr. 03-05/340 din 01.04.1993 „Referitor la funcționarea normativelor în construcție pe teritoriul Republicii Moldova”. Prin această scrisoare s-a acordat permisiunea de a se aplica documente normative anterioare ale URSS și RSSM, până când acestea nu vor fi anulate sau înlocuite. (Turcan, et al., 2023)

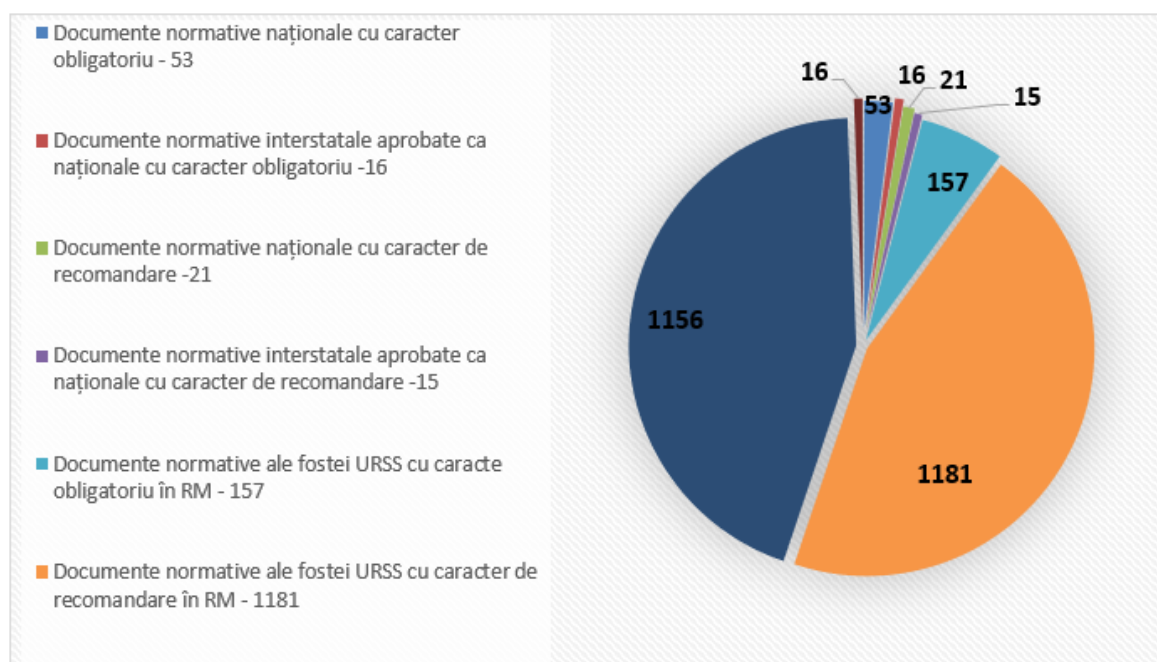


Figura 2.1 Structura documentelor normative în vigoare în Republica Moldova (Croitoru, 2016)

Tabelul nr. 2.2 reflectă alinierea între standardele de proiectare structurale ale Republicii Moldova și cele ale Uniunii Europene, Eurocodurile. Cu toate acestea, se remarcă prezența unor standarde naționale care, deși corespund ca domeniu cu Eurocodurile, par să dateze din perioade anterioare, sugerând o potențială nevoie de actualizare pentru a răspunde cerințelor contemporane. De exemplu, standardul național GOST 27751-88, corespondent la EN 1990, poate conține principii de proiectare care nu mai sunt în deplină concordanță cu metodologiile avansate prezente în Eurocoduri.

Tabelul 2.2 Analiză comparativă EN și NCM

EN	Denumire	NCM	Denumire
EN 1990	Bazele proiectării structurilor	GOST 27751- 88	Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. (Fiabilitatea construcțiilor. Reguli principale pentru proiectare)
EN 1991	Acțiuni asupra structurilor	SNiP 2.01.07-85*	Нагрузки и Воздействия (Încărcări și Acțiuni)
EN 1992	Proiectarea structurilor din beton	NCM F.02.02-2006	Calculul, proiectarea și alcătuirea elementelor de construcții din beton armat și beton precomprimat
EN 1993	Proiectarea structurilor din metal	SNiP II-23-81*	Стальные конструкции (Construcții Metalice)
EN 1994	Proiectarea structurilor mixte din metal și beton	-	
EN 1995	Proiectarea structurilor din lemn	NCM F.05.01-2007	Proiectarea construcțiilor din lemn
EN 1996	Proiectarea structurilor din zidărie	NCM F.03.02-2005	Proiectarea clădirilor cu pereți din zidărie
EN 1997	Proiectarea geotehnică	SNiP 2.02.01-83*	Свайные фундаменты (Fundații pe piloți)
		SNiP 2.02.03-85	Основания зданий и Сооружений (Temeliile și fundațiile pentru clădiri și instalații)
		CP F.01.01-2007	Proiectarea și construcția fundațiilor pe piloți
		CP F.01.02-2008	Proiectarea și construcția temeliilor și fundațiilor pentru clădiri și instalații

EN	Denumire	NCM	Denumire
EN 1998	Proiectarea structurilor pentru rezistență seismică	SNiP II-7-81*	Строительство в сейсмических районах (Proiectarea în regiuni seismice)
EN 1999	Proiectarea structurilor de aluminiu	SNiP 2.03.06-85	Алюминиевые Конструкции (Construcții din aluminiu)

2.3 Parametrii determinați național pentru elaborarea Anexelor la Eurocoduri

Pentru a obține un set de Eurocoduri funcționale este necesar de elaborat anexe naționale pentru fiecare Eurocod în parte. Etapa cea mai riguroasă și dificilă o constituie elaborarea Anexelor Naționale și determinarea parametrilor naționali (NDPs) pentru fiecare Eurocod în parte. Conform conceptului de bază fiecare țară urmează să definească în anexele naționale parametrii naționali determinați. Acești parametri pot fi determinați în funcție de geografia, geologia și condițiile climaterice ale țării care urmează să adopte Eurocodurile. Totodată NDPs țin cont și de diferite practici de proiectare și etape de construcție prin asigurarea unui nivel suficient de siguranță.

În toate cele **58 de părți** integrante ale Eurocodurilor sunt **1507** parametri naționali determinați.

Anexa națională reprezintă documentul sau standardul normativ în construcții ce conține parametri care sunt determinați la nivel național (National Determined Parameters – NDPs). Ele sunt folosite la proiectarea clădirilor și structurilor ingineresti în țara unde se utilizează aceste standarde.

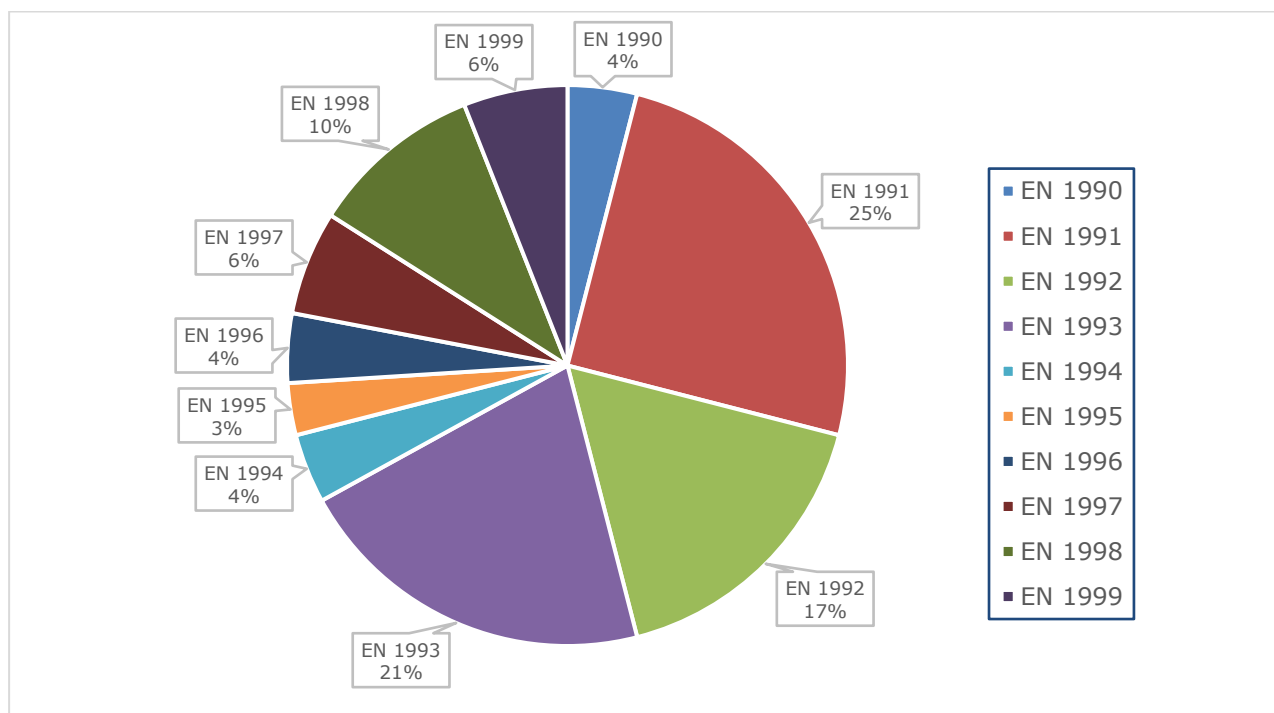


Figura 2.2 Distribuția în % a parametrilor naționali în Eurocoduri

Dacă este să analizăm acceptarea valorilor recomandate de către statele membre UE, observăm că rata de acceptare a valorilor recomandate este de 73.5%, iar valorile care au fost determinate țin de diferite condiții regionale.

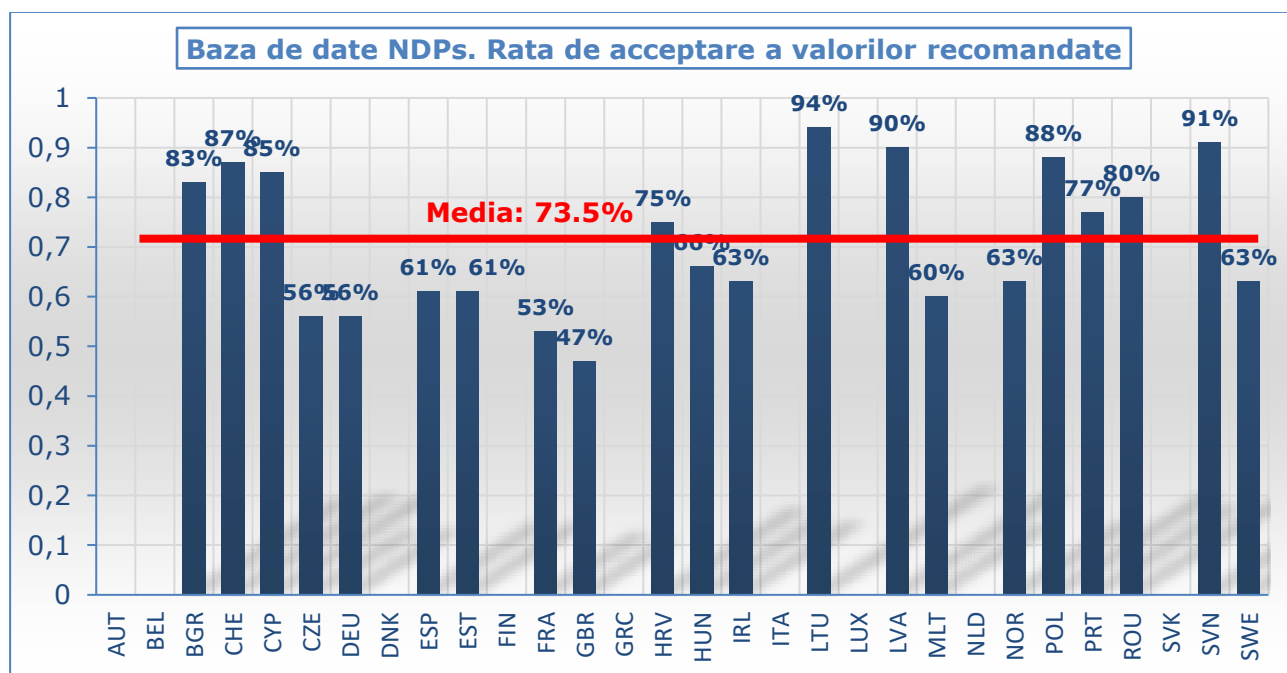


Figura 2.3 Rata de acceptare a valorilor recomandate de către statele UE. (sistematizat de autor)

2.4 Stadiul actual al elaborării și implementării Eurocodurilor și Anexelor Naționale

Adoptarea și implementarea Eurocodurilor în Republica Moldova se află la o etapă avansată, principalul document de care se ghidează această reformă este *Hotărârea de Guvern Nr. 933 din 12.11.2014 „cu privire la armonizarea reglementărilor tehnice și a standardelor naționale în domeniul construcțiilor cu legislația și standardele europene”*. Din această hotărâre reiese că Republica Moldova până în anul 2020 va adopta și implementa Eurocodurile, cu anularea normativelor de proiectare conflictuale. (HG193/2014, 2014)

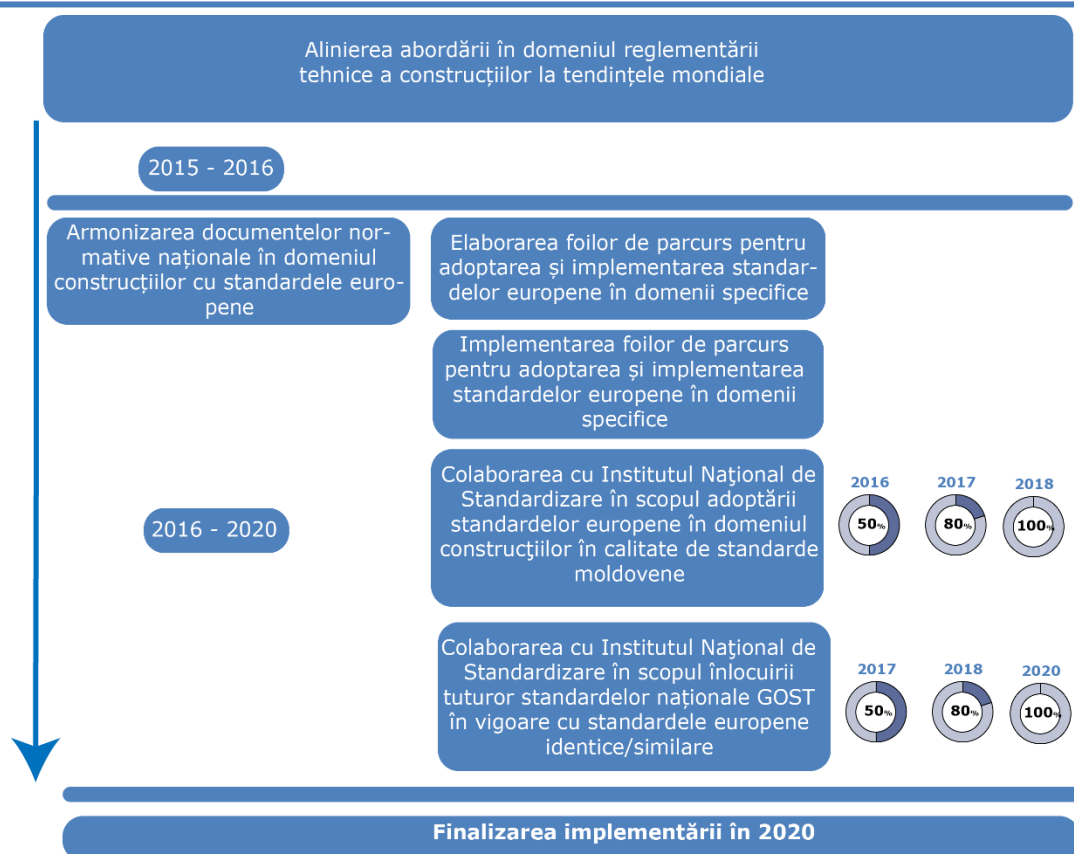


Figura 2.4 Planul de adoptare și implementare a Eurocodurilor în Republica Moldova

Perioada de elaborare a Anexelor Naționale poate dura, conform recomandărilor, până la 2 ani. Odată ce au fost determinați parametrii naționali, poate începe perioada de coexistență cu normativele de proiectare în vigoare. Această perioadă este recomandată să aibă o durată de maxim 3 ani.

La sfârșitul perioadei de coexistență se anulează normativele de proiectare conflictuale și se implementează Eurocodurile. Totodată pot să existe situații în care standardele Eurocod să nu acopere integral domeniul de aplicare a normativelor naționale. Astfel gradul de suprapunere diferă de la caz la caz și trebuie analizat în detaliu, înainte de a decide substituirea integrală a normativelor de proiectare în construcții naționale. (Croitoru, 2016)

Pentru implementarea Eurocodurilor este necesar de a crea o bază solidă de perfecționare, prin diferite programe educaționale, în scopul de a fortifica capacitățile inginerilor proiectanți de structuri. Inițiativele educaționale se pot caracteriza prin:

- elaborarea ghidurilor metodice pentru fiecare tip de Eurocod în parte;
- dezvoltarea instrumentelor software de calcul a structurilor proiectate;
- exemple de calcul în baza Eurocodurilor.

2.5 Strategia de implementare a Eurocodurilor și Anexelor Naționale

Implementarea și adoptarea Eurocodurilor se realizează de către Institutul de Standardizare din Republica Moldova prin:

- adoptarea ca standarde naționale a Eurocodurilor aprobate de Comitetul European de Standardizare;
- elaborarea și aprobarea, ca standarde naționale a anexelor naționale, care conțin parametrii naționali determinați (NDPs).

Eurocodurile și anexele naționale, aprobate ca standarde naționale, se utilizează ca documente normative de referință în sistemul de reglementare tehnică în construcții.

În prezent Republica Moldova are traduse toate părțile Eurocodurilor. Părțile traduse în limba română fiind oferite Institutului de Standardizare din Moldova (ISM) de către Asociația de Standardizare din România (ASRO).

În cadrul Institutului de Standardizare din Moldova, activează comitetul tehnic TC54 – Eurocoduri cu domeniul de activitate: *„Bazele proiectării și calculul structurilor de construcții pentru toate tipurile de materiale de construcții cu referire la terminologie, simboluri utilizate, încărcături, acțiuni și alte solicitări”*, care are rolul de a accepta anexele naționale elaborate de către instituțiile specializate la Eurocoduri.

La situația din anul 2024, Republica Moldova a adoptat **28 de anexe naționale** din totalul **de 56 de anexe naționale**.

Planul de adoptare și implementare a Eurocodurilor în Republica Moldova adoptat prin HG nr. 933/2014 în momentul de față a fost imposibil de implementat. Acest fapt se datorează faptului că la momentul actual au fost adoptate **28 din 58 părți (48.2%)** al Anexelor Naționale.

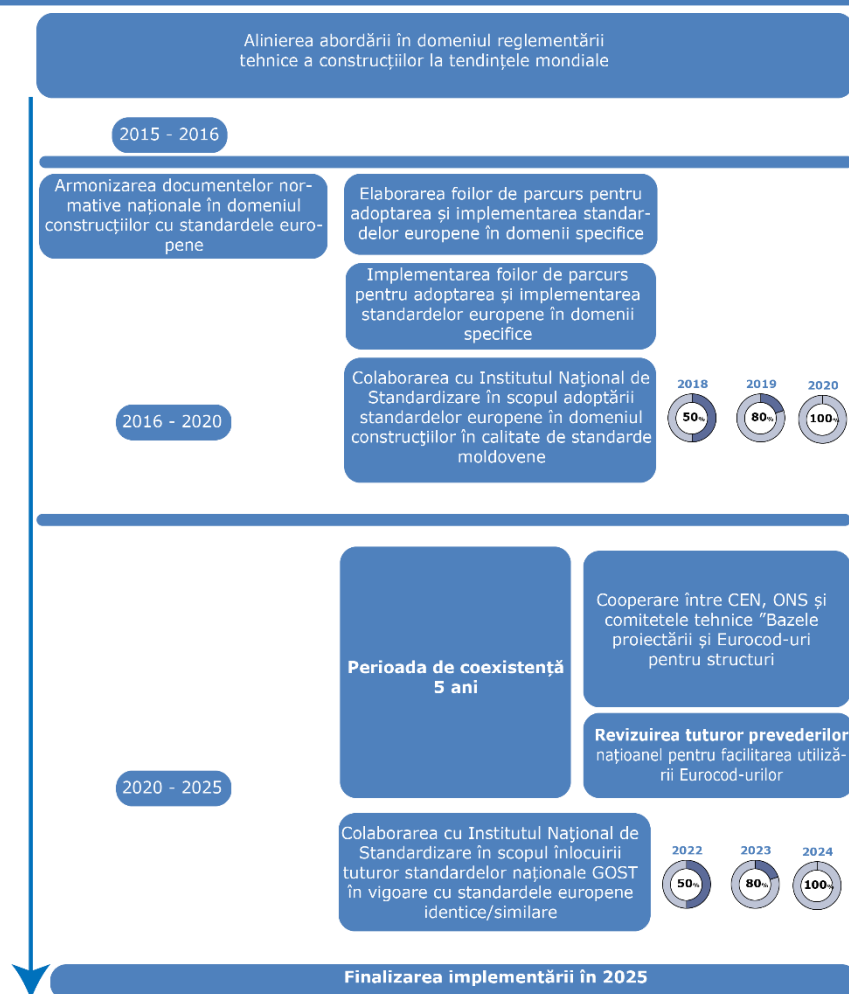


Figura 2.5 Planul de adoptare și implementare a Eurocodurilor în Republica Moldova (proponere autor)

Conform planului actual (Figura 2.9) suntem la nivelul anului 2019, în care trebuia să fie adoptate 80% din toate anexele naționale. Prin urmare este imperativă revizuirea și corelarea planului la situația reală. Schema de implementare din Figura 2.12 prevede o extindere a termenului limită de adoptare a Eurocodurilor până în 2025. Principala remediere operată reprezintă introducerea unei perioade de coexistență între normativele de construcții moldovenești și normativele de construcții europene. Durata propusă a acesteia este de 5 ani, perioadă în care proiectanții de structuri vor putea alege la propria discreție sau conform cerințelor beneficiarului căror normative va fi proiectată viitoarea structură. În acest mod am putea implementa acțiuni de școlarizarea și recalificarea a proiectanților de structuri ce operează pe teritoriului Republicii Moldova. Prin urmare în perioada de coexistență pot fi întreprinse următoarele acțiuni:

- elaborarea ghidurilor tematice pentru ingineri proiectanți;
- actualizarea instrumentelor software pentru calculul conform Eurocodurilor;
- instruirea inginerilor proiectanți de structuri conform planurilor tematice.

CAPITOLUL III. FIABILITATEA STRUCTURALĂ ÎN CONTEXTUL EUROCODURILOR

3.1 Concepte generale de fiabilitate și siguranță în domeniul construcțiilor

Fiabilitate reprezintă capacitatea sistemelor tehnice de a funcționa un timp determinat, menținându-și parametrii prestabiliți. (dex.ro, 2020)

Fiabilitatea în construcții este un concept fundamental care se referă la capacitatea unei structuri sau a unui sistem constructiv de a îndeplini funcțiile pentru care a fost proiectat, pe durata de viață prevăzută, fără a ceda sau a eșua sub efectul încărcărilor și condițiilor ambientale anticipate. Conceptul de fiabilitate cuprinde evaluarea riscurilor, incertitudinilor, precum și a performanței materialelor, componentelor și sistemelor structurale în fața diverselor solicitări.

În domeniul construcțiilor, conceptele de fiabilitate și siguranță reprezintă coloana vertebrală a creării unor structuri care nu doar că rezistă testului timpului, dar și protejează viețile și proprietățile structurale ale clădirii. Fiabilitatea, care se axează pe capacitatea unei structuri de a-și îndeplini funcția proiectată pe durata unei perioade predefinite, ținând cont de varietatea condițiilor la care poate fi supusă, este intrinsec legată de calitatea materialelor, precizia proiectării și execuției. Siguranța, pe de altă parte, se concentrează pe minimizarea riscurilor și prevenirea colapsului structural, garantând că structurile pot suporta sarcini anticipate fără defecțiuni majore.

Un aspect central al fiabilității este capacitatea de a cuantifica și modela matematic probabilitatea ca o structură să își îndeplinească funcțiile prevăzute fără defecțiuni. Aceasta se realizează prin aplicarea teoriei fiabilității, care utilizează metode statistice și probabilități pentru a evalua performanța structurală în condiții incerte. Un parametru cheie în această analiză este factorul de siguranță, definit ca raportul dintre rezistența (sau capacitatea de încărcare) a structurii și încărcarea efectivă aplicată:

$$FS = \frac{Acțiune}{Rezistență} \quad (3.1)$$

Pentru a asigura atât fiabilitatea cât și siguranța, factorul de siguranță trebuie să fie mai mare decât 1. Cu toate acestea, o valoare prea mare a factorului de siguranță poate duce la supra-dimensionarea inutilă și la creșterea costurilor. Prin urmare, o abordare echilibrată necesită evaluarea riscului asociat diferitelor scenarii de încărcare și utilizarea analizei fiabilității pentru a optimiza designul structural. Aplicarea teoriei fiabilității în domeniul construcțiilor implică utilizarea unor modele matematice complexe pentru a evalua și a îmbunătăți performanța structurală. În centrul acestor modele se află conceptul de fiabilitate structurală, care poate fi exprimat prin probabilitatea ca o structură să nu eșueze într-un anumit interval de timp, având în vedere variabilitatea încărcărilor,

rezistența materialelor și condițiile de mediu. Acest lucru se realizează printr-o serie de ecuații care cuantifică incertitudinile și modelează comportamentul structural sub diverse condiții. Unul dintre modelele fundamentale în analiza fiabilității este modelul bazat pe distribuții de probabilitate. Rezistența (R) și încărcarea/acțiunea (S) sunt modelate ca variabile aleatoare cu distribuții de probabilitate specifice. Fiabilitatea (P_f) este apoi determinată de probabilitatea ca încărcarea să depășească rezistența, adică probabilitatea de eșec:

$$P_f = P(S > R) \quad (3.2)$$

Această probabilitate de eșec poate fi calculată direct dacă distribuțiile sunt cunoscute, dar adesea se recurge la metode numerice, cum ar fi metoda elementelor finite sau simularea Monte Carlo, pentru a estima P_f în cazuri mai complexe.

Concepul de fiabilitate în ingineria civilă este stabilit în cadrul mai multor normative sau standarde de construcții în dependență de regiunea în care acestea sunt folosite. Conform lui (Melchers & Beck, 2017), fiabilitatea structurală implică aplicarea principiilor de mecanică structurală, statistici și teoria probabilităților pentru a estima probabilitatea ca o structură să nu atingă starea limită specificată, care poate fi, fie o stare limită ultimă (ULS), fie o stare limită de serviciu (SLS). Aceasta necesită o înțelegere profundă a comportamentului materialelor, a încărcăturilor, a condițiilor de mediu și a modurilor posibile de eșec, precum și a interacțiunilor dintre acești factori.

Fiabilitatea este adesea exprimată prin indicele de fiabilitate (β), care este o măsură statistică a siguranței și este definit ca distanța normalizată de la condiția media a încărcăturii la limita stării de eșec, luând în considerare variația atât a rezistenței materialelor, cât și a încărcărilor aplicate. Un indice de fiabilitate mai mare indică o probabilitate mai mică de eșec. (Ditlevsen & Madsen, 1996)

Majoritatea codurilor practice oferă satisfacerea condiției de fiabilitate în forma coeficienților parțiali de siguranță, unde valori caracteristice bine definite pentru încărcări și rezistențe sunt combinate cu coeficienții parțiali de siguranță, coeficienți de combinare, coeficienți de importanță ș.a. Într-o oarecare măsură acești coeficienți au fost calibrați în dependență de indicele de fiabilitate. Această metodă este definită în literatura tehnică ca și metoda semi-probabilistică. (Ton Vrouwenvekder, 2014).

Coeficienții parțiali de siguranță reprezintă o metodologie de proiectare care permite inginerilor să ia în calcul incertitudinile inerente în caracteristicile materialelor, acțiuni externe asupra structurilor și metodele de calcul structural. Această abordare este fundamentată pe principiul precauției, asigurându-se că structurile sunt capabile să suporte mai mult decât acțiunile preconizate în condiții normale de utilizare. În cadrul Eurocodurilor, coeficienții parțiali de siguranță sunt definiți pentru diferite tipuri de sarcini și materiale. De exemplu, pentru sarcini, se folosesc coeficienți de

majorare pentru a lua în considerare variațiile posibile ale sarcinilor pe durata de viață a structurii. Pentru materiale, coeficienții de micșorare reflectă incertitudinea legată de proprietățile rezistente ale materialelor utilizate.

Implementarea Eurocodurilor în Republica Moldova implică calibrarea coeficienților parțiali de siguranță la contextul local. Acest proces include considerarea condițiilor geotehnice specifice, a acțiunilor climaterice și a riscurilor seismice. Implementarea efectivă necesită o colaborare între autoritățile de reglementare, institutele de cercetare și profesioniștii din domeniul construcțiilor pentru a asigura că standardele sunt nu doar adoptate, dar și aplicate corect în practică.

Starea limită în teoria fiabilității construcțiilor este un concept central care definește condițiile în care performanța unei structuri sau a unui element structural nu mai corespunde criteriilor de proiectare stabilite. Aceste criterii sunt fundamentale pentru asigurarea siguranței, funcționalității și durabilității în proiectarea structurală. Stările limită pot fi clasificate în două categorii principale:

1. Stări limită ultime.
2. Stări limită de serviciu.

3.2 Indicele de fiabilitate și metoda coeficienților parțiali de siguranță

Indicele de fiabilitate reprezintă o măsură cutanificabilă crucială în ingineria structurală, fiind esențial în evaluarea probabilității ca o structură să își îndeplinească funcțiile proiectate fără a ceda sub acțiuni exterioare prevăzute. Acesta este un concept cheie integrat în Eurocoduri, care sunt normele europene de proiectare ce vizează armonizarea practicilor și standardelor de siguranță pentru construcții în întreaga Uniune Europeană. Prin adoptarea acestor standarde, inginerii sunt îndrumați să aplice metodologii de calcul care asigură un nivel adecvat de fiabilitate pentru toate tipurile de structuri.

Eurocodurile definesc indicele de fiabilitate printr-un model probabilistic, care ia în considerare variabilitatea încărcărilor (acțiuni), rezistențelor materialelor și incertitudinile legate de condițiile de exploatare ale structurilor.

Acest indice este exprimat prin factorul β , care oferă o măsură normalizată a distanței (în termeni de deviație standard) între distribuția medie a rezistenței și distribuția medie a încărcării. Cu cât β este mai mare, cu atât structura este considerată mai fiabilă. Matematic, indicele Beta (β) este definit ca raportul dintre diferența mediei rezistenței structurale (μ_R) și mediei încărcării sau solicitării (μ_S), la rădăcina pătrată a sumei varianțelor rezistenței (σ_R^2) și varianței încărcării (σ_S^2):

$$\beta = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}, \quad (3.3)$$

unde: μ_R și μ_S reprezintă valorile medii ale rezistenței și, respectiv, încărcării, iar σ_R^2 și σ_S^2 sunt varianțele asociate. Din punct de vedere fizic, indexul β reprezintă o măsură a „spațiului de siguranță” între starea de funcționare normală a unei structuri și punctul său de eșec. În esență, el cuantifică cât de „departe” este o structură de limita sa de eșec sub condiții de încărcare normale și extreme. Prin calcularea indexului Beta, inginerii pot identifica dacă o structură are suficientă rezervă de siguranță pentru a suporta variațiile așteptate în încărcări și rezistență, oferind astfel o bază solidă pentru decizii de proiectare informate și pentru optimizarea resurselor.

3.2.1 Metoda factorilor de siguranță parțiali

Indicele de fiabilitate, reprezentat prin β , este un concept central în proiectarea structurală conform Eurocodurilor, oferind o măsură cuantitativă a probabilității ca o structură să nu eșueze sub încărcările prevăzute. Acest indice nu este static, ci este ajustat prin aplicarea metodei factorilor de siguranță parțiali, care este esențială pentru a reflecta incertitudinile asociate cu încărcările și rezistențele materialelor.

Calculul indicelui de fiabilitate în Eurocoduri se bazează pe metoda factorilor de încărcare și rezistență, cunoscută sub numele de „**Design Load Method**” sau **metoda factorilor parțiali**. Această metodă presupune ajustarea valorilor caracteristice ale încărcărilor și rezistențelor printr-un set de coeficienți de siguranță, care reflectă incertitudinile asociate fiecărei variabile. Factorii parțiali sunt determinați pe baza unor analize statistice ale datelor istorice, iar aplicarea lor asigură că structura va avea o probabilitate acceptabil de mică de a ceda.

Tabelul 3.1 Avantajele și provocările implementării EN 1990

Avantaje	Provocări în Implementare
Optimizarea resurselor: Prin ajustarea factorilor de siguranță conform gradului specific de incertitudine, metoda permite o utilizare mai eficientă a materialelor, evitând supra-dimensionarea inutilă și costisitoare.	Necesită expertiză avansată: Aplicarea corectă a metodei necesită cunoștințe aprofundate în inginerie structurală, statistici și probabilități, precum și experiență în interpretarea datelor experimentale și în modelarea comportamentului structural.
Rigor științific: Aceasta metodă se bazează pe principii solide de inginerie și statistici, oferind un cadru robust pentru evaluarea riscurilor și a performanței structurale.	Dependența de date de înaltă Calitate: Precizia factorilor de siguranță parțiali depinde de disponibilitatea datelor fiabile privind proprietățile materialelor și caracteristicile încărcărilor, ceea ce poate fi o provocare, mai

Conformitate cu standardele internaționale: Metoda este aliniată cu abordările moderne în normele de proiectare, cum ar fi Eurocodurile, care promovează siguranța bazată pe performanță și analiza probabilității.	ales pentru materialele noi sau pentru condițiile de încărcare neobișnuite. Complexitatea calculului: Determinarea factorilor de siguranță parțiali adecvați și aplicarea lor în analiza structurală necesită folosirea software-urilor avansate de modelare și simulare, crescând astfel complexitatea și timpul necesar pentru proiectare.
---	---

Adoptarea Eurocodurilor în Republica Moldova impune o recalibrare a metodelor tradiționale de proiectare, cu o orientare spre această abordare probabilistică, mai riguroasă. Acest lucru presupune nu doar adaptări la nivelul normelor de proiectare, dar și o actualizare a educației și formării profesionale a inginerilor. Astfel, înțelegerea profundă a conceptului de indice de fiabilitate și a modului său de aplicare conform Eurocodurilor este esențială pentru asigurarea integrității și longevității structurilor proiectate și construite în această nouă paradigmă.

3.2.2 Durata de viață proiectată

Înțelegerea duratei de viață de proiectare, T_d , este esențială pentru stabilirea obiectivelor de fiabilitate în proiectarea structurală. Acest parametru nu doar că determină perioada pentru care se așteaptă ca o structură să funcționeze în parametrii proiectați, dar joacă și un rol cheie în definirea nivelurilor de fiabilitate asociate cu diferite tipuri de structuri. Conform documentelor (CEN, 2002) și (ISO, 1998), durata de viață de proiectare este asociată cu cinci categorii de structuri, fiecare având implicații directe asupra gradului de fiabilitate necesar.

Tabelul 3.2 Durata de viață T_d (Miroslav Sykora, 2016)

Categoria	Durata de viață, T_d	Exemplu
1	10 ani	Structuri temporare
2	De la 10 ani la 25 ani	Elemente structurale care pot fi înlocuite (părți a unei structuri)
3	De la 15 ani la 35 ani	Construcții argoindustriale
4	50 ani	Structuri și construcții obișnuite
5	100 și mai mult	Structuri speciale (centre nucleare, poduri)

Pentru structurile temporare, cu o durată de viață de proiectare de 10 ani, este acceptabil un nivel de fiabilitate mai redus comparativ cu structurile monumentale, unde T_d este de 100 de ani sau mai mult, ceea ce impune standarde de fiabilitate semnificativ mai înalte. Această diferențiere reflectă nu doar condițiile de utilizare și importanța structurală, ci și consecințele sociale și economice ale unui eventual eșec.

Probabilitățile de eșec la proiectare P_f sunt de obicei indicate în legătură cu consecințele sociale și economice așteptate. Eurocod 0 oferă clasificarea nivelurilor țintă de fiabilitate în trei clase de consecințe (înalte, normale, scăzute) și indică valorile adecvate ale indicilor de fiabilitate β pentru două perioade de referință T (1 an și 50 de ani).

3.3 Indicele de fiabilitate în normativele de proiectare din Republica Moldova

În Republica Moldova, normativele de proiectare structurală au fost influențate de reglementările fostei Uniuni Sovietice, cunoscute sub numele de „Standardele de Construcții și Norme” (SNiP). Aceste normative, inclusiv cele legate de fiabilitatea structurală, au servit ca principalele ghiduri tehnice pentru ingineri până la aderarea la standardele europene, inclusiv Eurocodurile. Deși SNiP nu utilizează explicit termenul „indice de fiabilitate” în același mod cu Eurocodurile, conceptele de bază sunt similare. Se urmărește asigurarea unei marje de siguranță pentru structură, astfel încât să poată rezista nu numai sub condițiile normale de încărcare, dar și în condiții extreme sau neașteptate.

Tabelul 3.3 Metodologia de determinare a coeficienților parțiali de siguranță conform SNiP

Încărcarea	Modelul probabilistic	Valoarea normată	γ_f
Permanentă	Repartiție normală	Conform datelor de proiect	1,05 1,3
Zăpadă	Valorile maxime	Maxima anuală așteptată conform analizei matematice	1,4 1,6
Vânt	Valorile maxime	Cu o perioadă de depășire de 5 ani	1,4
Ghețuș	Valorile maxime	Cu o perioadă de depășire de 5 ani	1,4
Utilaj	Procesul staționar normat	Conform pașaportului tehnic	1,15

CAPITOLUL IV. CALIBRAREA COEFICIENȚILOR PARȚIALI DE SIGURANȚĂ

4.1 Combinații de încărcări

4.1.1 Combinații de acțiuni în situații de proiectare persistente și tranzitorii

În contextul calibrării coeficienților parțiali de siguranță în proiectarea structurilor conform standardelor Eurocod, este esențial să luăm în considerare metodele de combinare a acțiunilor permanente și variabile. Conform EN 1990, care furnizează bazele pentru calculul structural, sunt stabilite proceduri specifice pentru combinarea acțiunilor în analiza fiabilității structurilor. De exemplu, pentru verificarea elementelor structurale, Eurocodul recomandă utilizarea combinației fundamentale de acțiuni pentru situațiile de proiectare permanentă și temporară. În acest context, expresia (6.10) din EN 1990, numită procedura A, definește valoarea de proiectare a efectului acțiunii E_d prin următoarea formulă:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \quad (4.1)$$

unde: $G_{k,j}$, P , $Q_{k,i}$ reprezintă valorile caracteristice ale acțiunilor permanente G , variabile Q și respectiv P , iar γ_G , γ_P , γ_Q sunt factorii parțiali pentru acțiunile respective. De asemenea, ψ_0 este factorul de combinație pentru acțiunea Q_k . În plus, o procedură alternativă, notată ca procedura B, este propusă tot de EN 1990 prin expresiile gemene (6.10a) și (6.10b), și se prezintă sub forma:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}; \quad (4.2)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \quad (4.3)$$

unde: ξ reprezintă factorul de reducere pentru acțiunea permanentă G . Aceste formule sunt fundamentale în determinarea modului în care acțiunile combinate afectează siguranța și performanța structurilor, reflectând astfel una dintre dimensiunile critice în calibrarea coeficienților de siguranță în cadrul procesului de proiectare conform normelor Eurocode în vigoare.

Combinația C este prezentată de două expresii (6.10a_{mod}), (6.10b), astfel expresiile de mai sus sunt considerate din încărcări permanente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j}. \quad (4.4)$$

Alte combinații de încărcări sunt determinate de către țările membre în anexele naționale. Standardul EN 1990 nu oferă recomandări în privința alegerii uneia dintre cele trei alternative. Sunt

exemple clare care arată că efectele rezultate ale acțiunii, care sunt determinate conform unor abordări particulare, pot să se diferențieze substanțial.

Valori recomandate ale coeficienților parțiali pentru acțiuni γ și coeficienții de reducere ψ sunt date în EN 1990.

Tabelul 4.1 Factorii parțiali (EN 1990)

Acțiune	Factorul parțial γ	Factorul de combinare ψ	Factorul de reducere ξ
Permanentă G	1,35	1,0	0,85
Variabile Q	1,5	0,7	-
Acțiuni impuse de mediu W	1,5	0,6	-

În cadrul procedurii de calibrare a coeficienților parțiali de siguranță, Anexele Naționale joacă un rol vital, sugerând utilizarea uneia dintre alternativele prezentate în EN 1990 pentru combinarea acțiunilor fundamentale în stările limită ultime și pentru acțiunile permanente și variabile. Este crucial de înțeles că selecția parametrilor determinați naționali poate influența semnificativ nivelul de fiabilitate al structurii. Conform Anexei C a procedurii de calibrare din EN 1990, sunt recomandați factori de reducere și combinație, care sunt sumarizați în Tabelul 4.1. Aceste valori, alături de alte valori specifice care pot fi utilizate în conformitate cu regulile naționale, contribuie la adaptarea procedurilor Eurocod la contextul specific fiecărei țări, permițând astfel o proiectare mai flexibilă și mai apropiată de realitățile locale, menținând totodată standardele de siguranță și fiabilitate stabilite la nivel european.

4.1.2 Combinații de acțiuni pentru situații de proiectare accidentală sau seismice

Combinațiile de acțiuni pentru verificarea structurii în situații de proiectare accidentale poate fi scrisă simbolic în felul următor

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "A_d" + "(\psi_{1,1} \text{ sau } \psi_{1,2}) \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (4.5)$$

Alegerea dintre $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ sau $\psi_{1,2} Q_{k,1}$ depinde de tipul de situație de proiectare de accident (impact, foc etc.). Situații tipice pot fi identificate în părțile relevante ale EN1991 până la EN1999.

Combinațiile de acțiuni pentru situații de proiectare accidentale trebuie să:

- implice o acțiune explicită accidentală A (foc sau impact) sau
- se referă la o situație după un eveniment accidental ($A = 0$)

4.1.3 Combinațiile de acțiuni pentru Starea Limită de Serviciu

Combinațiile de acțiuni care sunt aplicate pentru verificarea Stării Limite de Serviciu depind de caracterul efectelor acțiunii. Trei tipuri diferite de efecte ale încărcării sunt recunoscute în EN1990: ireversibilă, reversibilă și efecte de lungă durată. Respectiv, combinațiile de acțiuni sunt simbolic scrise ca:

- a. expresia caracteristică a combinațiilor de acțiuni (EN1990, expresia (6.14))

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P_k" + "Q_{k,1}" + " \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (4.6)$$

- b. combinații frecvente (EN1990 (expresia (6.15))

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P_k" + "\psi_{1,1} Q_{k,1}" + " \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (4.7)$$

- c. combinații cvasi-permanente (EN1990 (expresia 6.16))

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P_k" + " \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (4.8)$$

În corespundere cu Anexa A1 din EN1990 toți coeficienții parțiali pentru Starea Limită de Serviciu sunt egali cu unitatea. Combinările de acțiuni sus menționate diferă de utilizarea diversă a lui ψ_0, ψ_1, ψ_2 . De exemplu pentru aplicarea lui ψ_0 este reducerea pentru acțiuni neconducătoare în combinații caracteristice, ψ_1 și ψ_2 sunt aplicate în combinații frecvente și ψ_2 este utilizat în situații cvasi-permanente. Este important ca în dependență de proprietatea elementului structural (deplasări, fisuri) și numărul independent de acțiuni, fiecare combinații de acțiuni poate duce la mai multe cazuri de încărcare.

4.2 Metoda de fiabilitate de ordinul întâi (FORM) și factorii de sensibilitate

Metoda de fiabilitate de ordinul întâi (FORM) este o tehnică analitică folosită pentru a evalua probabilitatea de eșec a unui sistem sau componentă structurală. Această metodă este bazată pe conceptul de stări limită și variabile aleatorii asociate cu proprietățile materialelor, dimensiunile secțiunilor și sarcinile aplicate.

4.3 Studiu de caz. Element cu secțiune generic constantă

4.3.1 Introducere în problema cercetată

În cadrul acestui studiu de caz, ne propunem să explorăm comportamentul fiabilității unei secțiuni transversale generice a unei structuri sub influența unei singure acțiuni variabile, considerând în acest context încărcătura impusă Q ca principală sursă de incertitudine. Rezultatele analizei fiabilității sunt prezentate prin intermediul unor reprezentări grafice care ilustrează dependența dintre diferiți parametri de fiabilitate și raportul de încărcare χ . În mod specific, vom analiza cum variază

indicele de fiabilitate β , care oferă o măsură cantitativă a siguranței structurii, probabilitatea de eșec P_f , și factorii de sensibilitate $\alpha_R, \alpha_G, \alpha_Q, \alpha_W$ în relație cu acest raport de încărcare.

4.3.2 Metodologia calculului probabilistic al fiabilității

Standardul EN 1990 deschide calea pentru proiectarea sau verificarea structurilor prin metode probabilistice. Aceste metode presupun considerarea variabilelor de bază ca variabile aleatoare, fiecare având distribuții probabilistice normale. Se verifică dacă starea limită a unui element structural este depășită cu o probabilitate mai mică decât valoarea țintă:

$$P_f = P(g(X) < 0) < p_t \quad (4.9)$$

, unde:

$g(X)$ – funcția stării limite pentru care inegalitatea $g(X) < 0$ indică că starea limită este depășită;

P_f – probabilitatea de eșec

p_t - este valoarea țintă a probabilității de eșec

4.3.3 Selectarea Parametrului Determinat Național

Valorile Parametrilor Determinați Național și utilizați în analizele de fiabilitate corespund Valorilor Recomandate de CEN, așa cum sunt prezentate în codurile Eurocode. Opțiunile oferite de CEN pentru diferite combinații de acțiuni și valorile sugerate pentru factorii de reducere și factorii parțiali se regăsesc în EN 1990, în Anexa 1, subsecțiunea A1.3.1 (1), Tabelul A1.2(B).

După cum s-a menționat în subcapitolul 4.2.2, alegerea variantei alternative a expresiei (6.10) din EN 1990 pentru combinarea de bază a acțiunilor este denumită aici ca procedura A; atunci când sunt utilizate doar expresiile asociate (6.10a) și (6.10b), aceasta este desemnată ca procedura B; când în prima din expresiile asociate sunt aplicate doar acțiuni permanente (indicată aici ca expresii asociate modificate (6.10a_{mod} și 6.10b)), aceasta este numită procedura C; și, în final, când există posibilitatea națională de aplicare a ambelor proceduri, A sau B, adică atunci când alegerea națională include expresia (6.10), dar și expresiile (6.10a și 6.10b), se referă la aceasta ca procedura A + B. Tabelul 4.3 rezumă procedurile posibile pe care statele membre le pot adopta pentru combinarea fundamentală a acțiunilor.

Tabelul 4.2 Posibile variante a combinațiilor fundamentale pentru încărcări

Combinația	Expresiile din EN 1990
A	Ecuția 6.10
B	Ecuția 6.10a și 6.10b
C	Ecuția 6.10a _{mod} și 6.10b
A+B	Ecuția 6.10 sau 6.10a și 6.10b

Selecția națională a combinației fundamentale a acțiunilor pentru verificarea elementelor structurale în raport cu Stările Limită Ultime (ULS), care include factorul de reducere pentru sarcina permanentă, ξ , și factorii parțiali pentru acțiuni permanente și variabile, γ_G și γ_Q , este exemplificată în Tabelul 4.4. Valorile Parametrilor Determinați Național prezentate în Tabelul 4.4 au fost preluate din baza de date a JRC pentru unele state membre.

Tabelul 4.3 Valorile Parametrelor Determinați Național și combinația selectată din Anexele Naționale extras din EN 1990 și SNiP (Markova, et al., 2018)

Țara	Combinația selectată	Expresia din EN 1990		Coeficientul ξ	Factorul parțial γ_G	Factorul parțial γ_Q
		6.10	6.10a și 6.10b			
CEN	A,B,C	X	X	0.85	1.35	1.5
RO	A	X		VR	VR	VR
DNK	C	-	-	1	1.2	VR
CZE	A+B	X	X	VR	VR	VR
MD	-	-	-	-	1.05/1.1	1.3
NOTĂ: 1- Textul îngroșat semnifică preferința țării 2- VR – Valoare recomandată de CEN 3- În Republica Moldova $\gamma_G = 1.05$ pentru construcții metalice și $\gamma_G = 1.1$ pentru construcții din beton armat monolit.						

4.3.4 Crearea curbelor de fiabilitate și probabilităților de eșec

Acest subcapitol evidențiază nivelurile de fiabilitate a unui element structural generic cu o secțiune constantă, proiectate conform valorilor Parametrilor Determinați Național, prezentate în Tabelul 4.4, luând în calcul limitele superioare și inferioare ale valorilor caracteristice ale sarcinilor impuse conform EN 1991-1-1 (vezi Tabelul 4.2).

Folosind datele de intrare expuse în subcapitolele precedente s-au creat graficele cu curbele de fiabilitate pentru procedurile A, B și C. Procedura alternativă A (6.10) este ilustrată în roșu, procedura alternativă B (6.10a și 6.10b) în albastru, iar curba cea mai joasă în verde reprezintă procedura alternativă C, când în expresia 6.10a sunt considerate doar sarcinile permanente (6.10amod & 6.10b).

Pentru toate cazurile ca referință s-a luat o probabilitate țintă $p_t = 7.24 \cdot 10^{-5}$ pentru stările limită ultime (ULS) care corespund unui indice de fiabilitate țintă $\beta_t = 3,8$, pentru o perioadă de referință de 50 de ani.

4.3.4.1 Curba indicelui de fiabilitate și a probabilității de eșec conform CEN

Din Figura 4.1 se observă că această combinație A (adică expresia 6.10 din EN 1990) are un interval aproape deplin acceptabil pentru indicele de fiabilitate țintă $\beta_t = 3.8$ și probabilitate de eșec $p_t = 7.23 \cdot 10^{-5}$ în intervalul încărcării $0 < \chi < 0.8$. Totuși nivelul fiabilității variază semnificativ pentru $\chi > 0.6$.

Combinația B (adică expresiile 6.10a și 6.10b din EN 1990) sunt acceptabile pe un interval mai restrâns $0 < \chi < 0.6$ comparativ cu varianta A, însă oferă o distribuție mai uniformă față de indicele de fiabilitate țintă $\beta_t = 3.8$. Acest fapt indică faptul că proiectarea conform acestor combinații va duce la economia materialelor și resurselor în procesul de proiectare. Combinația C (adică expresia 6.10amod și 6.10b), oferă cel mai mic, scăzut nivel de fiabilitate față de altele două, în special în intervalul $0 < \chi < 0.2$. Această expresie nu se recomandă de folosit, decât dacă coeficienții parțiali de siguranță nu sunt măriți pentru a atinge un nivel de fiabilitate minim recomandat.

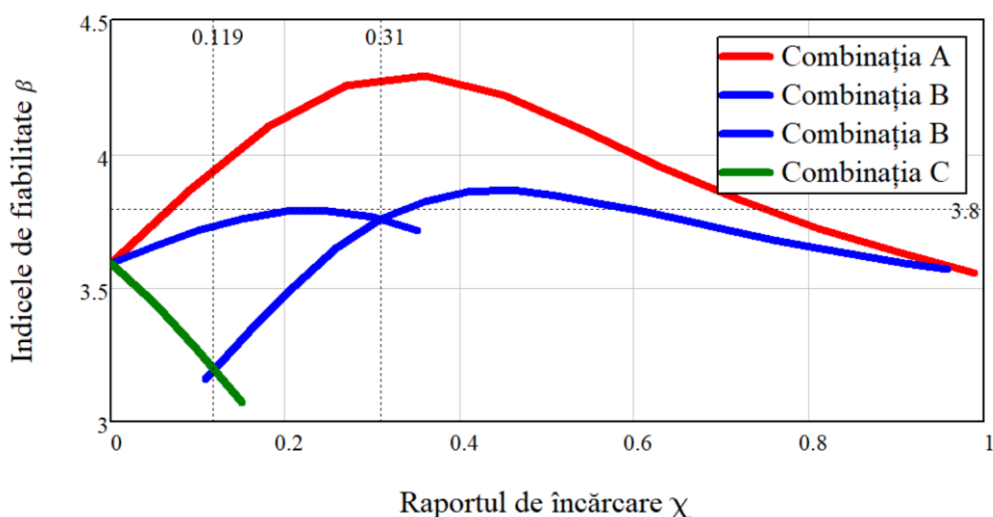


Figura 4.1 Curba indicelui de fiabilitate β în raport cu încărcarea χ (sursa autor)

4.3.4.2 Curba indicelui de fiabilitate și a probabilității de eșec în România (RO), Republica Cehă (CZE), Danemarca (DNK) și Republica Moldova (MD)

Graficul de mai jos ilustrează comparativ nivelurile indicelui de fiabilitate β pentru România (RO), Republica Cehă (CZE), Danemarca (DNK) și Republica Moldova (MD), în funcție de raportul de încărcare χ . Observăm că pentru România, unde s-a aplicat combinația A (expresia 6.10), indicele de fiabilitate β atinge cele mai înalte valori, indicând o probabilitate scăzută de eșec și astfel o abordare mai conservatoare în normele naționale anexate la Eurocod. În contrast, Republica Moldova, care se bazează pe standardele SNIp, prezintă cele mai mici valori ale indicelui β , sugerând o abordare mai puțin conservatoare, din cauza adoptării unor factori parțiali de siguranță care nu corespund integral cu recomandările (ISO 2394, 2015), ducând astfel la o fiabilitate structurală inferioară. Republica Cehă, care folosește o combinație între A și B (expresiile 6.10a și 6.10b), afișează valori

intermediare ale indicelui β , cu o preferință națională pentru expresia 6.10b, ceea ce ar putea reflecta o abordare echilibrată între conservatorism și optimizare a costurilor. Danemarca, care aplică expresia modificată 6.10amod, prezintă un nivel de fiabilitate mai scăzut decât România și Republica Cehă, dar totuși peste cel al Republicii Moldova, indicând utilizarea unor factori parțiali de siguranță ce încorporează posibil mai multă flexibilitate în proiectare.

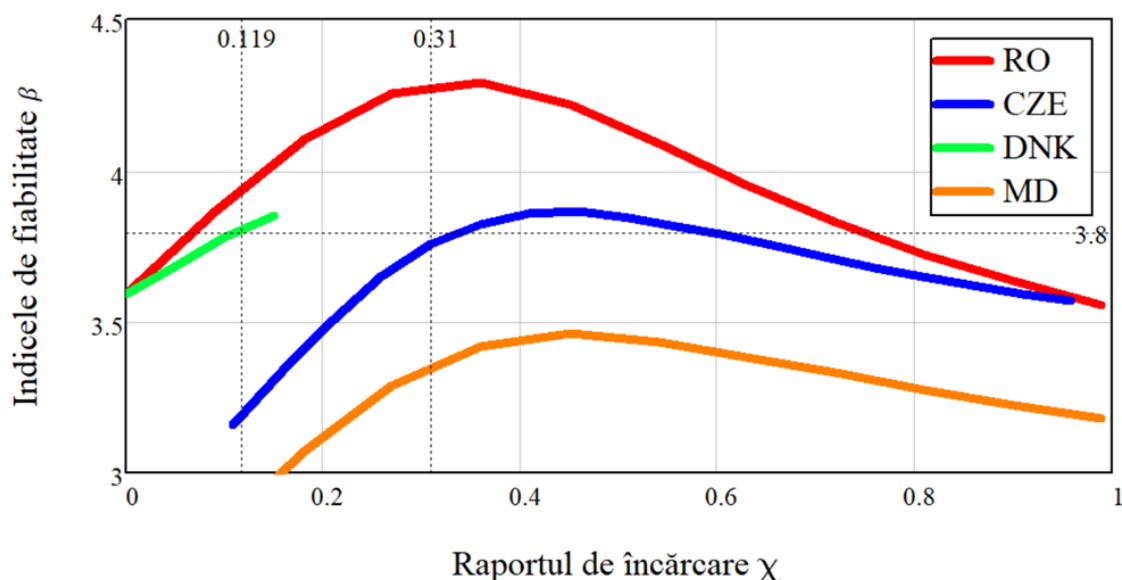


Figura 4.2 Curba indicelui de fiabilitate β în raport cu încărcarea χ (sursa autor)

Este semnificativ de remarcat că toate țările, cu excepția Republicii Moldova, mențin un indice de fiabilitate β peste pragul de 3.8, care este recomandat de Eurocod pentru un interval extins de χ , ceea ce implică respectarea standardelor Eurocod pentru siguranța structurilor. Aceste diferențe în abordarea normativelor naționale reflectă diversele strategii de inginerie și de management al riscului aplicate în fiecare țară, subliniind importanța alinierii la standardele internaționale pentru a asigura un nivel de siguranță optim al construcțiilor.

4.3.5 Concluzii

Analiza comparativă a datelor pentru România, Republica Cehă, Danemarca și Republica Moldova a oferit o perspectivă valoroasă asupra influenței normativelor naționale asupra fiabilității structurilor. Se observă că aplicarea factorilor parțiali de siguranță și a combinațiilor de acțiuni conform anexelor naționale la Eurocod are un impact direct asupra probabilităților de eșec și a indicelui de fiabilitate β al structurilor.

În cazul Republicii Moldova, unde s-au folosit normativele SNiP, se constată că indicele de fiabilitate β este semnificativ mai mic comparativ cu celelalte țări, sugerând că abordarea prezentă este puțin conservatoare care poate duce la riscuri mari în ceea ce privește siguranța structurală. Acest

lucru poate fi atribuit posibilei neconcordanțe între factorii parțiali de siguranță utilizați și cerințele standardelor europene.

Pe baza acestei analize, se recomandă ca Republica Moldova să ia în considerare următoarele aspecte pentru îmbunătățirea practicilor de proiectare și alinierea la standardele internaționale:

1. Actualizarea Normelor: Revizuirea și actualizarea normativelor naționale în conformitate cu cele mai recente versiuni ale Eurocodurilor, pentru a asigura un nivel adecvat de siguranță și fiabilitate. După cum s-a observat din graficele prezentate în subcapitole anterioare se poate trage concluzia că combinația A (expresia 6.10 din EN 1990) oferă cel mai înalt grad de fiabilitate, însă cu creșterea gradului de fiabilitate există și creșterea gradului de cheltuieli per construcție. Ca soluție se recomandă de folosit combinația (6.10a și 6.10b) în care se observă o distribuție uniformă a indicelui de fiabilitate și a probabilității de eșec.
2. Adoptarea Factorilor Parțiali de Siguranță conform prevederilor EN 1990: Adoptarea factorilor parțiali de siguranță conform recomandărilor Eurocode, cu ajustări bazate pe condițiile specifice locale, pentru a îmbunătăți nivelul de fiabilitate al structurilor. Din calculele făcute în subcapitolele precedente, ca și din evaluările procentului de adoptare a Paramentrilor Determinați Național, se recomandă pentru Republica Moldova să se accepte valorile recomandate în prevederile EN 1990 pentru a asigura un nivel de fiabilitate corespunzător.
3. Analiză Comparativă: Realizarea de studii comparative suplimentare care să exploreze impactul diferitelor abordări de proiectare asupra fiabilității structurale, folosind date din condiții reale de încărcare și exploatare. Ca exemplu poate fi folosit România și alte țări europene care au aceleași condiții climatice.

CAPITOLUL V. ELABORAREA HĂRȚILOR DE ZONARE DUPĂ ACȚIUNILE FACTORILOR CLIMATERICI

5.1 Acțiunile provenite de la vânt

5.1.1 Normarea încărcării vântului după SM SR Eurocod 1991: Acțiuni asupra structurilor, Partea 1-4: Acțiuni generale – Acțiuni ale vântului.

Eurocodurile au fost elaborate ca documente interpretative la Directiva 89/106 CEE, având menirea de a detalia cerințele la proiectarea construcțiilor și produselor pentru construcții. Pentru a utiliza Eurocodurile este necesar de efectuat următorul pas de interpretare/detaliere – de elaborat anexe naționale pentru aplicare în proiectarea construcțiilor, fapt care se realizează cu succes în țările prospere ale Europei și în țările fostei URSS. (Eremeev & alții, 2014)

În Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor Partea 1-4: Acțiuni generale - Acțiuni ale vântului: este prezentată normarea acțiunii vântului și metologia de calcul a acestor acțiuni.

Efectele vântului asupra construcțiilor și structurilor (de exemplu răspunsul structurii) depind de mărimea, forma și proprietățile dinamice ale construcției (structurii). Această parte tratează răspunsul dinamic datorat turbulenței în direcția vântului în rezonanță cu vibrațiile modului fundamental de încovoiere în direcția vântului. (Văcăreanu, 2006)

Viteza vântului și presiunea vitezei conțin o componentă medie și o componentă fluctuantă. Viteza medie a vântului v_m se determină din viteza de bază a vântului v_b și depinde de condițiile climatice din amplasament, dar și de variația vântului în funcție de înălțime, determinată de rugozitatea terenului și de condițiile orografice. (CR 1-1-4/2012, 2012)

Valoarea fundamentală a vitezei de referință a vântului $v_{b,0}$ este viteza medie caracteristică a vântului observată pe o durată de 10 min, indiferent de direcția vântului și de anotimp, determinată la o înălțime de 10 m deasupra terenului, în câmp deschis cu puțină vegetație cum ar fi iarba și obstacole izolate aflate la distanțe de cel puțin de 20 de ori înălțimea obstacolului. (Văcăreanu, 2006)

Viteza de referință a vântului v_b se calculează cu ajutorul expresiei:

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} \quad (5.1)$$

unde: v_b - este viteza de referință a vântului, definită în funcție de direcția vântului și de anotimp la 10 m deasupra unui teren de categoria A;

$v_{b,0}$ – este valoarea fundamentală a vitezei de referință a vântului, definită în funcție de direcția vântului și de anotimp la 10 m deasupra unui teren de categoria II;

c_{dir} – este coeficientul de direcție;

c_{season} – este factorul de anotimp.

5.1.2 Rezultatele procesării datelor primare despre vânt

În momentul actual, Republica Moldova are la dispoziție 18 stații meteorologice, care sunt prezentate în Tabelul 5.3, amplasate geografic conform imaginii prezentate în Figura 5.6. Pentru fiecare stație sunt indicate mai multe caracteristici: numele, coordonatele geografice, altitudinea deasupra nivelului mării și viteza medie a vântului pentru perioada de timp de 22 de ani.

Tabelul 5.1 Date generale despre stațiile meteorologice (Rachier, 2016)

Nr.	Nume	Lat	Lon	Elev	Din	Până	VMV
1	Briceni	48.35213	27.10206	261	01/1990	12/2011	2.19
2	Bravicea	47.37218	28.43831	78	01/1990	12/2011	1.4
3	Balțata	47.05538	29.03615	79	01/1990	12/2011	2.45
4	Bălți	47.77462	27.95065	102	01/1990	12/2011	2.7
5	Comești	47.36717	27.99398	232	01/1990	12/2011	2.51
6	Cahul	45.89924	28.21345	196	01/1990	12/2011	3.71
7	Comrat	46.30286	28.62947	133	01/1990	12/2011	2.52
8	Ceadir-Lunga	46.03558	28.85220	180	01/1990	12/2011	3.98
9	Camenca	48.04352	28.69812	154	01/1990	12/2011	2.55
10	Chișinău	46.97169	28.84828	173	01/1990	12/2011	2.28
11	Dubăsari	47.28971	29.12363	40	01/1990	12/2011	1.94
12	Fălești	47.58341	27.70487	162	01/1990	12/2011	2.11
13	Leova	46.48842	28.28340	156	01/1990	12/2011	2.55
14	Rîbnița	47.77253	29.01650	119	01/1990	12/2011	2.02
15	Soroca	48.19849	28.31189	173	01/1990	12/2011	2.83
16	Ștefan-Vodă	46.52788	29.65116	173	01/1990	12/2011	2.37
17	Tiraspol	46.83431	29.61699	40	01/1990	12/2011	2.84
18	Codrii	47.11117	28.36667	157	01/1990	12/2011	1.28

Unde:

Lat – latitudinea în grade, N;

Lon – longitudinea în grade, E;

Elev – înălțimea în metri deasupra nivelului mării;

Din/Până – perioada măsurărilor în an/luna;

VMV – viteza medie a vântului în m/s.

5.1.3 Valori de referință ale vitezei și presiunii dinamice ale vântului

Valoarea de referință a vântului v_b , măsurată la o înălțime de 10 m deasupra terenului, în câmp deschis, cu o lungime de rugozitate z_0 de 0.5 m, este exprimată cu o probabilitate de depășire de 2% pe an (cu un interval mediu de recurență $IMR=50$ ani). (Vacareanu, 2011)

Medierea vitezei vântului timp de zece minute oferă o definiție precisă a vitezei vântului pentru o suprafață considerabilă și pentru o perioadă de timp suficientă pentru a dezvolta răspunsul complet al unei structuri. (Vacareanu, 2011)

Analiza statistică a valorilor maxime anuale ale vitezei mediate a vântului permite stabilirea valorii de referință a vitezei vântului, care are o probabilitate anuală de depășire de 2%.

Se propune ca numărul de ani de înregistrări meteorologice să fie egal cu intervalul mediu de recurență asociat cu viteza de referință, adică cincizeci de ani. Se recomandă utilizarea unui tip de repartitie de probabilitate a valorilor extreme în toate stațiile meteo pentru zonarea acțiunii vântului

Pentru evaluarea corectă a vitezei de referință a vântului este necesar de parcurs următoarele etape:

1. achiziționarea, supravegherea și corectarea măsurărilor vitezelor medii și a direcțiilor vântului la locul măsurării;
 2. convertirea datelor măsurate în valori, conform definiției vitezei de referință a vântului;
 3. analiza probabilistică a datelor care au fost modificate și colectate la punctul (2).
- (Vacareanu, 2011)

Valoarea de referință a presiunii dinamice a vântului este presiunea determinată cu valoarea de referință a vitezei vântului:

$$q_b = \frac{1}{2} p_a v_b^2 \quad (5.2)$$

Pentru aerul standard la 20 °C, densitatea aerului este de $p_a = 1.25 \frac{kg}{m^3}$. În relația (5.2), presiunea de referință este obținută în Pascali, dacă viteza de referință a vântului se introduce în metri/secundă. (Vacareanu, 2011)

5.1.4 Calculul vitezei și a presiunii dinamice a vântului în Republica Moldova

În cadrul acestei lucrări este necesar de calculat valorile de referință ale vitezei și presiunii dinamice a vântului în cele 18 stații meteorologice din Republica Moldova.

Calculul valorilor de referință ale vitezei după datele din stația meteorologică Briceni, r. Briceni. Se va utiliza repartitia tip I, Gumbel pentru maxime.

Tabelul 5.2 Valorile maxime anuale ale vitezei vântului în stația meteorologică Briceni

Nr.	Stația meteorologică	Anul	Valoarea maximală a vitezei vântului, m/s
4	Briceni	1990	14
		1991	22
		1992	14
		1993	17
		1994	12
		1995	15
		1996	10
		1997	16
		1998	19
		1999	19
		2000	20
		2001	11
		2002	16
		2003	27
		2004	12
		2005	10
		2006	8
		2007	11
		2008	12
		2009	9
		2010	10
		2011	10

Determinarea numărului claselor se va efectua după regula Sturges:

$$k = 1 + 3.32 \lg N = 1 + 3.32 * \lg N = 5.46$$

Se determină media, abaterea standard și coeficientul de variație a vitezei maxime anuale:

$$m_1 = \sum_{i=1}^{22} f_i x_i = 13,64 \frac{m}{s};$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^{22} f_i (x_i - m_1)^2} = 4,50 \frac{m}{s};$$

$$V_1 = \frac{\sigma_1}{m_1} = 0,330.$$

Tabelul 5.3 Frecvențe absolute ale vitezei vântului în stația Briceni (Țurcan, 2017)

i	Intervalul de grupare a vitezelor, m/s			Valoarea centrală a intervalului x_i , m/s	Frecvențe absolute	Frecvențe relative f_i	Frecvențe relative cumulate
1	8	-	12	10	11	0.500	0.500
2	12	-	16	14	5	0.227	0.727
3	16	-	20	18	4	0.182	0.909
4	20	-	24	22	1	0.045	0.955
5	24	-	28	26	1	0.045	1.000

Parametrii repartiției Gumbel pentru maximele anuale, α_1 și modulul u_1 au valorile:

$$\alpha_1 = \frac{1.282}{\sigma_1} = 0.285$$

$$u_1 = m_1 - 0.45 \cdot \sigma_1 = 11.61 \frac{m}{s}$$

iar funcția de repartiție a maximelor anuale este:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha_1(x-u_1)}} = e^{-e^{-0.285(x-11.61)}}$$

densitatea de repartiție a maximelor anuale este:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx} = 0.285 * e^{-e^{x+3.30885}} * e^{-0.285*x+3.30885}$$

Având în vedere că determinăm fractilul vitezei având probabilitatea 2% de a fi depășită într-un 1, rezultă că: $N = 1 \text{ an}$, iar $p = 1 - 0.02 = 0.98$, determinăm

$$K = K_N = \left(\frac{-\ln \ln \frac{1}{p}}{1.282} - 0.45 \right) + \frac{\ln N}{1.282} = \left(\frac{-\ln \ln \frac{1}{0.98}}{1.282} - 0.45 \right) + \frac{\ln 1}{1.282} = 2.593$$

Respectiv fractilul vitezei cu probabilitatea 2% de a fi depășit într-un an este:

$$v_{0.98} = x_{0.98} = m_1 + 2.593 \cdot \sigma_1 = 25.30 \frac{m}{s}$$

Valoarea presiunii dinamice a vântului este presiunea determinată cu valoarea de referință a vitezei vântului

$$q_b = \frac{1}{2} \rho_a v_b^2 = \frac{1}{2} * 1.25 \frac{kg}{m^3} * \left(25.30 \frac{m}{s} \right)^2 = 400 Pa$$

În urma determinării valorilor necesare obținem tabelul centralizator pentru toate stațiile meteorologice din Republica Moldova.

Tabelul 5.4 Valorile de referință pentru viteza și presiunea dinamică a vântului pentru cele 18 stații hidrometeorologice (Țurcan, 2017)

Nr.	Nume	$x_{0.98}$, m/s	q_b , kPa
1	Bălțata	19	0.23
2	Bălți	20	0.25
3	Bravicea	17	0.18
4	Briceni	26	0.42
5	Cahul	23	0.33
6	Camenca	18	0.20
7	Ceadâr-Lunga	18	0.20
8	Chișinău	14	0.12
9	Comrat	18	0.20
10	Cornești	16	0.16
11	Dubăsari	18	0.20
12	Fălești	15	0.14
13	Leova	21	0.28
14	Rîbnița	17	0.18
15	Soroca	23	0.33
16	Ștefan-Vodă	20	0.25
17	Tiraspol	18	0.20
18	Codrii	24	0.36

Pentru a crea Hărția de hazard de vânt a Republicii Moldova, vom uniformiza datele și vom determina câte zone ar trebui împărțite după acțiunea vântului.

Tabelul 5.5 Valorile de referință pentru viteza $v_{b.0}$ și presiunea dinamică $q_{b.0}$ a vântului în Republica Moldova având IMR=50 ani (Țurcan, 2017)

Zona	$v_{b.0}$ (m/s)	$q_{b.0}$ (kN/m ²)
1	30	0.55
2	20	0.3
3	25	0.4
4	28	0.5



Figura 5.1 Harta de zonare a valorii fundamentale a presiunii dinamice de referință a vântului $v_{b,0}$ în Republica Moldova având IMR=50 ani

5.2 Acțiuni provenite de la zăpadă

5.2.1 Determinarea încărcării normate de zăpadă pe sol la st. Briceni

Folosind maximele anuale ale cantității de apă în r. Briceni pe perioada 1950-2015 se va analiza repartitia normală. Datele sunt grupate în tabelul de mai jos. Datele au fost împărțite în clase după formula lui Stugers $= 1 + 3.32 \lg n$, unde n numărul de date examinate. Media, abaterea standard și coeficientul de variație ai presiunii învelișului de zăpadă sunt :

$$m_1 = \sum_{i=1}^7 f_i x_i = 51.621 \text{ kgf/m}^2$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^7 f_i (x_i - m_x)^2} = 33.01 \text{ kgf/m}^2$$

$$V_1 = \frac{\sigma_x}{m_x} = 0.639$$

Parametrii repartitiei Gumbel pentru maximele anuale, α_1 și modulul u_1 au valorile :

$$\alpha_1 = \frac{1.282}{\sigma_1} = \frac{1.282}{33.01} = 0.0388 \text{ kgf/m}^2$$

$$u_1 = m_1 - 0.45\sigma_1 = 51.621 - 0.45 \cdot 0.0388 = 51.603 \text{ kgf/m}^2$$

Funcția de repartitie a maximelor anuale este :

$$F(x) = \exp(-\exp(-\alpha_1(x - u_1))) = \exp(-\exp(-0.0388(x - 51.603)))$$

Tabelul 5.6 Frecvențele absolute a zăpezii pe sol, r. Briceni

Numărul clasei, i	Intervalul de grupare	Valoarea concentrată a intervalului x_i	Frecvențele absolute	Frecvențele relative f_i	Frecvențele relative cumulate $\sum_{j=1}^i f_j$
1	10-30	20	21	0.3387	0.3387
2	31-50	40.5	15	0.2419	0.5806
3	51-70	60.5	12	0.1935	0.7742
4	71-90	80.5	5	0.0806	0.8548
5	91-110	100.5	4	0.0645	0.9194
6	111-130	120.5	3	0.0484	0.9677
7	131-150	140.5	2	0.0323	1.0000

Densitatea de repartiție a maximelor anuale este :

$$f(x) = \frac{\partial F(x)}{\partial x} = 0.0388 \exp(-\exp(x - 0.00388 + 2.0022)) \cdot \exp(-0.0388x + 2.0022)$$

Fractilii repartiției $F(x)$ corespunzând la diferite perioade medii de revenire $\bar{T} = 10, 20, 50, 100$ ani se calculează cu formula :

$$x_{\bar{T}} = m_1 + K_1 \sigma_1$$

, unde

$$K_1 = \frac{-\ln \ln \frac{1}{1 - \frac{1}{\bar{T}}}}{1.282} - 0.45$$

Calculând K_2 pentru diferite perioade medii se obțin următoarele valori ale fractililor :

$$x_{\bar{T}=10 \text{ ani}} = m_1 + 1.304 \cdot \sigma_1$$

$$x_{\bar{T}=20 \text{ ani}} = m_1 + 1.866 \cdot \sigma_1$$

$$x_{\bar{T}=50 \text{ ani}} = m_1 + 2.592 \cdot \sigma_1$$

$$x_{\bar{T}=100 \text{ ani}} = m_1 + 3.138 \cdot \sigma_1$$

Funcția de repartiție a maximelor în $N = 50$ ani ale presiunii învelișului de zăpadă este tot de tip Gumbel :

$$[F(x)]^N = \exp(-\exp(-\alpha_N(x - u_N))) = \exp(-\exp(-0.0388(x - 152.333)))$$

Densitatea de repartiție a maximelor în $N = 50$ ani ale presiunii învelișului de zăpadă este:

$$f_N(x) = \frac{\partial [F(x)]^N}{\partial x} = 0.0388 \exp(-\exp(x - 0.0388 + 5.91)) \cdot \exp(-0.0388x + 5.91)$$

, unde parametrii noii repartiții sunt :

$$\alpha_N = \alpha_1 = 0.0388$$

$$u_N = u_1 + \frac{\ln N}{1.282} \sigma_1 = 51.603 + \frac{\ln 50}{1.282} \cdot 33.01 = 152.333 \text{ kgf/m}^2$$

$$K_N = K_1 = \left(\frac{-\ln \ln \frac{1}{p}}{1.282} - 0.45 \right) + \frac{\ln N}{1.282} = 4.917$$

Fractilii x_p ai repartiției Gumbel $[F(x)]^N$ a maximelor în $N = 50$ ani având probabilitatea $p = 5\%$ de a fi depășită în $N = 50$ ani este :

$$x_{0.95} = m_1 + K_N \cdot \sigma_1 = 51.621 + 4.917 \cdot 33.01 = 213.931 \text{ kgf/m}^2$$

5.2.2 Rezultate finale

Tabelul 5.7 Analiza comparativă a valorii calculate

Țara	Standardul	Tipul repartiției utilizate	Perioada de revenire în $\bar{T}$ ani	Valoarea calculată în contextul adaptării pentru RM (nord-centru-sud) (kgf/m^2)
România	SR EN 1991-1-3/NA	Gumbel, lognormală	50	140 – 110 – 85
Ucraina	ДБН В.1.2-2:2006	Gumbel	50	140 – 110 – 85
Canada	NBC 1975	Gumbel	30	120 – 97 – 72
USA	ANSI A 58.1-1972	Frèchet	50	150 – 110 – 80
URSS	СНП 2.01.07-85	Gumbel	10	95 – 80 – 60

În tabelele de mai jos sunt prezentați fractilii maximelor repartiției Gumbel și Frèchet în funcție de perioada medie de revenire în r. Briceni, mun. Chișinău, r. Cahul.

Tabelul 5.8 Perioade medii de revenire a fractililor, r. Briceni

$\bar{T}$, ani	Probabilitatea $1 - p$	Gumbel
10		94.7
20		113.2
50		137.2
100		155.2

Tabelul 5.9 Perioade medii de revenire a fractililor, mun. Chișinău

$\bar{T}$, ani	Probabilitatea $1 - p$	Gumbel
10		77.1
20		91.3
50		109.6
100		122.4

Tabelul 5.10 Perioade medii de revenire a fractililor, r. Cahul

$\bar{T}$, ani	Probabilitatea $1 - p$	Gumbel
10		58.6
20		68.7
50		81.6
100		91.3



Figura 5.2 Harta de zonare a presiunii stratului de zăpadă pe sol în RM, IMR=50 ani

5.3 Acțiuni termice

Temperatura aerului este o măsură a stării de căldură a aerului și este unul din criteriile fundamentale pe baza căruia se apreciază zonarea climatică a unui teritoriu geografic. Astfel, împărțirea climatică ține seamă de următorii factori climatici: (Dan Ghiocel, 1972)

- Temperatura aerului;
- Umiditatea relativă a aerului;
- Radiația solară;
- Presiunea atmosferică.

5.3.1 Parametrii normați ai climatului interior

Izolarea termică pentru elemente de construcții care delimitează încăperile încălzite ale unităților funcționale la clădirile de locuit, social-culturale și industriale se realizează în scopul asigurării climatului interior impus de cerințele minimale de confort și respectiv condițiile de exploatare normală.

Parametrii normați ai climatului interior: temperatură, umiditate relativă, diferența între temperatura aerului interior și a suprafeței interioare a elementelor exterioare se obțin în funcție de destinația clădirilor (Dan Ghiocel, 1972).

5.3.2 Zonarea acțiunilor termice în Republica Moldova

Valorile caracteristice ale temperaturilor maxime și minime ale aerului la umbră sunt valori probabilistice cu o probabilitatea anuală de depășire de 2% (egal cu intervalul mediu de recurență IMR=50 ani), conform standardului european Eurocod 1991-1-5. (Răileanu, et al., 2018)

Au fost utilizate sistemele informatice geografice pentru a interpola valorile caracteristice ale temperaturilor extreme și a le îngloba în hărți de izoterme. Datorită valorilor diurne ale aerului la umbră, temperaturile maxime și minime anuale au fost calculate statistic și comparate cu o distribuție de valori extreme de tip Gumbel. Datele au fost colectate de la SHS, care au fost înregistrate la înălțimea de 2 m deasupra pământului de la 16 stații meteorologice cu perioada de 1961 – 2015.

În consecință, trendul temperaturilor minime anuale arată că începând cu anii 80 ai secolului XX, temperaturile minime extreme anuale au scăzut. Cu toate acestea, acest lucru indică faptul că iernile devin mai reci.



Figura 5.3 Harta de izoterme a Republicii Moldova pentru valori caracteristice maxime anuale a aerului la umbra cu IMR = 50 ani (°C)



Figura 5.4 Harta de izoterme a Republicii Moldova pentru valori caracteristice minime anuale a aerului la umbra cu IMR = 50 ani (°C)

CAPITOLUL VI. EFECTUL IMPLEMENTĂRII EUROCODURILOR

6.1 Adoptarea și implementarea Eurocodurilor în contextul EU

6.1 Experiența statelor membre UE în adoptarea și implementarea Eurocodurilor

În teza de doctorat a fost studiată experiența altor state membre ale UE în adoptarea și implementarea Eurocodurilor:



România

Eurocodurile au fost adoptate în 2005 prin Ordin nr. 620 din 29 aprilie 2005 *"cu privire la implementarea și utilizarea eurocodurilor pentru construcții"*.

Implementarea eurocodurilor va respecta calendarul descris în anexa A la Ghidul L *"Aplicarea și utilizarea eurocodurilor"*, subsecvent Directivei 89/106/CEE privind libera circulație a produselor pentru construcții. (Ordin nr.620, 2005)

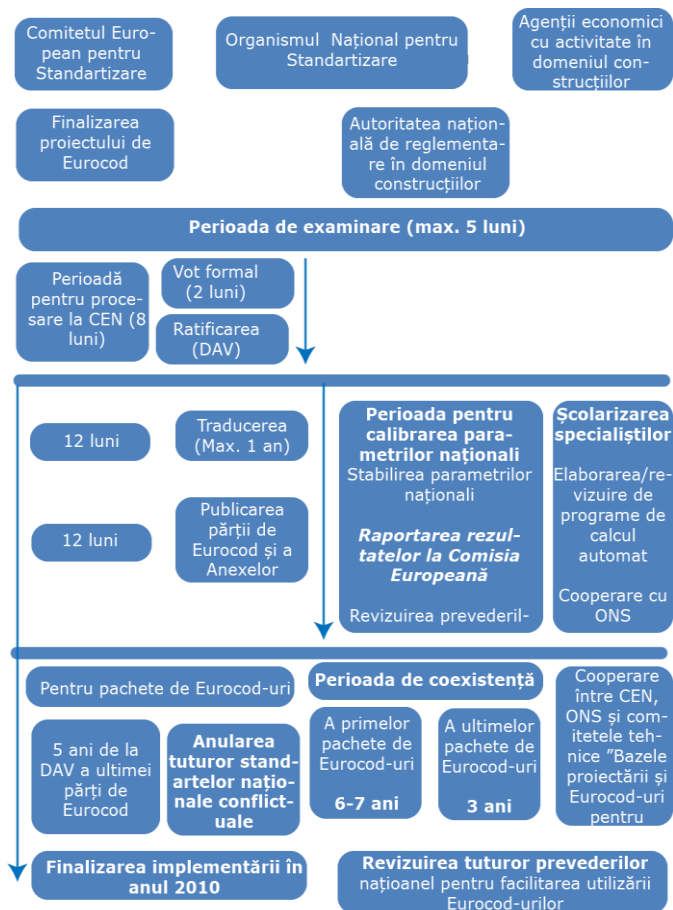


Figura 6.1 Planul de implementare a Eurocod-urilor în România

6.2 Studiu de caz nr.1. Calculul unei structuri conform normativelor în vigoare și normativelor Eurocod

6.2.1 Date inițiale

Pentru a evalua în mod precis eficacitatea aplicării Eurocodurilor în contextul Republicii Moldova, se propune realizarea unui studiu de caz detaliat. Acesta va implica calculul structural a unei structuri în cadre de beton armat, compusă din subsol, parter și 4 etaje (S+P+4E). Analiza va fi efectuată conform prescripțiilor **Eurocodurilor (cazul I)** și în conformitate cu normativele specifice de proiectare din Republica Moldova - **NCM și SNiP (cazul II)**. Scopul acestui studiu de caz este de a determina nivelul de fiabilitate al structurii examinate, pentru a aprecia impactul implementării Eurocodurilor atât din perspectiva structurală, cât și din cea economică. Calculul se va face cu ajutorul pachetului aplicativ SCAD Office 21, bazat pe metoda elementelor finite.

Date inițiale pentru proiectare.

- Structura are trei deschideri de 6 metri și 4 travee de 6 metri;
- Lungimea nominală interaxă este de 25.725 x 19.325 metri;
- Structura parterului și etajelor este compusă din grinzi și coloane cu secțiunea transversală dreptunghiulară cu dimensiunea de 400x400 mm;
- Structura subsolului este compusă din coloane, cu secțiunea transversală 400x400mm, și pereți portanți pe perimetru;

Tabelul 6.1 Coeficienții parțiali de siguranță pentru încărcări

Nr	Tipul	SNiP			Eurocod		
		Valoarea normată	Coeficientul de siguranță	Valoarea de calcul	Valoarea normată	Coeficientul de siguranță	Valoarea de calcul
1	Permanentă	~*	1,1	~*	~*	1,35	-
2	Pardosea	0,85	1,3	1,105	0,85	1,5	1,275
3	Încărcarea utilă (planșeu)	1,5	1,3	1,95	2,0	1,5	3,0
5	Zăpadă	0,5	1,4	0,7	1,0	1,5	1,5
*Încărcarea permanentă se calculează în mod automatizat în aplicația SCAD Office 21							

6.2.2 Calculul necesarului de armare pentru clădirea proiectată

După calculul structurii prin metoda elementelor finite, vom arma principalele elemente ale clădirii (coloane, grinzi, planșeu) conform normativelor în vigoare și conform normativelor Eurocod.

În tabelele de mai jos este prezentată armarea conform **normativelor în vigoare**.

Tabelul 6.2 Centralizator al totalurilor de armătură

Nr	Denumirea	Normele în vigoare (kg)	Normativele Eurocod (kg)	Diferența
1	Grinzi	18192,54	23676,04	23,16%
2	Plăci de planșeu	28966,17	45205,65	35,92%
3	Coloane	3486,39	5596,58	37,70%
	Total	50645,10	74478,27	32,00%

Analiza efectuată permite să se confirme următoarele: Coeficienții de siguranță aplicați în calculul structurii sunt mai mari în Eurocode decât în SNiP II.01.07-85 „Încărcări și Acțiuni”, ceea ce duce la o cantitate de armătură cu 32% mai mare în cazul proiectării conform Eurocod, respectiv consumul de armătură va induce și o creștere semnificativă a prețului pentru clădirile proiectate conform normelor europene, decât clădirile proiectate conform normelor în vigoare.

6.3 Chestionar cu privire la analiza eficienței implementării Eurocodurilor în Republica Moldova

În perioada **1 – 7 aprilie 2024** a fost realizat un chestionar, dedicat inginerilor proiectanți de structuri, cu privire la analiza eficienței implementării Eurocodurilor în Republica Moldova. Au fost adresate **16 întrebări**, la care au fost oferite mai multe variante de răspuns.

Scopul acestui chestionar reprezintă obținerea perspectivelor și experiențelor inginerilor proiectanți de structuri în ceea ce privește eficiența și implementarea Eurocodurilor în Republica Moldova.

Metodologia de cercetare. A fost aplicat următorul instrument de cercetare și analiză: chestionarea a **69 de reprezentanți a inginerilor proiectanți de structuri**. Rezultatele chestionarului ne oferă detalii cu privire la evaluarea nivelului de cunoaștere și utilizare a Eurocodurilor în domeniul construcțiilor, identificarea provocărilor și deficiențelor în implementarea acestora și sugestiile pentru sporirea capacităților inginerilor proiectanți. Întrebările au fost elaborate în așa mod pentru ca să acopere diferite aspecte legate de Eurocoduri, cum ar fi familiaritatea cu Eurocodurile, experiența în utilizarea lor în proiecte de construcție, percepția asupra relevanței și

eficacității lor în contextul Republicii Moldova și sugestiile pentru îmbunătățirea implementării acestora.

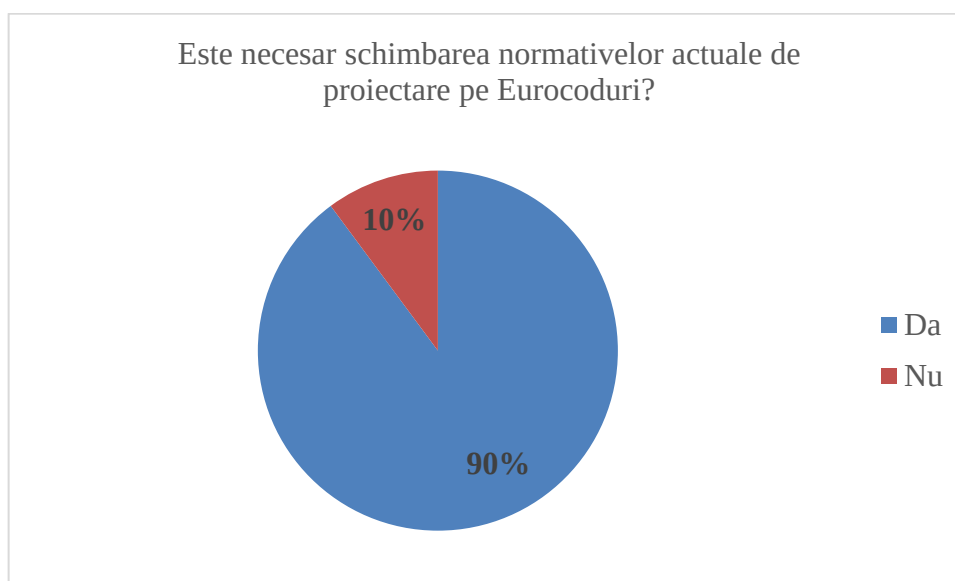


Figura 6.2 Este necesar schimbarea normativelor actuale de proiectare pe Eurocoduri?

Conform percepției inginerilor proiectanți de structuri care au participat la chestionar, 90% dintre aceștia consideră că este necesar înlocuirea normativelor actuale cu Eurocoduri, pe când 10% și-au exprimat intenția că schimbarea normativelor nu este necesară.

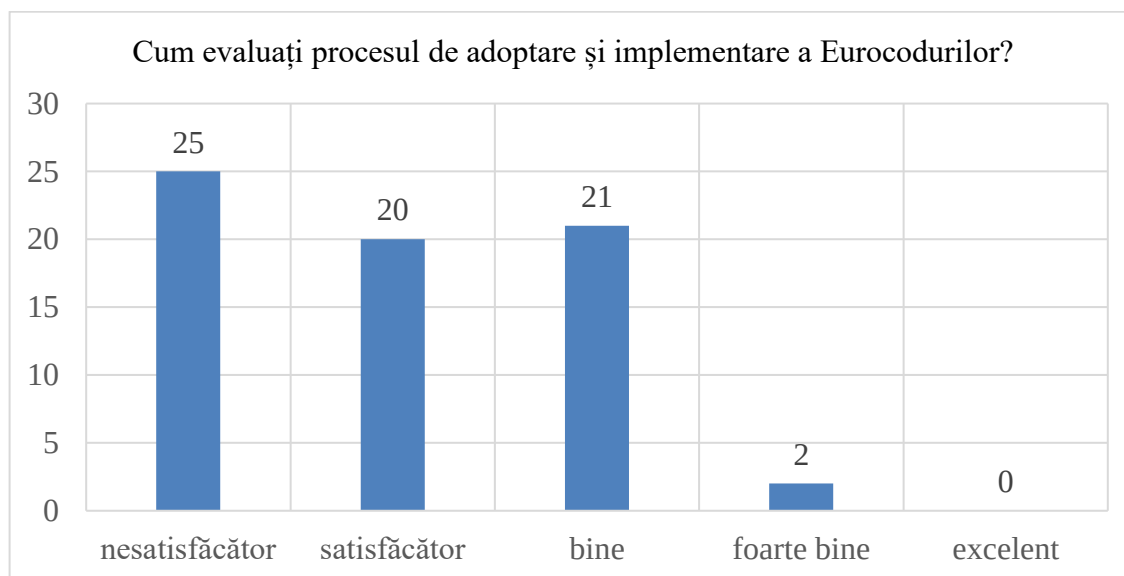


Figura 6.3 Cum evaluați procesul de adoptare și implementare a Eurocodurilor?

La întrebarea „Cum evaluați procesul de adoptare și implementare a Eurocodurilor?” au fost recepționate următoarele răspunsuri: 25 de ingineri proiectanți (36.7%) au apreciat ca nesatisfăcător, 20 de ingineri proiectanți (29.4%) au apreciat ca satisfăcător, 21 de ingineri proiectanți (30.8%) au apreciat ca bine, iar 2 ingineri proiectanți (3.1%) au apreciat ca foarte bine.

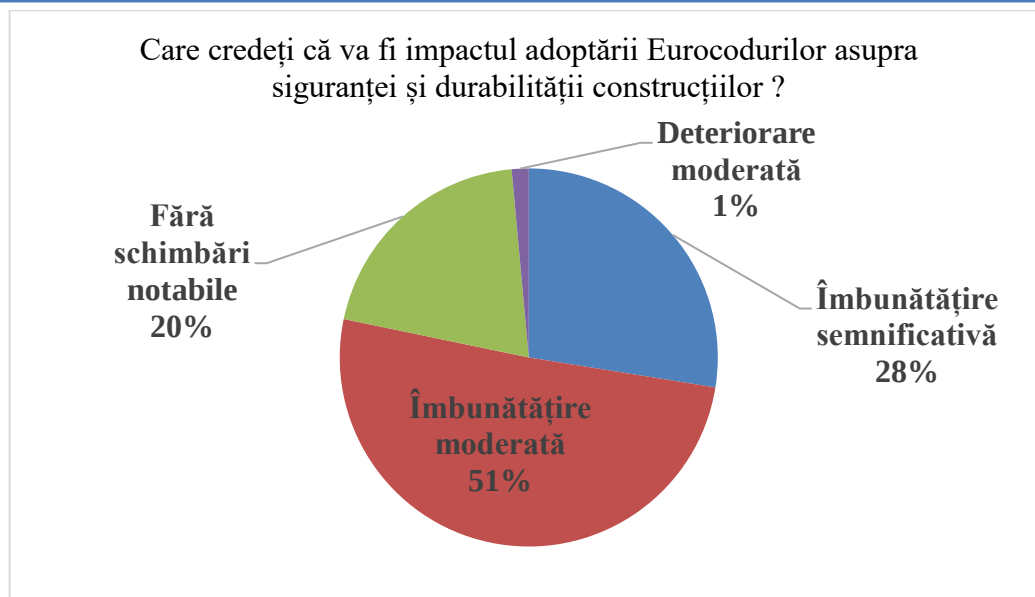


Figura 6.4 Care credeți că va fi impactul adoptării Eurocodurilor asupra siguranței și durabilității construcțiilor ?

La întrebarea „Care credeți că va fi impactul adoptării Eurocodurilor asupra siguranței și durabilității construcțiilor” au fost primite următoarele răspunsuri: 28% consideră că va fi o îmbunătățire semnificativă; 51% consideră că va fi o îmbunătățire moderată; 20% consideră că va fi fără schimbări notabile, iar 1% consideră că va fi o deteriorare moderată.

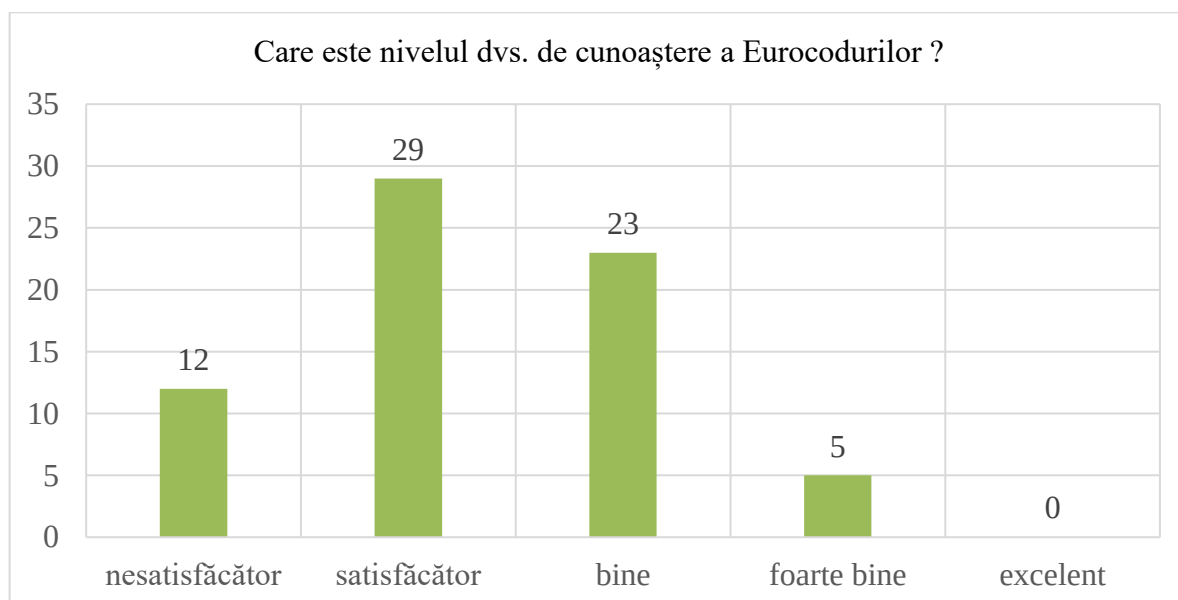


Figura 6.5 Care este nivelul dvs. de cunoaștere a Eurocodurilor ?

La întrebarea „Care este nivelul dvs. de cunoaștere a Eurocodurilor ?” au fost recepționate următoarele răspunsuri: 12 respondenți (17.3%) consideră că nivelul de cunoaștere este nesatisfăcător; 29 de respondenți (42.2%) consideră un nivel satisfăcător de cunoaștere; 23 de

respondenți consideră că nivelul de cunoaștere este bun (33.3%), iar 5 respondenți consideră că dețin un nivel de cunoaștere foarte bun (7.2%).

6.4 Elaborarea ghidurilor tematice privind utilizarea Eurocodurilor

În cadrul perioadei teze de doctorat au fost elaborate un set de ghiduri de proiectare după normativele Eurocod. În contextul adoptării și aplicării Eurocodurilor în Republica Moldova, se resimte necesitatea unor resurse practice și accesibile care să faciliteze înțelegerea și utilizarea acestor norme complexe. Astfel, aceste ghiduri au fost dezvoltate pentru a oferi suportul necesar tuturor profesioniștilor implicați în proiectarea și execuția lucrărilor de construcție, de la ingineri structurali și arhitecți, până la constructori și autorități de reglementare.

1. TARANENCO Anatolie, CRETU Ion, **ȚURCAN Vadim**, CUTIA Evgheni, „*Ghid de utilizare SM SR EN 1990: Bazele proiectării, Chișinău*”, UTM, ISBN 978-9975-45-931-0, 2023
2. TARANENCO Anatolie, CRETU Ion, **ȚURCAN Vadim**, CUTIA Evgheni, „*Ghid de utilizare SM SR EN 1991 : Acțiuni asupra structurilor*” , Chișinău, UTM, ISBN 978-9975-45-932-7, 2023
3. TARANENCO Anatolie, CRETU Ion, **ȚURCAN Vadim**, CUTIA Evgheni, „*Ghid de utilizare SM SR EN 1994-1-1 : Proiectarea structurilor compozite din oțel și beton*”, Chișinău, UTM, ISBN 978-9975-45-933-4, 2023
4. TARANENCO Anatolie, CRETU Ion, **ȚURCAN Vadim**, CUTIA Evgheni, „*Ghid de utilizare SM SR EN 1996-1-1 : Proiectarea structurilor din zidărie*”, Chișinău, UTM, ISBN 978-9975-45-935-8, 2023

Scopul ghidurilor:

Aceste ghiduri au fost dezvoltate cu scopul de a oferi suportul necesar tuturor profesioniștilor implicați în proiectarea și execuția lucrărilor de construcție, de la ingineri structurali și arhitecți, până la constructori și autorități de reglementare. Ele sunt menite să fie instrumente practice, ușor de utilizat, care să ajute la navigarea prin cerințele tehnice ale Eurocodurilor și să promoveze bunele practici în implementarea acestora.

Fiecare ghid din această serie acoperă aspecte esențiale ale Eurocodurilor, explicând principiile și cerințele specifice fiecărui standard într-un mod clar și concis. Ghidurile includ exemple practice, studii de caz, sfaturi și bune practici, având scopul de a facilita aplicarea corectă și eficientă a Eurocodurilor în diverse tipuri de proiecte de construcție. Prin intermediul acestor ghiduri, se propune o contribuție la creșterea nivelului de competență și profesionalism în industria construcțiilor din

Republica Moldova, asigurând astfel alinierea la standardele europene și promovând o cultură a siguranței și calității în domeniul.

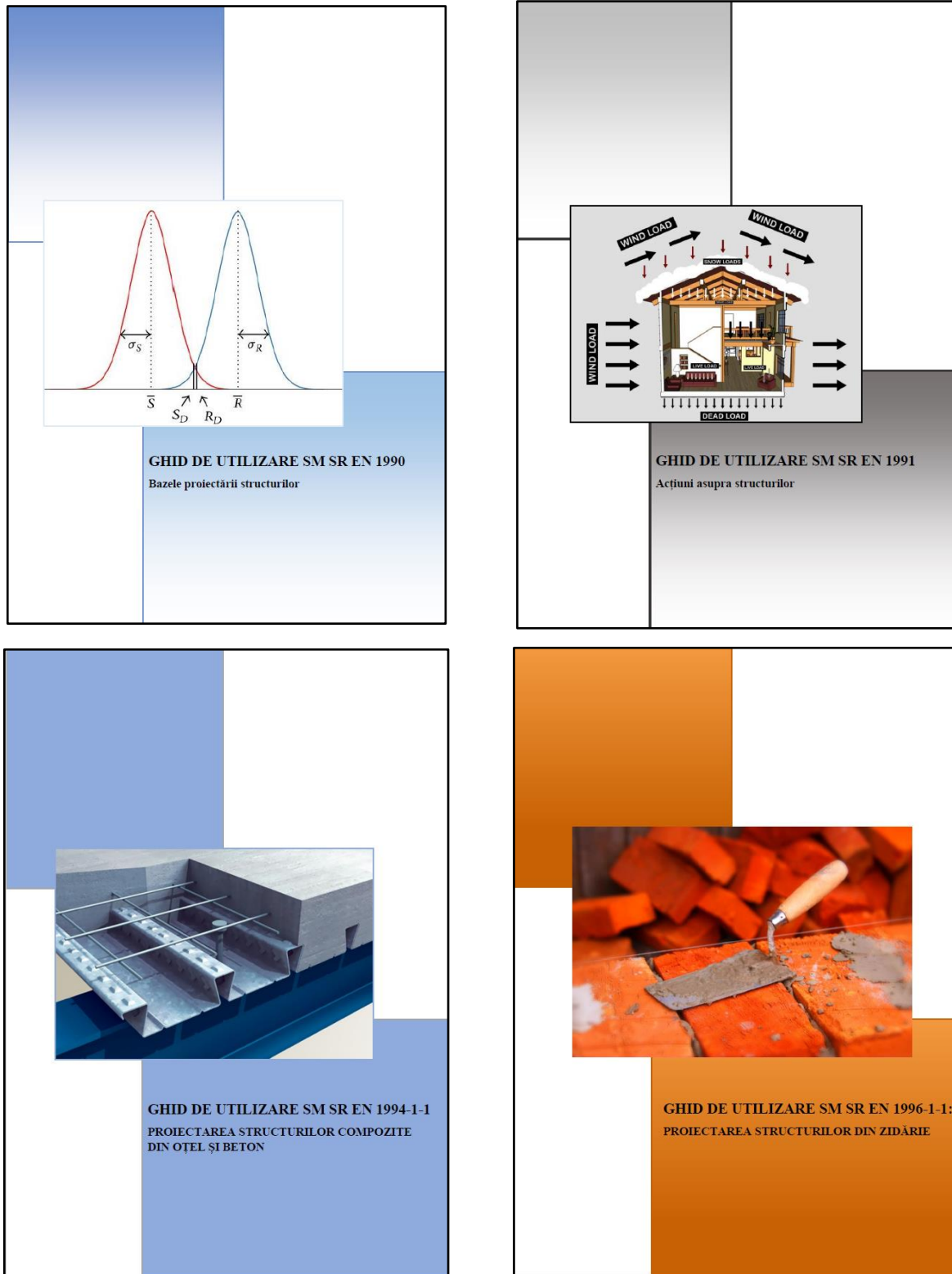


Figura 6.6 Coperta ghidurilor de utilizare a normativelor Eurocod

CAPITOLUL VII. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

7.1 Concluzii, contribuții originale

În principiu, pentru implementarea și utilizarea Eurocodurilor în Republica Moldova este creat cadrul legal necesar, inclusiv HG nr. 933/2014 „*cu privire la armonizarea reglementărilor tehnice și a standardelor naționale în domeniul construcțiilor cu legislația și standardele europene*”. Cu toate acestea procesul respectiv se află într-o fază neconcludentă și nedefinită explicit, cauza principală fiind faptul că nu au fost adoptate o serie de anexe naționale. Prin urmare se poate concluziona că adoptarea Eurocodurilor urmează a fi desfășurată în continuare pentru o îmbunătățire semnificativă a standardelor de securitate și calitate în proiectarea structurală comparativ cu normativele naționale. Costurile inițiale ale tranziției la Eurocoduri sunt compensate pe termen lung de eficiența și sustenabilitatea crescută în construcții, ceea ce duce la un ciclu de viață economic mai favorabil al structurilor. În urma elaborării tezei de doctorat s-au relevat următoarele concluzii:

1. Dezvoltarea ramurii construcțiilor în Republica Moldova atestă o creștere considerabilă, din care cauză este necesar ca standardele europene armonizate să prevadă actualizarea metodelor de proiectare și cerințele esențiale cu privire la „rezistența mecanică și stabilitate” și „rezistența la foc”, exprimate în valori declarate sau clase declarate.
2. Din analiza bazei normative actuale pentru proiectarea structurilor în Republica Moldova se atestă necesitatea reactualizării acesteia prin tranziția la normativele de proiectare europene, îndeosebi pentru lipsa normativelor de proiectare a structurilor mixte oțel-beton.
3. Luând în considerare **parametrii determinați la nivel național** este importantă adoptarea acestora ca valori recomandate sau calculate pentru toate Eurocodurile ce urmează a fi adoptate. Astfel este necesar ca prevederile respective să fie adaptate sau simplificate corespunzător.
4. S-au elaborat **parametrii naționali determinați pentru acțiunile vântului, zăpezii și acțiunilor termice**. În acest sens, au fost elaborate hărți, care pot fi incluse în Anexa Națională în Republica Moldova, cum ar fi:
 - Harta de zonare a valorii fundamentale a presiunii dinamice de referință a vântului $v_{b,0}$ în Republica Moldova având IMR=50 ani
 - Harta de zonare a presiunii stratului de zăpadă pe sol în RM, IMR=50 ani
 - Harta de izoterme a Republicii Moldova pentru valori caracteristice maxime anuale a aerului la umbră cu IMR = 50 ani (°C)
 - Harta de izoterme a Republicii Moldova pentru valori caracteristice minime anuale a aerului la umbră cu IMR = 50 ani (°C)

5. În momentul actual Republica Moldova este în urma planului de implementare a Eurocodurilor. Deși conform actelor legale aprobate, în 2020 urma să fie adoptate și implementate toate anexele naționale ale Eurocodurilor, în prezent sunt doar 28 de părți adoptate din totalul de 58. **A fost redactat un nou plan de adoptare și implementare** a Eurocodurilor în Republica Moldova, prin includerea unei perioade de coexistență a normativelor în vigoare și Eurocoduri, pentru o perioadă de 5 ani. Totodată revizuirea strategiei de recalificare a inginerilor proiectanți de structuri prin elaborarea cursurilor tematice de proiectare a construcțiilor în dependență de părțile a Eurocodurilor, pentru structuri din beton armat, metalice, compozite și lemn.
6. Din analizele cost-beneficiu, examinate în Studiu de caz nr.1 și Studiu de caz nr. 2, rezultă că implementarea Eurocodurilor conduce la creșterea graduală a cheltuielilor pentru edificarea construcțiilor. După cum s-a demonstrat în analizele comparative conform normelor în vigoare și cele europene, eforturile obținute sunt în medie cu 14-18% mai mari în Eurocod decât în normativele în vigoare. Totodată la calculul armăturii după cele două normative se obține o diferență de aproximativ 30% mai mare în Eurocod în raport cu normativele naționale în vigoare.
7. În perioada de referință de elaborare a tezei de doctor, s-au elaborat **4 ghiduri tematice** cu privire la Eurocod, care pot servi ca punct de pornire pentru inginerii proiectanți de structuri.

- **TARANENCO Anatolie, CRETU Ion, TURCAN Vadim, CUTIA Evgheni**, „*Ghid de utilizare SM SR EN 1990: Bazele proiectării, Chișinău*”, UTM, ISBN 978-9975-45-931-0, 2023
- **TARANENCO Anatolie, CRETU Ion, TURCAN Vadim, CUTIA Evgheni**, „*Ghid de utilizare SM SR EN 1991 : Acțiuni asupra structurilor*”, Chișinău, UTM, ISBN 978-9975-45-932-7, 2023
- **TARANENCO Anatolie, CRETU Ion, TURCAN Vadim, CUTIA Evgheni**, „*Ghid de utilizare SM SR EN 1994-1-1 : Proiectarea structurilor compozite din oțel și beton*”, Chișinău, UTM, ISBN 978-9975-45-933-4, 2023
- **TARANENCO Anatolie, CRETU Ion, TURCAN Vadim, CUTIA Evgheni**, „*Ghid de utilizare SM SR EN 1996-1-1 : Proiectarea structurilor din zidărie*”, Chișinău, UTM, ISBN 978-9975-45-935-8, 2023

Adaptarea specialiștilor din construcții la Eurocoduri în Republica Moldova este limitată de factori precum lipsa de instruire specializată și resursele insuficiente pentru educație continuă. Rezistența la adoptarea Eurocodurilor în Republica Moldova este asociată cu specificul local, cum ar fi tipologiile tradiționale de construcție și condițiile seismice, care necesită adaptări substanțiale ale standardelor Eurocod.

8. A fost elaborată o **calibrare adițională a coeficienților parțiali de siguranță din EN 1990** și analiza calitativă a modalității de modificare a indicelui de fiabilitate $\beta_t = 3.8$ într-o valoare mai moderată, dar mai mare decât indicile de fiabilitate din normativele în vigoare. După cum s-a observat în cercetările tezei de doctorat combinația expresiei (6.10 din EN 1990) oferă cel mai ridicat nivel de fiabilitate, însă odată cu creșterea acestui nivel, se va atesta o scumpire a edificiilor construite după normativele Eurocod. Drept soluție se recomandă de utilizat combinația (6.10a și 6.10b), în care se atestă o distribuție uniformă a indicelui de fiabilitate și a probabilității de eșec. Totodată din analizele comparative, rezultă că adoptarea coeficienților parțiali de siguranță conform normativelor Eurocod, cu modificări bazate pe condițiile locale, duce la îmbunătățirea nivelului de fiabilitate a structurilor. Astfel se recomandă ca Republica Moldova să accepte valorile recomandate în prevederile EN 1990 pentru a asigura un nivel de fiabilitate optim.
9. Politicile de implementare a Eurocodurilor nu a avut impactul anticipat asupra industriei de construcții din Republica Moldova din cauza lipsei de conformare și de control al respectării normelor. Cel puțin asta sugerează chestionarul efectuat printre 69 de respondenți. Totodată s-a constatat că există o variație semnificativă în cunoștințele și utilizarea Eurocodurilor în rândul profesioniștilor din domeniul construcțiilor din Republica Moldova. Unii respondenți au demonstrat o înțelegere solidă și o aplicare adecvată a Eurocodurilor în proiectele lor, în timp ce alții au evidențiat lacune în familiarizarea și utilizarea standardelor europene. Majoritatea respondenților au recunoscut beneficiile Eurocodurilor în ceea ce privește standardizarea și asigurarea unor criterii de siguranță și calitate în construcții. Cu toate acestea, există îngrijorări legate de eficiența lor în contextul specific al Republicii Moldova, sugerând necesitatea unor ajustări și îmbunătățiri în procesul de implementare. Au fost identificate diverse provocări în implementarea Eurocodurilor în Republica Moldova, inclusiv lipsa resurselor umane și materiale adecvate pentru formare și implementare, inconsistențele în interpretarea și aplicarea normelor, precum și aspecte legate de adaptarea cerințelor Eurocodurilor la condițiile specifice ale țării.
10. Pe baza rezultatelor obținute, se recomandă adoptarea unor măsuri pentru îmbunătățirea eficienței implementării Eurocodurilor în Republica Moldova. Acestea pot include intensificarea eforturilor de formare și educare a profesioniștilor din domeniul construcțiilor, clarificarea și simplificarea cerințelor Eurocodurilor pentru a se adapta la specificul local și consolidarea monitorizării și reglementării în domeniul construcțiilor.

7.2 Recomandări privind aplicarea rezultatelor cercetărilor**Tabelul 7.1** Recomandări privind aplicarea rezultatelor cercetărilor

Nr.	Recomandări	Destinatar
1	Adoptarea unei noi strategii de implementare a Eurocodurilor, la propunerea autorului tezei de doctorat, prin extinderea perioadei de coexistență de 5 ani. Această perioadă este oportună deoarece inginerii proiectanți de structuri sunt obligați să susțină atestarea tehnico-profesională odată în 5 ani. Astfel înaintea examenului pentru certificare, aceștia să fie instruiți în aplicarea Eurocodurilor structurale	Ministerul Infrastructurii și Dezvoltării Regionale; Instituția Publică Oficiul Amenajarea Teritoriului, Urbanism, Construcții și Locuințe
2	Adoptarea ca parametru național determinat în Anexa națională a Eurocod 0: Bazele proiectării structurilor (SM EN 1990/NA) în Tabelul A2.4(A) a Formulei 6.10a și 10b, pentru a avea un nivel optim de fiabilitate $\beta_t = 3.8$.	Comitetul tehnic CT54 – Institutul de Standardizare din Moldova (ISM)
3	Adoptarea ca parametru național determinat în Anexa națională a Eurocod 0: Bazele proiectării (SM EN 1990/NA), a coeficienților parțiali de siguranță conform recomandărilor CEN. ▪ $\gamma_G = 1.35$ ▪ $\gamma_Q = 1.5$ Acești coeficienți parțiali de siguranță ar asigura un nivel de fiabilitate corespunzător conform recomandărilor Eurocod	Comitetul tehnic CT54 – Institutul de Standardizare din Moldova (ISM)
4	Adoptarea ca parametru național determinat în Anexa Națională a Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-4: Acțiuni generale – Acțiuni ale vântului (SM EN 1991-1-4/NA), Harta de zonare a valorii fundamentale a presiunii dinamice de referință a vântului $v_{b,0}$ în Republica Moldova, având IMR=50 ani	Comitetul tehnic CT54 – Institutul de Standardizare din Moldova (ISM)
5	Adoptarea ca parametru național determinat în Anexa Națională a Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-3: Acțiuni generale – Încărcări date de zăpadă (SM EN 1991-1-3/NA), Harta de zonare a presiunii stratului de zăpadă pe sol în Republica Moldova, având IMR=50 ani	Comitetul tehnic CT54 – Institutul de Standardizare din Moldova (ISM)

Nr.	Recomandări	Destinatar
6	Adoptarea ca parametru național determinat în Anexa Națională a Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-5: Acțiuni generale – Acțiuni termice (SM EN 1991-1-6/NA), Harta de izoterme a Republicii Moldova pentru valori caracteristice maxime anuale a aerului la umbră cu IMR=50 și Harta de izoterme a Republicii Moldova pentru valori caracteristice minime anuale a aerului la umbră cu IMR=50 ani	Comitetul tehnic CT54 – Institutul de Standardizare din Moldova (ISM)
7	Pe baza ghidurilor cu privire la aplicarea Eurocodurilor, elaborate cu suportul doctorandului, introducerea unui curs de formare continuă a inginerilor proiectanți pentru familiarizarea și creșterea nivelului de competență în utilizarea Eurocodurilor	Universitatea Tehnică a Moldovei
8	Traducerea tezei de doctorat în engleză și dismenierea acestuia pe portalul https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/ . Astfel teza de doctorat poate servi un exemplu a procesului de implementare a Eurocodurilor, pentru alte țări, care planifică să substituie normativele naționale cu Eurocoduri.	Joint Research Center – European Commission

Bibliografie

1. ***, 1985. *CHuП 2.01.07-85 "Nagruzki i Vozdejstviya" [Încărcări și Acțiuni]*. Москва: ЦНИИСК.
2. ***, 1991. *Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor*. s.l.:s.n.
3. ***, 2004. *SR EN 1990 Eurocod: Bazele proiectării structurilor*. București: Asociația de Standartizare din România.
4. ***, 2004. *SR EN 1991-1-1 Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor, Partea 1-1: Acțiuni generale - Greutăți specifice, greutatea proprii, încărcări utile pentru clădiri*. București: Asociația de Standartizare din România.
5. ***, 2005. *Ordin nr. 620 din 29 aprilie 2005*. București, Monitorul Oficial nr. 399 din 11 mai 2005, Ministerul Transporturilor, Construcțiilor și Turismului.
6. ***, 2014. *Hotărâre de Guvern Nr. 193 din 12.11.2014 "cu privire la armonizarea reglementărilor tehnice și a standardelor naționale în domeniul construcțiilor cu standardele europene*, s.l.: s.n.
7. ***, 2017. *SM EN 1991-1-3 Eurocod: Acțiuni asupra structurilor, Partea 1-3: Acțiuni generale - Încărcări date de zăpadă. Anexa națională*. Chișinău: Institutul de Standartizare din Moldova.
8. ***, 2017. *SM EN 1991-1-4 Eurocod: Acțiuni asupra structurilor, Partea 1-4: Acțiuni generale - Acțiuni ale vântului. Anexa națională*. Chișinău: Institutul de Standartizare a Moldovei.
9. ***, 2018. *European Commision*. [Interactiv]
Available at: <http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/showpage.php?id=51>
[Accesat 1 Septembrie 2018].
10. ***, dexonline.ro, 2019. *dexonline.ro*. [Interactiv]
Available at: <https://www.dex.ro/standard>
[Accesat 15 05 2019].
11. ***, fără an *European Commision*. [Interactiv]
Available at: <http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/showpage.php?id=51>
[Accesat 1 Septembrie 2018].
12. ***, fără an *http://ast.gov.md*. [Interactiv]
Available at: <http://ast.gov.md/slidespageview.php?l=ro&idc=264&t=/AGENIA/Domeniile->

23. ***,dex.ro, 2020. dex.ro. [Interactiv]
Available at: <https://www.dex.ro/fiabilitate>
[Accesat 05 07 2020].
24. ***,gov.md, 2020. Guvernul Republicii Moldova. [Interactiv]
Available at: <https://gov.md/europa/ro/content/ce-este-acordul-de-asociere-cu-ue>
[Accesat 17 07 2020].
25. ***,HG193/2014, 2014. *Hotărâre de Guvern Nr. 193 din 12.11.2014 "cu privire la armonizarea reglementărilor tehnice și a standartelor naționale în domeniul construcțiilor cu standardele europene, s.l.: s.n.*
26. ***,ISM, 2019.
http://standard.md/public/files/2016/STUDIU_PRODUSE_CONSTRUCTII_FINAL_APROBARE_new.pdf. [Interactiv]
[Accesat 05.01.2019].
27. ***,LP721/1996, 2023.
https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=137442&lang=ro#. [Interactiv]
Available at: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=137442&lang=ro#
[Accesat 08 10 2023].
28. ***,MEI, 2019. mei.gov.md. [Interactiv]
Available at: <https://mei.gov.md/ro/content/politici-si-reglementari-tehnice-constructii>
[Accesat 15 02 2019].
29. ***,meteo.md, 2023. Meteo.md. [Interactiv]
Available at: https://www.meteo.md/index.php/ro/description_codes/hazards/11
[Accesat 06 05 2024].
30. ***,MIDR, 2023. <https://midr.gov.md>. [Interactiv]
Available at: <https://midr.gov.md/ro/despre-minister/structura-ministerului>
[Accesat 08 11 2023].
31. ***,OATUCL, 2024. [Interactiv]
Available at: <https://oatucl.md/>
[Accesat 06 05 2024].
32. ***,SHS, 2024. www.meteo.md. [Interactiv]
Available at: https://www.meteo.md/index.php/despre-noi/shs_story/
[Accesat 06 05 2024].

33. A. Athanasopoulou, P. F. P. S. I. D. V. G.-M. J. M. J. C. N. M. M. L. P. C. R. A. D. S. M. S. S. D., 2019. *The implementation of the Eurocodes in the National Regulatory Framework*. s.l.:s.n.
34. A. Gogliger, J. Z. M. G. M. G. J. R. A. K. P. D. S. F. M. C., 2013. Comparative study between Poland and South Africa wind climates, the related damage and implications of adopting the Eurocode for wind action of buildings. LIX(351733).
35. A. Steinerts, L. P. L. G., 2011. *Implementation of Eurocode standards in Latvia*. s.l., 3rd International Conference CIVIL ENGINEERING`11 Proceedings.
36. A. Steinerts, L. P. L. G., fără an *Implementation of Eurocode standards in Latvia*. s.l., 3rd International Conference CIVIL ENGINEERING`11 Proceedings.
37. A.C.W.M, T. V., 2014. Reliability based structural design. Issue Safety, Reliability and Risk Management – Steenbergen & van Gelder (eds).
38. A.V. Pinto, A. A. M. P. B. A., 2011. Implementation, Harmonization and Further Development of the Eurocodes – A Case Study on Eurocode 2.
39. AST, 2023. <http://ast.gov.md>. [Interactiv]
Available at: <http://ast.gov.md/slidepageview.php?l=ro&idc=264&t=/AGENIA/Domeniile-de-activitate>
[Accesat 15 02 2023].
40. Chalk, P. & Corotis, R., 1980. *Probability model for design live loads*. s.l.:Journal of the Structural Division.
41. Consiliul Concurenței, R., 2019. www.competition.md. [Interactiv]
Available at:
<https://competition.md/public/files/uploads/files/transparenta/Program%20concurenta%20si%20ajutor%20de%20stat.pdf>
42. Cozma, R. & Sverdlic, V., 2015. Identificarea etapelor de dezvoltare și a problemelor în activitatea sectorului de construcții din Republica Moldova. *Meridian Ingineresc*, pp. 153 - 156.
43. CR 1-1-4/2012, 2012. *Reglementări tehnice din 2012 "Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii vântului asupra construcțiilor"*. s.l.:s.n.
44. Croitoru, G., 2016. *Foia de parcurs privind implementarea Eurocodurilor*. s.l.:MDRC.
45. Cutia, E., 2017. *Prognostarea valorii presiunii a stratului de zăpadă pe sol în Republica Moldova*. Chișinău: Universitatea Tehnică a Moldovei.
46. Dan Ghiocel, D. L., 1972. *Acțiunea vântului, zăpezii și variațiilor de temperatură în construcții*. București: Editura Tehnică București.

47. Dan, L. & Vacareanu, R., 2007. *Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor Partea 1-4: Acțiuni generale - Acțiuni ale vântului; Anexa Națională a României*. București: Asociația de Standartizare din România.
48. Dimova Silvia, F. M. P. A. N. B. S. L. I. S., 2015. *State of implementation of Eurocodes in the European Union*. s.l.:JRC Science for policy report.
49. Dimova, S. și alții, 2015. *State of implementation of Eurocodes in European Union*. s.l.:Joint Research Centre.
50. Ditlevsen, O. & Madsen, H. O., 1996. *Structural Reliability methods*. Hoboken: John Wiley & Sons.
51. Ellingwood, B. R., 1980. *Development of probability based load criterion for American national standard A58: building code requirements for minimum design loads in buildings and other structure*. Washington: National Bureau of Standards.
52. Eremeev, P. & alții, 2014. *CP A.01.02/L:2014 "Aplicarea și utilizarea Eurocodurilor"*. Chișinău: ICȘC "INCERCOM" Î.S..
53. G. Croitoru, I. S. D. V., 2015. *Maps of climatic and seismic actions for structural design in Moldova*. Zagreb, Elaboration of maps for climatic and seismic actions for structural design in the Balkan region, 27-28 October, Zagreb.
54. Gașpar, V., fără an *Standartizare Europeană (Eurocodrui)*. [Interactiv] Available at: <http://www.inginermd.com/index.php/the-news/56-eurocode> [Accesat 1 Septembrie 2018].
55. Greenley, M., fără an *Harmonized European standarts for construction in Egypt. Summary and Roadmap*. s.l., s.n.
56. Gulvanessian, H. & Holicky, M., 2005. Eurocodes: using reliability analysis to combine action effects. *Structures & Buildings*, 158(4), pp. 243-252.
57. Gumbel, E. J., 1958. *Statistics of extremes*. New York: Columbia Univ. Press.
58. Harris, M., Bova, C. J. & Corotis, R. B., 1981. *Area-dependend processes for structural live loads*. s.l.:Journal of the Structural Division.
59. I. Nemchynov, A. K. ș. a., 2014. *The new generation national standarts of Ukraine DBN V.1.1-12:2013 "Construction in Seismic Regions of Ukraine"*. Istanbul, Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology.
60. JCSS, 2000. *Probabilistic model code, JCSS working materials*. [Interactiv] Available at: <http://www.jcss.ethz.ch/>
61. Kowal, Z., 2013. On adjusting the load bearing capacity of decisive member to reliability classes of statically determinate complex structures. LIX(351733).

62. L. Zeynalov, I. P. M. G., 2013. Comparison of Azerbaijan and other seismic codes. Volumul Earthquake Resistant Engineering Structures IX 205.
63. Lungu, D. & Ghiocel, D., 1982. *Metode Probabilistice în Calculul Construcțiilor*. Bucuresti: Editura Tehnică.
64. Lvovschi, E., 2012. *Prelucrarea datelor experimentale*. Chișinău: Incercom.
65. M. L. Sousa, S. D. A. P. B. N., 2014. *Overview of adopted nationally determined parameters for Eurocode 8*. Istanbul, Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology.
66. Markouski, D., 2011. Reliability level of structures designed according to the design codes of the Republic of Belarus. Volumul Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering – Faber, Köhler & Nishijima.
67. Markova, J. și alții, 2018. *Reliability of structural members designed with the Eurocodes NDPs selected by EU and EFTA Member States*, s.l.: JRC Technical Reports.
68. McGuire, R. K., 2004. *Seismic Hazard and Risk Analysis*. s.l.:s.n.
69. Melchers, R. & Beck, A., 2017. *Structural Reliability Analysis and Prediction*. s.l.:John Wiley & Sons Ltd..
70. Miroslav Sykora, M. H. J. M. T. S., 2016. *Probabilistic Reliability Assessment of Existing Structures*. Prague: Czech Technical University in Prague.
71. Miroslav, S., Milan, H., Jana, M. & Tomas, S., 2016. *Probabilistic reliability assessment of existing structures*. Prague: Czech Technical University in Prague.
72. Nedelcov, M. și alții, 2018. *Factorii meteo-climaterici de risc asociați schimbărilor climatice pe teritoriul Republicii Moldova*. Chișinău: Tipogr. "Alina Scorohodova".
73. P. Kryvosheyev, A. B. & S., 2008. Problems on Harmonization of Ukraine and EU Normative Bases in the Area of Concrete Structures.
74. Pēteris Druķis, L. G. V. G., fără an *Case Study of Structural Reliability of Existing Building*. Rezekne, Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference.
75. Potârcă, M. & Șocodei, T., 1999. Perspectivele armonizării documentelor normative cu standardele ISO. *Conferința: Siguranța construcțiilor în condițiile de teren și seismicitate specifice României și Republicii Moldova*, Issue București, pp. 293-295.