

## ANALIZA VREMENA RASTAVLJANJA PROIZVODA

### SAŽETAK

*Neprikladnost konstrukcije rastavljanju produžava i poskupljuje preradu dotrajalog proizvoda. U svrhu uočavanja slabih mjesta provedene su analize rastavljivosti proizvoda. Od pomoći se pokazala tipizacija operacija rastavljanja. Poznavanje trajanja tih operacija omogućava planiranje rastavljanja i uočavanje konstrukcijskih nedostataka. U ovom je radu prikazana klasifikacija operacija i pripadna trajanja, a na primjeru telefonskog aparata je procijenjeno vrijeme rastavljanja.*

### 1. UVOD

Ranija su proučavanja rastavljanja dotrajalih proizvoda ukazala na brojne poteškoće koje se pri tome javljaju, a za posljedicu imaju produženje trajanja rastavljanja. Uzroci su konstrukcijske prirode.

Danas postoje dvije osnovne metode ili pristupa rastavljanju u komercijalne svrhe - to su skupno rastavljanje i rastavljanje na pokretnoj traci [1].

Skupno rastavljanje zahtjeva veći broj osoba koje nezavisno rastavljaju velik broj proizvoda. Razvrstavanje materijala i dijelova se obavlja tijekom ili nakon rastavljanja. Ova je metoda rastavljanja pogodna za male proizvode.

Tekuće rastavljanje zasniva se na transportu proizvoda pokretnom trakom tijekom čega se poduzima niz sukcesivnih zahvata rastavljanja (svakim se zahvatom skida samo jedan dio ili sklop). Ova je metoda rastavljanja prikladnija za proizvode većih dimenzija (npr. automobili, fotokopirni uređaji i sl.).

Nezavisno o metodi rastavljanja, vrsti proizvoda ili njegovoj veličini, kod rastavljanja se neki postupci ili operacija ponavljaju. To je potaknulo ideju o pokušaju klasifikacije operacija rastavljanja.

### 2. POTREBA I ULOGA KLASIFIKACIJE OPERACIJA RASTAVLJANJA

Temeljem stečenih iskustava zapažena je potreba za tipiziranjem operacija ili zahvata koji se javljaju pri rastavljanju, pridružujući im podatak o njihovom trajanju. Poznavanjem ovih veličina ostvarile bi se pretpostavke za procjenjivanje vremena potrebnog za rastavljanje proizvoda, odnosno planiranje rastavljanja. Zbrinjavanje dotrajalih proizvoda, naime postaje obveza koja iziskuje troškove. Ovi se troškovi mogu smanjiti, pa čak i preokrenuti u korist, ako se preradom otpada iskoriste zalihe vrijednosti u dotrajalom proizvodu (kao dijelovi ili materijalna sirovina). Osobito je to istaknuto kod medicinskih uređaja zbog sadržaja vrijednih materijala (plemenitih čelika, specijalnih legura, skupocijenih metala i dr.).

Krajnji je cilj ovog pristupa izgradnja datoteke (kataloga) tipskih operacija koje se javljaju kod rastavljanja, s njihovim trajanjem i drugim relevantnim podacima. Moguća primjena (upotrebljivost) tih podataka je:

- procjena vremena rastavljanja proizvoda već u fazi konstruiranja proizvoda, (otkrivanje i otklanjanje slabih mjesta),
- procjena troškova rastavljanja
- poticaj za razvoj novih postupaka rastavljanja

### 3. KLASIFIKACIJA OPERACIJA

Rezultati navedeni u ovom radu dobiveni su analizom rastavljanja niza električnih kućanskih aparata (sušila za kosu, aparata za kavu, perilice za rublje, televizora, računala i dr.), a koje su izvodile osobe koje imaju prethodnog iskustva u rastavljanju, odnosno poznaju kako se proizvod rastavlja, gdje su smješteni spojevi itd. [1,2,5]. Mjerenje vremena za različite operacije rastavljanja obavljeno je u laboratoriju uz korištenje video-zapisa. Istraživanje je bilo fokusirano na operacije rastavljanja koje se ponavljaju. Jedna od takvih podijela prikazana je tablicom 1.

Tablica 1. Najčešće skupine operacija rastavljanja [1].

Red.br.	Operacija
1	Uklanjanje
2	Odvrtanje vijka
3	Odvajanje uskočnika
4	Lomljenje
5	Rezanje
6	Isključivanje
7	Uklanjanje držala
8	Plastična deformacija
9	Raskidanje adhezionih spojeva (odljepljivanje)
10	Odvajanje tekućine
11	Razlemljivanje
12	Strojna obrada

Operacije su u tablici 1 poredane po učestalosti pojavljivanja (uklanjanje se npr. najčešće pojavljuje). Lista nije konačna i može se proširivati.

Ovdje su prikazani rezultati samo za prvih sedam najučestalijih operacija. Prije mjerenja trajanja operacije rastavljanja provedeno je uvježbavanje (ponavljanje rastavljanja na više različitih proizvoda i podsklopova). Vremena su mjerena štopericom, uz korištenje video-snimaka. Dobivene vrijednosti predstavljaju srednju vrijednost više mjerenja. Sve je to povećalo pouzdanost rezultata.

#### 4. PROCJENA VREMENA TRAJANJA OPERACIJA

Kod mjerenja vremena rastavljanja pojedine operacije važno je prethodno definirati mjernu metodu. Vrijeme se rastavljanja počinje mjeriti kada su ruke u položaju odmora, a završava kada je zadnji dio odložen na prethodno određeno mjesto. Ukupno se vrijeme rastavljanja dobiva zbrajanjem vremena pojedinačnih operacija, čemu treba dodati i vrijeme potrebno za razvrstavanje dijelova (tijekom ili nakon rastavljanja).

##### 4.1 UKLANJANJE

Ovo je najčešća operacija kod rastavljanja koja predstavlja jednostavno uklanjanje neučvršćenih dijelova. Potrebno vrijeme zavisi o nizu čimbenika, kao npr. veličina dijela koji se mora ukloniti, udaljenosti na koju se dio mora odložiti, broja stupnjeva slobode dijela kojega treba ukloniti.

Tablica 2. prikazuje prosječno vrijeme potrebno za uklanjanje dijelova različitih veličina i s različitim stupnjevima slobode. Stupnjevi su slobode definirani kao broj osi translacije i rotacije kojima se dio mora podvrgnuti tijekom uklanjanja (npr. dio sa samo jednim stupnjem slobode može se rastaviti u ravnini).

Tablica 2: Vrijeme uklanjanja slobodnih dijelova u sek.

STUPNJEVI SLOBODE	VODORAVNO UKLANJANJE		OKOMITO UKLANJANJE	
	jednom rukom	s dvije ruke	jednom rukom	s dvije ruke
$\geq 2$	0,3	0,5	0,6	1,0
1	0,5	2,0	1,0	2,5

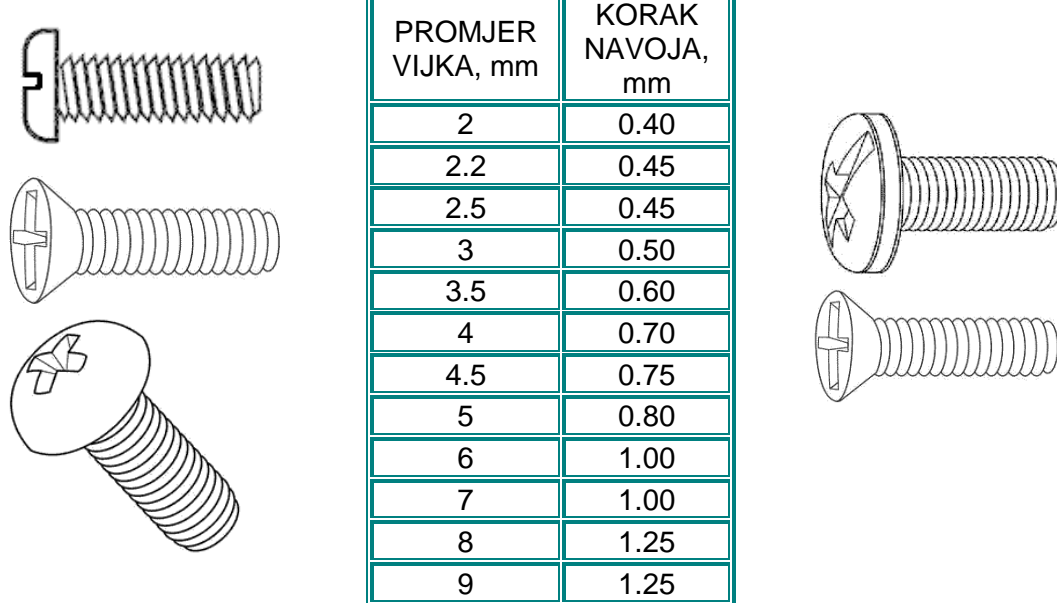
## 4.2 ODVRTANJE VIJAKA

Gotovo da nema proizvoda koji ne sadrži vijčani spoj, stoga je ova operacija od velike važnosti kod rastavljanja. Vrijeme potrebno za odvrtnje vijka zavisi o broju okretaja koji su potrebni da se ukloni. S obzirom da postoje različiti tipovi vijaka koji se koriste za sastavljanje, ovdje su prikazana dva načina na koja se trajanje odvrtnja može izračunati.

Za standardne vijke, kod kojih korak (uspon) zavisi o promjeru (Tablica 3.), potrebni se broj okretaja za odvrtnje može izračunati tako da se poznata duljina navoja podijeli s korakom navoja. Množenjem tog broja s trajanjem jednog okretaja (Tablica 4.) jednostavno se dolazi do ukupnog vremena odvrtnja vijka.

Tablica 3: Promjer navoja i pripadni korak

PROMJER VIJKA, mm	KORAK NAVOJA, mm
2	0.40
2.2	0.45
2.5	0.45
3	0.50
3.5	0.60
4	0.70
4.5	0.75
5	0.80
6	1.00
7	1.00
8	1.25
9	1.25



Samonarezujući vijci nemaju standardni korak koji je zavisao o promjeru vijka. Najjednostavniji način je brojanjem okretaja dok se vijak odvija. Ukupno vrijeme odvrtnja se dobije, isto kao u prethodnom slučaju, tako da se broj okretaja pomnoži s vremenom za jedan okretaj.

Tablica 4: Trajanje odvrtnja vijka za jedan okret, sek/okr

RUČNI ALAT, s	ELEKTRIČNI ALAT, s
0.6	0.15

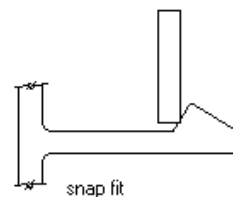
Važno je naglasiti da se pod duljinom vijka u ovim razmatranjima zapravo misli na duljinu navoja. Npr. ako 30 mm dugi vijak ima samo 20 mm duljinu navoja onda se potrebno vrijeme rastavljanja računa na bazi 20 mm, a ne 30 mm.

## 4.3 ODVAJANJE USKOČNIKA (SNAP-FIT)

Spajanje uskočnicama se često koristi kao alternativa vijcima i ostalim metalnim spojevima. Osobito su prikladni za rastavljanje i recikliranje zato što su kompatibilni s dijelovima koje spajaju. Ako se za njihovo odvajanje koristi odgovarajući postupak, rastavljanje traje kraće u odnosu na odvijanje vijaka. U tablici 5 su prikazana vremena za odvajanje uskočnika. Ako u spoju sudjeluje više uskočnika, trajanje ručnog rastavljanja zahtjeva poznavanje broja spojeva.

Tablica 5. Trajanje odvajanja uskočnika

NAČIN ODVAJANJA	VRIJEME, s
Ručno	1.5
Alatom	3



#### 4.4 UKLANJANJE DRŽALA

Postoji mnogo različitih vrsta držala i različitih načina na koje se oni mogu osloboditi (ručno – s jednom ili dvije ruke, alatom uz primjenu sile - npr. odvijačem). Tablica 6 prikazuje vremena potrebna za uklanjanje držala.

Tablica 6. Vremena za uklanjanje držala

UKLANJANJE DRŽALA	VRIJEME, s
Ručno	1
Alatom	2

Kao u prethodnom slučaju rastavljanja, vrijeme potrebno za uklanjanje držača alatom je dvostruko duže nego ručno ukljanje. To stoga što je potrebno dodatno vrijeme da se alat podese. Drugi je razlog što se držači koji se trebaju ukloniti alatom u pravilu teže uklanjaju.

#### 4.5 LOMLJENJE

Lomljenje se često koristi kao zamjena za uklanjanje držača, odvajanje uskočnika i rezanje. Ovaj se način odvajanja koristi tamo gdje se ne zahtjevaju nerazorni načini rastavljanja. Tablica 7 prikazuje vremena za lomljenje.

Tablica 7. Vremena lomljenja

LOMLJENJE	VRIJEME, s
jednom rukom	3
s dvije ruke	1
alatom	2

Vrijeme potrebno za lomljenje jednom rukom je duže nego s dvije ruke, zbog toga što se povećava sila kojom se radnja izvršava. Lomljenje uz primjenu alata (npr. kliješta) traje dulje nego kod lomljenja s dvije ruke, zbog vremena koje treba da se alat namjesti i ostvari potrebna sila.

#### 4.6 REZANJE

Tablica 8 prikazuje vremena za jednostavne postupke rezanja. Ovdje su prikazana samo dva najčešća slučaja rezanja koji se javljaju kod elektrouređaja. Pod električnim kablom se podrazumijeva vodič obavijen PVC-om, čija je svrha spajanje električne opreme na mrežu. Pod žicom se misli na jednostruki vodič koji se koristi za unutarnje spajanje kod električne i elektroničkih uređaja.

Tablica 8. Vrijeme rezanja

	ELEKTRIČNI KABEL	ŽICA
Rezanje	0,5	0,25

Vrijeme rezanja kabela je duže u usporedbi sa žicom zbog debljine izolacije.

#### 4.7 ISKLJUČIVANJE

Vremena isključivanja u tablici 9. odnose se na odvajanje žice kod priključaka strujnih krugova, razvodnih ploča i sl. Navedeno vrijeme se odnosi za uklanjanje samo jednog priključka

Tablica 9. Vremena za odvajanje priključka

ISKLJUČIVANJE	VRIJEME, s
Ručno	1,5

## 5. KOREKCIJE VREMENA

Prethodno navedena vremena ne uzimaju u obzir moguće teškoće u odvajanju djelova. Ako se to dogodi, rastavljanje se produžava. Provedeno istraživanje [1] na primjeru vozila pokazalo je da se mogu pojaviti vijci koji su korodirali i navoji koji se moraju odrezati plamenom. Kod elektroproizvoda su takve pojave rijetkost. Korekcijom se može uzeti u obzir i otežani pristup i nepostojanje uputa za rastavljanje. U tablici 10 su navedena dodatna vremena u raznim slučajevima zapreka i poteškoća pri uklanjanju vijaka.

Tablica 10. Dodaci na vremena za uklanjanje vijaka u zavisnosti o vrstama poteškoća

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
P1	0	3	9	12	17
P2	6	9	15	18	23
P3	9	12	18	21	26

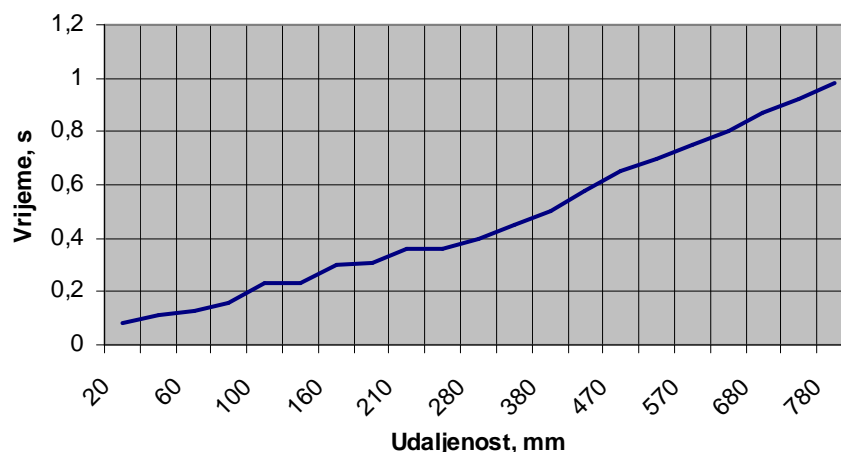
### ZAPREKE

- Z1 –lagan pristup
- Z2 –odvrtnje uz više od jedne zapreke
- Z3 –Z2 sa slabijim pregledom
- Z4 –produženi dohvat
- Z5 –značajno otežan pristup

### POTEŠKOĆE PRI UKLANJANJU VIJAKA

- P1 –uklanjanje bez smetnji
- P2 –potreba držanje dijela dok se vijak skida
- P3 –korozija

Od koristi su podaci dobiveni istraživanjem vremena potrebnog za radnje kao što su podizanje i spuštanje alata, odnosno dijelova [2,3]. Slika 1 prikazuje dijagram koji se koristiti za procjenu vremena potrebnog za premještanje dijelova s jednog mjesta na drugo. Zavisno o udaljenosti pomicanja (os x) iz dijagrama se može očitati pripadno vrijeme (os y). Ova vremena se također mogu koristiti kao vremena za razvrstavanje dijelova u određenu posudu.



Slika 1: Vremena potrebna za premještanje dijelova [1]

Tablica 11. Vremena potrebna za podizanje i spuštanje alata (dijela)

OPERACIJA	VRIJEME, s
Dizanje	0,07
Spuštanje	0,07

## 6. PROCJENE VREMENA RASTAVLJANJA NA PRIMJERU TELEFONSKOG APARATA

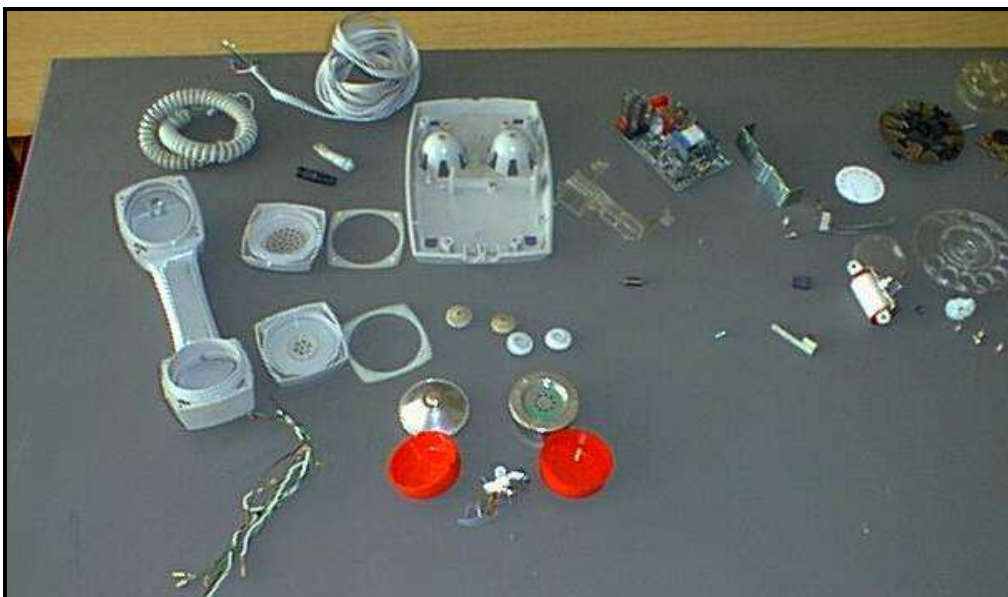
Na primjeru telefonskog aparata može se pokazati postupak procjenjivanja vremena rastavljanja temeljen na analizi proizvoda. Da bi se odredilo ukupno vrijeme rastavljanja potrebno je prethodno napraviti popis potrebnih radnji i operacija (tablica 12).

Telefon je analiziran da se procijeni prikladnost rastavljanju i recikliranju. Tablica 12 prikazuje radnje i operacije potrebne za potpuno rastavljanje proizvoda, što omogućava procjenu ukupnog vremena rastavljanja. Za uklanjanje vijaka u telefonu pretpostavljen je električni odvijač, pa je za svaki vijak procijenjeno 3 sekunde za odvajanje. Ukupno vrijeme rastavljanja je procijenjeno na 67.87 sekundi.

Uklanjanje tipki (red. br.3) uzima trećinu ukupnog vremena rastavljanja, što upućuje na analizu postojećeg rješenja i pokušaj rekonstrukcije sadašnje izvedbe.

Tablica 12: Pregled radnji, operacija i njihovog trajanja na primjeru telefona

Red. br. radnje	RADNJA	OPERACIJA	VRIJEME, s
1	otvaranje telefona	podizanje alata	0,7
		odvijanje (x4)	12,0
		spuštanje alata	0,7
		skidanje poklopca	0,6
2	uklanjanje membrane	uklanjanje membrane	0,6
		pomicanje membrane	0,6
3	uklanjanje tipki	odvajanje tipki (x15)	22,5
		uklanjanje tipki	0,69
4	uklanjanje naljepnice	odvajanje naljepnice	1,0
		uklanjanje naljepnice	0,6
5	uklanjanje žice	podizanje alata	0,7
		odvajanje utikača	1,5
		uklanjanje žice	1,69
6	uklanjanje žice slušalice	odspajanje utikača	3,0
		odvajanje žice	0,69
		spuštanje alata	0,7
7	uklanjanje ploče kruga	odspajanje	1,5
		uklanjanje ploče kruga	0,6
8	uklanjanje zvona	podizanje alata	0,7
		odspajanje	1,5
		uklanjanje alata	0,6
		spuštanje alata	0,7
9	uklanjanje opruge	uklanjanje opruge	0,6
10	uklanjanje nožica	uklanjanje nožica (x4)	4,0
11	otvaranje slušalice	podizanje alata	0,7
		odvijanje (x1)	3,0
		spuštanje alata	0,7
		odvajanje uskočnika (x2)	3,0
		uklanjanje gornjeg dijela	0,6
12	uklanjanje elektronike	uklanjanje elektronike	1,2
13	uklanjanje gornjeg dijela	uklanjanje gornjeg dijela	0,6
14	uklanjanje baze slušalice	uklanjanje baze	0,6
		<b>UKUPNO VRIJEME</b>	<b>67,87</b>



Slika 2. Dijelovi telefonskog aparata

## 7. ZAKLJUČAK

Analizom strukture proizvoda, te primjenom podataka o trajanju tipiziranih operacija rastavljanja može se proračunati ukupno vrijeme rastavljanja, a temeljem toga i troškove.

Procjena vremena rastavljanja na ovaj način moguća je i kod medicinskih uređaja i opreme. U konkretnim slučajevima se preporuča preispitivanje i prilagodba korektivnih vremena (tablica 10) zbog neplaniranih teškoća u postupku rastavljanja (otežani pristup, nepostojanje dokumentacije, korozija i sl.).

Analiza vremena rastavljanja također može ukazati konstruktoru na rješenja koja iziskuju dugo vrijeme rastavljanja, kao poticaj iznalaženju rastavljanju prikladnijih rješenja.

## LITERATURA

1. Dowie, T., Kelly, P. *Estimation of disassembly times*, Manchester Metropolitan University, 1997.
2. Subramani, K. *Development of design for service methodology*, Univerzitet Rhode Island, 1992.
3. Karger D.W., Bayha F.H. *Engineered Work Measurement*, Marcel Dekker Inc. N.Y., 1980.
4. Pintarić, A., Jović F., Kovačić, B. *Pokazatelji recikličnosti proizvoda*, Zbornik radova VI međunarodnog simpozija "Gospodarenje otpadom – Zagreb 2000", Zagreb, 2000.
5. Jakobek, K. *Tehnološki postupci prerade elektrootpada*, diplomski rad, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2000.