

# ASPECTE PRIVIND DURATA DE VIAȚĂ A UNEI INFRASTRUCTURI ÎN CONDIȚIILE MODIFICĂRII ÎN TIMP A STANDARDELOR DE PERFORMANȚĂ

As.ing. Oana DINU, As.ing. Mircea ROȘCA

Universitatea „Politehnica” din București

**REZUMAT.** O caracteristică definitorie a unei infrastructuri de transport este durata lungă de viață. Deși unele facilități se degradează într-un ritm mai alert, marea majoritate a infrastructurilor rezistă timp de mai multe decenii și uneori chiar secole. Durata de viață a unei infrastructuri, mai precis durata ei de serviciu, diferă, de cele mai multe ori, de viața fizică adică durata reală până la care o componentă sau un subsistem al infrastructurii se degradează până la eșec, perioada de timp după care o infrastructură nu mai poate asigura desfășurarea activităților pentru care a fost creată, datorită deteriorării fizice în evoluție, care o fac inutilizabilă. Sfârșitul vieții fizice vine atunci când părți expuse variațiilor atmosferice trebuie înlocuite, echipamentele mecanice se strică, părțile metalice corodează; nu depinde de nivelul cererii, factori economici sau inovații tehnologice și nici de deprecierea morală a infrastructurii care derivă din creșterea așteptărilor asupra nivelului de performanță. Dacă durata de serviciu a unei infrastructuri diferă, așa cum am mai spus, de viața ei fizică, în schimb așteptările asupra duratei vieții fizice sunt cele care determină durata de serviciu proiectată.

**Cuvinte cheie:** infrastructură de transport, durata de serviciu, nivel de performanță.

**ABSTRACT.** A defining characteristic of transport infrastructure is long life. Although some facilities degrade a faster rate, most of the infrastructure lasts for decades and sometimes centuries. The life of an infrastructure, specifically its length of service varies, most times, from the physical life that is real time by which a component or a subsystem of infrastructure degrades to failure, time after which a infrastructure can not provide activities for which it was created because of physical damage in evolution, that are unusable. The end of physical life comes when exposed parts to atmospheric variations must be replaced, mechanical equipment breaks down, metal parts corrode, does not depend on demand, economic or technological factors or moral depreciation of infrastructure arising from increased expectations on the level of performance. If an infrastructure service life varies, as we said, of its physical life, in return expectations on the duration of physical life are the ones that determine the projected service life.

**Keywords:** transport infrastructure, service life, level of performance.

O caracteristică definitorie a unei infrastructuri de transport este durata lungă de viață. Deși unele facilități se degradează într-un ritm mai alert, marea majoritate a infrastructurilor rezistă timp de mai multe decenii și uneori chiar secole. Durata de viață a unei infrastructuri, mai precis durata ei de serviciu, diferă, de cele mai multe ori, de viața fizică adică durata reală până la care o componentă sau un subsistem al infrastructurii se degradează până la eșec, perioada de timp după care o infrastructură nu mai poate asigura desfășurarea activităților pentru care a fost creată, datorită deteriorării fizice în evoluție, care o fac inutilizabilă. Sfârșitul vieții fizice vine atunci când părți expuse variațiilor atmosferice trebuie înlocuite, echipamentele mecanice se strică, părțile metalice corodează; nu depinde de nivelul cererii, factori economici sau inovații tehnologice și nici de

deprecierea morală a infrastructurii care derivă din creșterea așteptărilor asupra nivelului de performanță. Dacă durata de serviciu a unei infrastructuri diferă, așa cum am mai spus, de viața ei fizică, în schimb așteptările asupra duratei vieții fizice sunt cele care determină durata de serviciu proiectată.

## 1. CARACTERIZAREA PERFORMANȚEI INFRASTRUCTURII

Conceptul de performanță a infrastructurii a fost larg dezbătut pe durata a mai mult de două decenii. Modelul de caracterizare a performanței descris în cele ce urmează are la bază teoria consumistă, Lerner (1971,1992).

În termeni matematici performanța poate fi descrisă astfel :

$$\text{Performanța} = P(S_j, D_j, t)$$

unde:  $S_j$  reprezintă vectorul de furnizare a unui serviciu  $j$  pe care infrastructura de transport îl asigură diferitelor grupuri sociale (utilizatori, gestionari, riverani etc.);  $D_j$  – vectorul de cerere al unui serviciu  $j$  pe care infrastructura de transport îl asigură diferitelor grupuri sociale (utilizatori, proprietari, riverani etc.);  $t$  = timpul, măsurat din momentul dării în folosință a infrastructurii

În general, furnizarea de servicii,  $S_j$ , este caracterizată sau preconizată de o funcție dependentă atât de caracteristicile fizice cât și de cele de operare ale infrastructurii.

$$S_j = S(X_j)$$

unde  $X_j$  reprezintă vectorul caracteristicilor descriptive fizice și funcționale ale infrastructurii (de exemplu lățimea benzilor de circulație ale unei artere rutiere etc.).

Aspectele serviciilor pe care infrastructura de transport le furnizează sunt accesibilitatea, mobilitatea, siguranța, confortul precum și consecințe mai puțin dorite : poluarea fonică, nivel ridicat de noxe.

Funcția de performanță,  $P$ , are ca și indicatori generali eficacitatea, fiabilitatea și eficiența (*Measuring*, 1995).

*Eficacitatea* reprezintă nivelul la care infrastructura îndeplinește cerințele utilizatorilor, proprietarilor, riveranilor, satisfăcând astfel cererea  $D_j$ . Eficiența maximă este atinsă atunci când nivelul furnizării de servicii  $S_j$  este cel puțin egal cu nivelul cererii relative de servicii  $j$ . În teoria microeconomică, condițiile optime de piață au loc atunci când cererea și oferta sunt egale; furnizarea unui serviciu  $j$  în exces peste cerere (de exemplu capacitatea unui tronson de arteră rutieră mult mai mare decât cea necesară) reprezintă o utilizare neeconomică a unor resurse importante. Cu toate acestea, inabilitatea de măsurare în termeni monetari a tuturor aspectelor servirii unei infrastructuri precum și o largă varietate a „imperfecțiunilor” pieței fac eforturile de aplicare a teoriilor economice în practica transporturilor greoaie și nu atât de precise.

Proiectanții și gestionarii infrastructurilor de transport încearcă, de cele mai multe ori, să asigure acele proprietăți ale infrastructurii,  $X_j$ , pentru care nivelul de eficacitate este cel adecvat. Strategia este mai degrabă de a asigura un nivel „satisfăcător”

decât de a atinge un optim. Oferta în exces peste cerere este general acceptată ca o posibilă marjă de satisfacere a creșterii viitoare așteptate, ca un factor de siguranță pentru neliniaritățile posibile ale cererii sau doar ca un nivel mai mare al calității oferite față de minimul funcțional impus de standarde.

*Fiabilitatea* reprezintă probabilitatea ca eficacitatea infrastructurii să fie menținută la un nivel acceptabil pentru o perioadă îndelungată de timp, în general pe toată durata proiectată de viață a facilității/ infrastructurii respective.

*Eficiența*, uneori întâlnită în literatură sub forma costului duratei de viață a infrastructurii, cuprinde toate acele resurse necesare planificării, proiectării, construirii, operării, întreținerii și uneori chiar al transformării sau demolării infrastructurii astfel încât nivelul ei de eficiență să fie menținut pe întreaga durată de viață proiectată.

## 2. CARACTERIZAREA EȘECULUI

Eșecul apare atunci când nivelul de performanță scade sub o valoare pe care decidenții o consideră a fi inacceptabilă – infrastructura este fie incapabilă sau foarte posibil să devină așa în perioada de timp imediat următoare, fie mult prea costisitoare. Condiția de eșec este:

$$P(t) < P^T$$

unde  $P^T$  reprezintă minimul acceptabil de performanță.

Cei care planifică și proiectează infrastructura încearcă să asigure o balanță între eficacitate, fiabilitate și eficiență care să „optimizeze” performanța pentru întreaga durată de viață proiectată.

Astfel:

$$t \leq T^D, P(t) \geq P^F$$

unde  $T^D$  reprezintă durata proiectată de viață a infrastructurii

„Optimul” în acest context reprezintă acel nivel al servirii care asigură o eficacitate și o fiabilitate acceptabilă la cel mai mic cost posibil, adică cu cea mai mare eficiență. În practică însă, „optimul” poate implica cel mai scăzut cost de realizare, lucru care, în opinia unei părți a utilizatorilor poate echivala cu un nivel neacceptabil al congestiei, un serviciu nesigur sau alte compromisuri.

Durata proiectată de viață a unei infrastructuri este de 30-70 ani și este rezultatul studiilor de tipul beneficiu-cost. Definițiile  $T^D$  (precum și pentru nivelul de performanță optimă, întreținere și operare normale) sunt, de principiu, rezultatul analizelor beneficiu –

cost și costului duratei de viață realizate de către proiectanții și gestionarii de infrastructură. De cele mai multe ori însă, astfel de analize nu sunt executate și definițiile sunt adoptate implicit din standardele practice.

Figura 1 prezintă, într-o manieră simplificată, evoluția performanței unei infrastructuri de-a lungul duratei de viață a acesteia. Nivelul de performanță din perioada imediat următoare terminării construirii infrastructurii, adică la momentul dării în exploatare, este mai scăzut decât idealul/optimul proiectat.

De cele mai multe ori este necesară o scurtă perioadă de operare pentru ca infrastructura să ajungă de la capacitatea inițială la nivelul de performanță pentru care a fost proiectată. O atenție deosebită manifestată în perioada de dare în exploatare a infrastructurii poate reduce posibilitatea apariției timpurii a problemelor cu impact de lungă durată asupra nivelului de vârf al performanței.

Presupunând că nivelul de performanță al infrastructurii tinde către optim, noua infrastructură va continua să funcționeze la acest nivel, într-un ritm cvasi-stabil, timp de mai mulți ani, în absența catastrofelor naturale și în condițiile unei întrețineri conform standardelor. O degradare lentă, dar inevitabilă, va avea loc odată cu trecerea timpului până când, la un moment dat, nivelul de performanță va scădea sub minimul acceptat.

Utilizatorii și gestionarii infrastructurii sunt primii care observă declinul acesteia. Scăderea nivelului de performanță poate atrage după sine schimbări în obiceiurile de deplasare ale utilizatorilor (alegerea, de exemplu, a unei rute alternative).

Pentru marea majoritate a infrastructurilor decizia că nivelul de performanță al unei infrastructuri este

inacceptabil de mic aparține decidenților politici. Odată ce se ajunge la această concluzie, gestionarii iau măsuri de modernizare a infrastructurii (o nouă asfaltare, lărgire a artere rutiere, dublare parțială a liniei de cale ferată, de exemplu) sau chiar de închidere a acesteia.

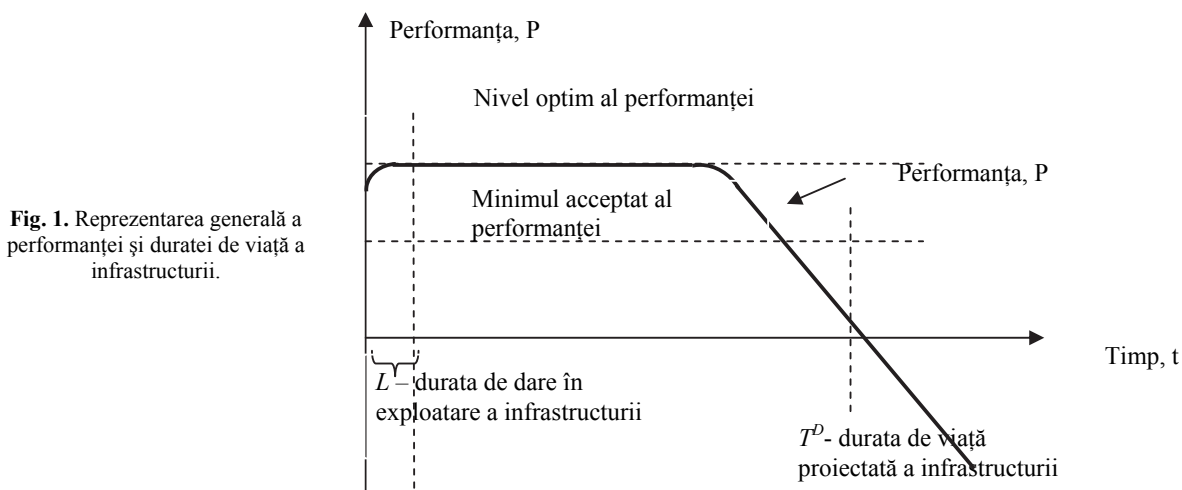
Neglijența în ceea ce privește condițiile de întreținere a infrastructurii precum și o utilizare prea intensă a acesteia determină o degradare mai accelerată a nivelului de performanță. Așa cum este prezentat în figura 2, curba nivelului de performanță descrește mai brusc și minimul acceptabil al performanței este atins mai devreme, deci durata de viață a infrastructurii este diminuată.

Această reducere a duratei de viață a infrastructurii, sub nivelul proiectat, este considerată un eșec de către utilizatori și gestionari, doar în anumite cazuri eforturi foarte mari de mentenanță pot readuce durata de viață înapoi la durata proiectată.

Pentru simplificare, atât în figura 1 cât și în figura 2, nivelurile optim respectiv minim acceptabil de performanță sunt considerate staționare pe o mare parte a duratei de viață a infrastructurii.

În realitate acest lucru este foarte rar întâlnit la infrastructurile de transport deoarece așteptările utilizatorilor se modifică în timp datorită dezvoltării de alte infrastructuri și facilități noi, introducerii de noi produse și tehnologii, modificării preferințelor consumatorilor.

Aceste modificări sunt, de cele mai multe ori, în sensul creșterii așteptărilor, așa cum este prezentat în figura 3. Excepție fac doar acele infrastructuri ce capătă relevanță istorică și cărora utilizatorii le acceptă niveluri mai scăzute de performanță.



## DURATA DE VIAȚĂ A UNEI INFRASTRUCTURI

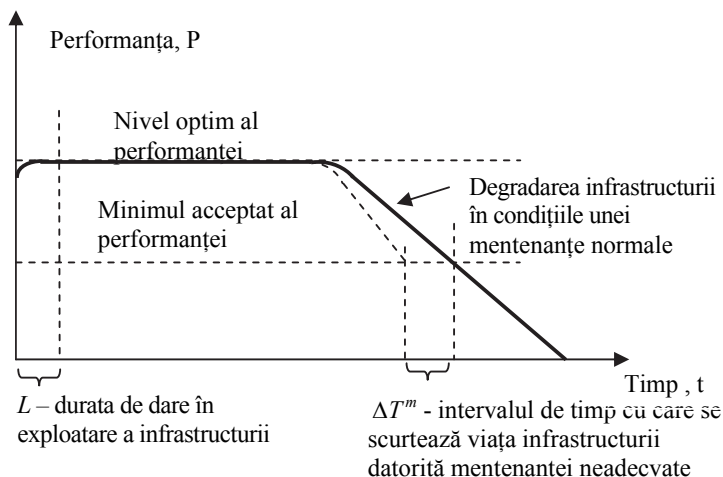


Fig. 2. Modificarea duratei de viață a infrastructurii datorită mentenanței neadecvate.

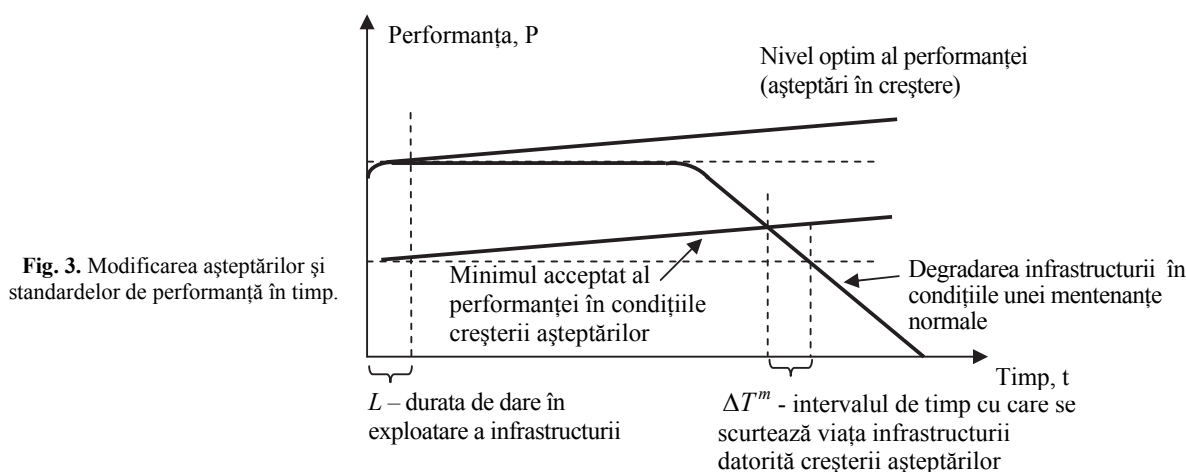


Fig. 3. Modificarea așteptărilor și standardelor de performanță în timp.

Referindu-ne la relația  $P(t) < P^T$ , nivelul de performanță de la care infrastructura nu mai este considerată aptă, adică nivelul de eșec este:

$$P^F = P^F(E_k, t)$$

unde  $E_k$  reprezintă factorii exogeni și de mediu (nivel al tehnologiei, condiții economice, modificări de comportament care influențează așteptările utilizatorilor asupra nivelului de performanță);  $t$  – timp

Această creștere a nivelului așteptărilor și cauzele care determină scăderea performanței sunt de cele mai multe ori motivele de depreciere morală a infrastructurii. Reducerea duratei de viață dă măsura cea mai potrivită pentru degradarea morală. Aceasta are loc atunci când  $P^F$ , pragul de eșec, crește destul de repede astfel încât durata reală de viață a infrastructurii scade sub durata proiectată pentru care nivelul așteptat al performanței la nivelul  $t_0$  este:

$$E[P(t = t_0 / X_i, D_j)] < P^F(t = t_0 / E_k), \text{ pentru } t_0 < T^D$$

unde  $t_0$  este momentul de la care infrastructura se consideră degradată moral

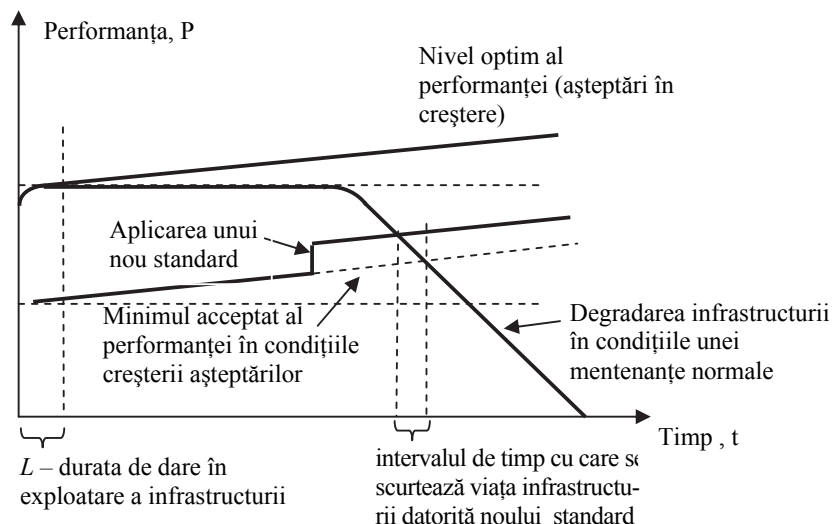
Funcția  $P^F(E_k, t)$  poartă și numele de „funcția așteptărilor”. Rata de creștere a acestei funcții a așteptărilor poate varia foarte rapid, așa cum este prezentat în figura 4.

Deprecierea morală a infrastructurii asociată cu modificarea reglementărilor sau standardelor din domeniu poate fi reprezentată sub forma unei funcții scară, deși aceste modificări sunt, de cele mai multe ori, precedate de perioade semnificative de timp dedicate discuțiilor și dezbaterilor publice.

Cu toate acestea însă, infrastructurile depășite moral pot fi în continuare utilizate dar dacă nu sunt înlocuite sau modernizate creează o mare varietate de neplăceri utilizatorilor, gestionarilor și riveranilor (de exemplu, pierderi de capacitate, degradarea mediului înconjurător, costuri foarte mari de operare și întreținere).

Alți factori ce pot fi incluși în vectorul  $E_k$  al factorilor exogeni sau de mediu sunt: nivelul de dezvoltare economică și de industrializare, amplasarea infrastructurii, disponibilitatea unor infrastructuri alternative.

Fig. 4. Modificarea reglementărilor determină schimbări rapide ale standardelor.



### 3. PREVIZIONAREA DURATEI DE VIAȚĂ A UNEI INFRASTRUCTURI DE TRANSPORT

Durata lungă de viață a unei infrastructuri de transport este considerată una din caracteristicile sale definitorii. Unele facilități se degradează într-un ritm alert dar marea majoritate a infrastructurilor rezistă timp de mai multe decenii și uneori chiar secole, de exemplu podurile construite de Anghel Saligni au fost folosite aproape 100 de ani.

Durata de viață a unei infrastructuri, mai precis durata ei de serviciu, diferă, de cele mai multe ori, de viața fizică – durata reală până la care o componentă sau un subsistem al infrastructurii se degradează până la eșec, adică perioada de timp după care o infrastructură nu mai poate asigura desfășurarea activităților pentru care a fost creată, datorită deteriorării fizice în evoluție care o fac inutilizabilă. (Kirby and Grgas, 1975). Sfârșitul vieții fizice vine atunci când părți expuse variațiilor atmosferice trebuie înlocuite, echipamentele mecanice se strică, părțile metalice corodează; nu depinde de nivelul cererii, factori economici sau inovații tehnologice și nici de deprecierea morală a infrastructurii care derivă din creșterea așteptărilor asupra nivelului de performanță.

Dacă durata de serviciu a unei infrastructuri diferă, așa cum am mai spus, de viața ei fizică, în schimb așteptările asupra duratei vieții fizice sunt cele care determină durata de serviciu proiectată. De exemplu, îmbrăcămiștile asfaltice pentru autostrăzi au o durată proiectată de viața de aproximativ 20 de ani deși, de cele mai multe ori, se uzează mai devreme; multe dintre autostrăzile germane au fost proiectate pe vremea lui Hitler și mai sunt încă în serviciu,

chiar după 60 de ani (bineînțeles, cu întreținerea de rigoare).

Experiența și testarea sunt cele două surse principale de informare pe care se bazează așteptările asupra duratei de serviciu a unei infrastructuri. Eforturile de previzionare a duratei de serviciu precum și forma funcției care descrie deteriorarea performanței întâmpină o serie de obstacole, printre care capacitatea limitată de înțelegere a mecanismelor de deteriorare: incertitudinea asupra climei și a altor factori care influențează deteriorarea, lipsa datelor precum și aspectele foarte complexe ale problemei. Dintre aceste aspecte fac parte provocările de a caracteriza durata de serviciu pentru o facilitate, pentru întreaga infrastructură sau chiar sistem, spre deosebire de elementele reparabile sau înlocuibile ale acestora.

În general, experiența deja acumulată, obișnuința, datele empirice, sunt încă principala sursă de estimare a duratei de serviciu a unei infrastructuri. Deciziile proiectanților și ale viitorilor gestionari ai infrastructurii pornesc de la premiza că performanță la un nivel adecvat poate fi asigurată pentru o durată de serviciu de 20, 30, 50 de ani sau un orice alt număr convenabil de ani. În unele cazuri, rațiuni financiare, mai degrabă decât cele de natură tehnică sau organizatorică, sunt sursa acestei durate. Se poate spune că încercarea de a determina o valoare corectă teoretică, care să previzioneze durata de viața fizică a unei infrastructuri, este irelevantă, că acest lucru poate fi chiar imposibil, cel puțin la nivelul infrastructurii privită unitar. În primul rând, premisele de la care se pornește previzionare, de exemplu, calitatea construcțiilor, operațiile de întreținere ce vor fi aplicate, condițiile atmosferice viitoare, nu pot fi garantate pentru mai multe decenii. În al doilea rând, infrastructurile sunt foarte rar scoase total din serviciu; acest lucru nu se întâmplă până în

momentul în care o infrastructură alternativă nu este disponibilă pentru a furniza aceleași servicii, eventual cu costuri mai mici sau până când nu mai este nevoie de serviciul respectiv, adică infrastructura este depășită moral. Lucrările de mentenanță pot fi neglijabile, dar lucrările de reparații și înlocuiri de componente trebuie executate atunci când nu mai pot fi amânate. Într-un final, creșterile așteptate ale utilizatorilor vor duce mai mult ca sigur la scăderea nivelului de performanță intrinsec al infrastructurii vechi sub un minim acceptabil și mai apoi la considerarea acesteia ca epuizată.

*Funcția așteptărilor.* În concluzie, noțiunea de *durată de servire proiectată* a unei infrastructuri este semnificativă doar dacă este definită în sensul degradării morale și nu poate fi nici pe departe descrisă doar prin termeni de deteriorare intrinsecă a performanței.

În relația:

$$E[P(t = t_0 / X_i, D_j)] < P^F(t = t_0 / E_K)$$

trebuie luată în considerare atât funcția așteptărilor  $P^F$  cât și funcția de deteriorare a performanței  $P$ , astfel încât să se estimeze o durată de serviciu cât mai potrivită.

Această funcție a așteptărilor pornește de la un nivel de performanță comparabil cu cel atins în practica

curentă, la momentul planificării și proiectării infrastructurii, acest nivel curent al experienței reprezentând așteptările minime ale proiectantului.

Pe măsură ce planificarea și proiectarea noii facilități progresează spre faza de execuție, aceste așteptări sunt materializate în planuri, specificații tehnice, construcții din beton și oțel. Pentru realizarea figurii 5, nivelul de performanță ce va fi considerat cel mai scăzut acceptabil este cel corespunzător așteptărilor din faza de proiectare.

Așteptările asupra performanței sunt crescătoare, deci panta curbei este mai mare decât zero. Date bine fundamentate pentru o analiză a acestei funcții sunt aproape inexistente, se cunoaște doar că degradarea morală a unei infrastructuri este determinată de modificări de ordin tehnologic, de reglementări noi, social, economic, de comportament și valori ale utilizatorilor, modificări care sunt fie staționare, fie accelerate pe perioade de timp comparabile cu durata de serviciu a infrastructurii (20 ÷ 200 de ani), deci și a doua derivată a funcției așteptărilor este egală sau mai mare ca zero.

Concluzionând, pentru o evoluție normală a așteptărilor:

$$\frac{dP^F}{dt} \geq 0 \quad \text{și} \quad \frac{d^2P^F}{d^2t} \geq 0$$

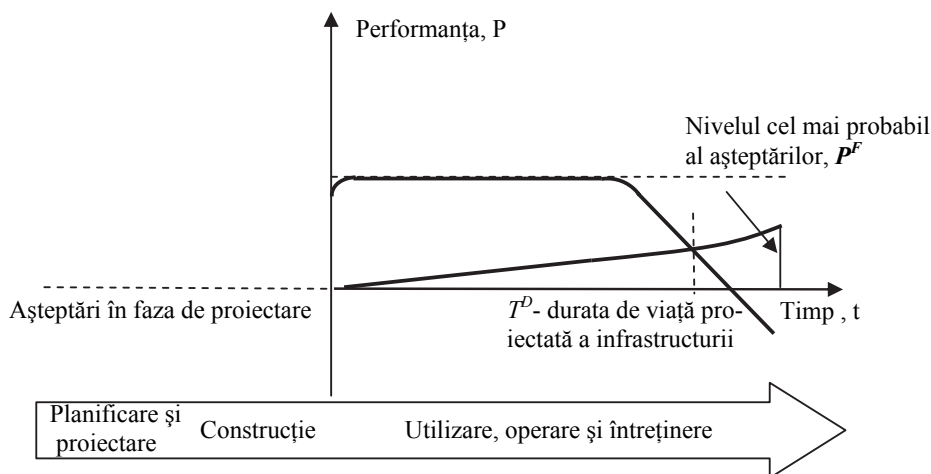


Fig. 5. Reprezentarea evoluției funcției așteptărilor.

Experiența demonstrează că așteptările au aproape întotdeauna o tendință crescătoare, dar nu există prea multe informații nici despre ritmul de creștere și nici despre consecințele acestora asupra instalării degradării morale a infrastructurii. Observarea directă oferă câteva informații despre fiecare din cele patru surse principale care induc degradarea morală a infrastructurii: tehnologice, de reglementare, economico-sociale și comportamentale.

Dintre aceste, schimbările tehnologice nu pot fi privite decât dintr-o perspectivă pe termen lung și se observă că durează din ce în ce mai mult până când o infrastructură se consideră a fi depășită. Această perioadă de trecere de la o tehnologie la alta este de ordinul unei sute de ani, în cazul rețelei feroviare și al celei rutiere. În perioada actuală are loc o schimbare tehnologică majoră în ceea ce privește transportul de mărfuri.