# VSEŽIVLJENJSKO VREDNOTENJE STROŠKOV PRI OBNOVI STAVB

Dr. Marjana ŠIJANEC ZAVRL

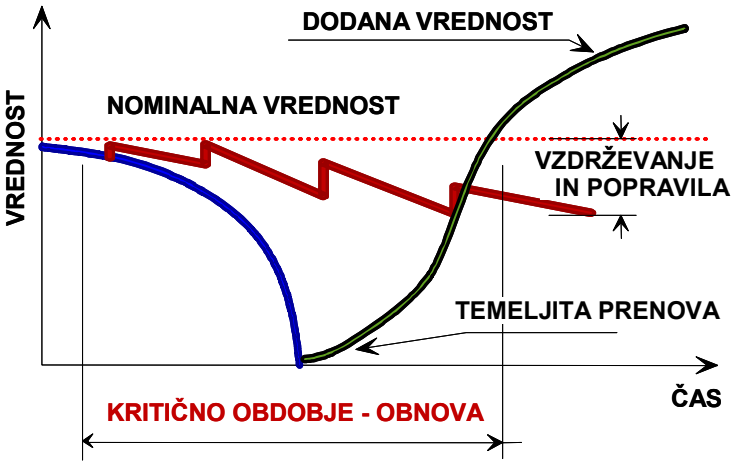

## POVZETEK

*Prispevek opisuje pomen uporabe LCC analize pri načtrovanju novih stavb in pri obnovi obstoječih objektov. Ker ima raba energije velik vpliv na višino obratovalnih stroškov, je presoja načrtovanih izboljšav v stavbi še zlasti pomembna pri celovitih (energetskih) obnovah. Za širšo uveljavitev LCCA pri nas je pomembna dostopnost programske opreme in pripravljenost vseh članov projektne skupine na sodelovanje. Prikazani so prvi rezultati projekta SAVE LCC REFURB na področju pilotne uporabe LCC analize in ustrezne programske opreme pri načrtovanju obnove trgovske stavbe Mercator kot tudi vloga integralnega načrtovanja obnove stavbe.*


## 1. UVOD

LCCA (angl.: Life Cycle Cost Assessment) je postopek presoje upravičenosti celotne naložbe ali le posameznega posega v vseh fazah stavbe: od začetne naložbe, obratovanja in vzdrževanja, do obnove in končno odstranitve. LCCA je obetavna metoda presoje načrtovanih posegov v stavbi, ki lahko marsikateri sodobni energetsko učinkoviti tehnologiji utre pot do realizacije. Metodo presoje celotnih stroškov lahko uporabimo pri analizi celotne stavbe (novogradnje), pri večji obnovi stavbe ali pa le pri nabavi posameznih komponent ob vzdrževanju ali zamenjavi naprav ali delov stavbe.

Redno vzdrževanje in popravila stavbe zagotavljajo ohranjanje njene vrednosti; načrtna obnova stavbe v skladu z napredkom tehnike, načeli LCCA in zahtevami sodobnega uporabnika pa predstavlja povečanje njene vrednosti, zagotavlja smotrno porabo sredstev in omogoča boljše bivalne in delovne pogoje. Pogosto se po celoviti preučitvi načrtovane naložbe izkaže, da se začetni višji vložek v boljše materiale in sodobne energetsko učinkovite tehnologije kmalu povrne skozi manjše obratovalne in vzdrževalne stroške. Kljub temu pa se srečujemo z vrsto ovir, zaradi katerih zamujamo priložnosti za dolgoročno gospodarno gradnjo in obnovo stavb.




***Slika 1.*** *Vpliv rednega vzdrževanja in popravil stavbe ter naložb v tehnično posodobitev na vrednost stavbe.*

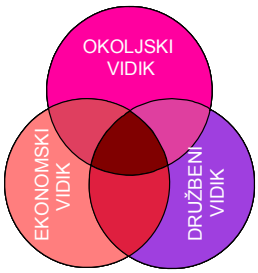
## 2. TRAJNOSTNA GRADNJA IN LCCA

### 2.1 Razvoj

Da bi tudi na področju graditve in obnove stavb sledili načelom trajnostne gradnje, so Evropska Komisija, države članice in gradbena industrija opredelili[1] naslednja prioritetna področja:

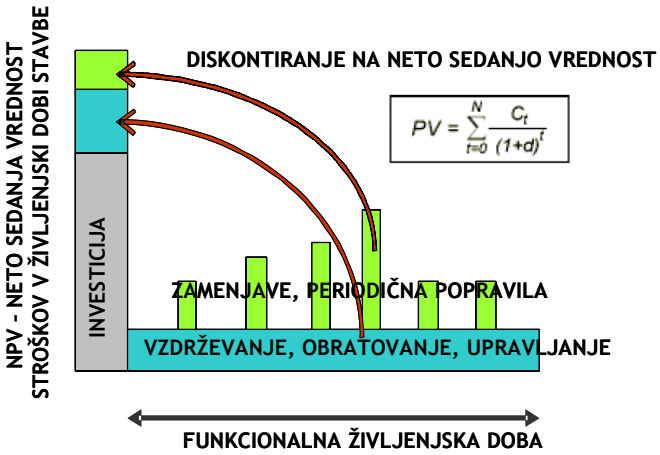
1. okolju prijazni gradbeni materiali
2. energetsko učinkovite stavbe
3. ravnanje z gradbenim odpadom
4. stroškovna analiza življenjskega cikla objekta (LCCA)

Področje LCCA je bilo k prvim trem prioritetam dodano kasneje, zaradi njegovega pomembnega vpliva na ekonomski vidik trajnostne gradnje.




***Slika 2:*** *Idealen trajnosti projekt graditve ali obnove stavbe mora enakovredno upoštevati vplive načrtovanih posegov an področje ekologije, ekonomike in vidik vsestranske družbene sprejemljivosti.*

Čeprav je samo jedro LCC analize (t.j. diskontiranje posameznih stroškov nove stavbe ali njene prenove v vseh fazah, od načrtovanja, investicije, faze uporabe do odstranitve za določitev neto sedanje vrednosti celotnih stroškov v življenjski dobi stavbe) poznano, pa se po drugi strani kaže potreba predvsem po standardiziranju kategorij stroškov upoštevanih pri LCC analizi.



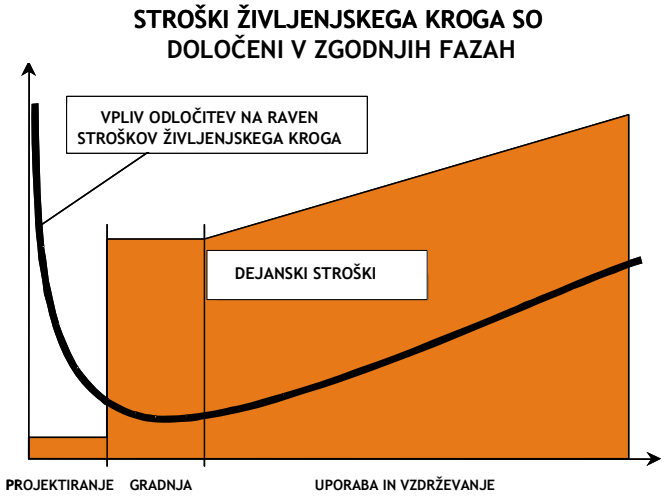

***Slika 3:*** *LCCA analiza temelji na primerjavi neto sedanje vrednosti alternativnih konceptov novogradnje ali obnove stavbe, (6).*

[1] Final report Task group 4: Life cycle costs in construction

Standardiziranje LCCA metode na področju stavb poteka na ravni ISO (ISO 15686-5 Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 5: Whole life costing), kot tudi na nacionalni ravni nekaterih skandinavskih držav (npr. norveški standard NS 3454 - Stroški v življenjskem krogu stavbe – načela in klasifikacija). Namen NS 3454 je za potrebe LCCA razjasniti razmerja oziroma razlike med stroški, povezanimi s stavbo (stroški v življenjskem krogu, letni stroški, anuitete, …) in opredeliti kategorije posamezne vrste stroškov (kapitalski stroški, stroški upravljanja, obratovanja, vzdrževanja, prenov in izboljšav ter drugi stroški).

## 2.2 Uporaba LCC v praksi

V nasprotju z velikim številom držav EU vključno s Slovenijo[2], kjer LCCA v praksi ni širše v uporabi, je ponekod LCC presoja načrtovanega projekta že obvezna za javne stavbe (Finska, Norveška) ali vsaj priporočena (Nemčija) in podprta z ustrezno programsko opremo ter s ponudbo svetovalnih podjetij. Prav tako je opaziti interes za LCCA tudi pri gospodarnejših investitorjih na področju poslovnih stavb oz. storitvenega sektorja, saj se vsaj na načelni ravni vsi zavedajo pomena ustrezne odločitve še v fazi projektiranja.




***Slika 4:*** *Na stroške življenjskega kroga stavbe najmočneje vplivamo v fazi projektiranja, (2).*

Analiza stanja pri nas na področju interesa za LCCA pri (energetski) prenovi stavb, opravljena med investitorji s področja profitne in neprofitne stanovanjske gradnje, občinskih javnih stavb in poslovnega, terciarnega sektorja je pokazala[3] naslednje

- Projektne skupine za izgradnjo stavbe na koordinacijskih sestankih sicer analizirajo različne alternativne rešitve, vendar med njimi izbirajo brez ustreznih strokovnih podlag, v časovni stiski, navadno na osnovi dobrih izkušenj iz podobnih projektov, pri čemer so stroški v fazi uporabe in kasnejše odstranitev objekta navadno prezrti (ali preneseni na uporabnika). Posledica je nizka stopnja inovativnosti na področju gradnje in prenove stavb.

[2] pri nas je bila v času družbene gradnje obvezna dolgoročna presoja ekonomičnosti naložbe
[3] projekt OPET Building, 2004

- Znanje glede LCCA je v Sloveniji nezadostno, primanjkuje ustreznih podatkovnih baz in programske opreme za vodje projektov novogradenj kot tudi za lastnike obstoječih stavb, ki skrbijo za vzdrževanje in prenovo stavb.
- Energetska učinkovitost stavbe pomembno vpliva na njene stroške v življenjski dobi, vendar je tu še vrsta drugih vplivnih elementov, ki vplivajo v fazi uporabe na obratovalne stroške, stroške vzdrževanja, servisiranja, preureditve ipd..
- Zato je pomembno celovito načrtovanje novogradnje ali prenove, kjer je LCCA pomemben a ne edini vidik presoje alternativnih rešitev. Strategija trajnostnega razvoja grajenega okolja temelji na usklajenih okoljskih, ekonomskih in družbenih vidikih gradnje. Celovito načrtovanje stavbe na podlagi razprav udeležencev predstavlja nadgradnjo LCCA z občinskimi in nacionalnimi strateškimi cilji, z okoljskimi zahtevami, z uporabnikovimi predstavami o primernem bivalnem okolju kot nenazadnje tudi z želeno javno podobo, ki jo investitor v javnosti ustvarja z izbranimi rešitvami pri načrtovanju stavbe.

# 3. PROJEKT LCC REFURB

## 3.1 Cilji

Da bi pospešili uporabo LCC metode tudi na področju obnove stavb, je 9 partnerjev iz držav EU (Avstrija, Norveška, Finska, Nemčija, Češka, Grčija, Francija, Slovenija) sooblikovalo EIE projekt LCC REFURB. Osrednji cilj projekta je izkoristiti obstoječe izkušnje z integralnim načrtovanjem (IN) in analizo stroškov v življenjskem krogu (LCCA), ki so ponekod že bile ustvarjene, zlasti na področju načrtovanja novogradenj, in prenesti znanje - metodološko in organizacijsko – na področje celovite obnove stavb. Ciljna skupina so javne stavbe – bodisi glede na lastništvo ali glede na program, ki v njih poteka (stavbe z dostopom javnosti).

Podrobni cilji projekta so:

- pregled obstoječih orodij za LCCA in integralno načrtovanje z vidika njihove uporabnosti pri obnovi stavb,
- oblikovati shemo procesa odločanja, ki zagotavlja, da bo LCCA upoštevana v različnih fazah procesa načrtovanja (v primeru javnih stavb – da bodo upoštevana pravila javnih razpisov,
- testiranje orodij za LCCA in predlaganega procesa odločanja za demonstracijski projekt načrtovanja prenove (demonstracijski projekti so nestanovanjske stavbe: hotel, trgovina, šola, dom za ostarele, občinska stavba),
- ovrednotenje demonstracijskega projekta, v glavnem z vidika potenciala ponovljivosti.

## 3.2 Programska oprema

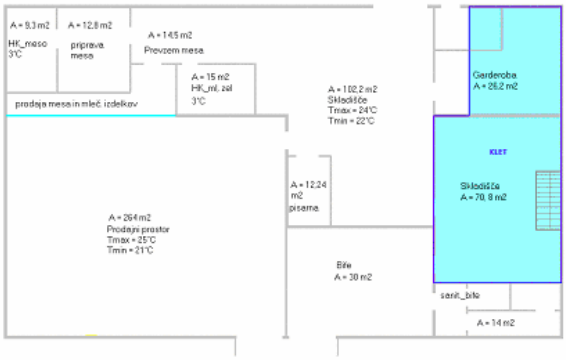
Splošna ugotovitev prve faze projekta je bila, da na trgu ni veliko specializiranih orodij, ki bi omogočala LCC analizo pri načrtovanju prenove stavb. Idealno orodje bi moralo imeti izčrpno podatkovno bazo izdelkov, naprav in storitev potrebnih pri energetski prenovi stavbe, podatke o cenah za posamezne faze ukrepov, podatke o dinamiki in pričakovanih stroških vzdrževanja, možnost izračuna porabe energije in vode pri načrtovanih spremembah in posledično določitev obratovalnih stroškov. Omenjeno so potrebni podatki za LCC analizo obravnavanih variantnih pristopov k sanaciji, kjer je za interpretacijo pomembna tudi razčlenitev NSV stroškov projekta po plačniku (lastnik, najemnik, uporabnik).

Obstajajo sicer splošni računalniški programi za LCCA poljubnega izdelka (npr. RELEX). Vendar je bolj kot sam izračun NSV naložbe pomembna zanesljiva določitev vpliva analiziranih variant na obratovalne stroške (npr. raba energije za ogrevanja, hlajenje, razsvetljavo...) in na kakovost parametrov bivalnega in delovnega okolja (npr. toplotno ugodje). Za to fazo presoje je na trgu na voljo vrsta specializiranih programov za simulacijo toplotnega odziva stavbe (npr. IDA ICE). Pri nas je bil pred leti v ta namen iz Avstrije prenesen program EBSYS, ki so ga krajši čas uporabljali energetski svetovalci, a ker njegova podatkovna baza ni bila posodobljena, je uporaba programa zamrla. Za presojo LCC pri graditvi stavb so na voljo tudi programi, razviti prav za sektor stavb, kot npr: finski programi SAKU (LCC sistemov in instalacij v stavbi), BS-LCC (orodje za LCC naložb) in EKOARVIO (ekološka ocena stavbe), norveški LC-Profit (LCC načrtovane naložbe), ki obvladujejo predvsem ekonomski del, ter francoski XENIOS (prilagoditev EPIQR-a za hotelske stavbe, ki podpira odločitev za najprimernejši scenarij sanacije) in češki program GEMIS (analiza globalnih emisij in analiza stroškov), ki je naravnan bolj na okoljske probleme. Obsežen nemški program LEGEP pa že združuje načrtovanje posameznih faz obnove stavbe (bogata podatkovna baza vključno s cenami), toplotne izračune in stroškovni vidik strategije prenove.

## 4. PILOTNA UPORABA LCC – PRENOVA STAVBE TRGOVINE MERCATOR

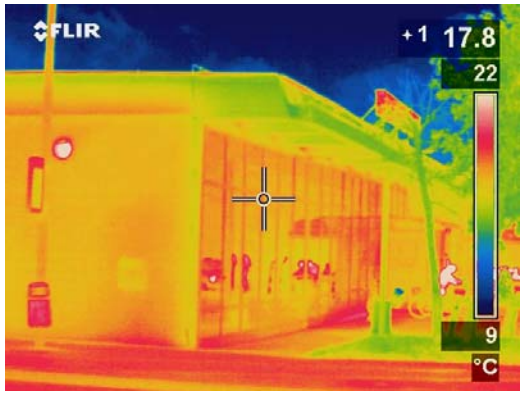
### 4.1 Izbrana stavba

***Slika 5:*** *Lokacija izbrane trgovine Ljubljana – Brod (Vir: NVATLAS).*




***Slika 6:*** *Tloris in namen uporabe, ki pogojuje parametre notranjega okolja, (4).*

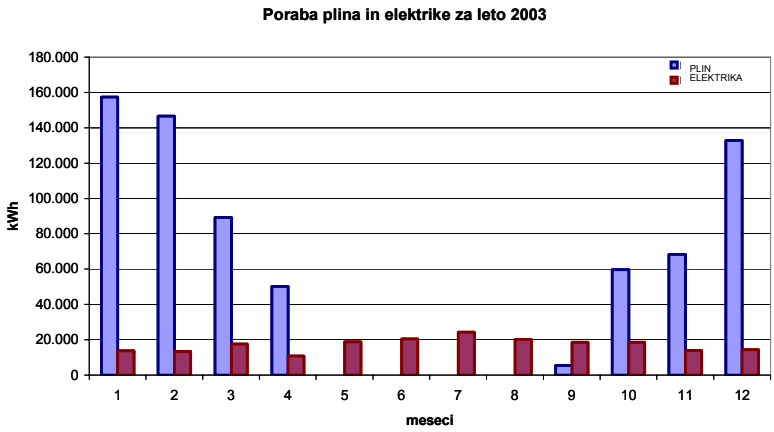
***Slika 7:*** *Zahodna fasada trgovine*




***Slika 8:*** *Termografski posnetek ovoja.*

Stavba, kjer pilotno uporabljamo programsko upremo za LCCA in integralno načrtovanje prenove, je ena od srednje velikih trgovin trgovske verige Mercator, meri 610 m2 (trgovina in skladiščni prostori) in je bila izgrajena v 60. letih. Objekt je pritličen, delno podkleten, s čelno zastekljeno stranjo orientiran proti jugu. Stene so v izhodiščnem stanju grajene iz modularne opeke, zahodna fasada je obdana s fasadno silikatno opeko, ovoj je v celoti brez toplotne zaščite ($U_{sten}$ = 1,46 W/m$^2$K). V objektu so navadna lesena vezana okna ($U_{oken}$ = 2,7 W/m$^2$K), južno izložbeno okno predstavlja enojna zasteklitev v kovinskem okviru. Toplotna prehodnost AB stropa je zelo visoka ($U_{sten}$ = 4,4 W/m$^2$K). Že zaradi te zasnove je objekt podvržen poletnemu pregrevanju. V objektu so uporabljene hladilne komore in hladilna tehnika potrebna zamenjave. Za ogrevanje je uporabljen kotel na zemeljski plin, ogrevalni sistem je radiatorski.

Modeliranje stavbe za nadaljnje energijske analize je bilo izvedeno na podlagi načrtov obstoječega stanja, dodatnih popisov stanja ovoja in naprav ter ljudi v objektu, termografske analize, merjenja temperatur in RH v stavbe ter na podlagi analize stanja rabe toplotne in električne energije v preteklem obdobju.




***Slika 9:*** *Pregled dejanske rabe energije v 2003*

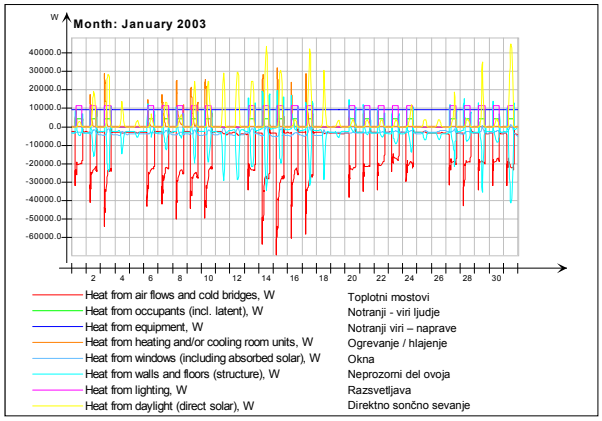
## 4.2 LCC analiza variant prenove ovoja

V okviru projekta LCC REFURB uporabljamo za LCCA dva programa IDA ICE (Indoor Climate and Energy) in LC-Profit. Prvi omogoča urno simuliranje toplotnega odziva stavbe, drugi pa analizo stroškovnega vidika obravnavanih posegov v fazi izvedbe obnove stavbe in v obdobju njene uporabe.

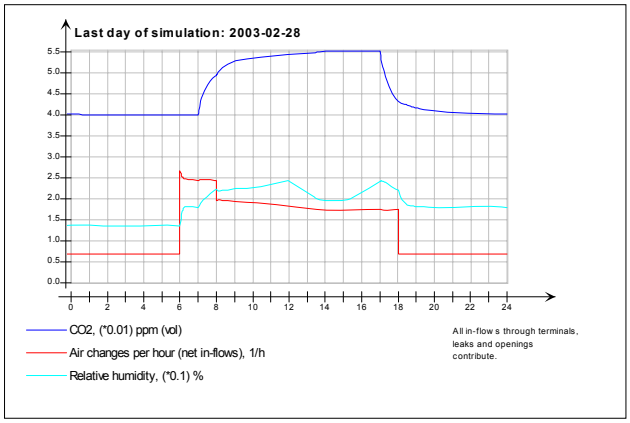
V prispevku za ilustracijo pilotne uporabe programske opreme predstavljamo LCCA na področju energetske sanacije ovoja, kjer je cilj opredeliti nabor ukrepov za obnovo stavbe in na gospodaren način znižati stroške obratovanja oziroma vzdrževanja stavbe.

Izbrali smo naslednje variante gradbene prenove in določili pričakovano porabo električne energije in plina:

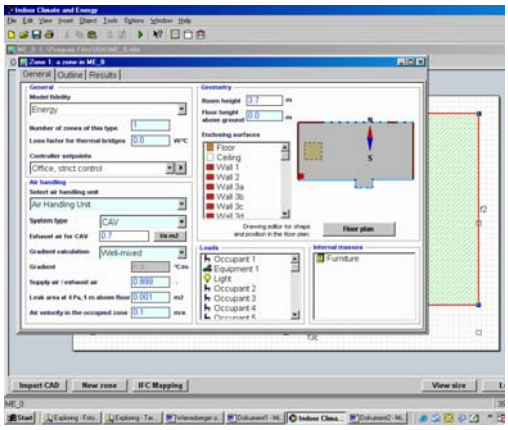
- Varianta 0 (obstoječe stanje)
- Varianta I (samo 10 cm TI ovoja)
- Varianta II (samo zamenjava oken [$U_{stekla}$ = 1,1 W/m$^2$K])
- Varianta III (Varianta I + Varianta II )
- Varianta IV (samo zamenjava oken [$U_{stekla}$ = 0,9W/m$^2$K])
- Varianta V ( Varianta I + Varianta IV)



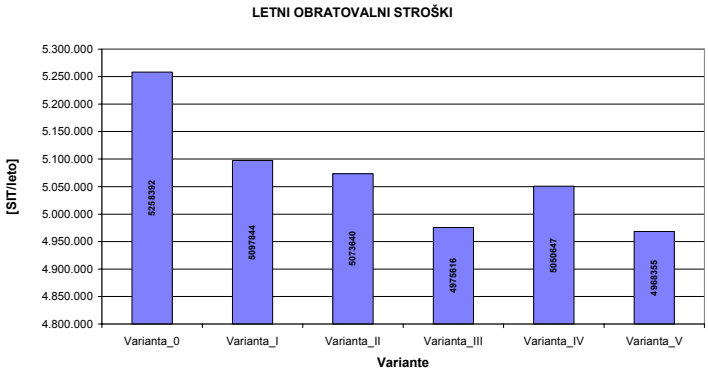

***Slika 10:*** *Rezultati simulacije toplotnega odziva, rezultat programa IDA ICE*




***Slika 11:*** *Parametri dosežene kakovosti notranjega zraka.*



***Slika 12:*** *Ekranska slika programa IDA ICE – modeliranje stavbe*



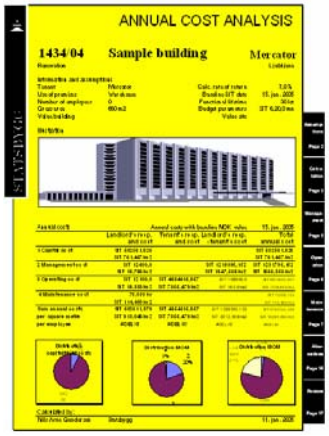

***Slika 13:*** *Letni obratovalni stroški na podlagi simulirane rabe energije in porabe vode..*

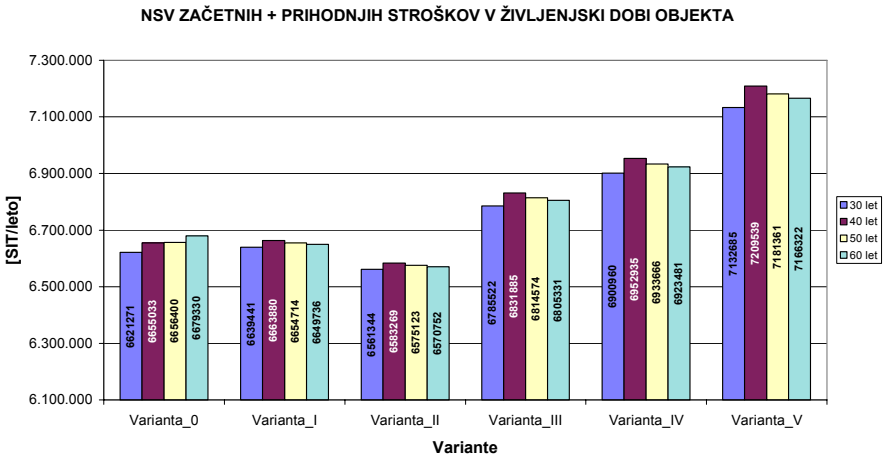
Rezultate o porabi električne energije in energije za ogrevanje po posameznih variantah smo nato uporabili v programu LC-Profit, ki analizira stroškovni vidik. Za analizo potrebujemo natančen opis načrtovanih faz posegov, oceno stroškov naložbe v posamezni poseg (npr. namestitev tankoslojne izolacijske obloge na stene, vgradnja energetsko učinkovitih oken), življenjsko dobo elementa, predviden strošek vzdrževanja in popravil elementa ter strošek amortizacije. Upoštevamo strošek vzdrževalnega osebja (npr. hišnik), ki je lahko manjši pri vgradnji kakovostnih elementov. Za nivo odločanja sta pomembna vhodna podatka še predvidena življenjska doba stavbe ter diskontna stopnja.

Program LC-Profit nato omogoča izračun stroškov kapitala, stroškov upravljanja, stroškov obratovanja in stroškov vzdrževanja za posamezno varianto ter tako omogoča vpogled v strukturo stroškov življenjskega cikla stavbe. Bistvo uporabe tega programa ni vselej v tem, da najdemo minimalne stroške življenjskega cikla, ampak da seznanimo lastnike in uporabnike s posledicami, ki bi jih morebitne odločitve povzročile v finančnem smislu.

V primeru uporabe programa LC-Profit za LCC analizo smo pri izbranih robnih pogojih pokazali, da je cenovno najugodnejša varianta II (zamenjava vseh oken s takimi, ki imajo zasteklitev s toplotno prehodnostjo 1,1 W/m$^2$K). Ta ukrep se je izkazal z najnižjo NSV začetnih in prihodnjih stroškov v

življenjski dobi objekta. Analize na tem objektu se nadaljujejo v smeri preverjanja scenarijev obnove stavbe, ki vključujejo tudi naprave za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje in klimatizacijo. Zaključimo pa lahko, da se je program LC-Profit v kombinaciji s programom za energijske analize izkazal kot uporabno orodje za LCCA pri novih stavbah in pri prenovi, vendar pa je za zanesljive rezultate potrebna podrobna priprava vhodnih podatkov s strani projektanta in ponudnikov opreme ter sodelovanje vodje projekta pri analizah.




***Slika 14:*** *Analiza s programom LC-Profit, (6).*

***Slika 15:*** *Prikaz NSV za različne življenjske dobe in variante prenove – ovoj stavbe (4)*

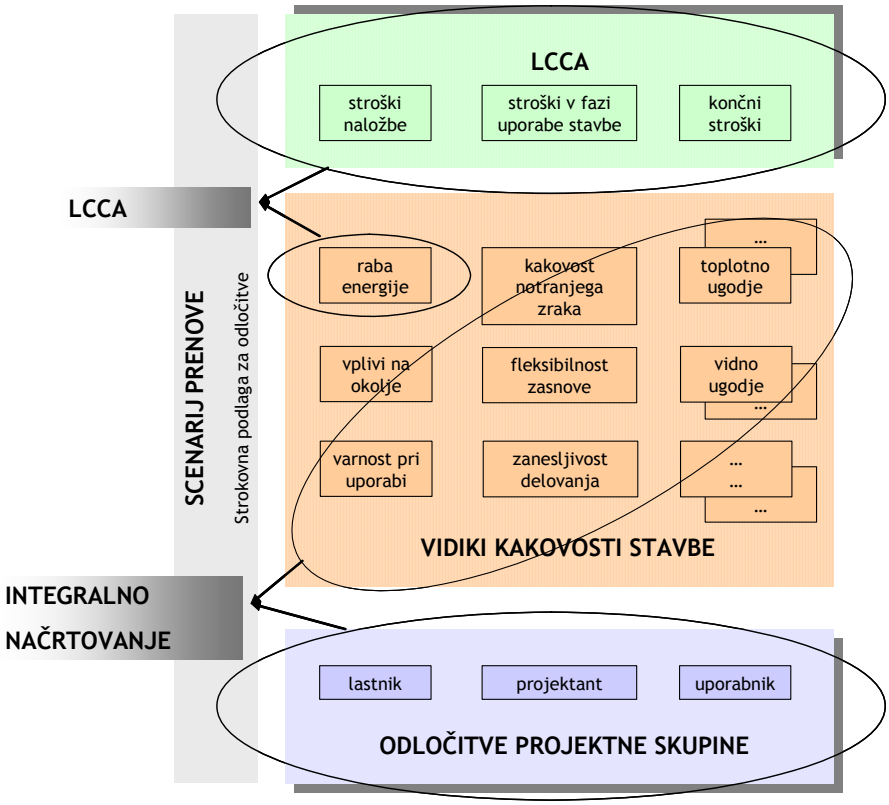
### 4.3 Integralno načrtovanje prenove

Za lastnika stavbe kot za uporabnike je seveda pomembno, da poznajo poleg stroškov tudi druge posledice, ki bi jih načrtovani posebni pri prenovi stavbe povzročili. Poleg znižanja obratovalnih stroškov in razlike v emisijah toplogrednih plinov ter drugih vplivov na okolje, razlike pri potrebnih vzdrževalnih delih ter stroških, ukrepi vplivajo tudi na kakovost notranjega bivalnega okolja, tako v pogledu mikroklime in toplotnega ugodja, vidnega in slušnega ugodja ter podobno.

Izbrane rešitve lahko povzročijo spremembo v fleksibilnosti pri uporabi stavbe (nespremenljive tlorisne zasnove, težja prilagoditev ob spremembi dejavnosti) kot tudi vplivajo na dobo uporabnosti (za večje kompleksne objekte je gotovo smiselno predvidevati daljšo dobo uporabe, kajti v urbanih okoljih sta rušenje in odstranitev objekta moteča). Vse to so vplivi, ki jih praviloma težko finančno ovrednotimo, in jih zato ne upoštevamo neposredno v LCC analizi, so pa del integralnega načrtovanja prenove stavbe in imajo pri investitorjevih odločitvah veliko težo.

## 5. ZAKLJUČEK

Širša uporaba LCCA pri vsakodnevnem načrtovanju in prenove stavb je tudi drugod redka, razen v skandinavskih državah, kjer je LCC analiza pri gradnji stavb financirani iz javnih virov obvezna. Rezultati LCCA predstavljajo dobro dodatno podlago za odločitve na strani investitorjev, kajti prevečkrat se




***Slika 16:*** *Razmerje med LCCA in integralnim načrtovanjem stavb v okviru ciljev projekta LCC REFURB.*

odločamo za najcenejšo naložbo ali pa se pri izbiri optimalne rešitve opiramo le na izkušnje. Širši prodor LCCA bo omogočila učinkovita povezava računalniških programov za simulacijo toplotnega odziva stavbe s programi za ekonomsko presojo stroškov stavbe v življenjskem krogu, še posebej če bodo ti modeli vključevali tudi verjetnostni vidik pri načrtovanju dogodkov v življenjskem ciklu stavbe.

## 6. LITERATURA


1. *Projekt OPET Building / OPET Stavbe (5.OP EU, april 2003 – maj 2004) (http://www.opet-building.net/)*
2. *M.Tomšič, M.Šijanec-Zavrl, LCC Management – Priročnik za uporabo LCCA metod za investitorje in vodje projektov, Motiva in GI ZRMK, ISBN 961-90618-7-X*
3. *Projekt EIE SAVE LCC-REFURB "Integralno načrtovanje pri obnovi stavb - upoštevanje stroškov v življenjskem krogu", koordinator E.V.A, partner GI ZRMK, naročnik EC program EIE SAVE in MOP AURE, 2004-2005, (http://www.eva.ac.at/projekte/lcc_refurb/)*
4. *M.Šijanec-Zavrl, E.Bovcon, M.Praznik, Delovno poročilo o uporabi LCCA na pilotnem projektu – trgovina Mercator, LCC REFURB, feb. 2004*
5. *NS 3454 - Stroški v življenjskem krogu stavbe – načela in klasifikacija*
6. *Nils Arne Gundersen , ANNUAL COST ANALYSIS, Description and user's guide to the costing model, Statsbygg, 1998*

# O PREDAVATELJICI

Dr. Marjana ŠIJANEC ZAVRL, univ. dipl. inž. grad.

*Dr. Marjana ŠIJANEC ZAVRL, univ. dipl. inž. grad., je diplomirala leta 1984 na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo (FGG) Univerze v Ljubljani (UL), na oddelku za gradbeništvo, konstrukcijska smer. V letih od 1984 do 1993 je bila na UL FGG zaposlena kot mlada raziskovalka in asistentka na predmetnem področju Stavbarstvo. Na isti fakulteti je leta 1993 doktorirala na področju toplotnega odziva stavb s temo računalniške simulacije delovanja fazno spremenljivih materialov v pasivnih solarnih stavbah. Od leta 1994 naprej je zaposlena na Gradbenem inštitutu ZRMK, zdaj kot pomočnica člana uprave za raziskovalno dejavnost in vodja razvoja na področju trajnostne gradnje v okviru Centra za bivalno okolje, gradbeno fiziko in energijo. Od leta 1997 je tudi znanstvena sodelavka na UL FGG, Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij, ter članica programske skupine Potresno inženirstvo na UL FGG. Deluje na področju gradbene fizike, monitoringa mikroklime v stavbah kulturne dediščine, ocene tehničnega, ekonomsko upravičenega in socialno sprejemljivega potenciala za energetsko obnovo stavb, razvoja energetske izkaznice stavbe, stavbne kartice, ocenjevanja tehnične kakovosti stanovanjskih stavb, priprave strokovnih podlag za pravilnike s področja gradbene fizike (toplotna zaščita in učinkovita raba energije v stavbah, vlaga) ter pravilnike s stanovanjskega področja (minimalni pogoji za gradnjo stanovanjskih stavb in stanovanj, vzdrževanje). V zadnjih letih je na omenjenih področjih vodila vrsto domačih in mednarodnih raziskovalno razvojnih projektov (5. OP - OPET, EnerBuild; SAVE; EIE – LCC REFURB, BUDI; EUREKA EU1383 Prevent; COST C5, C8, C16). Je članica Slovenskega društva za sončno energijo SLOSE, Slovenskega društva za alternativne vire energije in Slovenskega E-foruma.*