



Universitatea Tehnică de Construcții București

Școala Doctorală

Facultatea de Construcții Civile, Industriale și Agricole

Departamentul Construcții Metalice, Management și Grafică Inginerească

Domeniul de doctorat Inginerie Civilă și Instalații

TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

Managementul costurilor proiectelor de construcții

Conducător științific:

Prof. Univ. Dr. Ing. Nicolae POSTĂVARU

Doctorand:

Ec. Alexandra-Marina BARBU

BUCUREȘTI, 2023

Cuprins

I.	INTRODUCERE.....	3
II.	DEFINIREA PROIECTELOR DE INVESTIȚII ÎN CONSTRUCȚII	5
III.	ASPECTE TEORETICE ALE MANAGEMENTULUI COSTURILOR PROIECTELOR DE INVESTIȚII ÎN CONSTRUCȚII.....	8
IV.	PLANIFICARE, ESTIMARE ȘI CONTROL AL COSTURILOR	12
V.	ANALIZA COSTURILOR ÎN PROIECTELE DE INVESTIȚII ÎN INFRASTRUCTURA RUTIERĂ	15
	STUDIU DE CAZ I. INVESTIȚIILE ÎN LUCRĂRILE ȘI SERVICIILE DE ÎNTREȚINERE A REȚELEI DE DRUMURI NAȚIONALE ȘI AUTOSTRĂZI	22
	STUDIU DE CAZ II. ANALIZA COSTURILOR PENTRU O AUTOSTRADĂ ÎN PATRU VARIANTE CONSTRUCTIVE.....	24
VI.	MANAGEMENTUL RISCULUI ÎN PROIECTELE DE INFRASTRUCTURĂ RUTIERĂ	29
VII.	INFRASTRUCTURI RUTIERE DURABILE: ABORDĂRI PENTRU EFICIENȚĂ ECONOMICĂ ȘI PROTEJAREA MEDIULUI.....	33
	STUDIU DE CAZ III. EVALUAREA BENEFICIILOR PRIVIND ÎNLOCUIREA METODEI DE STABILIZARE CU UN BIOPOLIMER CE FIXEAZĂ CARBON ÎN SOL ȘI STIMULEAZĂ CIRCULARITATEA RESURSELOR DIN INDUSTRIE.....	36
VIII.	CONCLUZII GENERALE	43
IX.	BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	48

I. INTRODUCERE

Industria construcțiilor a jucat întotdeauna un rol important în dezvoltarea economică și socială, influențând modul în care oamenii trăiesc și interacționează cu mediul construit. Într-un context global marcat de schimbări rapide, industria construcțiilor ocupă o poziție centrală în dezvoltarea economică și infrastructura societății. Cu toate acestea, gestionarea proiectelor în această industrie complexă necesită abordări strategice și tactice puternice, dat fiind contextul dinamic caracterizat de complexitatea structurilor, variabilitatea resurselor și interdependența disciplinelor. Studiul gestionării proiectelor în construcții contribuie la dezvoltarea infrastructurii și a ecosistemului urban, concentrându-se pe optimizarea resurselor, minimizarea riscurilor și îmbunătățirea calității produselor finale. Sectorul construcțiilor este esențial pentru economia țării, generând locuri de muncă și având legături strânse cu formarea infrastructurii productive. Dezvoltarea economică și industria construcțiilor sunt interdependente, influențând reciproc întreaga economie a țării. Cu o complexitate înaltă, industria construcțiilor implică numeroși actori, cum ar fi investitori, contractori, consultanți, părți interesate și furnizori, reprezentând un mediu industrial dinamic și complex.

Evoluția construcțiilor de-a lungul timpului

Subcapitolul explorează evoluția industriei construcțiilor de-a lungul istoriei, evidențiind trecerea de la construcțiile rudimentare ale oamenilor din timpurile vechi la tehnologii avansate și materiale inovatoare utilizate în prezent. În primele etape, construcțiile erau simple, alcătuite din pietre și noroi, cu acoperișuri de paie. Pe parcursul timpului, tehnici, materiale și filozofii au evoluat, construcțiile devenind reprezentative pentru progresul economic și transformările în evoluția societății. Materiale tradiționale precum piatra și cărămida au fost completate de amestecuri moderne și componente metalice.

Factorii naturali au influențat evoluția construcțiilor, iar ingeniozitatea ingineriei a facilitat abordarea eficientă a acestora. În prezent, construcția adoptă metode inovatoare și materiale eco-friendly, cu accent pe durabilitate și eficiență, reflectând progresul tehnologic și atenția sporită acordată aspectelor ecologice. Transformările recente în construcții reflectă adaptarea la nevoile contemporane, inclusiv utilizarea tehnologiilor avansate pentru a crea spații de locuit mai confortabile și ecologice.

Evoluția drumurilor și a altor mijloace de comunicație

De la începuturile civilizației umane, drumurile au fost fundamentale pentru progresul civilizațional, servind ca mijloace esențiale de comunicare și transport al resurselor. Emergența rețelilor de drumuri a răspuns nevoilor de comunicație, schimb de informații și bunuri, marcând un pas decisiv în evoluția societății umane.

În paralel cu evoluția construcțiilor, tehnologii inovatoare, precum betonul modern, au transformat infrastructura rutieră de la căi antice la autostrăzi moderne. Evoluția drumurilor reflectă un proces complex, în care tehnologia, nevoile sociale și dezvoltarea urbană au modelat conexiunile umane și au influențat stadiul dezvoltării societăților.

Diversitatea și evoluția profesiilor în sectorul construcțiilor

De la începuturile civilizației, construcțiile au generat profesii specializate, de la constructori de locuințe în antichitate la arhitecți și specialiști în eficiență energetică în era digitală. Evoluția tehnologică a adus schimbări semnificative în managementul costurilor în construcții, cu specialiști în evaluarea costurilor și o creștere a diversității profesiilor. Viitorul acestui domeniu va fi influențat de tehnologii inteligente, machine learning și sustenabilitate, aceasta devenind un factor esențial în calculul costurilor pe termen lung. Competențele legate

de evaluarea corectă a costurilor și planificarea bugetelor sunt considerate esențiale pentru toți cei implicați în construcții, de la ingineri și arhitecți până la manageri de proiect și administratori de contracte.

Impactul socioeconomic și viitorul prognozat

Industria construcțiilor se confruntă în prezent cu provocări și oportunități semnificative într-un context de schimbări tehnologice rapide și diversificarea nevoilor societății, reprezentând un pilon cheie al economiei globale. Sectorul construcțiilor influențează major creșterea economică, generând locuri de muncă în diverse domenii, dar se confruntă și cu provocări legate de durabilitate, eficiență energetică și impact asupra mediului.

Datele recente evidențiază schimbările semnificative în industrie, cu un accent tot mai mare pe proiectele de construcții verzi și materialele eco-friendly, în concordanță cu preocupările globale privind schimbările climatice și durabilitatea. Într-un mediu în continuă schimbare, interesul crescut pentru construcții și infrastructură este perceput ca o necesitate strategică și o investiție într-un viitor sustenabil.

Industria construcțiilor, fundamentul economiei globale, se adaptează la schimbări tehnologice rapide și preocupări privind durabilitatea. Crește accentul pe proiecte de construcții verzi și materiale eco-friendly, reflectând preocupările legate de schimbările climatice. Infrastructura este considerată vitală pentru o societate avansată, iar dezvoltarea sectorului construcțiilor este privită ca o investiție într-un viitor sustenabil. Evoluția industriei are un impact social și economic semnificativ, contribuind la stimularea economiei locale și generarea de locuri de muncă. Provocările includ gestionarea deșeurilor și echilibrul între dezvoltare și conservarea patrimoniului.

Viitorul industriei construcțiilor pare strâns legat de tehnologii avansate și soluții sustenabile. Cu inovații în energie regenerabilă, materiale ecologice și tehnologii de construcție de ultimă generație, industria are potențialul de a deveni un exemplu de dezvoltare inteligentă și responsabilă.

Scopul și obiectivele principale ale lucrării

Scopul acestei lucrări este eficientizarea costurilor proiectelor de investiții în construcții prin exploatarea în profunzime a principiilor și practicilor fundamentale ale gestionării proiectelor în contextul industriei construcțiilor și a managementului costurilor.

Lucrarea are ca **obiectiv principal** analizarea strategiilor, tehnicilor și instrumentelor esențiale pentru planificarea, implementarea și finalizarea cu succes a proiectelor de construcții, cu accent pe înțelegerea conceptelor cheie și explorarea metodelor eficiente. Prin studiile de caz, se ilustrează necesitatea aplicării principiilor de gestionare a proiectelor în construcții, evidențiind soluții specifice. **Scopul central** este îmbunătățirea performanței proiectelor, oferind cititorilor cunoștințe și abilități pentru planificare și gestionare eficientă. Lucrarea promovează dezvoltarea durabilă, identificând practici pentru reducerea impactului asupra mediului. **Scopul final** este să stimuleze cercetarea și învățarea continuă, oferind o bază solidă pentru viitorii profesioniști în gestionarea proiectelor de construcții.

În ansamblu, scopul acestei lucrări este de a furniza o privire cuprinzătoare și detaliată asupra gestionării proiectelor de construcții, oferind instrumentele necesare pentru a aborda provocările complexe și a maximiza oportunitățile prezentate de această industrie vitală.

Unul dintre motivele cheie care susțin relevanța acestei lucrări constă în natura complexă a proiectelor de construcție și a provocărilor cu care acestea se confruntă. Industria

construcțiilor este caracterizată de diversitatea și interconectarea proceselor, de factori variabili și de impactul semnificativ asupra mediului și comunității. În acest context, înțelegerea profundă a modului în care managementul proiectelor influențează dezvoltarea și administrarea eficientă a proiectelor de construcție devine esențială pentru a asigura succesul și durabilitatea acestora.

Obiectivele secundare ale lucrării

Lucrarea își propune să atingă următoarele obiective secundare :

- **Înțelegerea importanței controlului costurilor și timpului:** Lucrarea își propune să ofere o perspectivă clară și profundă asupra rolului crucial pe care îl joacă gestionarea eficientă a costurilor și timpului în contextul proiectelor de construcții. Se vor explora aspectele teoretice și practice care susțin necesitatea și avantajele unui control riguros în aceste domenii.

- **Identificarea factorilor critici:** Studiul va analiza și identifica factorii interni și externi care pot afecta controlul costurilor și timpului în proiectele de construcții. De la schimbările de design până la instabilitatea politică, se vor explora factorii care pot genera riscuri și devieri în gestionarea acestor factori critici.

- **Analiza metodelor și practicilor de gestionare:** Lucrarea va analiza metodele, instrumentele și practicile disponibile pentru controlul costurilor și timpului în proiectele de construcții. Se vor explora tehnici de planificare, monitorizare și ajustare care pot contribui la minimizarea riscurilor și la asigurarea progresului proiectului în direcția dorită.

- **Impactul asupra performanței proiectului:** Prin intermediul acestui studiu, se va analiza modul în care gestionarea eficientă a costurilor și timpului poate influența rezultatele finale ale proiectelor de construcții. Se va explora modul în care evitarea devierilor și întârzierilor poate contribui la atingerea obiectivelor stabilite și la satisfacția clienților.

- **Impactul în industria construcțiilor:** Un accent semnificativ va fi pus pe industria construcțiilor, unde complexitatea proiectelor și interacțiunea cu mediul necesită o abordare atentă a ciclului de viață. Lucrarea se va concentra pe modul în care se aplică conceptul în această industrie și cum influențează rezultatele finale ale proiectelor de construcții.

- **Contribuția la cunoaștere:** Să aducă o contribuție semnificativă la înțelegerea profundă a domeniului gestionării costurilor și timpului în proiectele de construcții, dezvoltând o perspectivă critică și complexă asupra subiectului.

- **Beneficiile și provocările implementării:** Lucrarea își propune să identifice și să analizeze beneficiile oferite de managementul de proiect, dar și să dezvăluie provocările cu care se confruntă organizațiile în implementarea și adaptarea acestui concept în practicile lor de management.

II. DEFINIREA PROIECTELOR DE INVESTIȚII ÎN CONSTRUCȚII

Pentru a demara o investiție în construcții, primul pas este reprezentat de elaborarea unui proiect de construcție complex, ce implică coordonarea multiplelor entități cu expertize diferite și gestionarea resurselor umane și non-umane într-un cadru bine definit de timp, costuri și performanțe.

Un proiect reprezintă un efort temporar pentru a produce un rezultat unic, având obiective clare de finalizare în termenul stabilit, respectând bugetul și cerințele de calitate.

Pentru a asigura succesul unui proiect de construcții, este important să se abordeze eficient managementul costurilor, implicând o înțelegere profundă a conceptului de management de proiect. Acesta este definit ca un proces complex de planificare, organizare, coordonare și control al resurselor pentru a atinge obiectivele proiectului, cu accent pe încadrarea în parametrii de timp, costuri și performanțe. O reprezentare grafică asociată acestor definiții evidențiază că un management de proiect eficient vizează satisfacerea cerințelor clientului și menținerea relațiilor pozitive, iar succesul proiectului se măsoară în îndeplinirea acestor parametrii predefiniți.

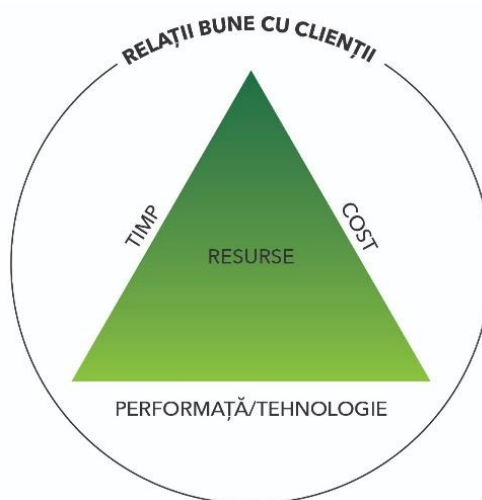


Figura nr. 72. Prezentare generală a managementului de proiect [2], [3], [40].

Procesul de selecție al proiectelor de investiții în construcții

Procesul de selecție al proiectelor de investiții în construcții constituie un aspect esențial al deciziilor strategice de afaceri, implicând evaluarea detaliată și alegerea proiectelor cu potențial de randament financiar și beneficii organizaționale semnificative. Acest proces constă în analiza atentă și compararea opțiunilor de investiții, având în vedere criterii precum rentabilitatea, fezabilitatea tehnică, impactul asupra mediului, riscurile și alți factori relevanți.

Există cinci pași importanți în dezvoltarea unui model pentru evaluarea și stabilirea unei prioritizări a propunerilor de proiect, după cum urmează:

- ✚ stabilirea criteriilor de evaluare,
- ✚ stabilirea punctajului scală pentru fiecare dintre criterii,
- ✚ stabilirea metodei de notare pentru fiecare dintre criterii,
- ✚ stabilirea modului de calcul al punctajului final,
- ✚ stabilirea listei de proiecte pe baza scorului calculat [44].

Ciclul de viață al proiectelor de investiții în construcție

Procesul de dezvoltare a unui proiect în construcții parcurge un ciclu de viață, începând cu identificarea nevoii investitorului. Acest ciclu, adesea liniar, implică elaborarea unui proiect conceptual și analiza fezabilității tehnice, economice și sociale. Structurat în faze succesive, ciclul liniar simplifică repartizarea sarcinilor și permite previzionarea exactă a perioadelor de execuție în domeniul construcțiilor. Ilustrarea ciclului proiectului este prezentată în Figura nr. 77 [34].

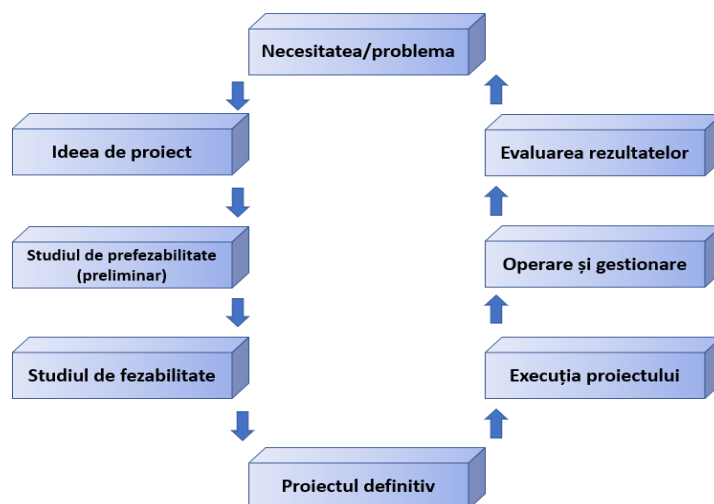


Figura nr. 77. Fazele ciclului unui proiect de construcție [34].

Etapale în cadrul unui proiect de investiții în construcții

Necesitatea proiectului

În proiectele de construcții, inițierea începe prin identificarea nevoii, evoluând de la idee la formularea proiectului și atingerea maturității în fazele de execuție și operare. Procesul de identificare a necesității reprezintă un demers creativ, focalizat pe recunoașterea unei probleme ce poate fi abordată prin intermediul proiectului, oferind o bază solidă pentru dezvoltare coerentă și eficace a inițiativei. Este un proces ce implică o evaluare meticuloasă, confirmând relevanța și semnificația inițiativei propuse.

Studiul de fezabilitate

Etapă de fezabilitate reprezintă o analiză detaliată a alternativelor viabile identificate în faza anterioară, având scopul de a restrânge opțiunile. Alocarea resurselor pentru studii este esențială în acest stadiu, iar un studiu de fezabilitate favorabil furnizează avertismente preliminare privind resursele financiare necesare pentru implementarea viitoare a proiectului. Procesul determină eficiența sau ineficiența propunerii și influențează decizia de a continua, amâna sau abandona proiectul, având în vedere aspecte tehnice, economice, sociale și ecologice. Decizia finală se bazează pe o evaluare atentă a avantajelor și dezavantajelor.

Studiul de fezabilitate

În etapa de fezabilitate, se investighează în detaliu aspectele studiate în fezabilitate pentru a reduce incertitudinea și a cuantifica mai precis factorii de risc. Obiectivul este eliminarea nedeterminărilor și minimizarea variației costurilor și beneficiilor proiectului de construcție. Studiul caută soluții optime, contribuind la identificarea și rezolvarea problemelor, având la bază o formulare clară a problemei. Aceasta este esențială pentru inițierea studiului și justificarea costurilor semnificative, confirmate de prealabilul studiu de fezabilitate.

Elaborarea proiectului final

După confirmarea viabilității proiectului, urmează elaborarea studiului final sau a dosarului tehnic detaliat, care include documente tehnice, financiare, socioeconomice, de mediu și organizaționale. Acest dosar asigură că alternativa selectată poate fi implementată cu garanții maxime, finalizându-se cu întocmirea unei fișe tehnice ce cuprinde un memoriu descriptiv, un memoriu detaliat, planuri tehnice, un caiet de sarcini, specificații tehnice

detaliată și o evaluare financiară, fiecare având impact asupra calității proiectului și a proceselor de construcție.

Executarea proiectului

Această etapă reprezintă implementarea concretă a proiectului, marcată de începerea executării materiale a investițiilor prin procesul de licitație pentru lucrările asociate întregului proiect sau unei părți a acestuia. Faza se adaptează la specificul tehnic al fiecărui proiect, implicând mobilizarea și administrarea eficientă a resurselor în vederea dezvoltării proiectului.

Funcționarea și gestionarea proiectului

În etapa de funcționare și gestionare a proiectului, se pune accentul pe monitorizarea progresului în raport cu planificarea inițială și implementarea măsurilor corective. Rolul activ de lider implică orientarea echipei și a subcontractanților pentru a-și îndeplini eficient și prompt sarcinile. Importanța asigurării conformității cu planul inițial, respectarea normelor legale și protecția mediului sunt prioritare. Procedurile bine definite pentru gestionarea riscurilor și elaborarea planurilor de acțiune în situații neprevăzute sunt esențiale. Monitorizarea constantă a costurilor și comunicarea eficace între toți cei implicați sunt necesare pentru prevenirea problemelor și menținerea progresului aliniat cu planurile inițiale.

III. ASPECTE TEORETICE ALE MANAGEMENTULUI COSTURILOR PROIECTELOR DE INVESTIȚII ÎN CONSTRUCȚII

Rolul managementului costurilor în proiectele de construcții

Sistemul de management al costurilor reprezintă un factor cheie în procesul decizional. Managementul costurilor constă în trei componente distincte:

- ✚ **Analiza și calculul costurilor:** Pregătirea informațiilor esențiale pentru planificare, control și evaluare, acoperind costurile de producție/construcție și costurile de prestare a serviciilor.
- ✚ **Planificarea și controlul costurilor:** Elemente fundamentale pentru furnizarea informațiilor necesare procesului decizional privind perspectivele viitoare ale proiectului.
- ✚ **Luarea deciziilor și estimarea performanțelor:** Implică definirea obiectivelor, analiza alternativelor, evaluarea acestora și selectarea celei mai bune opțiuni.

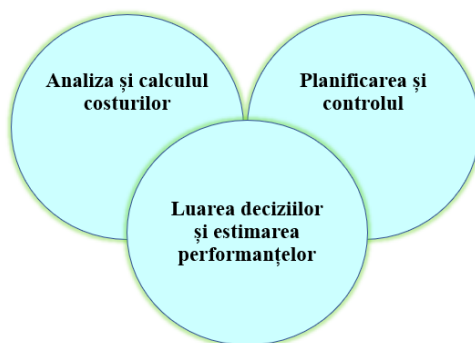


Figura nr. 88. Cele trei elemente care caracterizează sistemul de management al costurilor [55].

Managementul costurilor în construcții este esențial pe toate etapele ciclului de investiții, având ca obiectiv menținerea sau reducerea costurilor de construcție față de estimările din faza de licitație. Rolul managerului de proiect, în calitate de inspector de cantitate pentru investitor, implică planificarea costurilor construcției cu atenție la detalii, eficiență și obiectivitate. Performanța economică a construcției este optimizată prin reducerea costului total pe durata întregului ciclu de viață al proiectului.

Costul ciclului de viață al construcției

Termenul de „costul ciclului de viață” este definit conform standardului ISO 15686:2008 ca o tehnică care permite înțelegerea costurilor comparative, având în vedere toți factorii economici relevanți pe o perioadă extinsă de timp, inclusiv costurile inițiale de capital și costurile operaționale viitoare [70], [34]. Conform standardului ISO/DIS 15686:2008, costurile pe ciclul de viață au următoarea structură (Figura nr. 89):

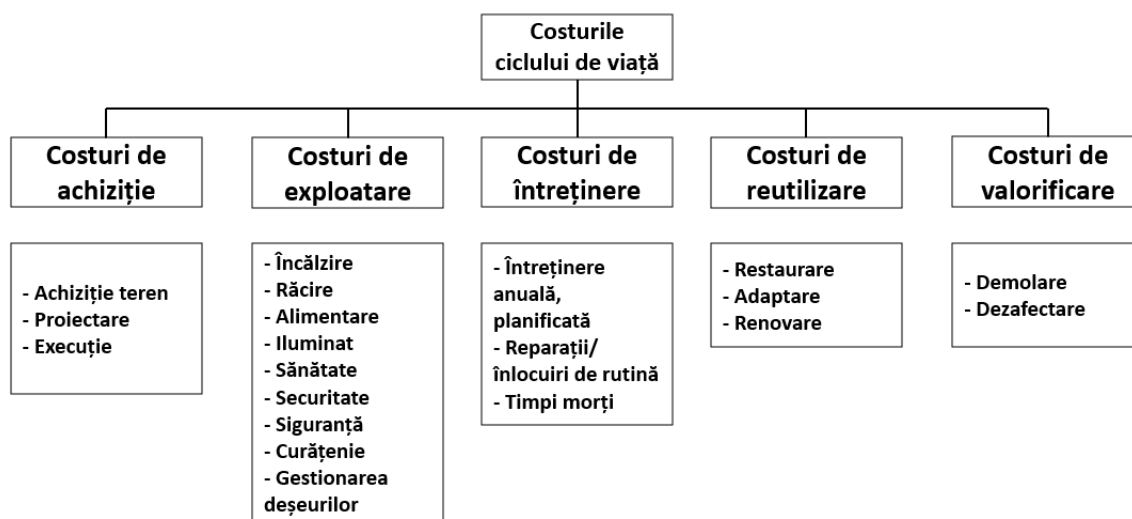


Figura nr. 89. Costurile ciclului de viață [34].

Costurile ciclului de viață al construcției (CCVC) se calculează după următoarea formulă:

$$CCVC = C_A + C_E + C_I + C_R + C_V$$

unde:

C_A = Costuri de achiziție

C_E = Costuri de exploatare

C_I = Costuri de întreținere

C_R = Costuri de înlocuire/de reutilizare

C_V = Costuri privind demolarea, dezafectarea construcției [34].

Estimarea și controlul costurilor sunt fundamentale în proiectele de construcții, reprezentând un punct de plecare esențial. Proiectul necesită estimări precise ale costurilor și stabilirea bugetelor de execuție înainte de demararea efectivă. Pe parcursul execuției, este important să se calculeze și să se monitorizeze toate cheltuielile legate de resurse umane, materiale, utilaje și echipamente, evitând astfel depășirea bugetelor stabilite. De-a lungul duratei de viață a construcției, costurile de funcționare și întreținere pot depăși semnificativ costurile inițiale de construcție, ajungând până la 85% din costurile totale [34].

Tipuri de costuri și clasificarea lor

În industria construcțiilor, prima etapă către un proiect profitabil implică înțelegerea și evaluarea diverselor categorii de costuri asociate lucrării. Estimările precise sunt esențiale pentru atât investitori, cât și pentru executanți, având un impact semnificativ asupra deciziei de a continua sau nu proiectul. Evaluarea costurilor, instrument important în luarea deciziilor, presupune analiza atentă a impactului fiecărei decizii și a posibilelor implicații pentru entitatea implicată [71], [2].

Costul total

Costul total în proiectele de investiții în construcții reprezintă suma tuturor cheltuielilor implicate de la concepție la operațiuni și întreținere pe termen lung. Acesta cuprinde costuri directe (materiale, echipamente, forță de muncă) și costuri indirecte (studii de fezabilitate, expertize, autorizații, administrare). Atât costurile directe, legate de componente specifice, cât și cele indirecte, esențiale pentru evaluarea globală a eficienței proiectului, acoperă și aspecte post-implementare, cum ar fi întreținerea, reparațiile și îmbunătățirile ulterioare.

$$CT = CD + CI$$

unde:

CT = costul total al proiectului de construcție

CD = costul direct

CI = costul indirect

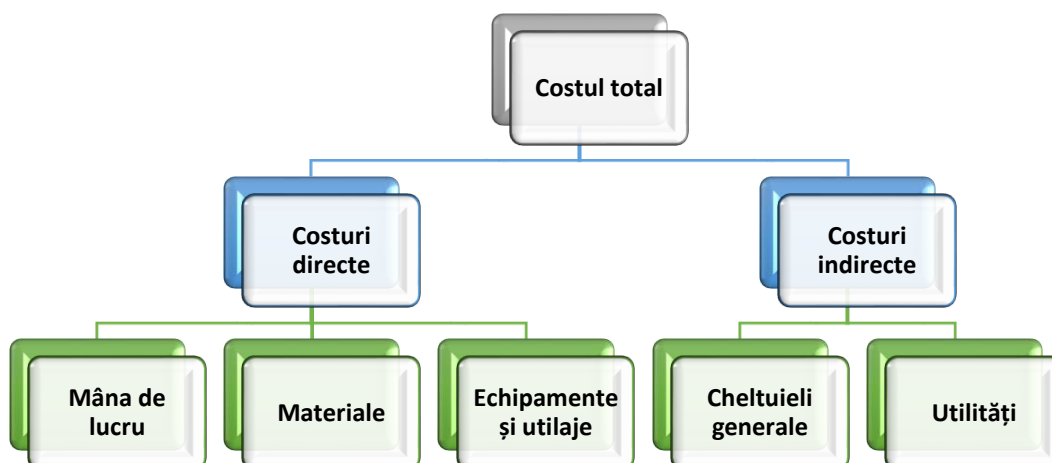


Figura nr. 91. Clasificarea costurilor în funcție de modul de repartizare [34].

Costul direct

Costul direct în construcția unui proiect reprezintă suma direct legată de dezvoltarea și implementarea acestuia, acoperind materiale, forță de muncă, echipamente și instrumente necesare. Aceste cheltuieli, considerate variabile, fluctuează în funcție de calitatea și cantitatea materialelor. Analiza acestor costuri pentru fiecare element al proiectului poate avea niveluri variate de aproximare, iar perfecționarea lor nu garantează întotdeauna o îmbunătățire semnificativă a preciziei. Costurile directe derivă din analiza geometrică a planurilor și sunt esențiale pentru controlul bugetar, acoperind execuția lucrărilor de construcție și aspecte precum achiziționarea terenurilor și utilităților.

Costul indirect

Costul indirect în construcția unui proiect reprezintă extinderea cheltuielilor dincolo de cele imediate, acoperind utilități, echipamente de birou, chirie, dispozitive mobile și consumabile. Aceste costuri pot fi variabile sau fixe și persistă după calcularea costurilor directe. Ele includ cheltuieli generale precum administrația, organizarea, direcția tehnică, supravegherea, transportul mașinilor, resursele neprevăzute și echipamentele de construcții. În bugetare, costurile indirecte sunt exprimate adesea ca procente din costurile directe și cuprind și costuri de funcționare, precum combustibilul, cheltuielile tehnice și administrative, taxele pentru teren, impozitele și cheltuielile de finanțare. Importanța controlului acestor costuri crește în cazul întârzierilor în finalizarea proiectului.

Relația dintre durata unui proiect și costul acestuia

Costurile totale ale unui proiect pot varia dacă durata proiectului crește sau scade, rezultând costuri diferite pentru durate diferite ale unui proiect [79] și din acest motiv este posibil să se genereze modele care raportează durata la costurile proiectului [34].

Relația dintre durata proiectului și costul direct

Relația dintre durata și costul direct al unei activități în construcții poate fi reprezentată simplist printr-o funcție liniară cu o pantă negativă, sugerând că o creștere a duratei aduce o scădere a costurilor directe. Totuși, în realitate, această relație poate fi mai complexă, cu influențe precum munca suplimentară și costurile asociate cu aceasta. Modelarea teoretică sugerează că relațiile dintre costuri și durată sunt, în general, funcții convexe, iar creșterea costurilor poate fi determinată de factori precum productivitatea redusă din cauza orelor suplimentare și mărimea sporită a echipelor de lucru [80], [34].

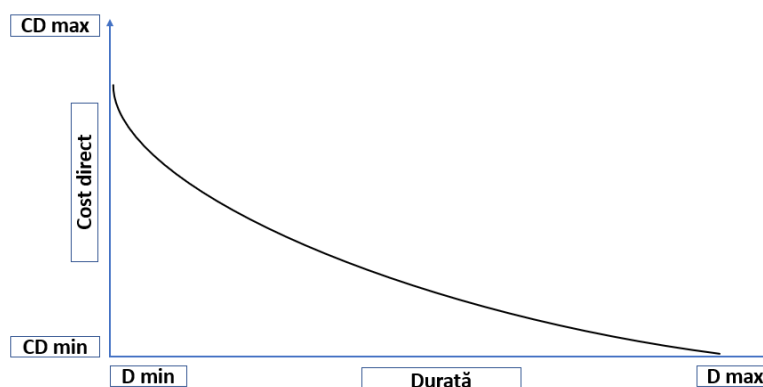


Figura nr. 93. Relația durată - cost direct [80], [34].

Relația dintre durata proiectului și costul indirect

Costurile indirecte ale unui proiect pot fi modelate ca o funcție liniară, crescând și scăzând în proporție directă cu durata proiectului. Astfel, costurile indirecte cresc odată cu prelungirea duratei activităților, generând cheltuieli mai mari pentru personalul administrativ și alte aspecte asociate [34].

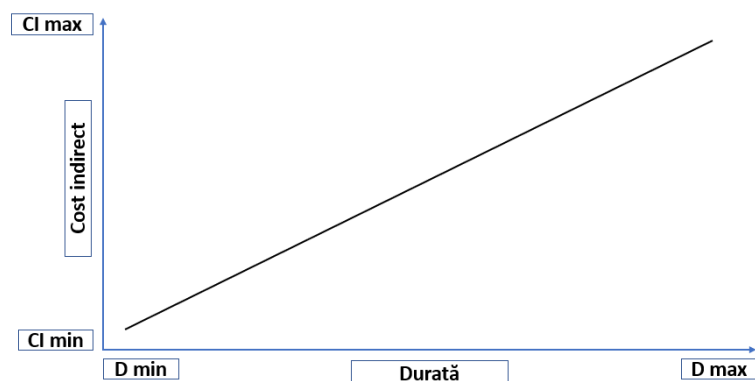


Figura nr. 94. Relația durată - cost indirect [80], [34].

Relația dintre durata proiectului și costul total

Prin însumarea costurilor directe și indirecte, se obține o curbă din care este posibil a se determina o durată optimă care minimizează costurile totale (coordonata (D_{opt} , CT_{min})). Iar, pornind de la suma costurilor asociate tuturor activităților, se poate determina costul total al proiectului [34].

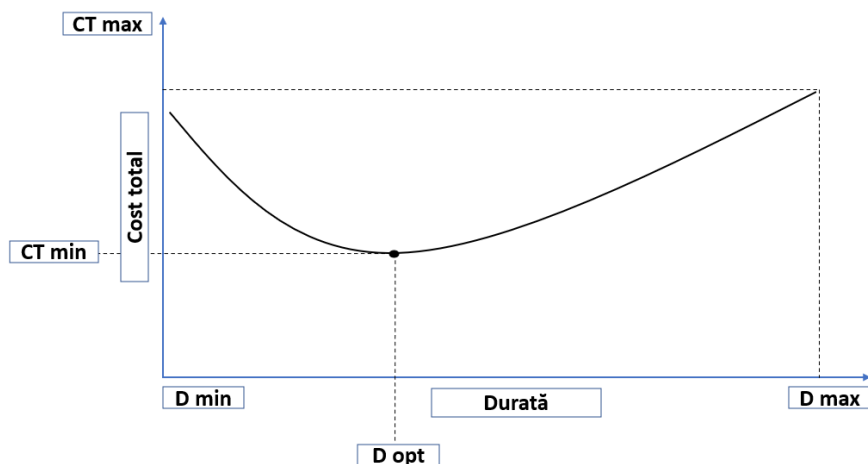


Figura nr. 95. Relația durată - cost total [80], [34].

Reducerea duratei unui proiect poate fi realizată prin accelerarea activităților critice, implicând creșterea resurselor, introducerea orelor suplimentare sau metode diferite de construcție. Cu toate acestea, aceste modificări aduc cu sine o creștere a costurilor directe, în timp ce costurile indirecte vor scădea în mod corespunzător, indiferent de strategia adoptată [79], [34].

IV. PLANIFICARE, ESTIMARE ȘI CONTROL AL COSTURILOR

Planificarea costurilor unui proiect de construcție

Planificarea costurilor într-un proiect contribuie la eficacitatea și progresul acestuia. Anticiparea precisă a cheltuielilor contribuie la minimizarea riscurilor asociate depășirii bugetului, risipirii resurselor și gestionării financiare inadecvate. Bugetul elaborat trebuie să acopere toate fazele de dezvoltare ale proiectului, incluzând cheltuieli precum investigații premergătoare și planuri de proiectare.

Optimizarea costurilor implică înțelegerea influențelor externe, precum întârzierile în livrarea materialelor sau problemele de sănătate ale forței de muncă. Planificarea trebuie să integreze strategii de rezervă și alternative pentru a gestiona aceste probleme. Achiziționarea terenurilor și obținerea aprobărilor sunt aspecte importante, luând în considerare impactul potențial asupra facilităților și populației învecinate. Transparența în planificarea costurilor este vitală pentru o colaborare eficientă între părți asigurând înțelegerea comună a managementului proiectului.

Estimarea costurilor unui proiect de construcție

Estimarea costurilor de construcție implică evaluarea totală a costurilor directe și indirecte în cadrul proiectului. Scopurile includ determinarea magnitudinii economice a proiectului și fundamentarea planificării corespunzătoare. Adaptarea analizei la specificul fiecărui proiect este esențială, luând în considerare variabile precum costurile materialelor, forței de muncă și echipamentelor, coordonatele spațiale și temporale. Factori precum metoda de construcție, complexitatea lucrării și reglementările influențează semnificativ estimarea costurilor.

Estimarea costurilor și analiza economică se interconectează în ciclul de viață al proiectului, oferind suport de la concepție la finalizare. Estimarea furnizează o perspectivă detaliată asupra costurilor, dar costul real se dezvăluie la finalizarea proiectului. În construcții, estimarea costurilor identifică și evaluează costurile și timpul probabil necesar, fiind esențială în planificare pentru evaluarea financiară și controlul bugetar eficient. Un sistem eficient de estimare implică elaborarea estimărilor inițiale, generarea opțiunilor de calcul al costurilor și implementarea unor măsuri de control pentru a asigura respectarea bugetului.

Incertitudinea în estimarea costurilor este maximă la începutul procesului, când informațiile sunt limitate ca și cantitate și calitate. Pe măsură ce informațiile se îmbunătățesc, incertitudinea se reduce, până când toate costurile sunt cunoscute cu certitudine. Estimarea costurilor reprezintă un compromis între informații și incertitudine.

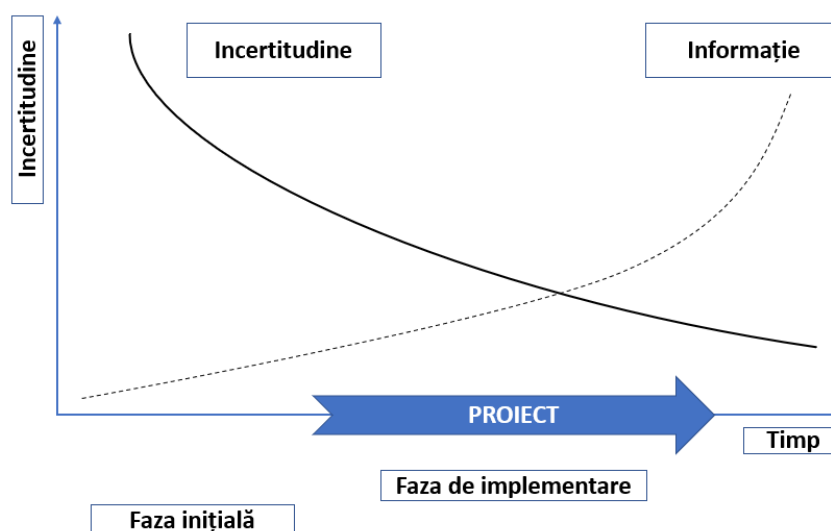


Figura nr. 101. Relația dintre informații și incertitudinea estimării costurilor [54].

Instrumente și tehnici de estimare a costurilor proiectelor de construcție

Estimarea costurilor în proiectele de construcții este influențată de nivelul de detaliere al proiectului. Estimarea parametrică poate fi utilizată pentru bugete cu informații limitate, în timp ce estimarea bazată pe costuri unitare se aplică pentru bugete detaliate. Tehnicile de

estimare variază, unele bazându-se pe experiență și rațiune, altele având o abordare matematică mai pronunțată.

Estimarea analogică:

- ✚ Se bazează pe costurile reale ale proiectelor similare anterioare pentru a estima costul actual.
- ✚ Este mai puțin precisă, dar mai puțin costisitoare și necesită mai puțin timp.

Estimarea parametrică:

- ✚ Folosește variabile prelevate din alte proiecte similare și le aplică la proiectul actual.
- ✚ Poate oferi un grad mai mare de precizie decât estimarea analogică.

Estimarea în trei valori:

- ✚ Reduce prejudecățile și incertitudinile prin evaluarea a trei variabile: estimarea optimistă, cea pesimistă și cea mai probabilă.
- ✚ Calculează un cost estimat (așteptat) al activității pe baza acestor trei valori.

Estimarea de jos în sus:

- ✚ Este cea mai precisă metodă.
- ✚ Calculează costul fiecărei activități și subunități componente, adăugând detaliu maxim.
- ✚ Necesită resurse considerabile de timp și financiare, dar reduce riscul asociat.

Avizul experților:

- ✚ Furnizează informații cu privire la ratele forței de muncă, costurile materialelor, inflația, factorii de risc etc.
- ✚ Poate contribui la reducerea riscurilor și conferă proiectului credibilitate.

Fiecare metodă are avantaje și dezavantaje, iar alegerea depinde de nivelul de detaliere disponibil și de specificul proiectului. Estimarea costurilor rămâne un proces esențial în gestionarea proiectelor de construcții, contribuind la stabilirea unui fundament solid pentru planificare și controlul bugetar.

Controlul costurilor unui proiect de construcție

Controlul costurilor în construcții vizează identificarea și reducerea cheltuielilor pentru optimizarea profitului și diminuarea costurilor generale. Procesul implică monitorizarea progresului real față de planificarea inițială, urmărirea sarcinilor echipei și evaluarea detaliată a programelor și costurilor, și este esențial într-un mediu competitiv.

Scopul controlului timpului în proiectele de construcții constă în respectarea riguroasă a programului stabilit, esențială pentru evitarea întârzierilor și depășirilor de buget. În ciuda planificării atente, proiectele pot suferi amânări din diverse motive precum modificări ale domeniului de aplicare, condiții meteorologice sau limitări ale resurselor materiale și variații în disponibilitatea forței de muncă [2], [3], [117]. Managementul eficient al costurilor implică o abordare metodologică bine definită și un angajament ferm față de monitorizare și intervenție pentru a asigura conformitatea bugetară și temporală a proiectelor.

V. ANALIZA COSTURILOR ÎN PROIECTELE DE INVESTIȚII ÎN INFRASTRUCTURA RUTIERĂ

Definirea proiectelor de investiții în infrastructura rutieră și participanții implicați

Proiectele de infrastructură, precum construcția de drumuri și autostrăzi, sunt fundamentale pentru funcționarea societății și au un impact semnificativ asupra calității vieții și a economiei locale. Aceste investiții pe termen lung sprijină evoluția economică și socială, facilitând mobilitatea, reducând cheltuielile logistice și promovând schimburile comerciale. Proiectele de construcție a infrastructurii rutiere sunt complexe, implicând diverse părți interesate, iar o coordonare și evaluare atentă a costurilor sunt utile pentru minimizarea riscurilor și succesul proiectelor. Comunicarea eficientă și colaborarea între participanți reprezintă cheia pentru realizarea unor infrastructuri rutiere funcționale, sigure și durabile.

Analiza costurilor implicate în proiectele de investiții în infrastructura rutieră

Determinarea costurilor în proiectele de infrastructură rutieră este un proces complex influențat de variabile precum complexitatea proiectului, tipul de construcție, condițiile de piață, constrângerile geografice, factorii meteorologici și poziția financiară a beneficiarului. Fezabilitatea și metodele de construcție ale proiectului sunt, de asemenea, factori esențiali în evaluarea costurilor. Proiectele de infrastructură sunt caracterizate prin personalizare ridicată, iar estimarea costurilor implică evaluarea atentă a oportunității și fezabilității proiectului, luând în considerare aspecte precum tarifele suplimentare, autorizațiile de construcție și punctele de vedere ale părților interesate, aspecte ce pot influența costul final.

În cazul proiectelor de infrastructură, evaluarea costurilor este efectuată prin intermediul expresiei matematice expuse în continuare:

$$\text{Costul proiectului} = \text{Cost de construcție} + \text{Cost financiar} + \text{Cost de intretinere}$$

Costurile proiectului sunt strâns legate de investiția necesară pentru construcția lucrărilor și sumele destinate mentenanței pe durata de viață utilă a proiectului. Aspectele principale acoperite includ costurile inițiale, de întreținere, de mediu și de gestionare a inconvenientelor survenite în timpul derulării proiectului.

Pe durata ciclului de viață al unui proiect, precizia costurilor estimate evoluează odată cu progresul acestuia, iar gradul de incertitudine asociat costurilor scade. Etapele distincte ale exprimării costurilor includ:

- ✚ **Costul conceptual:** Prima estimare a costurilor furnizată de proiectant, bazată pe factori sau indici cunoscuți.
- ✚ **Costul înainte de construcție:** Calculat pe baza costului conceptual, include costurile asociate pregătirii tehnice, execuției lucrărilor și supravegherii proiectului.
- ✚ **Costul lucrărilor suplimentare:** Costul adițional suportat în timpul construcției din cauza factorilor neprevăzuți care pot influența programul proiectului.
- ✚ **Costul de finalizare a lucrărilor:** Costul total al investiției la finalul construcției, incluzând costul estimat înainte de construcție, la care se adaugă variațiile survenite pe parcursul proiectului.

Costurile inițiale de construcție și reabilitare

Costurile inițiale de construcție și reabilitare acoperă cheltuielile necesare pentru planificarea, proiectarea și executarea infrastructurii rutiere noi sau restaurarea celei existente. Aceste costuri sunt influențate de factori precum complexitatea proiectului, localizarea geografică și tipul de suprastructură de drum. Evaluarea inițială se concentrează pe obținerea unui echilibru favorabil între costuri și beneficii, având în vedere proporționalitatea între costurile de construcție și cele de reabilitare.

Costurile de întreținere și exploatare

Lucrările și serviciile de întreținere a infrastructurii rutiere acoperă activitățile necesare pe tot parcursul anului pentru a contracara uzura sau degradarea în condiții normale de exploatare. Scopul este asigurarea condițiilor tehnice pentru circulația sigură, respectând normele tehnice și menținând patrimoniul public în stare de curățenie și aspect [131].

Costurile de întreținere includ cheltuielile necesare pentru menținerea sistemului la nivelurile stabilite pentru a satisface cererea definită în proiect. În ceea ce privește costurile de mentenanță, sunt luate în considerare următoarele categorii de activități:

- ✚ Întreținerea de rutină;
- ✚ Întreținerea periodică;
- ✚ Întreținerea programată;
- ✚ Întreținerea de reglementare;
- ✚ Activități reziliente;
- ✚ Intervenții reactive;
- ✚ Reabilitare (reconstrucție);

Formule de calcul pentru determinarea costurilor de întreținere și exploatare [133]:

Determinarea costurilor de exploatare se poate face după următoarele două formule. Prima variantă face distincție între reparațiile capitale și cele curente:

$$C_e = \sum_{t=1}^n (C_{rc} + C_{rk} + C_{ce} + C_u + C_a + C_m + A_c) \frac{1}{(1+a)^t}$$

unde:

- C_{rc} – costuri cu reparații curente;
- C_{rk} – costuri cu reparații capitale;
- C_{ce} – costuri legate de consumurile energetice;
- C_u – costuri cu utilitățile;
- C_a – costuri administrative generate de utilizarea sau proprietatea asupra construcției;
- C_m – costuri de mediu considerate ca externalități negative sau costuri pentru protecția mediului sub formă de diminuări;
- A_c – alte costuri ce apar anterior (determinate în funcție de specificul construcției);
- a – rata de actualizare;
- t – anul din perioada de exploatare.

A doua variantă nu face distincție între reparațiile curente și capitale. Acestea apar sub forma costurilor de mentenanță, reparații și reabilitări.

$$C_e = \sum_{t=1}^n (C_{mrr} + C_{ce} + C_u + C_a + C_m + A_c) \frac{1}{(1+a)^t}$$

unde:

C_{mrr} – costuri de mentenanță, reparații și reabilitări;
 C_{ce} – costuri legate de consumurile energetice;
 C_u – costuri cu utilitățile;
 C_a – costuri administrative generate de utilizarea sau proprietatea asupra construcției;
 C_m – costuri de mediu considerate ca externalități negative sau costuri pentru protecția mediului sub formă de diminuări;
 A_c – alte costuri ce apar anterior (determinate în funcție de specificul construcției);
 a – rata de actualizare;
 t – anul din perioada de exploatare

Costul de mentenanță, reparații și reabilitări pe durata de viață a construcției poate fi exprimat astfel:

$$C_{mrr} = \sum_{i=0}^t \sum_{j=1}^{n_i} C_{j;i} \frac{1}{(1+a)^t}$$

unde:

C_{mrr} = costul lucrărilor de mentenanță, reparații și reabilitări pe durata de viață a construcției;
 $C_{j;i}$ = costul lucrărilor de mentenanță “j” din anul “i”;
 n_i = numărul lucrărilor de mentenanță în anul “i”;
 t = numărul de ani din secvența de timp considerată (perioada de exploatare în întregime sau doar o parte din aceasta);
 a = rata de actualizare.

Costul lucrărilor de mentenanță, reparații și reabilitări poate fi determinat și static:

$$C_{mrr} = \sum_{i=0}^t \sum_{j=1}^{n_i} C_{j;i}$$

Costurile de mentenanță sunt calculate în conformitate cu procedurile tehnice specifice fiecărui concept menționat. Fiecare concept de întreținere este exclusivist, ceea ce înseamnă că în anii în care se efectuează întreținerea de rutină, conservarea periodică nu se va realiza, iar în anii în care are loc reabilitarea, niciunul dintre celelalte concepte nu va fi implementat.

Pentru determinarea lucrărilor de conservare necesare pentru drumuri, se propune o modelare a procesului de deteriorare a suprastructurii acestora. Scopul este de a estima gradul de daune pe care drumul le poate suferi, având în vedere specificațiile tehnice ale proiectului. Costurile sunt apoi distribuite pentru fiecare secțiune a proiectului și agregate pentru a obține o estimare a costurilor anuale.

Modul de deteriorare a suprastructurii drumului

Suprastructura drumului se deteriorează din cauza unui complex de factori, inclusiv traficul intens, condiții meteorologice extreme și evenimente naturale. Analiza deteriorării nu doar facilitează anticiparea priorităților și alocarea eficientă a resurselor, ci și identificarea zonelor suprasolicitate, precum și introducerea de măsuri de control pentru reducerea evenimentelor negative în infrastructura rutieră. Este important de subliniat că o suprastructură grav afectată necesită întreținere constantă și poate duce în cele din urmă la întârzieri și congestii semnificative în trafic [137].

Comportamentul suprastructurii drumului, ilustrat în Figura nr. 108, evidențiază deteriorarea acesteia în timp ca rezultat al încărcăturilor și condițiilor climatice. Inițial, infrastructura rutieră oferă o calitate „foarte bună”, dar pe măsură ce este expusă la solicitări și condiții adverse, starea sa se deteriorează. Există două niveluri principale de condiție: „foarte bună” și „inacceptabilă”, influențate de cerințele utilizatorilor.

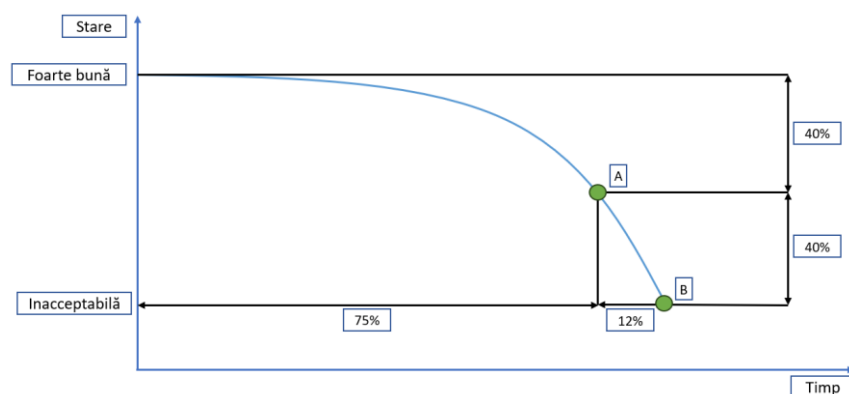


Figura nr. 108. Comportamentul suprastructurii drumului [138].

Pentru un drum bine proiectat, construit și întreținut, îmbrăcămintea rutieră suferă o deteriorare treptată de la punerea în funcțiune, accelerând semnificativ într-un stadiu ulterior, marcat în Figura nr. 108 ca punctul A. Aproximativ 40% din deteriorare apare de la punerea în funcțiune până la punctul A, iar alți 40% se întâmplă de la punctul A la punctul B. Drumul atinge punctul A în aproximativ 75% din perioada sa de utilizare, de unde se degradează rapid către punctul B.

Costul asociat cu reabilitarea unui drum, reprezentând totalitatea tehnicilor și activităților necesare pentru a-l readuce la starea sa inițială, variază considerabil în funcție de stadiul său de deteriorare, conform Figurii nr. 109. Discrepanța este atât de semnificativă încât determinarea momentului și a tipului potrivit de întreținere și reabilitare devine de o importanță economică deosebită.

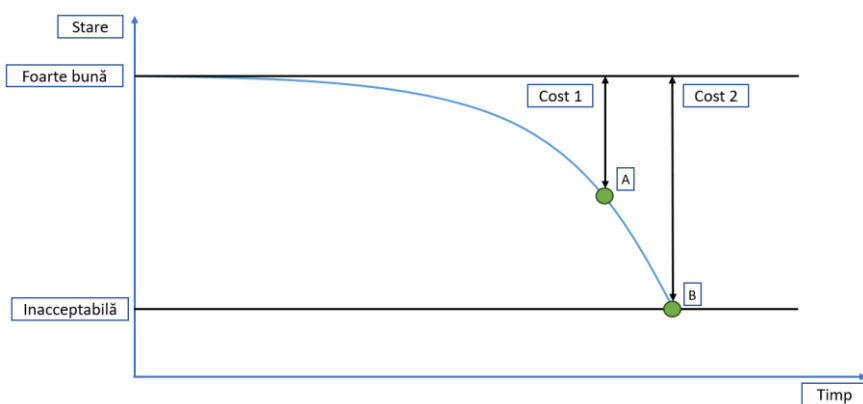


Figura nr. 109. Implicațiile economice ale amânării investițiilor de reabilitare [138].

De asemenea, strategia aleasă pentru întreținerea și/sau reabilitarea drumului are un impact direct asupra nivelului de serviciu pe care acesta îl va furniza utilizatorilor pe durata vieții sale utile, așa cum este ilustrat în Figura nr. 110.

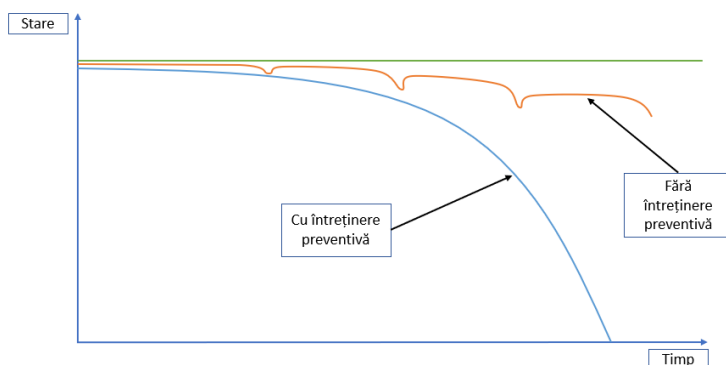


Figura nr. 110. Implicații ale diferitelor strategii privind starea drumului [138].

În final, este important să se rețină că starea drumului în timp, care depinde de strategiile selectate pentru întreținere și reabilitare, va influența și costurile suportate de către utilizatorii drumurilor. Figura nr. 111 ilustrează impactul condiției drumului asupra costurilor de întreținere, cât și asupra costurilor de utilizare.

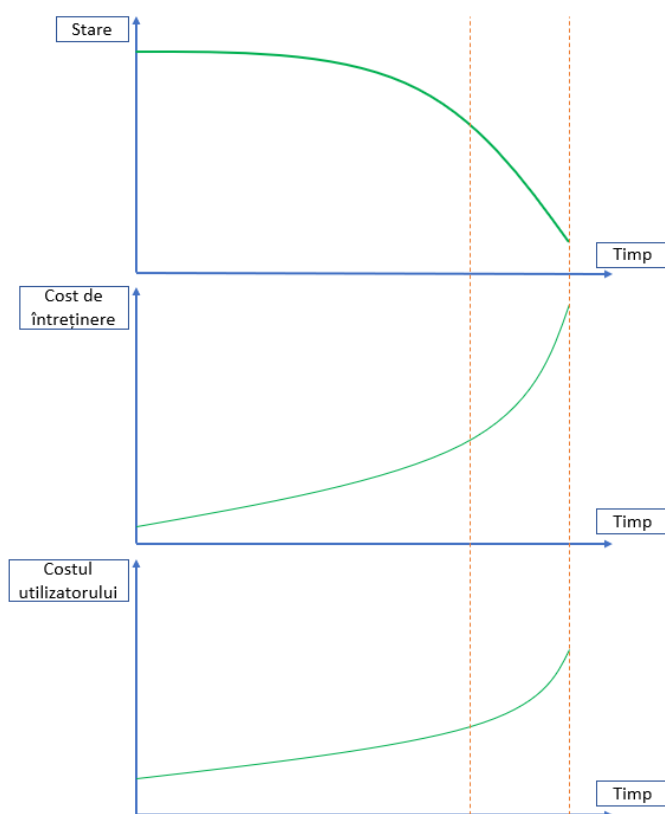


Figura nr. 111. Relațiile dintre starea drumului, costuri de întreținere și costuri de utilizare [138].

O strategie inadecvată pentru întreținerea drumurilor poate conduce la deteriorarea acestora, generând creșteri semnificative în costurile de întreținere și reabilitare. Această situație afectează și costurile pentru utilizatori, inclusiv costurile de operare ale vehiculelor și timpul de călătorie, ducând la costuri totale mai mari pentru transportul de pasageri și mărfuri.

Aceste implicații au un impact semnificativ asupra profitabilității socioeconomice a drumului și subliniază importanța deciziilor privind întreținerea și consecințele acestora.

Beneficiile proiectelor de investiții în construcția de infrastructuri rutiere

Beneficiile asociate proiectului se concentrează pe economiile anuale de costuri la nivel național și pentru utilizatorii infrastructurii respective, cu accent pe impactul pozitiv în regiunea în care este implementat. Beneficiile legate de intrarea în exploatare a proiectului includ economii la costurile generalizate de călătorie pentru vehiculele care circulă pe rețeaua rutieră relevantă. Îmbunătățirile aduse condițiilor drumurilor conduc la mai puțină uzură și consum mai redus de combustibil pentru vehicule. Starea precară a infrastructurii rutiere nu doar creează bariere în transport, ci contribuie și la poluare, creșterea accidentelor rutiere și insecuritate.

În zonele unde se implementează proiecte de îmbunătățire a infrastructurii rutiere, reducerea costurilor de transport este beneficiul principal, având un impact pozitiv în toate activitățile legate de piața transporturilor din zona proiectului.

Metodologii de evaluare a proiectelor de investiții în construcția de infrastructuri rutiere

Evaluarea proiectului de infrastructură rutieră începe prin definirea situației „fără proiect” și optimizarea acesteia, urmată de compararea cu situația „cu proiect”. Analiza se concentrează pe relațiile dintre cererea și oferta de infrastructură, acordând atenție deosebită caracteristicilor tehnice ale drumului. Cererea este influențată de utilizatorii drumului, iar costurile și beneficiile călătoriilor variază în funcție de scop și caracteristicile socioeconomice ale acestora. Alternativ, fiecare proiect rutier are propriul model de deteriorare, evidențiat prin indicele de planeitate (IRI), variind în funcție de tipurile de proiecte și materiale utilizate [34].

Indicele de planeitate (IRI) reflectă direct starea suprafeței drumului, variind de la 0 pentru o suprafață perfect plană, fără imperfecțiuni, la valori mai mari pentru drumuri cu neregularități și rugozități.

Indicatori de rentabilitate

Rentabilitatea se referă la rata de recuperare a investiției din veniturile generate de o activitate, iar evaluarea proiectului analizează și compară alternativele pentru a furniza informații esențiale pentru decizii. Indicatorii de rentabilitate, fie cantitativi, calitativi sau descriptivi, reflectă impactul asupra aspectelor economice, sociale sau de mediu și contribuie la analiza rezultatelor [154]. Un proiect de drumuri este considerat benefic pentru bunăstarea socială atunci când beneficiile depășesc costurile de intervenție, având scopul de a rezolva probleme existente pe piață și de a aduce îmbunătățiri semnificative și durabile pentru societate [155].

Valoarea actuală netă (VAN), rata internă de rentabilitate (RIR) și raportul cost-beneficiu (C/B)

Alegerea unei propuneri de proiect de construcție a infrastructurii necesită o evaluare economică pentru a determina rentabilitatea. Există indicatori specifici care pot ajuta în identificarea celei mai avantajoase propuneri, minimizând riscurile asociate. Acești indicatori ajută la determinarea valorii construcției de infrastructuri rutiere, rezultând în evaluarea performanței financiare a proiectului cu scopul de a lua decizii informate [34].

Valoare actuală netă (VAN)

Valoarea actuală netă (VAN) exprimă diferența dintre veniturile și cheltuielile proiectului în moneda curentă. Un VAN pozitiv indică acceptabilitatea proiectului. În analiza cost-beneficiu, exprimarea costurilor și beneficiilor în valoarea actuală furnizează o perspectivă reală a rentabilității, iar un proiect este considerat acceptabil atunci când obține un VAN mai mare de zero, reflectând un echilibru favorabil între beneficii și costuri.

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_T}{(1+r)^T}$$

unde:

CF_t = valoarea netă a cash flow-ului din anul t (diferență dintre veniturile și cheltuielile efective)

CF_0 = investiția inițială

r = rata de actualizare (costul capitalului)

t = numărul de ani

T = durata de viață a proiectului

Rata internă de rentabilitate (RIR)

Rata internă de rentabilitate (RIR) este un criteriu important în evaluarea proiectelor, reprezentând rata la care valoarea actuală netă (VAN) devine zero. Este utilizată pentru a evita selectarea unei rate inițiale de rentabilitate, fiind comparată cu rata dobânzii de pe piață. Cu toate acestea, calculul RIR poate fi complex și susceptibil la erori.

$$RIR = \frac{D_1 + NPV_1(D_2 - D_1)}{(NPV_1 - NPV_2)}$$

unde:

D_1 = standard de reducere, corespunzător NPV_1

D_2 = rată de actualizare corespunzătoare NPV_2

NPV_1 = valoarea pozitivă a venitului net

NPV_2 = valoarea negativă a venitului net

Pentru a fi profitabil, un proiect trebuie să aibă o rată internă de rentabilitate mai mare decât costul de oportunitate. Acest indicator este esențial pentru comparații între alternative atunci când se face alegerea între proiecte, în special în contextul resurselor limitate din sectorul public.

Raportul Cost/Beneficiu (C/B)

Raportul cost-beneficiu (C/B) este calculat prin raportarea costurilor la beneficiile unui proiect, iar dacă rezultatul este mai mare de 1, proiectul este considerat avantajos sau fezabil [34].

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^D \frac{V_t}{(1+a)^t}}{\sum_{t=1}^D \frac{(I_t + C_t)}{(1+a)^t}}$$

unde:

V_t = venitul incremental obținut în anul t în urma realizării investiției (u.m./an)

I_t = investiția realizată în anul t (u.m./an)

C_t = costul incremental din anul t obținut în urma realizării investiției (u.m./an)

a = rata de actualizare (%/an)

D - perioada de analiză care include durata de execuție și durata de viață economică (ani)

Pentru acceptarea unei investiții în proiectele de infrastructură, condiția esențială este ca $B/C > 1$. Acest parametru este larg utilizat în analiza proiectelor de autostrăzi la nivel global, oferind o măsură simplă pentru evaluarea valorii activelor publice. Analiza B/C permite observarea și compararea alternativelor în cadrul proiectelor rutiere, inclusiv variante legate de perioadele de întreținere și utilizarea diferitelor tehnologii. Din perspectivă tehnică, rezultatele sunt similare, dar aspecte financiare pot influența alegerea unei alternative în detrimentul alteia.

STUDIU DE CAZ I. INVESTIȚIILE ÎN LUCRĂRILE ȘI SERVICIILE DE ÎNTREȚINERE A REȚELEI DE DRUMURI NAȚIONALE ȘI AUTOSTRĂZI

În perioada 2019-2022, Compania Națională de Administrare a Infrastructurii Rutiere (CNAIR) a gestionat provocările crescânde din domeniul infrastructurii rutiere, realizând lucrări extinse de întreținere, reparații și inspecții pentru menținerea stării corespunzătoare a autostrăzilor și drumurilor naționale. Investițiile în infrastructură au înregistrat o creștere semnificativă, atingând o sumă record de aproximativ 2 miliarde de lei în 2022. Alocarea financiară a vizat întreținerea pe timpul verii și iernii, precum și lucrări de întreținere periodică și reparații curente. Prioritatea continuă este asigurarea calității și durabilității infrastructurii rutiere pentru sprijinirea dezvoltării economice a țării. Investițiile au fost considerabile, cu sume totale de aproximativ:

Anul 2019: 1.768.347.971 lei, cu TVA inclus, din care:

- ✚ lucrări și servicii privind întreținerea curentă pe timpul verii: 306.222.417 lei, cu TVA inclus;
- ✚ investiții efectuate pentru întreținerea curentă în sezonul de iarnă: 390.786.057 lei, cu TVA inclus;
- ✚ lucrări de întreținere periodică și reparații curente: 398.969.972 lei, cu TVA inclus.

Anul 2020: 1.413.991.525 lei, cu TVA inclus, din care:

- ✚ lucrări și servicii privind întreținerea curentă pe timpul verii: 159.356.536 lei, cu TVA inclus;
- ✚ investiții efectuate pentru întreținerea curentă în sezonul de iarnă: 241.937.520 lei, cu TVA inclus;
- ✚ lucrări de întreținere periodică și reparații curente: 478.257.567 lei, cu TVA inclus.

Anul 2021: 1.699.219.784 lei, cu TVA inclus, din care:

- ✚ lucrări și servicii privind întreținerea curentă pe timpul verii: 335.942.220 lei, cu TVA inclus;
- ✚ investiții efectuate pentru întreținerea curentă în sezonul de iarnă: 400.120.853 lei, cu TVA inclus;

- ✚ lucrări de întreținere periodică și reparații curente: 405.119.433 lei, cu TVA inclus.

Anul 2022: 1.954.496.083 lei, cu TVA inclus, din care:

- ✚ lucrări și servicii privind întreținerea curentă pe timpul verii: 323.699.136 lei, cu TVA inclus;
- ✚ investiții efectuate pentru întreținerea curentă în sezonul de iarnă: 400.719.680 lei, cu TVA inclus;
- ✚ lucrări de întreținere periodică și reparații curente: 581.871.602 lei, cu TVA inclus.

În perioada 2019-2022, CNAIR a demonstrat un angajament crescut pentru îmbunătățirea infrastructurii rutiere, reflectat într-o creștere globală a investițiilor cu 10,53%. Lucrările de întreținere curentă au crescut cu 5,71% în sezonul estival, evidențiind preocuparea pentru menținerea infrastructurii în condiții adecvate. În sezonul rece, investițiile pentru întreținerea curentă au crescut cu 2,54%, evidențiind pregătirea pentru condițiile meteorologice dificile. Investițiile semnificative în întreținerea periodică și reparații curente au avut o creștere de 45,84%, indicând atenția sporită acordată îmbunătățirii infrastructurii existente. S-au realizat investiții pentru îmbunătățirea siguranței rutiere, contribuind la reducerea accidentelor:

- ✚ Anul 2019: 151.749.447 lei cu TVA;
- ✚ Anul 2020: 101.459.653 lei cu TVA;
- ✚ Anul 2021: 95.847.096 lei cu TVA;

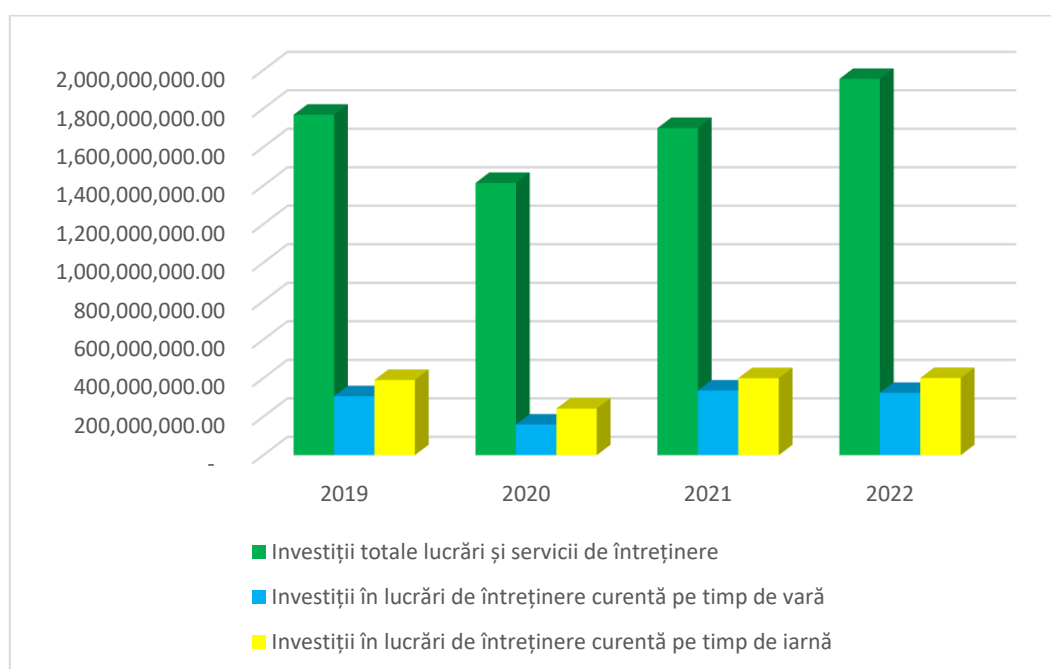


Figura nr. 122. Investițiile asociate lucrărilor și serviciilor de întreținere 2019-2022 [221], [131], [222], [223].

Investițiile semnificative în infrastructura rutieră în perioada 2019-2022 reflectă angajamentul pentru dezvoltarea economică și socială a României. Alocarea financiară importantă evidențiază prioritatea acordată întreținerii și conservării rețelei de drumuri naționale și autostrăzi. Lucrările de întreținere periodică și curentă au fost planificate, contribuind la menținerea condițiilor de circulație sigure și prevenind deteriorarea drumurilor. Investițiile au acoperit întregul sistem rutier, inclusiv autostrăzile, reflectând o abordare globală

pentru îmbunătățirea infrastructurii. Eforturile constante în domeniul siguranței rutiere au inclus îmbunătățiri semnificative, justificând importanța continuă a acestor investiții pentru beneficiile economice și sociale pe termen lung.

STUDIU DE CAZ II. ANALIZA COSTURILOR PENTRU O AUTOSTRADĂ ÎN PATRU VARIANTE CONSTRUCTIVE

1. Dezvoltare

Construcția Autostrăzii Ploiești-Buzău, parte a Coridorului 3, reprezintă o prioritate națională pentru îmbunătățirea infrastructurii rutiere. Studiul are ca obiectiv identificarea celei mai viabile soluții pentru tronson, analizând patru tipuri de structuri rutiere. Au fost evaluate aspecte structurale și costurile asociate pentru variantele suple, semirigide, rigide și rigide cu strat de bază din beton de ciment și îmbrăcăminte bituminoasă conform normelor tehnice românești de proiectare.

2. Analiza situației actuale

Master Planul General de Transport relevă că mai puțin de 3% din infrastructura rutieră națională din România corespunde standardelor de autostradă. Rețeaua existentă, predominant drumuri cu profil 1x1, generează o viteză medie de 66 km/h pentru deplasările interurbane. În zona proiectului Ploiești-Buzău, viteza medie pe DN1B este de aproximativ 71 km/h, având un profil de cale circulație 1x1. Problemele majore de siguranță rutieră sunt legate de faptul că aproximativ 90% din drumurile naționale au un singur sens, limitând depășirile în siguranță și afectând capacitatea de trafic.

3. Analiza cost-beneficiu

Analiza cost-beneficiu este structurată în trei etape: analiza economică, analiza financiară și analiza de risc. Analiza economică explorează impactul pe termen lung al proiectului asupra economiei și societății, în timp ce analiza financiară se concentrează pe aspectele specifice ale fluxurilor de numerar și rentabilității. Analiza de risc este importantă pentru identificarea și gestionarea potențialelor obstacole și incertitudini în implementarea proiectului, asigurând o evaluare comprehensivă a fezabilității și sustenabilității.

Analiza aspectelor financiare

Analiza pentru proiectul autostrăzii Ploiești-Buzău se concentrează pe criterii legate de performanțe structurale și costuri asociate construcției, întreținerii și ranforsării structurilor rutiere. Criteriile includ costul total de execuție pentru o durată de viață de 30 de ani și costurile de întreținere pentru diferite tipuri de structuri rutiere pe perioade variate. Evaluarea acestor criterii vizează identificarea variantei optime de structură rutieră, echilibrând costurile inițiale, costurile de întreținere și performanțele pe termen lung.

Criterii suplimentare, precum condițiile și durata de execuție, comportamentul în timp și starea structurilor la sfârșitul perioadei de perspectivă, completează analiza financiară și structurală pentru a determina cea mai potrivită soluție. Procesul de selecție implică asignarea de punctaje criteriilor economice precum costul de execuție (cost de construcție + cost de ranforsare) și costul lucrărilor de întreținere + costul intervenției/reconstrucției, iar în caz de egalitate, se iau în considerare criteriile legate de performanțele structurale pentru o decizie finală comprehensivă și sustenabilă.

Analiza economică a proiectului

Costul de execuție a structurilor rutiere propuse

Calcululele pentru stabilirea prețurilor în proiectul Autostrăzii Ploiești-Buzău se bazează pe experiența din proiecte similare și datele de cost unitar, utilizând prețurile unitare și grosimile straturilor pentru fiecare tip de structură rutieră. Aceste elemente formează baza pentru calcularea costurilor pe kilometru pentru lucrările de execuție. În plus, se ia în considerare construirea unei platforme de 22 de metri conform Profilului Transversal Tip pentru drumuri de mare viteză cu profil de autostradă.

Tabel nr. 46. Costul de execuție (cost de construcție + cost de ranforsare) pentru structurile rutiere supuse analizei [230].

Tip structură	Cost construcție Lei	Cost ranforsare Lei	Cost execuție Lei
Suplă	7.951.220,20	1.948.809,5	9.900.029,70
Semirigidă	6.894.713,10	1.948.809,5	8.843.522,60
Rigidă cu îmbrăcăminte din beton de ciment	7.105.472	-	7.105.472
Rigidă cu strat de bază din beton de ciment și îmbrăcăminte din straturi asfaltice	9.847.803,90	-	9.847.803,90

Costul lucrărilor de întreținere

Analiza pentru alegerea structurii rutiere în proiectul autostrăzii Ploiești-Buzău se axează pe costul total al investițiilor, excluzând lucrările de întreținere ce depășesc părțile carosabile și întreținerea curentă pe timp de iarnă. Estimările pentru lucrările de întreținere și reparații pentru îmbrăcăminti bituminoase se bazează pe parametrii fizici ai profilului transversal și longitudinal pentru fiecare kilometru de autostradă, iar pentru straturile de beton de ciment, se ia în considerare o suprafață totală de 22.000 de m² pentru fiecare kilometru, având în vedere dale de beton de ciment de dimensiuni 4x5 metri fiecare.

4. Selectare alternativă

Analiza costurilor pentru tronsonul de autostradă Ploiești-Buzău cuprinde costurile finale și punctajele acordate pentru lucrările de întreținere și reparații pe perioada de perspectivă a structurilor rutiere evaluate. Costurile, exprimate ca valori actualizate cu o rată de actualizare de 4%, sunt esențiale pentru evaluarea viabilității economice a proiectului. Punctajul pentru rentabilitatea economică a fiecărei variante este determinat utilizând Valoarea Netă Actualizată (VAN) ca indicator al beneficiilor nete pe durata proiectului. Rezultatele au fost calculate înmulțind cantitățile de lucrări pentru fiecare soluție cu tarifele unitare per lucrare.

Tabel nr. 58. Costuri finale [230].

Nr. crt.	Tipul structurii rutiere/ Îmbrăcămintei rutiere	Total cost VAN (lei)	Punctaj
1	Suplă/Bituminoasă	13.591.140	93
2	Semirigidă/Bituminoasă	12.585.710	100
3	Rigidă/Rigidă (dale beton ciment)	17.399.370	72
4	Rigidă/Bituminoasă	12.718.579	99

Punctajul aferent acestui criteriu s-a calculat ca raport între costul minim și costul fiecărei variante. Conform analizei, structura rutieră semirigidă a înregistrat cele mai mici costuri, respectiv 12.585.710 lei, și a fost selectată drept soluția propusă pentru tronsonul de autostradă Ploiești-Buzău.

5. Durata estimată de execuție

Acest criteriu se axează pe evaluarea duratei de execuție a structurilor rutiere propuse și pe analiza comportamentului acestora în contextul proiectului.

Structurile rutiere suple, cu o vastă experiență de execuție, utilizate în aproximativ 95% din rețeaua națională de drumuri. Avantajul notabil al acestora constă în posibilitatea construirii fără timpi de așteptare, exceptând impermeabilizarea straturilor de fundație în sezonul rece. Structurile rutiere semirigide, care includ un strat superior de balast stabilizat, implică un proces de rigidizare, extinzând durata de execuție. În cazul structurilor rutiere rigide, cu material legat cu ciment, durata de execuție este mai lungă, afectând programul proiectului. Tabelul nr. 63 oferă detalii relevante pentru ghidarea deciziilor privind tipul de structură rutieră.

Tabel nr. 63. Comportarea structurilor rutiere din punct de vedere al duratei de execuție și al comportării în cadrul proiectului [230].

Nr. crt.	Tipul structurii rutiere /îmbrăcăminte	Durata de execuție	Comportarea structurii
1	Suplă/Bituminoasă	Fără timpi de așteptare	Solicitări reduse la nivelul patului drumului
2	Semirigidă/Bituminoasă	Rigidificare în timp a stratului stabilizat	Fisurare în timp a stratului stabilizat
3	Rigidă/Rigidă (dale beton de ciment)	Rigidificare în timp a materialului legat cu ciment	Execuție riguroasă; Fisurare beton din variații termice
4	Rigidă/Bituminoasă		Transmiterea la suprafața îmbrăcăminte bituminoase a rosturilor, fisurilor și crăpăturilor din stratul din beton de ciment

6. Comportarea în timp și situația structurilor la sfârșitul perioadei de perspectivă

În cadrul acestui subcapitol am analizat următoarele aspecte-cheie în infrastructura rutieră: costul intervențiilor planificate la sfârșitul perioadei de perspectivă și impactul tipului de îmbrăcăminte rutieră asupra calității circulației autovehiculelor, inclusiv disconfortul generat în timpul lucrărilor de întreținere.

Costul intervențiilor la sfârșitul perioadei de perspectivă. Pentru structurile rutiere rigide, precum cele cu dale de beton de ciment și îmbrăcăminte bituminoasă, se prevede un tratament constructiv cu adăugarea a cel puțin 18 cm de straturi asfaltice pentru amânarea apariției fisurilor și crăpăturilor. În cazul structurilor rutiere suple și semirigide, care și-au crescut capacitatea portantă prin lucrări periodice de întreținere, grosimea straturilor de ranforsare va fi adaptată la capacitatea portantă existentă.

Calitatea circulației autovehiculelor. Structurile rutiere suple și semirigide oferă un nivel înalt de confort, caracterizat de planeitate, rugozitate și continuitate a suprafețelor de rulare. Aceste structuri au Indicele de Planeitate (IRI) și Adâncimea Medie a Macrotexturii (MPD) reduse, contribuind la scăderea emisiilor de CO₂. În schimb, structurile rutiere rigide, fie cu dale de beton de ciment, fie cu îmbrăcăminte bituminoasă, prezintă o planeitate mai redusă din cauza rosturilor transversale, generând disconfort în circulație și afectând experiența conducătorilor auto.

Disconfortul circulației în timpul lucrărilor de întreținere poate afecta atât conducătorii auto, cât și rezidenții din zonele învecinate. Zgomotul, praful și întreruperile de trafic pot cauza disconfort și perturbări. În cazul structurilor rutiere suple și semirigide, lucrările periodice de întreținere, cum ar fi așternerea unui covor asfaltic la intervale regulate, pot crea

obstacole semnificative pentru circulație. Aceste lucrări necesită închiderea temporară a unor benzi de circulație, generând disconfort și perturbări în trafic.

7. Evaluarea amprentei de CO₂

Amprenta de carbon în infrastructura rutieră se referă la emisiile de CO₂ și gaze cu efect de seră generate de construcția, întreținerea și exploatarea drumurilor. Factorii influențatori includ materialele, tehnologiile, metodele de întreținere și volumul de trafic. Starea drumului afectează consumul de combustibil al vehiculelor prin pierderi la rulare, legate de condițiile neuniforme ale suprafeței. Reducerea amprentei de carbon poate implica utilizarea de materiale mai puțin emise, eficientizarea proceselor de construcție și întreținere, implementarea de tehnologii energetice pentru iluminatul stradal și promovarea practicilor de întreținere pentru prelungirea duratei de viață a infrastructurii.

8. Analiza rezultatelor

În urma acestei analize, s-a recomandat alegerea unei structuri rutiere semirigide pentru tronsonul de autostradă Ploiești-Buzău, având în vedere criteriile de rezistență, durabilitate și costuri. Această recomandare se bazează pe evaluarea atentă a caracteristicilor caracteristicilor și necesităților specifice ale proiectului, oferind un echilibru între eficiență și siguranță pe termen lung. Structurile semirigide aduc avantaje precum grosimi reduse ale straturilor bituminoase, aprovizionare convenabilă cu balast, capacitate de preluare a solicitărilor și o experiență bogată în execuție, dar implică o execuție mai îndelungată și un risc de fisurare a stratului de balast stabilizat. Alegerea între structuri semirigide, suple sau rigide ar trebui să se adapteze specificului proiectului și necesităților acestuia.

Analiza impactului asupra mediului înconjurător

Poluarea reprezintă o problemă importantă în cadrul execuției lucrărilor de construcție și exploatarea drumului. Surse posibile de poluare, în diferite etape ale proiectului, pot fi:

Impactul negativ în perioada de execuție:

În timpul execuției proiectelor de construcție a infrastructurii rutiere, impactul negativ este semnificativ. Manipularea terasamentelor și lucrările cu materiale de construcții duc la transportul de particule fine în apele de suprafață, generând poluarea acestora. Utilizarea vehiculelor de transport contribuie la emisiile de gaze de eșapament, afectând calitatea aerului. Organizarea șantierului și activitățile de construcție generează emisii specifice și poluare fonică. Tăierea sau frezarea betonului emit praf și particule în aer, având impact asupra sănătății umane și a mediului. Utilizarea unor materiale periculoase și excavarea deșeurilor pot duce la poluarea solului și a apelor subterane, afectând ecosistemele locale.

Impactul negativ în perioada de exploatare:

Impactul infrastructurii rutiere asupra mediului în perioada de exploatare include emisiile de gaze de eșapament, uzura pneurilor, coroziunea vehiculelor și a parapetilor galvanizați, uzura drumului și impactul economic temporar. Aceste aspecte generează poluarea aerului și a solului, precum și poluarea sonoră. Gestionarea durabilă a infrastructurii rutiere implică o strategie de întreținere eficientă, concentrată pe reducerea emisiilor de CO₂. Drumurile în stare bună contribuie la atenuarea schimbărilor climatice, stimulează economia și reduc costurile de întreținere ale vehiculelor.

Impactul asupra populației și sănătății umane

Impactul negativ în timpul construcției infrastructurii rutiere include zgomotul, praful și emisiile de la utilaje, perturbând viața comunității și generând riscuri pentru mediu și sănătate. Poluarea solului și a apelor subterane, accidentele rutiere și expunerea la gaze nocive reprezintă preocupări majore.

Pe parcursul perioadei de funcționare, traficul rutier devine principala sursă de zgomot, vibrații și emisii care afectează calitatea vieții locuitorilor.

Impactul asupra factorului de mediu apa

În timpul construcției autostrăzii, impactul asupra resurselor de apă este generat de lucrările de construcție, traficul șantierului și activitățile specifice organizării de șantier și bazelor de producție.

Impactul în perioada de execuție este limitat ca amploare și manifestat local și temporar.

În perioada de exploatare, deversarea apelor pluviale contaminate, utilizarea materialelor de întreținere poluante și accidentele rutiere contribuie la poluarea apelor de suprafață și subterane. Eroziunea solului și efectele asupra ecosistemelor acvatice necesită o gestionare atentă a impacturilor pentru conservarea calității apei și a ecosistemelor.

Impactul asupra factorului de mediu sol/utilizarea terenului

Impactul cel mai semnificativ asupra solului în perioada de construcție și exploatare a autostrăzii derivă din ocuparea definitivă a suprafețelor necesare pentru realizarea drumului.

În timpul execuției, excavarea pentru construcție poate duce la degradarea și eroziunea solului, iar drumurile pot fragmenta terenul, afectând biodiversitatea.

În perioada de exploatare, traficul intens poate cauza compactarea solului, afectând calitatea și capacitatea acestuia de a susține vegetația. Depozitarea necontrolată a deșeurilor, evacuările de ape contaminate și accidentele cu materiale toxice reprezintă surse potențiale de poluare a solului. Preocupările privind calitatea aerului vizează, de asemenea, depunerea pe sol a unor substanțe poluante.

Impactul asupra calității aerului și climatului

Impactul asupra calității aerului în timpul construcției autostrăzii provine în principal din emisiile de praf și din arderea combustibililor fosili în motoarele utilajelor, echipamentelor și vehiculelor folosite la lucrări.

În perioada de exploatare, traficul rutier, uzura frânelor, uzura pneurilor și a drumului, precum și manipularea materialelor antiderapante sunt principalele surse de impact asupra calității aerului. Cu toate acestea, construcția autostrăzii poate avea și efecte pozitive asupra calității aerului în zonele învecinate drumurilor naționale și județene prin fluidizarea traficului și reducerea opirilor frecvente și poate contribui la scăderea emisiilor de poluanți atmosferici în aceste zone, unde traficul se desfășoară în general cu frânări și opriri frecvente.

VI. MANAGEMENTUL RISCULUI ÎN PROIECTELE DE INFRASTRUCTURĂ RUTIERĂ

În evaluarea proiectelor, s-a operat până acum sub presupunerea că valorile viitoare ale variabilelor relevante sunt cunoscute cu certitudine. Totuși, în realitate, la momentul evaluării, există adesea incertitudine sau o lipsă de cunoștințe cu privire la diverse aspecte legate de proiect, ceea ce poate influența semnificativ beneficiile, costurile și, implicit, valorile indicatorilor de rentabilitate. Prin urmare, este important să se ia în considerare factorul de risc în procesul de evaluare a proiectului.

Definirea managementul riscului

Managementul riscului în proiectele de construcție de drumuri și infrastructuri rutiere este un proces complex ce include identificarea, analiza și gestionarea riscurilor pentru a maximiza evenimentele pozitive și a minimiza impactul evenimentelor adverse asupra obiectivelor proiectului. Considerat atât artă, cât și știință, acest proces integrează principii științifice și orientări bazate pe raționament logic. În proiectele majore, managementul riscului devine esențial pentru a evita depășiri de costuri și a asigura calitatea livrării. Alocarea corectă a riscurilor în contractele de construcție reprezintă un aspect major, iar gestionarea riscurilor se bazează adesea pe prevederi contractuale bine definite.

Pentru a adopta o abordare adecvată a riscului, investitorii trebuie să parcurgă două etape esențiale: identificarea și evaluarea riscurilor. O identificare precisă în faza incipientă este decisivă, evitând expunerea la consecințe semnificative în etapele ulterioare. Ignorarea riscurilor semnificative poate afecta grav profitabilitatea proiectului de construcție, subliniind importanța unei gestionări atente și utilizarea metodelor potrivite în această etapă inițială.

În cadrul evaluării costurilor, analiza de risc a costurilor se concentrează pe evaluarea, gestionarea și comunicarea riscurilor asociate bugetului și cheltuielilor necesare pentru un proiect sau o activitate. Scopul este de a lua în considerare riscurile financiare și de a implementa măsuri pentru gestionarea și minimizarea impactului acestora asupra costurilor.

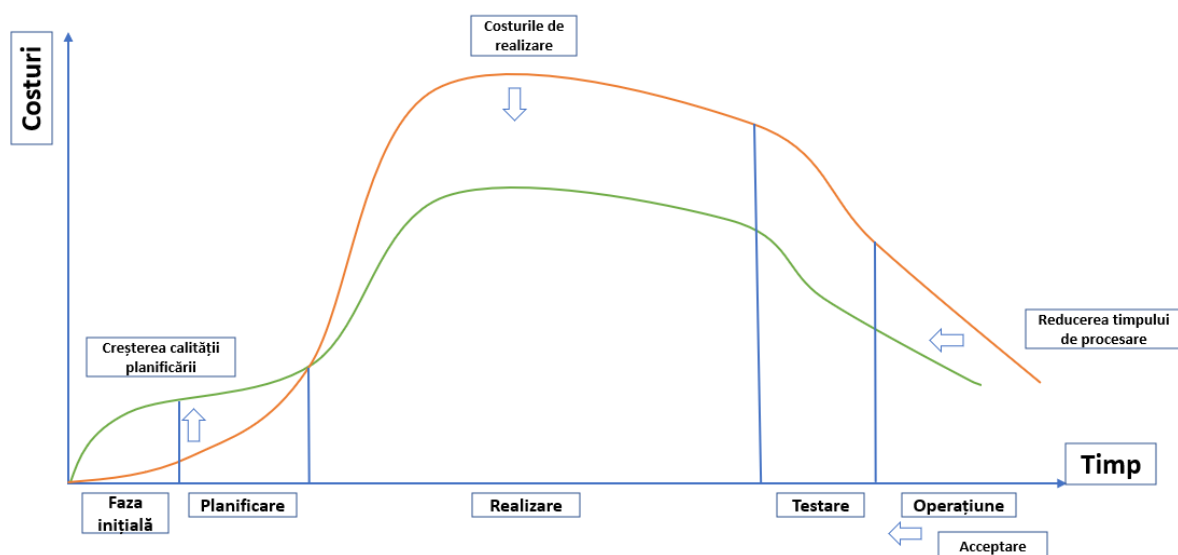


Figura nr. 132. Potențialul prin utilizarea managementului riscului în proiectele de construcții [170].

Implementarea managementului riscului poate implica inițial costuri suplimentare, însă beneficiile ulterioare justifică aceste cheltuieli. Scopul managementului riscului este anticiparea și gestionarea problemelor potențiale înainte să apară sau, în cazul riscurilor și

oportunităților pozitive, influențarea acestora. În contextul organizațiilor moderne, expuse la riscuri complexe generate de globalizare, evenimente pandemice sau tehnologie digitală, importanța managementului riscului a crescut semnificativ, contribuind la determinarea riscurilor care se potrivesc cu apetitul pentru risc al organizației și la identificarea celor care necesită controale și acțiuni suplimentare înainte de a deveni acceptabile [171].

Definirea riscurilor

Riscul asociat unui proiect reprezintă un eveniment sau o condiție caracterizată de incertitudine, cu un impact potențial pozitiv sau negativ asupra obiectivelor proiectului. Companiile adoptă o perspectivă duală asupra riscurilor, percepându-le fie ca amenințări la adresa succesului proiectului, fie ca oportunități de îmbunătățire a șanselor de realizare a obiectivelor.

Riscurile considerate amenințări pot fi evaluate și, în funcție de analiză, pot fi acceptate, cu condiția ca beneficiul provenit din gestionarea eficientă să depășească potențialul impact negativ. Aceste riscuri pot implica măsuri proactive pentru minimizarea efectelor adverse sau pot fi integrate în procesul de planificare pentru anticiparea și gestionarea consecințelor lor. Pe de altă parte, riscurile considerate oportunități sunt circumstanțe favorabile care pot îmbunătăți proiectul. Oportunitățile trebuie monitorizate și gestionate pentru a se asigura că proiectul beneficiază la maximum de ele și își atinge obiectivele eficient.

Gradul de efort și investiția inițială în faza de planificare influențează direct execuția proiectului, conform Figurii nr. 133. O planificare atentă și investiții adecvate inițiale pot avea un impact semnificativ asupra succesului și eficienței unui proiect.

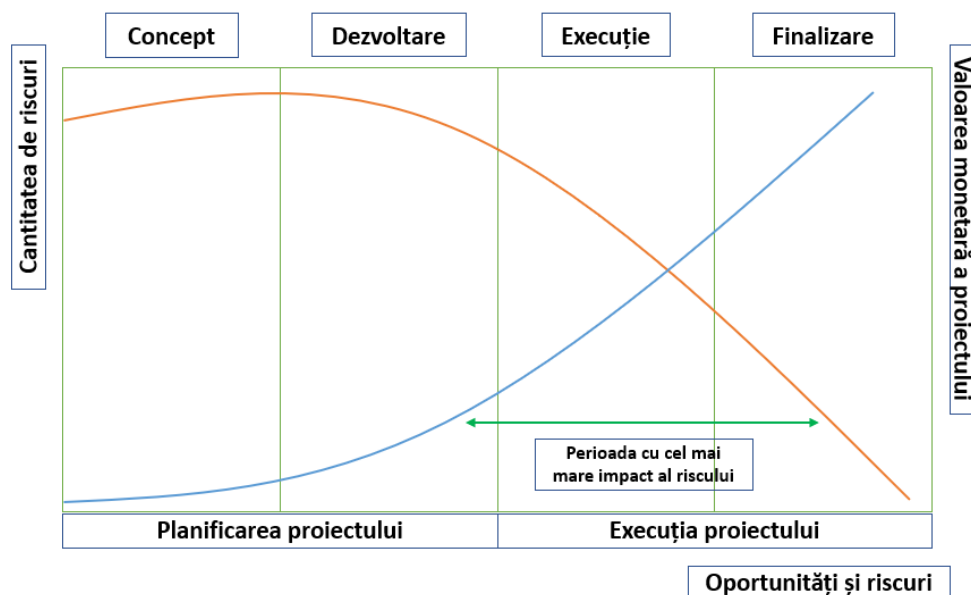


Figura nr. 133. Relația cost-risc [33].

Simbolic, riscul poate fi exprimat ca:

$$Risc = f(\text{incertitudinea unui eveniment, câștigul/pierdere potențial/ă a/a/ evenimentului}) [160].$$

Riscul poate fi exprimat sub forma unei ecuații matematice, după cum urmează:

$$Risc = \text{probabilitatea sau frecvența apariției unui eveniment definit} \times \text{consecințele producerii aceluia eveniment},$$

sau

$$R = P \times C [181].$$

Probabilitatea înseamnă șansa sau frecvența apariției unui eveniment, în timp ce impactul se referă la măsura în care evenimentul poate afecta obiectivele sau rezultatele proiectului. Această formulă reflectă abordarea comună în evaluarea și gestionarea riscului, unde riscurile cu probabilitate și impact mai mari sunt considerate semnificative și necesită o atenție sporită în procesul de gestionare a riscului.

Riscuri inerente ale proiectelor de investiții în construcția de infrastructuri rutiere

Expunerea la riscuri este comună în proiectele de infrastructură, fiind deosebit de importantă în industria construcțiilor pentru toți agenții implicați. Identificarea și descrierea riscurilor la niveluri diferite poate varia semnificativ între proiecte și organizații, iar abordările generale sau la nivel înalt ale riscurilor pot întâmpina dificultăți în dezvoltarea răspunsurilor adecvate, în timp ce descrierile detaliate pot implica eforturi crescute. În industria construcțiilor, riscul este în general perceput ca un element negativ, asociat cu pierderi sau daune pe șantier, necesitând o definiție atentă care să țină cont de toate părțile implicate.



Figura nr. 135. Lista de clasificare a riscurilor [183].

Sursele variate de riscuri asociate unui proiect tipic de construcție a drumurilor necesită o planificare minuțioasă, de exemplu: riscul de reducere a fondurilor sau întârzierea eliberării acestora poate fi gestionat prin intermediul unei negocieri adecvate în cadrul contractului, mai ales atunci când este vorba de cerințele subcontractanților cu privire la livrarea de unelte, materiale, servicii sau forță de muncă umană; riscului de nerespectare a termenelor proiectului, acesta poate fi abordat prin negocierea posibilității de prelungire a duratei proiectului, în special în cazul în care pot apărea obstacole legate de aprovizionarea cu materiale sau în cazul unor evenimente naturale neprevăzute, cum ar fi sezoanele ploioase sau reci, care pot afecta procesul de construcție, cum ar fi așezarea betonului sau uscarea acestuia.

Analiza riscurilor

Analiza riscului în proiectele de construcție a drumurilor se concentrează pe evaluarea evenimentelor adverse pe întregul ciclu de viață al proiectului. Scopul acestei analize este să sprijine procesul decizional în toate etapele, garantând finalizarea proiectului în termen și în

cadru bugetului stabilit, garantând funcționalitatea și siguranța proiectului. Identificarea și gestionarea proactivă a potențialelor contribuie la minimizarea impactului și asigurarea succesului proiectului. Analiza oferă o înțelegere mai profundă a riscurilor, facilitând comparații între opțiuni și subliniind impactul măsurilor de gestionare a riscurilor identificate.

Evaluarea riscurilor

Evaluarea riscurilor în proiectele de infrastructură rutieră se desfășoară în trei etape distincte: identificarea amenințărilor, evaluarea vulnerabilităților și analiza riscurilor. Prima etapă implică identificarea severității și frecvenței pericolelor naturale semnificative și estimarea impactului anticipat. Următoarea etapă constă în determinarea expunerii coridorului rutier la aceste amenințări și evaluarea pierderilor posibile. În final, se evaluează nivelurile generale de risc, luând în considerare atât amenințările identificate, cât și vulnerabilitățile identificate. Acest cadru esențial contribuie la elaborarea unui plan de management al riscurilor pentru asigurarea siguranței și durabilității infrastructurii rutiere în fața amenințărilor naturale potențiale.

Tratarea riscurilor

Abordarea și reducerea impactului negativ al riscurilor în proiectele de construcție implică adoptarea practicilor și strategiilor de răspuns la riscuri. Aceste strategii includ evitarea riscului, acceptarea acestuia în situații cu nivel scăzut, transferul responsabilității către o terță parte prin asigurare sau atenuarea riscului prin măsuri de reducere a probabilității sau impactului. Implementarea acestor strategii necesită o gestionare atentă, având în vedere impactul potențial asupra costurilor, calendarului și calității proiectului, însă utilizarea adecvată poate îmbunătăți performanța generală a proiectului.

Evitarea ca strategie de răspuns la riscuri vizează eliminarea completă a posibilității ca riscul să provoace pierderi, însă poate fi considerată neînțeleaptă, deoarece pașii necesari pentru eliminare pot afecta capacitatea de a atinge planurile și obiectivele. Când evitarea nu este posibilă, se recurge adesea la atenuarea riscurilor, care implică reducerea probabilității sau a impactului negativ al riscului.

Atenuarea, esențială în managementul riscului, implică planificarea atentă a evenimentelor sau factorilor negativi pentru a minimiza impactul lor, fiind importantă în proiectele de construcții de drumuri dată fiind gravitatea potențialelor amenințări. Diferența majoră între evitare și atenuare constă în focusul pe eliminarea posibilității riscului versus gestionarea efectelor negative atunci când riscul se materializează.

Transferul riscului, o altă strategie esențială, necesită atenție la detalii contractuale și calitățile părților implicate pentru a asigura succesul proiectului și protejarea împotriva riscurilor.

Acceptarea riscului poate fi o opțiune validă, în special când costurile altor opțiuni de gestionare a riscurilor ar putea depăși costurile asociate riscului în sine. Aceasta poate fi considerată ca opțiunea „nu se întreprinde nimic”, luând în considerare consecințele potențiale și alternativele pentru a lua o decizie bine fundamentată.

Controlul și monitorizarea riscurilor

Controlul riscurilor în proiectele de construcții implică utilizarea unui set de metode și tehnici pentru neutralizarea sau reducerea impactului potențialelor riscuri. Chiar și în cazul unui risc cunoscut și controlat, acesta poate continua să prezinte o amenințare, motiv pentru

care evaluarea și abordarea riscului sunt etape esențiale. Scopul fundamental al procesului de monitorizare și control al riscurilor în proiectele de investiții în construcții este de a identifica, atenua și elimina riscurile care pot afecta proiectul. Acest proces este util pentru implementarea răspunsurilor corespunzătoare la riscuri și pentru a verifica validitatea ipotezelor inițiale făcute în faza de planificare. Monitorizarea și controlul riscurilor contribuie la asigurarea succesului proiectelor și la menținerea stabilității operaționale. În timpul implementării unui proiect, costurile neprevăzute, cunoscute sub denumirea de depășire a costurilor, pot apărea. Pentru a preveni aceste costuri suplimentare, este esențială o planificare detaliată încă de la început, inclusiv evaluarea scenariilor posibile cu ajutorul datelor istorice și a experienței anterioare în proiecte similare.

VII. INFRASTRUCTURI RUTIERE DURABILE: ABORDĂRI PENTRU EFICIENȚĂ ECONOMICĂ ȘI PROTEJAREA MEDIULUI

Capitolul VII explorează strategiile pentru atingerea a două obiective majore în construcția și operarea infrastructurilor rutiere: eficiența economică și protejarea mediului. Autostrăzile și drumurile, esențiale pentru mobilitate și dezvoltare economică, pot avea un impact semnificativ asupra mediului și pot implica costuri semnificative. Pentru a asigura durabilitatea și viabilitatea pe termen lung, se examinează abordările care minimizează impactul asupra mediului și optimizează utilizarea resurselor.

Acest capitol analizează utilizarea materialelor eco-friendly, eficientizarea operațiunilor, planificarea și proiectarea eficientă pentru reducerea costurilor, consolidarea infrastructurii existente, investițiile în energie regenerabilă și impactul tehnologiei digitale în dezvoltarea durabilă a infrastructurilor rutiere. Se urmărește reconcilierea nevoilor economice cu cele de protejare a mediului pentru a obține o infrastructură rutieră durabilă și eficientă.

Optimizarea costurilor în proiectele de investiții în construcția de infrastructuri rutiere prin utilizarea de materiale și tehnologii ecologice

Acest segment explorează strategii în proiectele de infrastructură rutieră cu scopul de a eficientiza utilizarea resurselor financiare prin adoptarea de materiale și tehnologii eco-friendly care susțin dezvoltarea durabilă în sectorul infrastructurii rutiere, aducând beneficii ecologice și economice semnificative. Având în vedere cerințele financiare considerabile ale construcției de infrastructuri rutiere, se caută reducerea costurilor pentru asigurarea viabilității economice a proiectelor și extinderea accesului la infrastructura de transport. În acest context, pot fi identificate numeroase strategii ce vizează diminuarea costurilor implicate, incluzând:

Utilizarea materialelor eco-friendly și regenerabile în proiectele de construcție, precum beton reciclat, lemn din surse sustenabile, beton autoreparator, asfalt ecologic și biopolimeri pe bază de lignină, constituie o strategie esențială pentru reducerea impactului asupra mediului. Aceste materiale contribuie la diminuarea consumului de resurse naturale și a emisiilor de carbon, având amprente de carbon mai reduse în comparație cu materialele tradiționale. Beneficiile includ nu doar aspecte ecologice, ci și avantaje economice, oferind costuri competitive și generând economii pe termen lung prin gestionarea eficientă a resurselor și costurilor în construcții. Adoptarea acestor materiale reprezintă un pas semnificativ către dezvoltarea durabilă a sectorului [216].

Eficientizarea operațiunilor prin tehnologii moderne reprezintă o strategie-cheie pentru reducerea costurilor în construcția de infrastructuri rutiere, având legătură cu utilizarea

materialelor și tehnologiilor eco-friendly. Această abordare se concretizează în automatizarea procedurilor, optimizarea fluxurilor de muncă și eliminarea proceselor redundante.

Adoptarea tehnologiilor avansate, precum automatizarea și inteligența artificială, vizează îmbunătățirea eficienței proceselor și reducerea cheltuielilor. Implementarea automatizării în diferite etape ale construcției, inclusiv utilizarea echipamentelor autonome, poate diminua costurile legate de forța de muncă umană și optimiza programele de construcție, reducând astfel durata proiectului și costurile asociate. De asemenea, adoptarea tehnologiilor noi și a metodelor inovatoare, cum ar fi prefabricatele și construcția modulară, poate reduce costurile materialelor și timpul de construcție, contribuind la obiectivul general de a crea o infrastructură rutieră eco-friendly, durabilă și eficientă energetic.

Planificarea și proiectarea eficiente joacă un rol major în strategia de reducere a costurilor în construcția infrastructurilor rutiere. Prin planificare riguroasă și proiectare detaliată, se pot obține economii semnificative în fazele de dezvoltare și exploatare a acestor infrastructuri. Procesul de proiectare permite identificarea soluțiilor inovatoare și eficiente din punct de vedere economic, evitând supradimensionarea și utilizarea ineficientă a resurselor și integrând opțiuni eco-friendly și elemente de eficiență energetică pentru reducerea amprentei de carbon și a costurilor operaționale pe termen lung.

Investițiile în energie regenerabilă și eficiența energetică sunt abordări progresive și ecologice pentru reducerea costurilor în construcția drumurilor. Aceste strategii nu doar aduc beneficii economice, ci contribuie și la conservarea mediului înconjurător. Utilizarea energiei regenerabile reduce emisiile de gaze cu efect de seră, având un impact pozitiv asupra sănătății umane și a mediului. Eficiența energetică, prin utilizarea mai eficientă a energiei, poate reduce consumul și costurile asociate cu operațiunile și întreținerea infrastructurii rutiere, contribuind la durabilitate și performanță.

Inovarea și tehnologia digitală sunt esențiale pentru optimizarea construcției infrastructurii rutiere majore, aducând îmbunătățiri semnificative în eficiența și gestionarea proiectelor complexe. Aceste abordări contribuie la reducerea costurilor și au un impact pozitiv asupra mediului prin eficientizarea proceselor, reducerea consumului de resurse și emisiilor de CO₂, precum și prin prelungirea duratei de viață a infrastructurii.

Toate aceste tehnologii sunt esențiale pentru construirea infrastructurilor rutiere sustenabile și prin contribuția la obiectivele globale de combatere a schimbărilor climatice.

Beneficiile integrării materialelor eco-friendly și regenerabile în proiectele de infrastructuri rutiere

Utilizarea materialelor eco-friendly și regenerabile în construcția infrastructurilor rutiere aduce multiple beneficii. Aceste materiale contribuie la reducerea costurilor de construcție și întreținere, având eficiență în procesul de construcție. Reduc impactul asupra mediului prin consumul mai redus de resurse naturale și emisii de carbon. Materialele inovative, precum cele auto-reparatoare sau ușoare, pot minimiza costurile ulterioare și reduce costurile de transport și manipulare. Utilizarea materialelor regenerabile și reciclate promovează sustenabilitatea și reduc amprenta de carbon, contribuind la combaterea schimbărilor climatice. Aceste materiale sunt durabile, rezistente la uzură și coroziune, prelungind durata de viață a infrastructurilor rutiere și reducând costurile de întreținere și reparare pe termen lung. Adoptarea acestor materiale reprezintă o evoluție semnificativă în industria construcțiilor, având impact pozitiv asupra mediului și asigurând infrastructuri mai durabile și eficiente.

Utilizarea biopolimerilor în construcția de infrastructuri rutiere: o abordare sustenabilă și inovatoare

În contextul creșterii preocupărilor globale privind protejarea mediului și dezvoltarea durabilă, sectorul construcțiilor rutiere se confruntă cu presiuni pentru reducerea impactului negativ asupra mediului. Emisiile de carbon, consumul intens de resurse naturale și deșeurile generate au impus cerințe stricte pentru proiectele de infrastructură rutieră, orientând atenția spre utilizarea materialelor eco-friendly și practici sustenabile. În acest sens, utilizarea biopolimerilor în construcția și întreținerea infrastructurilor rutiere devine o soluție inovatoare, ecologică și atrăgătoare. Biopolimerii, compuși organici obținuți din surse naturale, oferă alternative biodegradabile și biocompatibile la materialele tradiționale, având potențialul de a îmbunătăți caracteristicile materialelor rutiere și de a contribui la o construcție rutieră mai sustenabilă și prietenoasă cu mediul.

Proprietățile și caracteristicile cheie ale biopolimerilor

Biopolimerii, ca materiale în construcția infrastructurilor rutiere, aduc beneficii semnificative în perspectiva durabilității și a impactului ecologic. Proprietăți precum biodegradabilitatea facilitează gestionarea eficientă a deșeurilor, iar biocompatibilitatea contribuie la evitarea emisiilor toxice în mediul înconjurător. Acești compuși oferă flexibilitate și adaptabilitate, putând fi ajustați pentru a satisface cerințe specifice, cum ar fi rezistența mecanică sau rezistența la apă. Astfel, utilizarea biopolimerilor în construcția de drumuri reprezintă o soluție versatilă și sustenabilă, aliniată cerințelor de protejare a mediului.

Cum funcționează biopolimerii în contextul construcțiilor rutiere

Biopolimerii sunt utilizați în construcțiile rutiere pentru a îmbunătăți sau înlocui materialele tradiționale. În asfalt, adăugarea biopolimerilor sporește aderența și rezistența la apă, extinzând durata de viață a suprafeței rutiere. În beton, consolidează rezistența la fisurare și reduc contracția, contribuind la o durabilitate crescută. În plus, biopolimerii sunt utilizați pentru stabilizarea solului, prevenind eroziunea și consolidând infrastructura. Această abordare inovatoare și sustenabilă vizează reducerea impactului asupra mediului și îmbunătățirea durabilității proiectelor rutiere.

Avantajele utilizării biopolimerilor în infrastructurile rutiere

Utilizarea biopolimerilor în infrastructurile rutiere oferă multiple avantaje. Aceștia contribuie la reducerea emisiilor de carbon și a impactului asupra schimbărilor climatice, asigură durabilitate și rezistență îmbunătățite, eficiență în gestionarea resurselor, posibilitatea reutilizării și reciclării, precum și consolidarea solului.

Provocările actuale și perspective viitoare asociate cu utilizarea biopolimerilor în infrastructuri rutiere

Implementarea biopolimerilor în infrastructurile rutiere aduce beneficii semnificative pentru sustenabilitate și mediu, dar implică și provocări majore. Colaborarea între diverse părți interesate este esențială pentru dezvoltarea și implementarea soluțiilor durabile. Aceasta poate contribui la abordarea provocărilor existente și la găsirea de modalități inovatoare de utilizare a biopolimerilor în construcția și întreținerea infrastructurilor rutiere. Cercetarea continuă, îmbunătățirea tehnologiilor de producție și stabilirea standardelor și reglementărilor clare pentru utilizarea lor sunt aspecte importante pentru creșterea eficienței și reducerea costurilor. În contextul creșterii cererii pentru soluții de construcție durabile, biopolimerii pot juca un rol decisiv în crearea unui viitor în care infrastructurile rutiere sunt mai durabile și mai prietenoase cu mediul.

Provocări actuale:

1. **Costuri inițiale mai mari:** pot descuraja decidenții, dar beneficiile pe termen lung, precum reducerea amprente de carbon și durabilitatea sporită, pot compensa acest aspect.
2. **Standardizare și reglementare:** generează incertitudine, subliniind necesitatea unui cadru normativ riguros și a standardelor specifice pentru a asigura calitatea și siguranța utilizării biopolimerilor în infrastructurile rutiere, precum și implementarea unor metode și teste de evaluare a performanței biopolimerilor în acest context.
3. **Durabilitatea pe termen lung:** necesită studii și monitorizare continue pentru evaluarea comportamentului biopolimerilor sub trafic intens și variabilități climatice și procesul de îmbătrânire, cu accent pe îmbunătățirea formulărilor și adoptarea tehnologiilor avansate de aplicare.

Perspective viitoare:

Perspectivile utilizării biopolimerilor în infrastructurile rutiere sunt promițătoare, evidențiind extinderea aplicațiilor și dezvoltarea de formule mai eficiente și creșterea conștientizării. Cercetarea continuă va diversifica utilizările, iar educația și conștientizarea publică vor stimula adoptarea acestor materiale inovatoare. Investițiile în infrastructuri ecologice, parteneriatele pentru cercetare și inițiativele globale pentru sustenabilitate vor facilita implementarea biopolimerilor, certificarea și acreditarea vor spori încrederea în biopolimeri, iar reglementările specifice vor furniza ghiduri clare și vor asigura standardele de siguranță și durabilitate. În concluzie, utilizarea biopolimerilor în infrastructurile rutiere reprezintă o soluție promițătoare pentru durabilitate și protecția mediului, cu provocări de depășit prin eforturi continue și implicarea părților interesate. Cu dezvoltarea tehnologică continuă și implicarea unor părți interesate multiple, se poate realiza o tranziție eficientă către utilizarea biopolimerilor în construcția și întreținerea infrastructurilor rutiere, contribuind astfel la un viitor mai sustenabil și rezilient în domeniul transporturilor.

STUDIU DE CAZ III. EVALUAREA BENEFICIILOR PRIVIND ÎNLOCUIREA METODEI DE STABILIZARE CU UN BIOPOLIMER CE FIXEAZĂ CARBON ÎN SOL ȘI STIMULEAZĂ CIRCULARITATEA RESURSELOR DIN INDUSTRIE

Contextul general al cercetării

În contextul evoluției umane, îmbunătățirea calității solului a implicat diverse metode, inclusiv stabilizarea și amestecarea cu ciment. În prezent, există o creștere a cererii pentru alternative ecologice la ciment, dat fiind impactul său semnificativ asupra emisiilor de gaze cu efect de seră. Geosinteticele, polimerii chimici, geopolimerii, procesele de inducție microbială și biopolimerii sunt subiecte de cercetare, având potențialul de a contracara impactul negativ asupra mediului și schimbările climatice asociate cu producția de ciment.

Fundamentarea schimbării metodei de stabilizare a solului

Industria construcțiilor este actualmente dominată de cimentul Portland, datorită rezistenței, durabilității și costurilor reduse. Cu toate acestea, procesul de fabricație a acestui ciment contribuie semnificativ la emisiile de dioxid de carbon, reprezentând aproximativ 10% din emisiile globale de CO₂ în 2012. Paralel, producția de asfalt în Europa în 2013 a atins 277,3 milioane de tone, reprezentând un proces energetic intensiv și o sursă semnificativă de emisii

de dioxid de carbon. Industria asfaltului, consumatoare majoră de energie, necesită adoptarea unor strategii mai sustenabile. Construcția autostrăzilor, incluzând producția de asfalt și ciment, implică un consum semnificativ de energie.

Biopolimerii ca alternativă ecologică

Adoptarea biopolimerilor în pavajele asfaltice reprezintă o alternativă durabilă, oferind beneficii semnificative în eficiența energetică și costurile de producție. Cunoscuți pentru rezistența sporită și caracterul lor biodegradabil, biopolimerii obținuți din surse naturale, au potențialul de a înlocui cimentul în tratarea solului, contribuind la construirea unui mediu mai sustenabil. Lignina, un compus abundent în plante și al doilea cel mai răspândit polimer vegetal după celuloză, este o sursă importantă pentru acești biopolimeri, provenind în special din industria fabricării hârtiei și producției de biocombustibili de a doua generație.

Utilizarea ligninei în construcția drumurilor

Lignina, provenind din surse naturale regenerabile, reprezintă o alternativă sustenabilă în construcția rutieră, acționând ca agent de modificare pentru îmbunătățirea durabilității asfaltului. Integrarea ligninei în asfalt reduce amprenta de carbon, consumul de asfalt și promovează o infrastructură rutieră eficientă și sustenabilă, având multiple beneficii în diminuarea emisiilor de CO₂ și a costurilor de întreținere. Lignina poate fi integrată în asfalt ca liant, în amestecuri sub formă de fibre și ca stabilizator de sol, dar și ca agent de extindere a asfaltului.

Lignina ca liant asfaltic

Lignina, folosită în ingineria pavajului, acționează ca modificador de asfalt, antioxidant, agent de cuplare și emulgator. Prin multiple aplicații, îmbunătățește rezistența și durabilitatea asfaltului, reducând riscul de fisurare și îmbunătățind rezistența la oboseală. Cu disponibilitate abundentă și costuri reduse, lignina reprezintă o opțiune atractivă pentru îmbunătățirea performanțelor și durabilității pavajului asfaltic, aducând beneficii semnificative pentru mediu.

Lignina în amestecuri asfaltice

Lignina, adăugată direct în amestecurile asfaltice, influențează comportamentul acestora la temperaturi diferite și deformări. În condiții reci, contribuie la rezistența la fisurare și îmbunătățește rezistența la deformare la temperaturi ridicate, menținând proprietățile vâscoelastice la temperaturi intermediare. Astfel, utilizarea ligninei poate îmbunătăți performanța amestecurilor asfaltice în diverse condiții de trafic și temperatură.

Lignina ca stabilizator de sol pentru bazele drumurilor

Lignina, având un rol important în stabilizarea solurilor pentru construcția drumurilor, reprezintă o alternativă ecologică la materialele tradiționale. Capacitatea sa de a lega particulele de sol contribuie la formarea unei structuri solide în pavajele asfaltice, aducând avantaje precum reducerea consumului de energie și îmbunătățirea caracteristicilor tehnice. Evaluarea ciclului de viață arată impactul economic și social pozitiv al utilizării ligninei ca biopolimer regenerabil, contribuind la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și oferind avantaje semnificative în plan economic și social.

Lignina ca agent de extindere a asfaltului

Lignina, utilizată ca agent de extindere a asfaltului în pavaje, aduce multiple avantaje, inclusiv reducerea emisiilor de CO₂, creșterea durabilității și rezistenței la temperaturi scăzute,

scăderea costurilor de întreținere, promovarea sustenabilității prin reducerea dependenței de resurse neregenerabile și obținerea de beneficii economice semnificative în construcția și întreținerea infrastructurii rutiere.

Prezentarea generală a metodei propuse

Metoda propusă vine cu o soluție inovatoare și durabilă pentru reabilitarea drumurilor, bazată pe reciclarea locală a materialului rutier și utilizarea unui liant biologic pe bază de lignină înlocuind bitumul. Testată în Norvegia timp de 16 ani, această metodă se evidențiază prin rezistența la condiții variate și fluctuații de temperatură, extinzând durabilitatea drumurilor la peste 20 de ani. Reducerea emisiilor de CO₂ cu până la 80%, eliminând aproximativ 3,5 tone de carbon pentru fiecare 30 de metri de drum reabilitat, și beneficiile aduse, cum ar fi flexibilitatea crescută și absorbția negativă a carbonului din atmosferă, contribuie semnificativ la calitatea și durabilitatea infrastructurilor rutiere.

Analiza de eficiență comparativă între metoda propusă (biopolimer pe bază de lignină) și metoda tradițională (bitum)

Analiza detaliată a metodei propuse furnizează avantaje cheie cu privire la costuri și importanța industriei construcțiilor, precum și la necesitatea dezvoltării acesteia în viitor:

1. Eficiența biopolimerului pe bază de lignină:

-  Producerea biopolimerului implică amestecarea ligninei și a apei într-un raport specific, diluând liantul și reducând cantitatea de carbon captat pe litru de liant.
-  Acest proces conduce la sechestrarea de aproximativ 0,768 kg de CO₂ la 1 litru de liant, rezultând o captare de 5,3 kg CO₂ pentru un drum de 1 m².

2. Compararea cu liantul pe bază de bitum:

-  Biopolimerul bazat pe lignină are un factor de emisie negativ de aproximativ -1,2 kg CO₂ raportat la 1 kg de lignină, incluzând emisiile generate în timpul producției și captarea carbonului.
-  În comparație, liantul adeziv pe bază de bitum produce emisii pozitive, cu valori variind de la 1,06 la 1,13 kg CO₂ pe kg de material de etanșare cu bitum și aproximativ 0,5 kg CO₂ echivalent pe kg compus adeziv bitum fierbinte.

3. Emisii legate de agregatele pentru umplerea drumului:

-  Metoda propusă nu necesită utilizarea de materiale agregate suplimentare pentru umplerea drumului, deoarece toate agregatele necesare sunt obținute de pe drumul care urmează să fie reparat.
-  În contrast, tehnologia existentă implică transportul unui agregat suplimentar la șantier, care este apoi amestecat cu liantul, contribuind astfel la emisiile asociate acestei tehnologii.

4. Sechestrarea carbonului în producția de biopolimer pe bază de lignină:

-  Producția de biopolimer pe bază de lignină captează peste 1,4 kg CO₂ echivalent per kg de lignină produs.
-  Lignina are o amprentă de carbon negativă, datorită captării de carbon din copacii utilizați în producția ligninei.

- ✚ Durata de viață a ligninei în metoda propusă permite sechestrarea carbonului captat în timpul procesului de producție.

5. Emisiile de CO₂ în producția de lignină:

- ✚ Producția de lignină generează emisii de aproximativ 0,26 kg CO₂ per kg de lignină produsă, incluzând toate etapele, de la materiile prime la transportul la unitatea de producție și procesul de producție.

6. Emisiile de CO₂ legate de transportul ligninei:

- ✚ Transportul a 1 kg de lignină pe o distanță de 1000 km emite aproximativ 0,05 kg CO₂.
- ✚ Emisiile de transport provin din trei moduri diferite, cu aproximativ 80% din transportul maritim, 15% din transportul rutier și 5% din transportul feroviar.

7. Emisiile de CO₂ legate de materialele de umplere:

- ✚ Diferite tipuri de materiale de umplere au factori de emisie ușor diferiți, cum ar fi calcarul zdrobit (0,0029 kg CO₂ per kg), pietrișul rotund (0,003 kg CO₂ per kg), și pietrișul zdrobit (0,0048 kg CO₂ per kg).
- ✚ Diferențele dintre acești factori de emisie sunt considerate nesemnificative în comparație cu alți factori de emisie în procesul de construcție a drumului.

8. Emisiile de CO₂ legate de transportul materialelor de umplere:

- ✚ Utilizarea unui tren de marfă generează aproximativ 0,048 kg CO₂ pe tonă transportată pe o distanță de 1 km. Pentru camioane, emisiile variază în funcție de capacitatea acestora, cu valori între 0,13 și 0,52 kg CO₂ pe tonă la 1 km. Transportul maritim are cel mai scăzut impact, emițând în medie 0,0079 kg CO₂ pe tonă la 1 km.
- ✚ Emisiile de CO₂ raportat la 1 m² de drum generate de metoda propusă în ceea ce privește necesitățile materialului de umplere sunt 0, deoarece nu este necesar niciun material suplimentar.

9. Emisiile de CO₂ legate de combustibili pentru mașini/echipamente:

- ✚ Furnizarea unui litru de motorină în Europa produce aproximativ 0,48 kg CO₂.
- ✚ Consumul de combustibil pentru încălzirea lianților, ligninei și a bitumului contribuie la emisii.

10. Emisiile de CO₂ din încălzirea bitumului și biopolimerului:

- ✚ Încălzirea bitumului necesită aproximativ 11,5 litri de combustibil pe oră și generează emisii de aproximativ 0,0033 kg CO₂ per m² de drum.
- ✚ Biopolimerul pe bază de lignină nu necesită încălzire, ceea ce conduce la 0 emisii.

11. Utilizarea echivalentă a combustibilului pentru încălzirea biopolimerului comparativ cu bitum:

- ✚ Emisia rezultată din arderea motorinei este de aproximativ 2,29 kg CO₂ echivalent pentru fiecare kg de motorină consumată.
- ✚ Consumul de motorină pentru încălzirea bitumului generează emisii semnificative (0,0157 kg CO₂ per 1 m² de drum).
- ✚ Biopolimerul pe bază de lignină nu necesită încălzire.

12. Beneficiile reutilizării materialelor rutiere:

- ✚ Reutilizarea materialului rutier în combinație cu biopolimerul reduce nevoia de a transporta și produce noi materiale rutiere, economisind resurse naturale și reducând emisiile asociate cu transportul și producția de materiale noi și eliminarea deșeurilor din demolarea drumurilor vechi.

13. Durata de viață a drumului:

- ✚ Durata de viață a drumurilor construite cu biopolimer este similară sau chiar mai lungă decât a drumurilor tradiționale.

14. Recondiționarea drumurilor și reducerea costurilor:

- ✚ Recondiționarea drumurilor cu materiale rutiere reutilizate reduce costurile și impactul asupra mediului.
- ✚ Înlocuirea metodei de stabilizare a solului cu metoda propusă conduce la reducerea costurilor pe mp cu aproximativ 30-35% față de metodele tradiționale.

Modul de comportare în timp al drumurilor supuse metodei prezentate

Între 2007 și 2020, metoda propusă a fost cu succes implementată în renovarea drumurilor, redefinind procesul de reabilitare prin reciclarea materialelor existente și adoptarea unor soluții ecologice. Această abordare avansată a transformat traseele rutiere uzate în infrastructuri moderne, durabile și prietenoase cu mediul, demonstrând eficacitatea în reducerea emisiilor de carbon și a impactului negativ asupra mediului. Proiectele derulate au oferit exemple inspiraționale pentru dezvoltarea viitoare a infrastructurii rutiere. Selecția drumurilor supuse renovării a avut în vedere criterii precum disponibilitatea datelor, dimensiunea proiectului și vechimea drumurilor.

Lucrările efectuate:

Prin aplicarea unei metode inovatoare de renovare a drumurilor, acestea au fost supuse unui proces profund de „zdrobire”, transformând materialul existent într-o bază stabilă. Utilizarea biopolimerului pe bază de lignină a consolidat structura drumului, reutilizând materialele existente și adăugând lianți pentru a crea o nouă structură rutieră durabilă. Această abordare a generat economii de resurse prin reutilizarea materialelor existente, reducerea deșeurilor și minimizarea impactului asupra mediului, rezultând într-o infrastructură rutieră mai fiabilă și rezistentă în timp, la costuri și resurse reduse. Inspectarea drumurilor în 2022 a evidențiat o suprafață netedă și stabilă, reflectând calitatea și performanța optime obținute prin metoda implementată. Starea generală a drumurilor inspectate în anul 2022 a fost evaluată ca fiind bună, cu o suprafață uniformă, lipsită de denivelări și crăpături evidente.



Figurile nr. 161 - 164. Calitatea drumurilor Bøenvegen, Gransherad/Notodden, Roheimvegen, Bø, Drumul 301, Finsland, Agder și Kleivdalsveien, Lindås în afara Bergen la inspecția din anul 2022 [260].

Cercetări experimentale privind metoda de intervenție propusă, în condițiile specifice de amplasament și climă ale României

Metoda propusă este aplicată în fază experimentală în Comuna Boldur, în sud-estul județului Timiș, pe drumul comunal Ohaba Forgaci-Boldur și străzile de interes local DS 37, DS 38, DS 39, DS 40, DS 50 și DS 52 din comuna Boldur [258].



Figura nr. 181. Plan de amplasare în zonă străzi studiate [258].

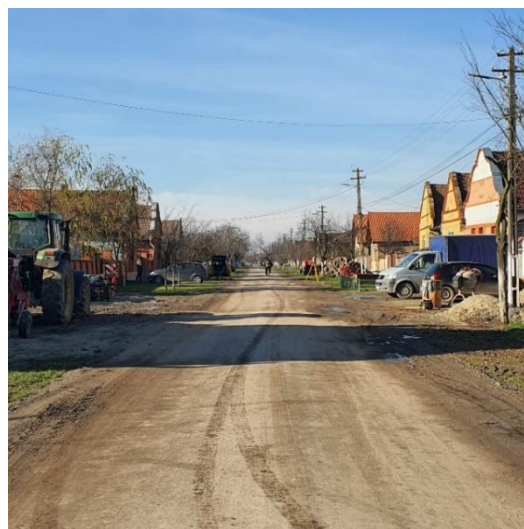
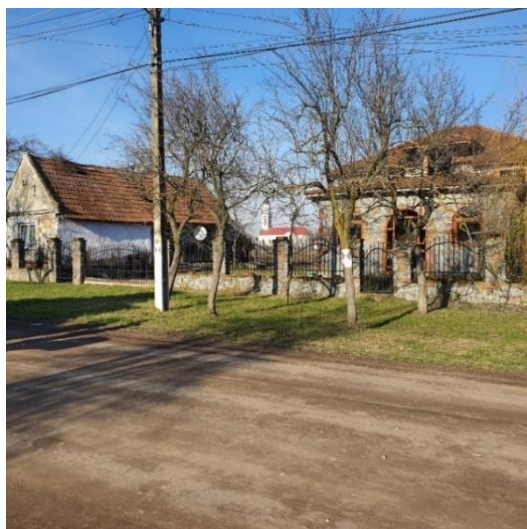
Situația inițială

Starea tehnică precară a drumului comunal și a străzilor din Ohaba Forgaci afectează negativ viața locuitorilor. Drumul prezintă o îmbrăcămintă asfaltică degradată, gropi și fisuri, în timp ce străzile locale au probleme cu tasările, denivelările și infiltrarea apei. Aceste deficiențe perturbă circulația, generând zgomot și vibrații, având consecințe negative asupra dezvoltării sociale și economice a zonei. Necesitatea unei intervenții urgente pentru reabilitare și îmbunătățirea condițiilor de circulație este evidentă.

Situația comparativă



Figurile nr. 182 - 183. Calitatea străzilor din Comuna Boldur înainte și în timpul aplicării metodei propuse [258].



Figurile nr. 186 - 187. Calitatea străzilor din Comuna Boldur după aplicarea metodei propuse [258].

Metoda propune o soluție inovatoare pentru reabilitarea drumurilor, concentrându-se pe reciclarea stratului superior pentru consolidarea structurii existente. Prin utilizarea unui liant organic ecologic, abordarea îmbunătățește geometria drumului, rezistența și capacitatea portantă, oferind o soluție durabilă la problemele de degradare a infrastructurii rutiere. Rezultă o suprafață rutieră stabilizată, care poate fi menținută în forma sa actuală sau acoperită cu un nou strat de asfalt după o perioadă de polimerizare de 2 - 6 săptămâni [258]. De asemenea, un avantaj major al metodei, pe lângă reducerea costurilor, mai este și faptul că se poate permite

circulația imediată a vehiculelor ușoare, în timp ce accesul vehiculelor grele este recomandat să fie amânat pentru o perioadă de 14 zile.

VIII. CONCLUZII GENERALE

Principalele concluzii ale lucrării

Sectorul construcțiilor, vital pentru creșterea economică, contribuie semnificativ la PIB și ocuparea forței de muncă. În România, acest sector înregistrează o creștere notabilă, dar se confruntă cu provocări precum disponibilitatea materialelor și coordonarea deficitară. Dezvoltarea infrastructurii rutiere necesită investiții constante pentru siguranța și mobilitatea populației. Cu accent pe reducerea costurilor și gestionarea eficientă a resurselor, dezvoltarea continuă a infrastructurii este esențială pentru sprijinirea inovațiilor tehnologice și a unui viitor sustenabil.

Industria construcțiilor, cu potențialul de a deveni un model de dezvoltare inteligentă și responsabilă, se confruntă cu provocări legate de cererea pieței, schimbările legislative și fluctuațiile economice.

Tendențele actuale în sectorul construcțiilor indică o creștere a activității, dar și provocări legate de inflație și sustenabilitate. Dezvoltarea sectorului, axată pe inovație și durabilitate, reprezintă o investiție strategică în viitorul societății și economiei, deși se confruntă cu sensibilitate la factorii politici și de mediu, prezentând o rată semnificativă de eșec. Industria se confruntă frecvent cu abateri semnificative de la costurile estimate, iar în contextul dezvoltării tehnologice rapide, se impune necesitatea unui control strict al proiectelor.

Obiectivul controlului costurilor este maximizarea profitului într-o perioadă determinată, menținând calitatea muncii. Proiectele majore de construcție a infrastructurii au un impact semnificativ asupra societății, influențând creșterea economică, bunăstarea socială și sustenabilitatea politică, reprezentând eforturi complexe ce implică coordonarea resurselor și actorilor implicați.

Industria construcțiilor se confruntă cu provocări în controlul costurilor și timpului, cu accentul pe gestionarea eficientă pentru dezvoltare durabilă. Bugetarea, controlul costurilor, estimarea, analiza costurilor, planificarea și programarea sunt elemente cheie în managementul costurilor. Construcția, un proces dinamic, aduce noi circumstanțe și provocări, iar planificarea inițială încearcă să anticipeze obstacolele. Monitorizarea continuă a proiectului, prin controlul proiectului, asigură îndeplinirea obiectivelor de timp, cost și calitate.

Controlul pe mai multe etape în construcții, adaptarea planului și bugetului în funcție de realitatea șantierului, și managementul riscului sunt prioritare în contextul globalizării și tehnologiei digitale. Sistemele integrate de management al riscului facilitează identificarea și cuantificarea riscurilor în proiectele de infrastructură, cu accent pe construcția drumurilor. Anticiparea și gestionarea eficientă a riscurilor contribuie la siguranța utilizatorilor și întreținerea durabilă a drumurilor.

Planificarea adecvată și analiza pentru atenuarea riscurilor sprijină luarea deciziilor în managementul riscurilor, asigurând conformitatea cu contractul și economisind resurse în

construcție și întreținere. Gestionarea eficientă a riscurilor în proiectele de construcție, estimarea și cercetarea riguroasă a riscurilor sunt fundamentale în fiecare etapă a proiectului, cu prioritatea protejării mediului prin reducerea emisiilor și conservarea biodiversității.

În urma Studiului de caz I, se constată că în perioada 2019-2022, CNAIR a depus eforturi semnificative pentru menținerea și îmbunătățirea infrastructurii rutiere din România, dar deficitul de finanțare pentru întreținere rămâne o problemă majoră. Cheltuielile din această perioadă evidențiază provocări în gestionarea eficientă a resurselor financiare, cu unele activități depășind limitele bugetare. Reducerea costurilor în construcții reprezintă o provocare, însă gestionarea atentă a resurselor și adoptarea tehnologiei pot contribui la menținerea acestora la niveluri sustenabile. Studiul de caz asupra variantelor de autostrăzi subliniază importanța evaluării pertinente a structurii rutiere pentru o investiție durabilă, având în vedere costurile de execuție, întreținere și posibilele necesități de consolidare a structurilor propuse.

Prin Studiul de caz II am efectuat analiza rentabilității pentru variantele de structuri rutiere utilizând Valoarea Netă Actualizată (VAN) ca indicator cheie. Costurile totale actualizate arată că structura rutieră semirigidă este recomandată pentru tronsonul de autostradă studiat, având un echilibru între rezistență și costuri. Aceasta înregistrează o reducere semnificativă de 27,67% față de structura rutieră rigidă cu îmbrăcăminte din beton de ciment. Analiza subliniază importanța alegerii tipului de structură rutieră, cu impact semnificativ asupra costurilor totale, evidențiind structura rutieră semirigidă ca o alternativă economică avantajoasă comparativ cu celelalte opțiuni.

Reducerea amprente de carbon se concentrează pe utilizarea materialelor mai puțin emise și tehnologii eficiente energetic, esențiale pentru sustenabilitatea și protecția mediului. Importanța reducerii costurilor de execuție, eficientizării întreținerii, alegerii optime a alternativei și dezvoltarea continuă a sectorului construcțiilor sunt subliniate în analiza proiectului, evidențiind necesitatea unei abordări ecologice și economice. Structurile rutiere suplă și semirigide par a oferi beneficii în reducerea impactului asupra mediului, favorizând, în același timp, o circulație mai eficientă și scăderea emisiilor de carbon asociate traficului.

Impactul asupra mediului în construcția și întreținerea drumurilor implică nevoia de tehnologii și materiale mai curate. Reducerea amprente de carbon este esențială pentru durabilitatea infrastructurii rutiere, iar calitatea suprafeței drumului contribuie la confort și siguranță în trafic. În contextul schimbărilor climatice, evaluarea amprente de carbon și a potențialului de încălzire globală trebuie integrate în planificarea dezvoltării drumurilor. Abordarea dezvoltării infrastructurii rutiere trebuie să fie durabilă, minimizând impactul negativ asupra mediului și reducând emisiile de carbon. Inovarea joacă un rol major în îmbunătățirea performanței și eficienței în construcția de drumuri, contribuind la un viitor mai sustenabil și sigur în acest domeniu.

În consecință, este important să abordăm metode și materiale inovative care sprijină dezvoltarea sustenabilă și protejarea mediului în timpul construcției infrastructurii rutiere. De exemplu, biopolimerii pot îmbunătăți proprietățile materialelor de construcție și, în același timp, pot reduce impactul negativ asupra mediului fiind biodegradabili și contribuind la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, ceea ce face ca utilizarea acestora în loc de materiale sintetice să fie o soluție semnificativă în acest sens.

Biopolimerii, compuși biodegradabili și biocompatibili obținuți din surse regenerabile, reprezintă o alternativă durabilă la materialele sintetice în construcții. Integrarea lor

îmbunătățește proprietățile mecanice ale materialelor, cum ar fi rezistența la întindere, contribuind la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră asociate cu procesarea materialelor sintetice. Utilizarea lor sprijină circularitatea resurselor și oferă performanță comparabilă sau superioară la un cost similar sau chiar mai redus.

Utilizarea biopolimerilor în infrastructura rutieră aduce avantaje ecologice multiple, cum ar fi reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, minimalizarea reziduurilor și îmbunătățirea calității aerului. Prin conservarea resurselor, promovarea sustenabilității, eficiența în utilizare și durabilitatea îmbunătățită, biopolimerii se impun ca o alternativă eco-friendly în stabilizarea solului. Aceștia pot juca un rol semnificativ în promovarea economiei circulare și protejarea mediului, oferind, totodată, beneficii economice pe termen lung în construcțiile de infrastructură rutieră datorită costurilor mai reduse. În plus, adoptarea biopolimerilor poate consolida poziționarea pe o piață inovatoare și durabilă, atrăgând investiții și generând noi oportunități de afaceri în viitor.

Intervalul de timp necesar pentru ca un drum să fie utilizat după aplicarea unui material variază în funcție de tipul de material și condițiile specifice de construcție. Asfaltul, utilizat frecvent în construcția drumurilor, devine adecvat circulației pentru vehiculele ușoare în 24-48 de ore, cu variații determinate de grosimea stratului și condițiile meteorologice. Betonul de ciment, folosit în structurile rutiere rigide, necesită de obicei 7-10 zile pentru a permite traficul, cu variații legate de compoziție și condiții.

Metoda propusă și analizată în cadrul Studiului de caz III permite accesul vehiculelor ușoare imediat după aplicarea metodei, reducând semnificativ timpul de intrare în funcțiune față de soluțiile tradiționale. Pentru vehiculele grele, accesul este recomandat după aproximativ 14 zile, totuși, oferind o reducere semnificativă a timpului de intrare în funcțiune cu 100% față de metodele convenționale. Prin implementarea metodei propusă în locul tehnicilor tradiționale de stabilizare a solului, se deschid perspective semnificative de economii, estimându-se o reducere a costurilor pe unitatea de suprafață a drumului cu aproximativ 30-35%.

Metoda propusă, bazată pe un biopolimer din lignină, recondiționează drumurile cu materiale existente, având potențialul de a diminua costurile și emisiile de carbon asociate construcției și întreținerii drumurilor, promovând dezvoltarea durabilă. Adoptarea acestei metode reprezintă o perspectivă promițătoare în contextul obiectivelor de sustenabilitate și reducere a emisiilor de carbon în proiectele de construcție și întreținere a infrastructurii rutiere, având în vedere, totuși, necesitatea monitorizării, cercetării și dezvoltării continue pentru asigurarea succesului și durabilității acestei abordări în viitor.

Informațiile și studiile prezentate subliniază importanța sectorului construcțiilor, cu accent pe construcția și mentenanța infrastructurii, în dezvoltarea societății și economiei. Evoluția complexă a acestui domeniu este influențată de factori economici, sociali și tehnologici, cu tendințe variate în investiții, autorizării de construire și starea infrastructurii. Sectorul construcțiilor are un impact economic semnificativ, generând venituri, locuri de muncă și stimulând cererea în întreaga rețea economică. Presiunea globală privind schimbările climatice impune adoptarea soluțiilor sustenabile și a tehnologiilor inovatoare în construcții, cu accent pe construcții verzi, eficiență energetică și materiale durabile.

În contextul unei lumi în continuă schimbare, dezvoltarea și interesul crescut pentru domeniul construcțiilor și infrastructurii sunt văzute ca necesități esențiale și investiții strategice. Infrastructura este considerată fundamentul unei economii moderne și al unei

societăți avansate, având rolul de a susține inovațiile tehnologice și de a crea orașe funcționale. Interesul în dezvoltarea acestui sector este motivat de aspirația de a asigura acces la servicii, de a sprijini inovațiile tehnologice și de a contribui la un viitor sustenabil, care să îndeplinească atât nevoile prezentului, cât și cele ale generațiilor viitoare.

Contribuții aduse de studiul de cercetare

Prin această lucrare se aduce o contribuție la adâncirea cunoștințelor și înțelegerii legate de rolul esențial al controlului costurilor și timpului în gestionarea proiectelor de construcții, precum și furnizarea de perspective și orientări pentru profesioniștii din domeniu și pentru toți cei interesați de managementul eficient al proiectelor de construcții.

Studiul aduce contribuții semnificative la managementul proiectelor de construcții, avansând cunoștințele teoretice, evidențiind complexitatea specifică a industriei construcțiilor și abordând probleme cheie precum gestionarea costurilor și timpului. Se promovează practici durabile, se îmbunătățește performanța proiectelor și se explorează o perspectivă inovatoare, cu accent pe utilizarea biopolimerilor în construcțiile rutiere. Cercetarea sensibilizează asupra sustenabilității în construcții, subliniind importanța evaluării complete a impactului ecologic al infrastructurii rutiere. De asemenea, încurajează cercetarea ulterioară, evidențiind potențialul pentru inovare și noi industrii în domeniul construcțiilor.

Această lucrare se adresează unei varietăți de părți interesate din sectorul construcțiilor. Agenții economici găsesc informații esențiale despre industria construcțiilor, în timp ce investitorii pot lua decizii informate privind alocarea capitalului. Specialiștii în managementul proiectelor și cost management beneficiază de cunoștințele comprehensive privind costurile, planificarea și implementarea. Alte persoane interesate de domeniu, mai puțin familiare cu industria construcțiilor, pot folosi lucrarea ca sursă de informare. Cercetătorii și studenții găsesc în aceasta o resursă utilă pentru analize de piață și studii comparative. Autoritățile publice și factorii de decizie pot utiliza lucrarea pentru fundamentarea politicilor și reglementărilor în domeniul construcțiilor.

Într-un mediu în continuă schimbare, această lucrare aduce lumina asupra tendințelor, strategiilor și factorilor de influență din domeniul construcțiilor, oferind o bază solidă pentru deciziile informate și succesul într-o industrie esențială pentru dezvoltarea și progresul societății. Prin îndeplinirea obiectivelor de mai sus, lucrarea își propune să ofere o perspectivă amplă asupra managementului de proiect, îmbogățind înțelegerea în privința avantajelor, provocărilor și implicațiilor sale în gestionarea eficientă a proiectelor de construcții și a altor domenii similare.

Limitări și direcții pentru cercetări viitoare

Lucrarea evidențiază aspecte semnificative ale evoluției industriei construcțiilor și managementului costurilor în proiectele de construcții. Cu toate acestea, ca orice studiu, prezintă și anumite limitări și, în același timp, deschide noi orizonturi pentru cercetările viitoare, care au potențialul de a furniza perspective și înțelegeri mai adânci, sugerând explorarea tendințelor economice, evaluarea impactului factorilor macroeconomici asupra sectorului construcțiilor din România și concentrarea asupra soluțiilor pentru modernizarea infrastructurii rutiere. Cercetările viitoare ar trebui să se axeze și pe dezvoltarea durabilă în construcții, analizând impactul asupra mediului și dezvoltând strategii inovatoare pentru reducerea impactului ecologic al proiectelor de construcții.

Lucrarea se concentrează pe dezvoltarea durabilă în construcții, cu accent pe utilizarea biopolimerilor, subliniind provocările și aspectele neexplorate ale implementării lor. Studiile viitoare ar trebui să se axeze pe îmbunătățirea proprietăților biopolimerilor și reducerea costurilor de producție, promovând eficiența și durabilitatea lor. Guvernul poate susține cercetarea prin investiții și programe de subvenționare, iar sectorul privat prin dezvoltarea tehnologiilor avansate.

Integrarea biopolimerilor în infrastructura rutieră exemplifică colaborarea între durabilitate și inovație, contribuind la conservarea mediului și promovând un viitor ecologic. Investiția în proiecte bazate pe biopolimeri reprezintă un pas către un viitor sustenabil, susținând atât succesul economic, cât și responsabilitatea față de mediu. Cercetările viitoare ar trebui să se axeze pe îmbunătățirea proprietăților biopolimerilor, reducerea costurilor, avansarea tehnologiei de aplicare și evaluarea impactului asupra mediului pentru a promova adoptarea extinsă a biopolimerilor în construcțiile de infrastructură rutieră. Prin continuarea angajamentului în cercetare și dezvoltare, se anticipează evoluția biopolimerilor către soluții practice, durabile, inovatoare și larg răspândite în construcțiile de infrastructură rutieră.

Promovarea cercetării, inovării și dezvoltării în implementarea biopolimerilor în infrastructurile rutiere majore poate contribui semnificativ la realizarea unui viitor mai sustenabil în construcții, caracterizat de durabilitate și respect față de mediu. În paralel, managementul proiectelor de construcții, în continuă evoluție, prezintă provocări complexe, iar cercetările viitoare ar putea să se concentreze pe abordarea acestor provocări și să exploreze noi direcții pentru a promova eficiența, durabilitatea și responsabilitatea în gestionarea proiectelor de construcții.

IX. BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

2. Barbu AM, Sandu M. De ce avem nevoie de un management eficient al costurilor proiectelor de construcții, *Lucrările Conferinței de Cercetare în Construcții. Economia Construcțiilor*. 2020;18.
3. Barbu AM, Sandu M. The Importance and Necessity of Cost Management of Construction Projects. *Urbanism, Arhitectură, Construcții*. 2020;11(2).
33. Project Management Institute. *PMI Project Management Fundamentals Guide*; 2002.
34. Postăvaru N (coordonator), Barbu AM. Secțiunea 3, Managementul costurilor în proiectele de investiții cu aplicare în construcții. În: *Tratat Management Integrat M.I. – 5 pentru I.M.M. – Volumul III, Management Economic*. București: Editura Matrix Rom; 2022. p. 267-455.
40. Kerzner HR. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Ediția a 11-a. New York, SUA: Editura John Wiley and Sons; 2013.
43. Hansen S, Tool E, Le T. *Criterii de luat în considerare la selectarea și prioritizarea proiectelor de infrastructură*. Școala de proprietăți, construcții și management de proiect, Universitatea RMIT, Melbourne, Australia; 2019.
44. Purnus N, Bodea CN. Project Prioritization and Portfolio Performance Measurement in Project Oriented Organizations. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2014;119: 339-348.
54. Johansen A, Andersen B, Eik-Andresen P, Landmark AD. *Value of Uncertainty – The Lost Opportunities*; 2015. Disponibil la: <https://tinyurl.com/79f6pekd>.
55. Frimpong Y, Oluwoye J, Crawford L. Causes of Delay and Cost Overruns in Construction Groundwater Projects in Developing Countries: Ghana as a Case Study. *International Journal of Project Management*. 2003.
70. ISO 15686-5:2017, *Buildings and constructed assets Service life planning Part 5: Life-cycle costing*.
71. Harrison HL. *Advanced Project Management*, Ediția a 2-a. Londra, Anglia: Editura Gower Publishing Co. Ltd.; 1990.
79. Laptali E, Bouchlaghem N, Wild S. Planning and estimating in practice and the use of integrated computer models. *Automation in Construction*. 1997;7(1):71-76. Disponibil la: [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(97\)00063-0](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(97)00063-0). [Accesat la 18 iunie 2022].
80. Sahu K, Sahu M. Cost & Time and Also Minimum Project Duration Using Alternative Method. *International Review of Applied Engineering Research*. 2014;403-412.
117. Nicholas JM, Steyn H. *Project Management for Engineering, Business and Technology*. Ediția a 5-a. Londra, Anglia: Editura Routledge; 2016.
131. Compania Națională de Administrare a Infrastructurii Rutiere SA. *Raportul Administratorilor – anul 2020*. București; 2020.
133. Enulescu C, Simion-Melinte CP. Metode cadru pentru analiza costului pe ciclu de viață a construcțiilor. *Probleme de Economia Construcțiilor*. 2011; 3. ISSN 1584 – 2797.
137. Bai Y, Schrock SD, Mulinazzi TE. *Estimating Highway Pavement Damage Costs Attributed to Truck Traffic*. Universitatea din Kansas. 2010.
138. Andean Development Corporation. *Road Maintenance*. Raport Sectorial: Seria de rapoarte sectoriale: Infrastructura. 2010

154. Más López MI. Sustainability assessment. *Sustainability and Environment in Infrastructures*. 2018;17.
155. Engel EM, Fischer RD, Galetovic A. Least Present Value of Revenue Auctions and Highway Franchising. *Journal of Political Economy*. 2001;109(5):993-1020.
160. Al-Bahar JF, Crandall KC. Systematic Risk Management Approach for Construction Projects. *ASCE Journal of Construction Engineering Management*. 1990;116(3):533-547.
166. Tworek P. Integrated Risk Management in Construction Enterprises – Theoretical Approach. *Journal of Economics & Management*. 2012;8:125-135.
170. Schieg M. Risk Management in Construction Project Management. *Journal of Business Economics and Management*. 2006;7(2):77-83.
171. Chapple M. *Risk appetite vs. risk tolerance: How are they different?*. 2021. Disponibil la: <https://tinyurl.com/56xcvu83>. [Accesat la 24 Septembrie 2023].
181. Bunni GN. *Risk and Insurance in Construction*. Ediția a II-a. Editura Spon Press; 2003. p. 29.
183. Enshassi A, Mayer PE. Managing risks in construction projects. În: *18th Internationales Deutsches Projekt Management Forum*. Ludwigsburg. Germania; 2001.
216. Barbu AM, Stoian M. Innovative technologies in construction. Self-repairing concrete used in road infrastructure. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;664.
221. Compania Națională de Administrare a Infrastructurii Rutiere SA. *Raportul Administratorilor – anul 2019*. București; 2019.
222. Compania Națională de Administrare a Infrastructurii Rutiere SA. *Raportul Administratorilor – anul 2021*. București; 2021.
223. Compania Națională de Administrare a Infrastructurii Rutiere SA. *Raportul Administratorilor – anul 2022*. București; 2022.
230. Consitrans SRL. *Elaborare Studiu de Fezabilitate si Proiect Tehnic pentru „Drum de Mare Vitează Ploiești – Buzău”, Tronson 1 Km 0+000 – Km 21+000*; 2021.
257. Carbon Crusher Norge. *Climate Point Methodology Lite*; 2022.
258. *Rapoarte intermediare Contract de transfer tehnologic „Cercetări experimentale in-situ și laborator, în vederea transferului tehnologic al metodei de intervenție Carbon Crusher, în condițiile specifice de amplasament și climă ale României”, încheiat între CRUSHER NORGE AS și INCĐ URBAN-INCERC*; 2022.
259. The Norwegian EPD Foundation. *Environmental Product Declaration*. ISO 14025. 04.07.2022. Disponibil la: <https://tinyurl.com/ytfbn4m9>. [Accesat la 2 Octombrie 2023].
260. Carbon Crusher Norge. *Compendium of selected roadworks*. August; 2022.