

## TECHNOLOGICAL MODEL OF BUILDING LIFE CYCLE

V. Martinaitis & A. Rogoža

To cite this article: V. Martinaitis & A. Rogoža (2001) TECHNOLOGICAL MODEL OF BUILDING LIFE CYCLE, *Statyba*, 7:1, 73-77, DOI: [10.1080/13921525.2001.10531702](https://doi.org/10.1080/13921525.2001.10531702)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2001.10531702>



Published online: 30 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 124



Citing articles: 1 View citing articles [↗](#)

---

## STATINIO GYVAVIMO CIKLO TECHNOLOGINIS MODELIS

V. Martinaitis, A. Rogoža

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

### 1. Įvadas

Šiuo metu Lietuvoje nėra privalomų dokumentų, reglamentuojančių statinio gyvavimo norminę trukmę, statinio gyvavimui privalomų priežiūros, remonto, rekonstrukcijos darbų norminį turinį ir dažnį. Vertinant pastato tikslinę renovaciją, ypač energijos taupymui skirtus jos sprendimus, nėra atsižvelgiama į statinio vertės (fizinės ar ekonominės) padidėjimą. Praktika parodė, jog tokių elementų, kaip vietinio šilumos punkto modernizavimas, šildymo sistemos renovacija ir subalansavimas yra ekonomiškai efektyvios energijos taupymo priemonės. Tačiau langų keitimas, stogo renovacija, sienų apšiltinimas ir panašaus pobūdžio darbai dėl palyginti didelių investicijų ekonomiškai paprastai nėra efektyvūs (paprastas lėšų sugrįžimo laikas viršija 10 metų), nors šių priemonių įtraukimas į pastatų renovaciją taip pat padeda taupyti šilumą. Taip yra dėl to, kad šiuo atveju pastato konstrukcijų renovacijos nauda nagrinėjama tik kaip išlaidų šilumai sumažėjimas. Tačiau akivaizdu, kad tokių priemonių įgyvendinimas yra ir pastato konstrukcijų elementų būklės atkūrimas, ir viso pastato ilgaamžiškumo prailginimas. Be to, pastato dalių ir elementų renovacija leidžia išvengti šių elementų būklės palaikymo darbų išlaidų bei investicijų ateityje, kurios, visiškai nusidėvėjus pastato daliai ar elementui, būtų neišvengiamos. Tokia padėtis neleidžia formaliai pagrįsti (pvz., ieškant investicijų, kreditų) didesnės statinio renovacijos, kurioje lygiagrečiai būtų atliekamos kelios tikslinės (fizinės, energinės, architektūrinės ir pan. būklės pagerinimo) renovacijos. Ekonominiam šių procesų pagrindimui reikia statinio ilgaamžiškumo pokyčius vertinančio per visą statinio gyvavimo laiką technologinio modelio.

Iki šiol nėra būdų, kuriais galima būtų įvertinti, kokią įtaką statinio ilgaamžiškumui turi tam tikrų statinio dalių ar jo elementų atnaujinimas ar pakeitimai.

Dėl šios priežasties buvo sukurtas modelis, kuriuo remiantis gali būti planuojami statinio atnaujinimo darbai ir įvertinta atskirų darbų įtaka jo tolesnei eksploatacijai. Be to, toks modelis išplėstų kitų fizinių (energetinių, termodinaminių) modelių [1, 2] analitines galimybes.

### 2. Metodas ir modelio parengimas

#### 2.1. Statinio gyvavimo ciklo technologinio modelio paskirtis

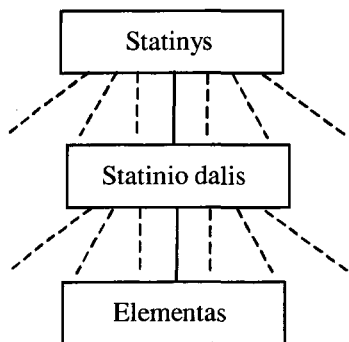
Vertinant statinio dalies ar elemento renovacijos įtaką statinio ilgaamžiškumui, svarbiu rodikliu laikoma statinio likutinė vertė. Atvirkščias likutinei vertei dydis yra statinio *nusidėvėjimas*. Statinio gyvavimo ciklo technologinio modelio **paskirtis** yra įvertinti statinio likutinę vertę bet kuriuo laiko momentu procentais nuo naujo statinio pirminės vertės. Pagal [3] fizinis statinio dalies ar elemento nusidėvėjimas yra jo pirminių techninių ir eksploatacinių savybių (stiprumo, patvarumo, patikimumo ir kt.) praradimas dėl gamtinių, klimatinių veiksnių ir žmogaus veiklos.

Modelio išėities **duomenys** yra informacija apie statinio struktūrą, viso jo ir atskirų struktūrinių jo dalių įrengimo, paskutinio keitimo ar atnaujinimo laiką, gyvavimo ir efektyvaus naudojimo minimalias trukmes.

#### 2.2. Statinio dalys ir elementai

Nagrinėdami statinį kaip objektą, turime apžvelgti jo struktūrą. Todėl statinys yra skirstomas į žemesnio lygio (pagal savo struktūrą) dalis. Taigi turime tris lygmenis (1 pav.), kuriuos sąlygiškai pavadinsime taip: statinys, statinio dalis ir elementas (statinį sudaro statinio dalys, o statinio dalis – elementai).

Esant sudėtingesnei objekto struktūrai, skirstymas gali būti detalesnis, pvz., elementai skirstomi į subelementus ir pan.

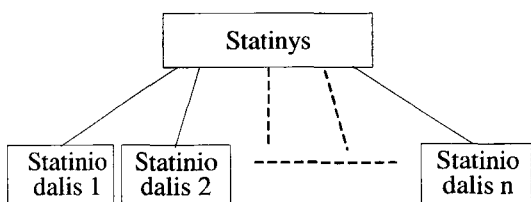


1 pav. Statinio struktūrinė schema

Fig 1. Building structural scheme

### 2.3. Svorio koeficientai

Visos statinio dalys bei dalių elementai nėra vienodi pagal jų svarbą statiniui keliamų reikalavimų atžvilgiu ir pagal jų funkcinę paskirtį. Ši svarba gali būti kelių rūšių, tačiau nagrinėjama svarba pagal struktūrinės dalies pradinę vertę viso statinio pradinės vertės atžvilgiu.



$$SD_1 + SD_2 + \dots + SD_n = 1. \quad (1)$$

2 pav. Svorio koeficientų paskirstymo schema

Fig 2. Distribution scheme of weighting coefficients

Svorio koeficientais vieneto dalimis (procentais) įvertinama statinio dalies svarba visam statiniui arba elemento svarba statinio daliai (2 pav.), pvz., statinio dalių svorių suma lygi vienetui (arba šimtui procentų).

Statinio dalies svorio koeficientas pagal pradinę kainą rodo jo kainos santykį su visų vieno statinio dalių kaina.

### 2.4. Gyvavimo trukmė ir efektyvaus naudojimo minimali trukmė

Tolesnis žingsnis yra nustatyti struktūrinių dalių gyvavimo trukmę. Ji išreiškiama pastoviu skaičiumi (metais), kuris yra normuojamas kiekvienai statinio daliai ir kiekvienam elementui. Tačiau reikia skirti dvi kiekvienos struktūrinės dalies trukmes – gyvavimo trukmę

ir efektyvaus naudojimo minimalią trukmę. Kai kurioms statinio dalims ar elementams šios trukmės yra lygios, tačiau yra ir tokių dalių, kurių nurodyta efektyvaus naudojimo minimali trukmė yra trumpesnė už gyvavimo trukmę. Šias struktūrines dalis keisti arba remontuoti reikia nesulaukus jų gyvavimo trukmės pabaigos, o, to nepadarius, tolesnė jų eksploatacija gali sukelti pavojų žmogaus gyvybei ar viso pastato tolesniam gyvamui.

Nagrinėjant statinį, kurio kai kurios dalys ir/ar elementai jau buvo rekonstruoti ar remontuoti, reikėtų įvertinti, ar statinio dalis ar elementas atstatytas iki visos pradinės vertės, ar iki tam tikros jos dalies. Todėl į technologinį modelį įtraukiamas *rekonstrukcijos arba remonto laipsnis*, kuris nurodo, kokią pradinės vertės dalį pasiekė statinio dalis ar elementas po rekonstrukcijos ar remonto.

### 2.5. Nusidėvėjimo dėsningumas

Nusidėvėjimo kitimo pobūdį galima rasti tik pasinaudojus gausiais statistiniais stebėjimų duomenimis. Šį pobūdį galima išreikšti matematine funkcija. Kitas būdas – tiriama statinio dalies ar elemento būklės vizualus įvertinimas. Tačiau šiuo atveju neišvengiama didelio subjektyvumo, atsakymas randamas tik tam tikram laiko momentui. Remiantis [3, 4] pateiktą fizinio nusidėvėjimo kitimo kreivių pobūdžiu, siūloma taikyti funkciją:

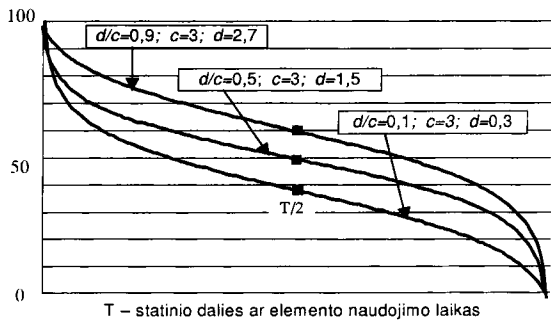
$$P = \frac{1}{b} \left[ a - \ln \left( \frac{U \times RL + c}{T + d} - 1 \right) \right], \quad (2)$$

$P$  – statinio dalies arba elemento nusidėvėjimas, %;  $U$  – statinio dalies arba elemento gyvavimo trukmė;  $T$  – esama statinio dalies ar elemento naudojimo trukmė;  $RL$  – atnaujinimo (remonto) lygis, vieneto dalimis;  $a, b$  – funkcijos ribojimų koeficientai,  $c, d$  – funkcijos proporcingumo koeficientai. Šie koeficientai lemia nusidėvėjimo kreivės simetriškumą, t. y., kai jų santykis  $d/c=0,5$ , kreivė yra simetriška. Šiuos dydžius galima keisti ir parinkti tinkamas jų reikšmes nagrinėjamai statinio daliai/elementui.

### 2.6. Likutinė vertė

Atvirkščias nusidėvėjimui dydis yra statinio dalies arba elemento likutinė vertė:

$$V = RL \times 100 - P. \quad (3)$$



3 pav. Statinio dalies ar elemento likutinės vertės pasiskirstymas per visą jo gyvavimo laiką

Fig 3. Building construction (element) depreciable values function throughout its life cycle

3 paveiksle matome likutinės vertės pasiskirstymo kreivių variantus, esant skirtingoms  $d$  ir  $c$  reikšmėms. Tašku ant kreivių yra pažymėta pusė gyvavimo trukmės. Esant simetriškam pasiskirstymui ( $d/c=0,5$ ), pusė gyvavimo trukmės atitinka pusę pradinės likutinės vertės. Didėjant  $d/c$  santykiui, didėja ir pusės gyvavimo trukmės likutinė vertė. Tokios funkcijos (lygties) naudojimas leidžia, kaupiant statistinius ar mokslinių tyrimų duomenis apie nusidėvėjimo kitimo pobūdį bei pasirinkus  $d$  ir  $c$  reikšmes, patikslinti kreivės pobūdį. Iki šiol likutinė vertės sąvoka buvo taikoma tik statinio dalims arba elementams, kurių gyvavimo trukmė yra žinoma.

Tačiau, norėdami nustatyti statinio dalies arba viso statinio likutinę vertę, negalime taikyti minėtos matematinės išraiškos, kadangi neturime jų gyvavimo trukmės. Todėl kitas žingsnis – nustatyti sudėtingos statinio dalies ar viso statinio likutinę vertę (arba nusidėvėjimą).

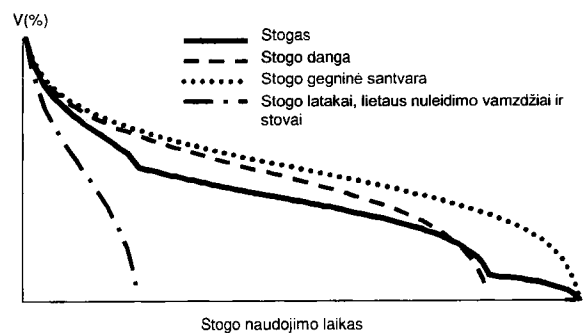
Kadangi turime kiekvienos konstrukcinės dalies nustatytus svorio koeficientus, galime apskaičiuoti statinio dalies arba viso statinio likutinę vertę:

$$V_E = V_1 \times SD_1 + V_2 \times SD_2 + \dots + V_n \times SD_n, \quad (4)$$

$V_E$  – statinio dalies (ar viso statinio) likutinė vertė, %;  $V_n$  –  $n$ -tojo elemento (ar statinio dalies) likutinė vertė, %;  $SD_n$  –  $n$ -tojo elemento (ar statinio dalies) svorio koeficientas vieneto dalimis.

Pasirinkdami ilgiausios gyvavimo trukmės elementą (arba statinio dalį), prilyginame skaičiuojamąjį laiko intervalą elemento (arba statinio dalies) gyvavimo trukmei. Tada apskaičiuojame statinio dalies (arba viso statinio) likutinės vertės kiekvienais to intervalo metais.

Laikydami, kad, pasibaigus elementų (arba statinio dalių) gyvavimo trukmei, jie nebus keičiami ar atnaujinami, gauname statinio dalies (arba viso statinio) likutinės vertės pasiskirstymo grafinį modelį nuo jo gyvavimo pradžios iki visiško susidėvėjimo. Toks sprendimas grafiškai pavaizduotas 4 paveiksle, kur statinio dalies vaidmuo tenka stogui (ištininė linija), o elementų – jo konstrukcinėms dalims (danga, gegninė santvara, latakai, lietaus nuleidimo vamzdžiai ir stovai).



4 pav. Stogo likutinės vertės pasiskirstymo funkcijos pavyzdys

Fig 4. Example of roof depreciable value function

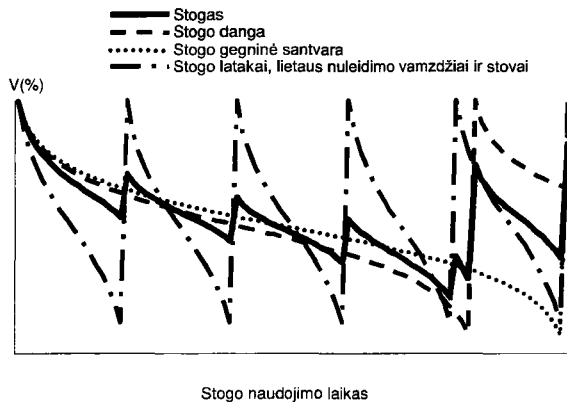
Tačiau kiekvienam elementui (arba statinio daliai) yra nustatyta jo gyvavimo trukmė arba efektyvaus naudojimo minimali trukmė, kuriai pasibaigus jis turi būti pakeistas arba atnaujintas. Dėl šios priežasties grafinis likutinės vertės modelis atrodys kitaip, t. y. elementai (arba statinio dalys) bus keičiami ar atnaujinami, pasibaigus jų gyvavimo ar efektyvaus naudojimo minimaliai trukmei, o elemento (arba statinio dalies) naudojimas formaliai niekada nesibaigs, t. y. statinys niekada nebus nugriautas.

Būtent tokį atvejį matome 5 paveiksle. Elementų kreivės taip pat nepasiekia nulinės likutinės vertės, kadangi laikoma, kad jų visiško nusidėvėjimo metais jie bus pakeisti naujais arba atnaujinti.

Statinio likutinė vertė galėtų būti laikoma svarbiu rodikliu, įvertinant statinio būklę bei tam tikrų ateities rekonstrukcijų įtaką statinio tolesnei eksploatacijai.

### 3. Rezultatai

Taikant sukurtą modelį buvo atliktas likutinės vertės skaičiavimas menamam pastatui, kurio pradiniai duomenys imti atsižvelgiant į realias sąlygas. 6 paveiksle pateiktas šio skaičiavimo grafinis pavyzdys. Iš jo



5 pav. Stogo pasiskirstymo funkcija, atstatant jo konstrukcines dalis

Fig 5. Distribution function of roof depreciable value in case, when components are reconditioned

matome, kaip viso pastato likutinės vertės kitimas (storesnė kreivė) priklauso nuo pastato elementų, kurie yra išvardyti dešinėje paveikslėlyje, likutinių verčių kitimo. Staigus pastato likutinės vertės šuolis rodo stambių elementų, ypač svarbių pagal savo svorį (pvz., karkasas), atnaujinimo darbų vienaikiškumą. Panašaus pobūdžio šuolis galėtų įvykti ir dėl smulkių elementų atnaujinimo darbų vienaikiškumo, tik šiuo atveju elementų skaičius turėtų būti didesnis.

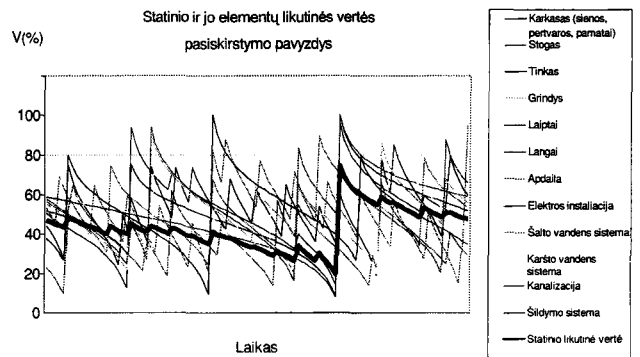
#### 4. Išvados

1. Taikant autorių sukurtą statinio gyvavimo ciklo technologinį modelį galima nustatyti sudėtingo statinio (pastato, inžinerinės sistemos) likutinės vertės reikšmę ateičiai, bet kuriam laiko momentui.

2. Kadangi Lietuvoje nėra privalomų dokumentų, reglamentuojančių statinio gyvavimo norminę trukmę bei atnaujinimo darbų dažnį, taikant šį modelį galima būtų ieškoti optimalių jų reikšmių bei jas reglamentuoti remiantis skaičiavimo rezultatais.

3. Taikant modelį galima nustatyti statinio likutinės vertės reikšmės priklausomybę nuo atskirų jo elementų atnaujinimo ar keitimo pobūdžio, t. y. galima nagrinėti statinio fizinę vertę ateityje, taikant kelis atskirų elementų atnaujinimo ar keitimo variantus.

4. Atsirandant naujoms technologijoms, elementų keitimo ar atnaujinimo metu, gali keistis tolesnis tų elementų nusidėvėjimo kreivės pobūdis. Jį galima kontroliuoti modelyje keičiant koeficientus.



6 pav. Pastato ir jo elementų likutinė vertė

Fig 6. Depreciable value of building and its elements

5. Atskirų elementų pakeitimas ar atnaujinimas turi įtakos ne tik statinio estetiniam vaizdui, ilgaamžiškumui, bet ir eksploatacinėms išlaidoms (energijos sąnaudoms, priežiūros darbų apimčiai), kurios galėtų būti siejamos su tam tikrų elementų nusidėvėjimu.

6. Šis modelis yra pavadintas technologiniu, todėl jį neįeina išlaidų darbams, medžiagoms ir energijai nustatymas, tačiau juo remiantis galima toliau modeliuoti ekonominį statinio gyvavimo ciklą.

#### Literatūra

1. V. Martinaitis. Thermodynamical analysis model of building life cycle. Summary of the research report presented for habilitation. Vilnius: Technika, 2000. 64 p.
2. K. Čiuprinskas. Vienbučio namo energijos sąnaudų modeliavimas ir šilumos izoliacijos paskirstymo optimizavimas. Daktaro disertacijos santrauka. Vilnius: Technika, 1999. 36 p.
3. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН 53-86(р) / Госгражданстрой. Москва, 1988. 71 с.
4. Hohlstein, D. Wolff. Finanzierung Profit für alle Performance Contracting – die Überzeugendste Form des Contractings // Sanitär und Heizungstechnik. Düsseldorf, 1999, Nr. 9, S. 50–55.

Įteikta 2000 11 07

#### TECHNOLOGICAL MODEL OF BUILDING LIFE CYCLE

V. Martinaitis, A. Rogoža

#### Summary

Under present conditions there are no regulating documents for building life span, maintenance, recondition and reconstruction works and periodicity in Lithuania. The suggested model allows to evaluate optimal values for building work periodicity.

The purpose of the model is to calculate the depreciable value of compound construction (building) at every moment of its life cycle.

There can be determined by this model the relations between building depreciable value and its components reconstruction character.

The function mode of components deterioration can be changed with technology progress. It can be controlled by single coefficients in model.

Single components reconstruction affects not only building aesthetic conditions, but also operating costs (energy consumption, amount of renovation work), which could be linked with elements deterioration.

This model is called technological model, and it does not include cash expenditure calculations for work, materials and energy, but it is a basis for further economical modelling of building life cycle.

.....  
**Vytautas MARTINAITIS.** Doctor Habil, Professor. Dept of Heating and Ventilation. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: [vm@eksergija.stp.lt](mailto:vm@eksergija.stp.lt)

Doctor (1982, power engineering and heat engineering). Since 1972 at Kaunas Polytechnical Institute, in 1986–89 in Algeria (Constantin University), since 1989 at Vilnius Technical University. Research courses: Belorussia (1982), Spain (1992–93), Switzerland (1993–94), the UK (1995). Doctor Habil (2000, power engineering and heat engineering) Member of International Association of Energy Economics. Research interests: optimisation of energy consumption of building, life cycle analysis.

.....  
**Artur ROGOŽA.** PhD student. Assistant. Dept of Heating and Ventilation. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: [artur@ap.vtu.lt](mailto:artur@ap.vtu.lt)

MSc (heat engineering, 1999). PhD student (VGTU, 1999). Co-author of 1 scientific publication. Research interests: optimisation of energy in district heating systems, life cycle analysis.