

Analiza potencijala energetske efikasnosti kod liftova i pokretnih stepenica

Uvod

S obzirom na ubrzani razvoj urbanih sredina i rast broja visokih zgrada i komercijalnih objekata, vertikalni transportni sistemi, poput liftova i pokretnih stepenica, postaju nezaobilazni elementi svakodnevnog funkcionisanja modernih zgrada. Iako je njihov primarni cilj olakšavanje kretanja i omogućavanje brzog i efikasnog transporta ljudi između različitih nivoa objekta, ovi sistemi predstavljaju i značajan izvor potrošnje energije.

- Procena je da se svakog dana napravi više od 7 milijardi vožnji u zgradama širom sveta.

U svetu gde se potrošnja energije i zaštita životne sredine nalaze na samom vrhu globalnih prioriteta, povećanje energetske efikasnosti ovih sistema postaje ključno. Energetski efikasni liftovi i pokretne stepenice ne samo da smanjuju operativne troškove zgrada, već takođe pomažu u smanjenju emisije ugljen-dioksida i drugih štetnih gasova. Ova prezentacija bi trebalo da da kratku analizu tehnologija i strategija koje omogućavaju postizanje energetski efikasnijeg rada liftova i pokretnih stepenica.

- Nove inovacije dovode do uvođenja energetski efikasnih liftova koji ne samo da troše manje energije, nego i proizvode čistu "zelenu" energiju.

Istorijski kontekst i evolucija vertikalnog transporta

Verovatno ni u jednom segmentu urbane infrastrukture promena nije bila tako vidljiva kao u oblasti vertikalnog transporta.

- Prvi liftovi pojavili su se još u 19. veku, a njihovo poboljšanje kroz decenije omogućilo je izgradnju visokih zgrada i nebodera, što je postalo sinonim za moderne gradove. Sa razvojem tehnologije, liftovi su prešli put od osnovnih, ručno pokretanih uređaja do sofisticiranih sistema sa električnim motorima, ugrađenim sigurnosnim uređajima i naprednim sistemima upravljanja.

Sličan razvoj dogodio se i u industriji pokretnih stepenica.

- Prva komercijalna primena krajem 19. veka, pa sve do danas, pokretne stepenice su evoluirale od jednostavnih transportnih uređaja do složenih sistema koji se mogu prilagoditi specifičnim potrebama korisnika, povećavajući tako ukupnu energetske efikasnost.

Međutim, i pored ovog napretka, ovim uređajima i dalje pretila visoka potrošnja energije, posebno u periodima kada su njihova upotreba i opterećenje manji. Zato je nužno razmatrati kako moderni napredak u tehnologiji može dalje smanjiti potrošnju i doprineti održivosti.

Izazovi energetske efikasnosti u liftovima i pokretnim stepenicama

1. Neoptimalni radni uslovi

Jedan od najvećih izazova u postizanju energetske efikasnosti kod vertikalnog transporta je neoptimalni rad sistema.

- Liftovi, na primer, često rade i kada je broj korisnika minimalan;
- pokretne stepenice rade neprekidno, bez obzira na to koliko je ljudi koristi u tom trenutku;
- pokretne stepenice rade punom brzinom tokom celog radnog vremena, dok je broj korisnika promenljiv, što stvara značajan višak potrošnje;
- stariji liftovi i pokretne stepenice često koriste tehnologije koje nisu optimizovane za energetske efikasnost, što dodatno povećava njihovu potrošnju.

2. Zavisnost od sistema napajanja i starijih tehnologija

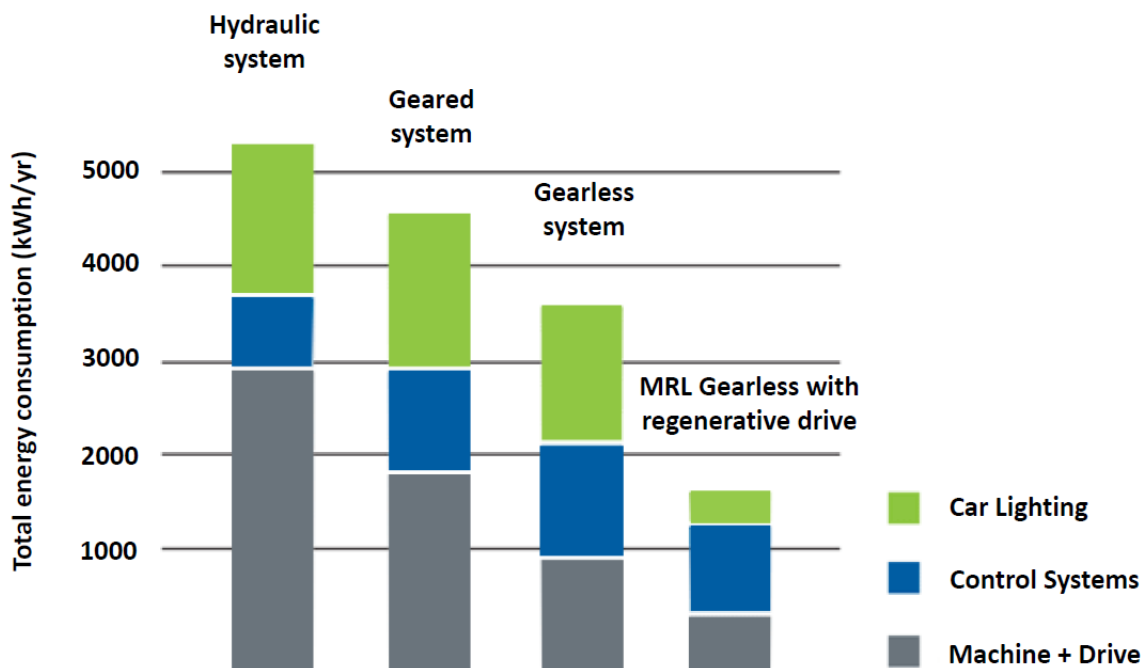
Većina sistema vertikalnog transporta i dalje zavisi od tehnologija koje nisu u potpunosti optimizovane u pogledu energetske efikasnosti. Na primer, liftovi koji koriste starije modele elektromotora i mehaničkih sistema za podizanje putnika često su neefikasni jer nemaju mogućnost regeneracije energije. Slična situacija se može primetiti i kod pokretnih stepenica koje koriste energetske intenzivne sisteme pokretanja i kontrolisanja kretanja stepenica.

Zato je imperativ implementirati napredne tehnologije koje omogućavaju maksimalnu upotrebu obnovljivih izvora energije, smanjujući potrebu za napajanjem iz spoljnog elektroenergetskog sistema.

Tradicionalni, stariji liftovi dizajnirani su na način da prioritet daju funkcionalnosti, dok energetska efikasnost nije bila u prvom planu. Prema istraživanju iz 2010. godine,

- liftovi stariji od 15 godina troše između 5.000 i 8.000 kWh godišnje, u zavisnosti od intenziteta korišćenja i visine zgrade. Stariji hidraulični liftovi karakterišu se niskim stepenom energetske efikasnosti jer su za njihovo pokretanje potrebni agregati veće snage;
- savremeni liftovi sa bezreduktorskim pogonom i bez zasebne mašinske prostorije troše od 3.500 do 5.000 kWh godišnje. To predstavlja uštedu energije od 40-60%, u zavisnosti od broja spratova, učestalosti upotrebe i tipa zgrade.
- liftovi sa regenerativnim pogonom i energetske efikasnim sistemima spuštaju potrošnju energije i na manje od 2.000 kWh godišnje.

Stoga je glavna prednost motora bez reduktora što štede oko 25-30 procenata više energije nego motori sa reduktorima. Motori bez reduktora takođe rade brže i imaju duži radni vek jer imaju veći obrtni moment i rade na nižim obrtajima.



Slika 1 Poređenje potrošnje energije u zavisnosti od tipa lifta
(izvor - <http://www.otisworldwide.com>.)

Veliki deo „zelenog“ plana fokusira se na smanjenje potrošnje energije.

- Zgrade troše oko 40% svetske energije;
- liftovi čine 2-10% potrošnje energije u zgradi;
- tokom vršnih sati korišćenja, liftovi mogu da iskoriste do 40% energije zgrade.

Procena je da novi liftovi mogu da obezbede povećanje efikasnosti od oko 30–40 procenata od zgrada sa starijim liftovima.

Kvantitativno se sada sprovode studije o potrošnji energije novijih i starijih tehnologija liftova kako bi se procenila vrednost novih tehnologija. U tom pogledu se koristi standard:

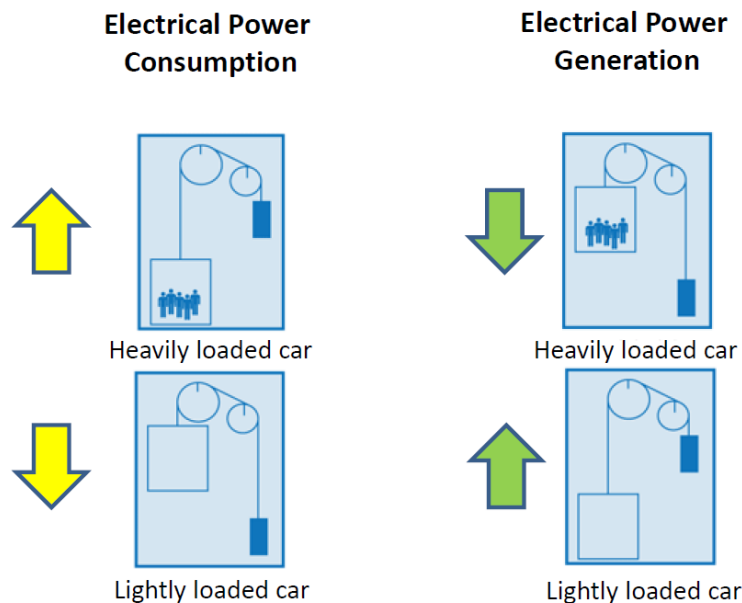
ISO 25745-2:2015 Energetske karakteristike liftova, pokretnih stepenica i pokretnih staza – Deo 2: Energetski proračun i klasifikacija za liftove (elevatore) – Izmena 1: Zone bez zaustavljanja (ekspresne zone)

Tehnološke inovacije u liftovima za povećanje energetske efikasnosti

1. Regenerativni pogoni

Jedna od najvažnijih tehnologija koja može drastično poboljšati energetske efikasnost liftova su **regenerativni pogoni**. Ovi sistemi omogućavaju da energija koja se generiše prilikom spuštanja lifta, umesto da se izgubi kao toplota, bude zadržana i upotrebljena za sledeće pokretanje lifta. U nekim slučajevima, ova energija se može vratiti u elektroenergetsku mrežu zgrade, čime se smanjuje ukupna potrošnja energije.

Ovaj pogon radi na principu “hvatanja” i pretvaranja energije koja se koristi od kočenja za održavanje brzine liftova. Liftovi sa pogonskom užetnjačom koriste protivteg za balansiranje težine kabine lifta i putnika. Protivteg je dimenzionisan na otprilike do 40%–50% nazivne nosivosti lifta. Hipotetički, ako je protivteg je pretežak ili suviše lagan, onda će lift preopteretiti motor i kočni sistem lifta. Kada je kabina lifta opterećena manje ili više od 50% nazivne nosivosti (kabine koje se kreću u smeru na gore su lake, a kabine koje se kreću u smeru na dole su teške) lift koristi kočnice da bi održao svoju nominalnu brzinu. Kočenje je obezbeđeno tako što se motoru na naizmeničnu struju dozvoljava da radi kao generator, pretvarajući mehaničku energiju u električnu energiju koja se kao toplota rasipa posebnim toplotnim otpornicima. Regenerativni pogon hvata tu energiju i kanališe je nazad u zgradu ili gradsku električnu mrežu. Ušteda energiju se obezbeđuje na više načina:



Slika 2 Regenerativni pogon lifta

- Kada lift uspori, on koči i stvara se energija. U konvencionalnom lift sistemu, ta energija se rasipa kao toplota kroz toplotni otpornik. Regenerativni pogoni koriste ovu energiju.
- Kad god se prazna ili malo opterećena kabina podiže, lift mora da koči da bi održao nazivnu brzinu. Kao i u slučaju usporavanja, ta energija se obično gubi, dok se kod regenerativnih pogona ova energije koristi. Takođe, prilikom dizanja prazne ili malo opterećene kabine, motor se okreće ali protivteg lifta obavlja većinu posla. Regenerativni pogon to koristi pretvaranjem mehaničke energije u električnu.
- Prilikom spuštanja skoro ili potpuno opterećene kabine, lift opet mora da koči kako bi održao željenu brzinu. U konvencionalnom sistema, energija koju stvara kočioni sistem se gubi. Regenerativni pogon ovu energiju koristi. Takođe, u ovom slučaju, motor se okreće, ali sada gravitacija čini većinu rada. Regenerativni pogon ponovo koristi tu energiju okretanja transformišući mehaničku u električnu energiju.

Vremenom ove male količine iskorišćene i uštedene energije na dnevnoj bazi postaju značajne uštede energije.

- Generalno, regenerativni pogon može smanjiti potrošnju energije između 20% i 40%. Krajnji iznos uštede energije zavisi od visine dizanja, učestalosti i obrazaca upotrebe, starosti opreme i slično. Sve u svemu, što su duže pređene udaljenosti i što je veći broj vožnji to rezultira većom generisanom energijom.

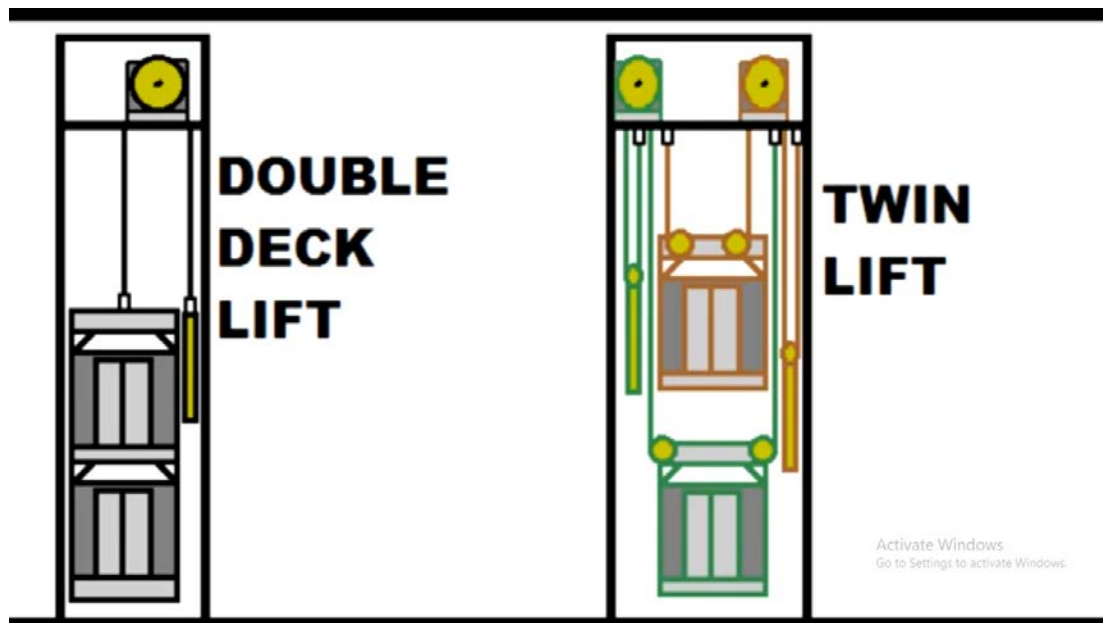
Noseća sredstva

Uže za lift predstavlja ključnu komponentu liftova sa pogonskom užetnjačom jer povezuje motor lifta sa kabinom i protivtegom. Konvencionalna užad su napravljena od čelika, koja su dovoljno čvrsta da drže kabine. Međutim, u supervisokim i megavisokim zgradama, kako ova užad postaju duža, postaju i izuzetno teška — težina užeta eksponencijalno raste sa visinom. U veoma visokim zgradama, užad se rastežu duž cele visine dizanja, dodajući desetina tona dodatne težine što može dovesti do kidanja užadi. U veoma visokim zgradama, skoro 70% težine lifta se pripisuje samim užadima, a kada uže postane predugačako ne može da izdrži sopstvenu težinu.

- ukupna težina užeta za lift sa nazivnim opterećenjem od 2000 kilograma na dužini od 500 m može biti oko 27.000 kg (high rise buildings).

Kao odgovor na ove probleme, kompanije za liftove rade na poboljšanju mogućnosti nosećih sredstava. Koriste se posebno dizajnirana užad ili trake koja su čvršća i lakša od konvencionalnih čeličnih užadi. U tu svrhu koriste se i noseće trake. Ova čvršća i lakša užad zahtevaju manje energije za kretanje kabina, što dovodi do značajne uštede energije.

Double deck i TWIN sistem kabina



Slika 3 Doubledeck i TWIN sistem sa dve kabine u istom voznom oknu

Prednost TWIN-a je što dve kabine rade nezavisno u jednom oknu. Sistem održava bezbedno rastojanje između dva lifta (gornja i donja kabina) koje se kreću jedna ispred druge. TWIN sistem u osnovi obezbeđuje uštedu u prostoru tako što smanjuje broj potrebnih voznih okana za jednu trećinu, u poređenju sa konvencionalnim liftovima.

Pored oslobađanja korisnog prostora, TWIN sistem smanjuje potreban građevinski materijal za vozna okna, a samim tim i smanjuje troškove. Postoji i jedna upravljačka mašina za oba lifta u istom voznom oknu, vodeći do dodatnih ušteda na prostoru i energiji. Preko kompjuterizovanog sistema, takođe optimizuje putovanje obe kabine u određivanju najefikasnijih destinacija za putnike, pružajući efikasnu uslugu koja smanjuje vreme čekanja i obezbeđuje manje zaustavljanja i praznih putovanja. To dovodi do dodatnih ušteda energije.

Double Deck liftovi su visoki kao dve kabine, gde jedna kabina služi parnim spratovima, a druga opslužuje neparne spratove, što rezultira smanjenjem ukupnog broja potrebnih liftova. Double Deck liftovi mogu smanjiti ukupnu potrošnju energije zgrade smanjenjem broja stajališta, pa čak i ukupnog broja liftova posebno kada se koriste sa pametnim sistemima upravljanja.

2. Pametni sistemi upravljanja – DCS (Destination Control Systems)

U konvencionalnom sistemu poziva, korisnici pritiskaju dugmad za gore i dole (najčešće oba), a liftovi se odazivaju na pozive. Ovaj sistem dobro funkcioniše u zgradama koje imaju nizak „vertikalni broj putnika“ i nemaju iskustva velikog saobraćaja u "vršnim satima". U gustom saobraćaju, mnogo dugmadi se pritiska što će rezultirati velikim brojem zaustavljanja lifta, povećanjem vremena putovanja i čekanja.

- Brzom liftu npr od 6 m u sekundi, za svako zaustavljanje može biti potrebno čak 10–13 s.

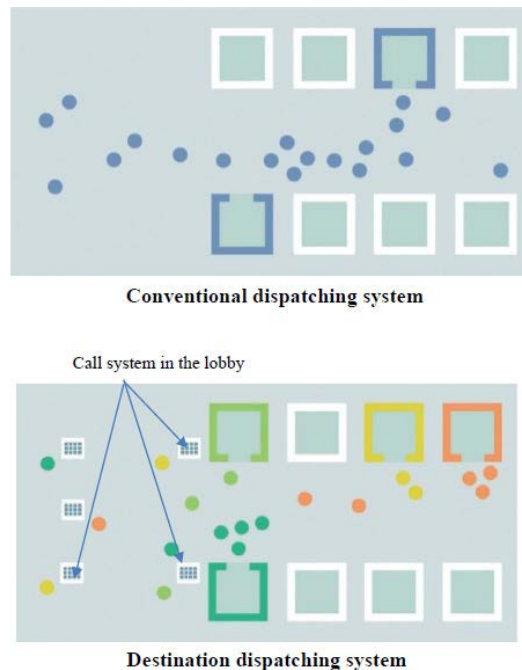
Destination Control Systems (DCS) su tehnologija koja omogućava unapređenu optimizaciju rada liftova. Putnici unapred biraju svoj odredišni sprat pre nego što uđu u lift, čime se smanjuje broj nepotrebnih zaustavljanja na spratovima koji nisu potrebni. Ovi sistemi koriste napredne algoritme koji omogućavaju predviđanje gužvi i optimalno usmeravanje liftova, čime se povećava kapacitet i efikasnost sistema.

DCS sistemi takođe smanjuju vreme čekanja i povećavaju ukupnu brzinu liftova, što direktno dovodi do smanjenja ukupne potrošnje energije.

DDS pruža važne prednosti uključujući smanjenje potrošnje energije, smanjenje vremena čekanja i smanjenje gužve i zagušenja u hodnicima zgrade. Proizvođači DDS-a tvrde da se prosečno vreme putovanja može smanjiti za oko 30%.

- Prosečno vreme čekanja na lift u jednoj 16-spratnici sa DDS sistemom iznosi 13 s, dok je prosečno vreme čekanja na lift u istoj zgradi sa konvencionalnim sistemom 138 s.

- Studije takođe pokazuju da su ljudi osetljiviji na vreme čekanja na liftove nego bilo koje drugo prevozno sredstvo (kao što su autobusi, avioni ili vozovi). Nedavno istraživanje je otkrilo maksimalno vreme čekanja lifta od 28s; nakon toga su ljudi počeli da postaju nemirni i pokazuju znake nezadovoljstva sistemom liftova.



Slika 4 Pametni sistemi upravljanja

Standby režim rada lifta

Rešenja u stanju pripravnosti isključuju opremu lifta kada se ne koristi, što predstavlja značajnu uštede energije, posebno u zgradama sa periodima niske upotrebe lifta. Senzori i softver u kabini automatski prelazi u „režim spavanja“, isključujući svetla, ventilatore, muziku i video ekrane kada je kabina prazna. Ušteda energije iz standby rešenja mogu varirati između 25% i 80% ukupne vrednosti potrošnja lifta, u zavisnosti od više promenljivih, uključujući upotrebljeni sistem upravljanja, vrsta osvetljenja, pokazivačima položaja kabine i pozivima na svakom spratu i unutar kabine lifta. Samo, za na primer, funkciju osvetljenja bi u velikoj meri doprinela formuli za uštedu energije. Osvetljenje unutar kabine lifta se može isključiti 10s nakon što senzor težine „oseti“ da nema nikoga u kabini.

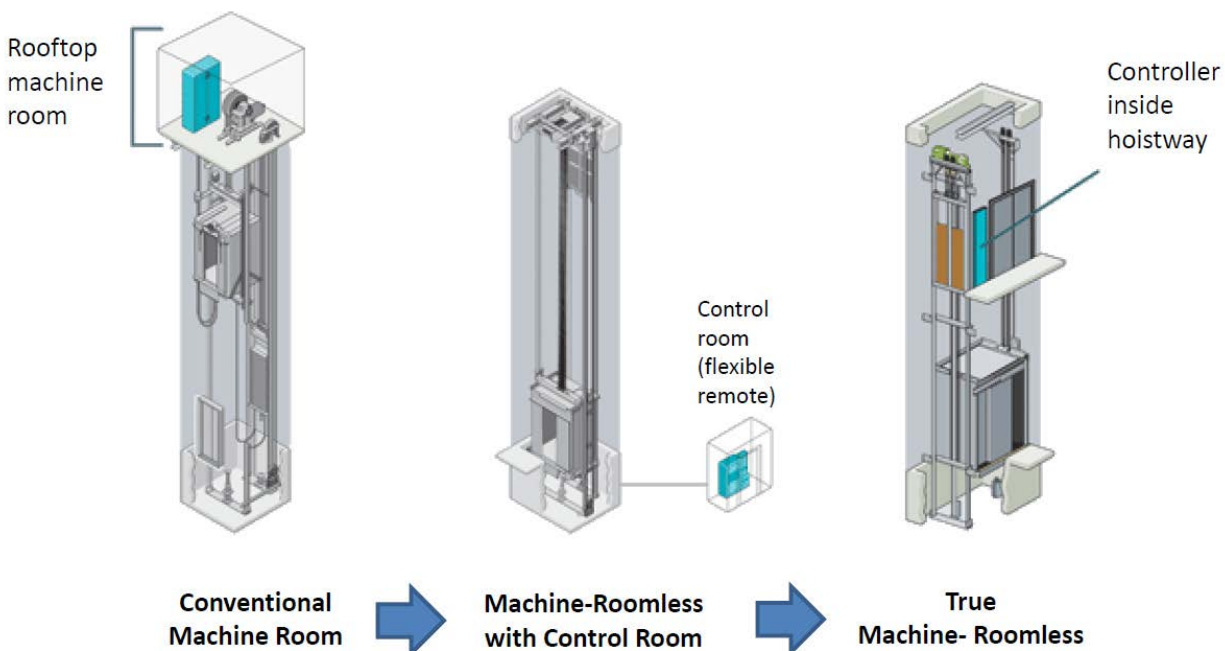
3. Korišćenje LED osvetljenja i energetske efikasne materijale

Ugradnja **LED osvetljenja** u liftovima postala je standard. LED svetla troše znatno manje energije u poređenju sa standardnim načinom rasvete pomoću sijalica, a imaju i duži vek trajanja. U kombinaciji sa energetske efikasnim motorima i upotrebom lakših materijala za konstrukciju kabina, liftovi postaju znatno efikasniji i lakši za rad, što znači manju potrošnju energije za kretanje. LED takođe emituje manje toplote, što dovodi do manje

energije potrebne za hlađenje kabine (uključivanje ventilatora). LED osvetljenje se trenutno koristi u mnogim novim zgradama.

4. Liftovi bez mašinske prostorije (MRL)

Liftovi bez mašinske prostorije postaju popularni zbog svoje kompaktnosti i energetske efikasnosti. Ovi sistemi ne zahtevaju dodatne prostore za smeštanje motora i sistema kontrole, što smanjuje ukupan prostor potreban za njihov rad. Takođe, upotreba manjih, efikasnijih motora (direktni sistem ovešenja kabine) smanjuje potrošnju energije, a manji broj komponenata čini sistem lakšim za održavanje.



Slika 5 Liftovi sa i bez mašinske prostorije

Tehnološke inovacije u pokretnim stepenicama

1. Promenljiva brzina

Pokretne stepenice sa **promenljivom brzinom** predstavljaju jedan od najvažnijih napredaka u energetskej efikasnosti pokretnih stepenica. Sistem može automatski prilagoditi brzinu stepenica u zavisnosti od broja putnika. Kada je promet nizak, stepenice rade sporije i troše manje energije. Ovo je posebno korisno u velikim tržnim centrima ili na aerodromima, gde broj putnika može značajno varirati tokom dana.

2. Regenerativni pogoni

Slično liftovima, **regenerativni pogoni** u pokretnim stepenicama mogu povratiti energiju tokom silaska putnika. Ova energija može se koristiti za pokretanje stepenica ili se može vratiti u elektroenergetsku mrežu zgrade, smanjujući potrebu za eksternim napajanjem.

3. Pametni senzori i automatski sistem isključivanja

Napredni **senzori pokreta** omogućavaju da pokretne stepenice rade samo kada su potrebne. Na taj način se izbegava nepotrebna potrošnja energije tokom perioda kada nije prisutna nikakva aktivnost. U kombinaciji sa sistemima za automatsko isključivanje kada nema putnika, ovakvi sistemi mogu smanjiti potrošnju energije za više od 50%.

- Prosečna godišnja potrošnja energije kod standardnih pokretnih stepenica može iznositi između 10.000 i 15.000 kWh, u zavisnosti od visine dizanja i intenziteta upotrebe. Sa primenom promenljivih brzina i senzora za pokret, potrošnja energije može se smanjiti za 20-30%.

Operativne strategije za povećanje energetske efikasnosti

1. Optimizacija rada

Pravilna optimizacija rada liftova i pokretnih stepenica može značajno smanjiti njihovu potrošnju energije. Na primer, postavljanje sistema za automatsko isključivanje liftova i stepenica tokom perioda kada nije prisutan veliki broj ljudi može smanjiti nepotrebnu potrošnju. U mnogim zgradama, ovo je moguće postići ugradnjom uređaja koji automatski prilagođavaju rad sistema u zavisnosti od dnevnih potreba.

2. Redovan servis i održavanje

Redovno održavanje liftova i pokretnih stepenica ključno je za očuvanje njihove energetske efikasnosti. Bez redovnog održavanja, mnoge komponente sistema mogu postati neefikasne, čime dolazi do povećane potrošnje energije. Redovno podmazivanje delova, proveravanje sistema i zamena dotrajalih komponenti može produžiti životni vek sistema i smanjiti ukupne energetske troškove.

3. Edukacija korisnika

Korisnici zgrada takođe igraju ključnu ulogu u energetskej efikasnosti. Edukacija o racionalnoj upotrebi liftova (**i načinu korišćenja lifta**) i pokretnih stepenica, kao i promovisanje korišćenja stepenica umesto liftova na kraćim distancama, može dodatno smanjiti potrošnju energije. Pored toga, obavestiti korisnike o tome kada je bolje koristiti lift ili eskalator može pozitivno uticati na ukupnu energetskej efikasnost sistema.

Zaključak

S obzirom na sve veće zahteve za energetskej efikasnim rešenjima u savremenim zgradama, energetskej efikasnost liftova i pokretnih stepenica postaje ključni faktor u održivom razvoju urbanih sredina. Korišćenjem naprednih tehnologija kao što su regenerativni pogoni, pametni sistemi kontrole, LED osvetljenje i energetskej efikasni motori, vertikalni transport može postati znatno efikasniji i ekološki prihvatljiviji. Pored tehnoloških inovacija, implementacija strategija kao što su optimizacija rada, redovno

održavanje i edukacija korisnika može doprineti još većem smanjenju potrošnje energije. U kombinaciji, ove prakse i tehnologije predstavljaju put ka održivijoj i energetski efikasnijoj budućnosti.

Zelena tehnologija proteže se dalje od operacija lifta. Na primer, zidovi kabine mogu biti sastavljeni od 100% recikliranog materijala. Zeleni liftovi mogu poboljšati zdravlje zgrade izbegavajući toksična isparljiva organska jedinjenja (VOC) koja zagađuju vazduh u zatvorenom prostoru.

Pored toga, važan tehnološki napredak je poboljšao brzinu lifta. U današnjem ubrzanom životnom okruženju, potrebni su brzi liftovi da bi putnike prevezli do njihovih odredišta u najkraćem mogućem vremenu. Oni pomažu u smanjenju gužvi u predvorjima zgrada i hodnicima. Štaviše, što je zgrada viša, to su nam potrebni sve brži liftovi kako bismo vreme putovanja sveli na prihvatljiv nivo. U relativno niskim zgradama vreme provedeno u liftu moglo bi biti beznačajno, ali u u slučaju visokih, supervisokih ili megavisokih zgrada, brzina postaje bitna. Zaista, napredak u brzinama lifta je bio izuzetan.

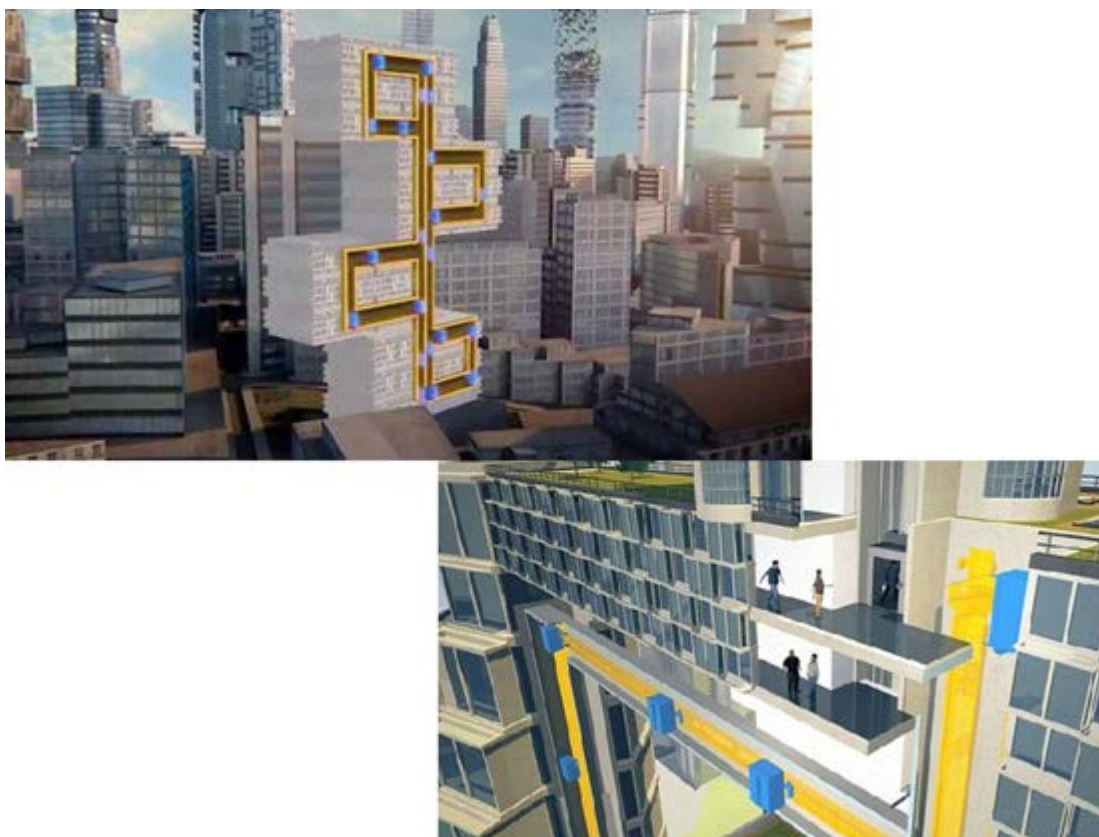
- Prvi komercijalni putnik lift, koji je postavila kompanija Otis Elevator 1857. godine, išao je brzinom od 0,2 m/s.
- Za poređenje, liftovi Šangajske kule sada putuju brzinom od 18 m/s. Hitachi instalira nove liftove u CTF Finance Center u Kini, čija brzina bi trebalo da bude 20 m/s.
- U periodu od oko 150 godina, brzina lifta povećala se sa 0,2 m/s na 20 m/s. To znači da se brzina lifta povećala 100 puta što je zaista impresivan tehnološki napredak.



Slika 6 Levo je fotografija lifta Otis koji je predstavljen 1856. Trenutno se nalazi u u Glazgovu u Škotskoj. Desno je fotografija Mitsubishija lift koji je instaliran Šangajskom tornju u Šangaju, Kina. Otis lift je išao brzinom od oko 0,2 m/s, dok je Mitsubishi ide brzinom od 18 m/s

(Izvor: Levo, Wikimedija; desno, www.mitsubishielelevator.com).

ThissenKrupp radi na „multi“ sistemu, sistemu liftova bez užeta koji primenjuje tehnologiju elektromagnetne levitacije u vertikalnoj ravni (slično kao kod vozova). „Multi“ bi trebalo da radi sa više kabina koje se pomeraju vertikalno i horizontalno u petlji. Ima za cilj da poveća kapacitet prevoza do 50% sa kontinuiranom brzinom protoka od 5 m/s i dolaskom kabine na svakih 15–30s, što bi predstavljalo i značajnu uštedu prostora jer bi se koristile kabine manjih dimenzija. Današnji liftovi i pokretne stepenice mogu da zauzmu i do 40% prostora zgrade.



Slika 7 Multi sistem vertikalnog i horizontalnog prevoza putnika
(Izvor: <http://vvv.ThissenKrupp.com>).

HVALA NA PAŽNJI!

Božo Vukašinović, dipl.inž.maš.
Rukovodilac Kontrolnog tela
Elkont Inženjering d.o.o., Beograd

bozovukasinovic@gmail.com

office@elkont.com
office@elkont.rs