



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija

Program: Strojništvo

Modul: Orodjarstvo

**MODERNIZACIJA STROJA ZA
PRESKUŠANJE MATERIALOV
ZWICKROELL**

Mentor: mag. Slavko Božič
Lektorica: Metka Bartol, prof. slov.

Kandidatka: Tadeja Vidic

Lesce, junij 2022

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju mag. Slavku Božiču za pomoč in vodenje pri pisanju diplomskega dela.

Za strokovno usmerjanje, nasvete, pomoč, spodbudo in potrpežljivost pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem sodelavcem podjetja Ebert d.o.o.

Zahvaljujem se tudi proizvajalcu opreme ZwickRoell in njegovim zaposlenim, ki so mi omogočili dostop do različnih internih gradiv in opreme ter z mano delili svoja dolgoletna znanja in izkušnje.

Zahvaljujem se tudi lektorici Metki Bartol, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

Zahvala je namenjena tudi vsem domačim, ki so mi ves čas študija stali ob strani in me spodbujali.

IZJAVA

Študentka Tadeja Vidic izjavljam, da sem avtorica tega diplomskega dela, ki sem ga napisala pod mentorstvom mag. Slavka Božiča.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

Podjetje ZwickRoell se s proizvodnjo strojev za preskušanje materialov ukvarja že več kot 160 let. V vseh letih svojega delovanja je na trg prodalo veliko število strojev različnih letnikov, zmogljivosti in namenov uporabe. Nekateri izmed njih so do danes že odslužili svoje, nekateri še vedno delujejo, pri nekaterih pa je zaradi novih tehničnih zahtev in razvoja tehnologije smiselno razmisliti o zamenjavi ali modernizaciji. Namen diplomske naloge je približati mehansko preskušanje materialov in strojev, ki so namenjeni takemu načinu preskušanja. Ker je danes na trgu veliko število starejših strojev, ki ne izpolnjujejo več vseh zahtev in potreb strank za izvajanje preskušanja, bomo v nalogi podrobneje predstavili možnost modernizacije takih strojev in njene prednosti za uporabnika. V praktičnem delu naloge bomo izvedli proces modernizacije starejšega stroja ZwickRoell in ugotovili, ali je po opravljeni obnovi po funkcionalnosti lahko primerljiv z novim strojem.

KLJUČNE BESEDE

- preskušanje materialov
- stroji za preskušanje materialov
- modernizacija stroja za preskušanje materialov
- porušne metode preskušanja materialov
- DUPS, MOPS, DYP

ABSTRACT

ZwickRoell has been manufacturing material testing machines for over 160 years. In all the years of its operation, it has sold many machines to the market. Some of them are not in function anymore, some are still working, and for some, due to new technical requirements in the development of technologies, it makes sense today to consider replacing or modernizing them. The purpose of the diploma thesis is to present mechanical testing of materials and machines designed for such type of testing. As there are many older machines on the market today which no longer meets all the technical requirements and customer needs, we will present the possibility of modernizing such machines and its benefits for users. In the practical part of the diploma thesis, we will carry out the process of modernization of the older ZwickRoell machine and figure out if modernized machine can be comparable to the new machine.

KEYWORDS

- material testing
- material testing machines
- modernization of a material testing machine
- destructive materials testing methods
- DUPS, MOPS, DYP

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge	1
1.3	Predstavitev okolja	1
1.4	Predpostavke in omejitve	2
1.5	Metode dela	2
2	PREDSTAVITEV PODJETJA ZWICKROELL.....	3
3	PRESKUŠANJE MATERIALOV	4
3.1	Mehanske lastnosti materialov	4
3.2	Tipične mehanske lastnosti	5
3.2.1	Žilavost materiala	5
3.2.2	Elastičnost.....	5
3.2.3	Razteznost ali duktilnost.....	5
3.2.3	Trdnost materiala	5
3.2.4	Trdota.....	6
3.3	Stroji za mehansko preskušanje materialov	6
4	MODERNIZACIJA STAREJŠIH STROJEV ZA PRESKUŠANJE	7
4.1	Aktualne modernizacije starejših strojev ZwickRoell.....	7
4.2	Stroji DUPS, leto proizvodnje 1992–2004	10
4.3	Stroji MOPS, leto proizvodnje 1992–2006.....	11
4.4	Glavni razlogi za modernizacijo.....	12
4.5	Prednosti modernizacije.....	13
4.6	Modernizacijski paketi za statične stroje	14
4.7	Sestava stroja	15
4.7.1	Okvir stroja	16
4.7.2	Motor AC ali DC	17
4.7.3	Pozicijsko nadzorovani pogon	18
4.7.4	Vpenjala in pritrdilni elementi za vpetje.....	19
4.7.5	Merilne celice »silomeri«	19
4.7.6	Ekstenziometri.....	20
4.7.7	Merilna in kontrolna elektronika	21
4.7.8	Programska oprema	21
5	PRAKTIČNI PRIMER MODERNIZACIJE STROJA.....	23
5.1	Osnovne informacije o stroju, ki ga bomo modernizirali	23
5.2	Modernizacija stroja po korakih	27
6	PRIMERJAVA DELOVANJA MODERNIZIRANEGA STROJA S PODOBNIM NOVIM STROJEM	41
7	ZAKLJUČKI.....	44
8	LITERATURA IN VIRI	45

KAZALO SLIK

Slika 1: Zanesljiva servisna podpora in nadgradljivost.....	8
Slika 2: Različice operacijskih sistemov Windows in ZwickRoell.....	9
Slika 3: Delež operacijskih sistemov Windows na trgu v letu 2020	10
Slika 4: Osnovni koncept modernizacije stroja ZwickRoell.....	14
Slika 5: Statični stroji ZwickRoell	15
Slika 6: Modernizacija starejšega stroja.....	17
Slika 7: Motorji AC – robustni in učinkoviti	18
Slika 8: Različna vpenjala in pritrdilni elementi ZwickRoell	19
Slika 9: Merilna celica ZwickRoell.....	20
Slika 10: Ekstenziometer ZwickRoell.....	20
Slika 11: Merilna in kontrolna elektronika ZwickRoell	21
Slika 12: ZwickRoell programska oprema testXpert III	22
Slika 13: Stroj Zwick 1435 Retroline	23
Slika 14: Čeljusti za vpetje gumenih obročkov, za obremenitve do 2,5 kN.....	24
Slika 15: Pnevmatске čeljusti z zmogljivostjo obremenitev do 1 kN.....	25
Slika 16: Silomer za merjenje sile do 2 kN.....	26
Slika 17: Vsebina naročenega modernizacijskega paketa	28
Slika 18: Vsebina modernizacijskega paketa po kosih.....	29
Slika 19: Odstranitev elektronike s stroja.....	30
Slika 20: Pogonska enota pred in po namestitvi novega pogona	31
Slika 21: Namestitev novega jermena	31
Slika 22: Nameščanje zaščitnega pokrova na pogonsko enoto	32
Slika 23: Namestitev mehanskih varnostnih omejevalcev na vodila.....	32
Slika 24: Prilagoditev obstoječe merilne celice	33
Slika 25: Povezava nove kontrolne elektronike tC z novim motorjem AC	34
Slika 26: Namestitev nove elektronike tC na okvir stroja	34
Slika 27: Nova elektronika testControl, nameščena na nosilcu.....	35
Slika 28: Namestitev nove nalepke na stroj	35
Slika 29: Nova pnevmatska vpenjala.....	36
Slika 30: Obnovljena merilna celica.....	36
Slika 31: Sodobna programska oprema testXpert III – začetni zaslon	37
Slika 32: Primer kalibracijskega certifikata SA	39
Slika 33: Naš Zwick pred modernizacijo in po njej	40
Slika 34: Stroj Zwick pred modernizacijo in po njej	40

KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava funkcij moderniziranega stroja z novim strojem.....	43
--------------------------------------------------------------------------	----

POJMOVNIK

Motor AC: izmenični električni motor, ki ga poganja izmenični tok (AC). Po navadi je sestavljen iz dveh osnovnih delov, zunanjega statorja s tuljavami, ki se napajajo z izmeničnim tokom za ustvarjanje vrtljivega magnetnega polja, in notranjega rotorja, pritrjenega na izhodno gred, ki proizvaja drugo vrtljivo magnetno polje.

Motor DC: motor, ki deluje na enosmerni tok. Prva oblika motorja, ki je bila široko uporabljena, saj se je lahko napajal iz obstoječih enosmernih distribucijskih sistemov za razsvetljavo.

DUPS (*Dual procesing system* = sistem dvojne obdelave):

je kontrolna elektronika, ki jo je podjetje ZwickRoell v preteklosti razvilo za svoje stroje. Proizvajala se je med letoma 1992 in 2004. Kontrolna elektronika je nameščena v zabojniku pod okvirjem stroja. Danes se ta tip elektronike ne proizvaja več niti se več zanjo ne proizvajajo rezervni deli.

MOPS (*Mono procesing system* = mono procesni sistem):

je kontrolna elektronika, ki jo je podjetje ZwickRoell kupilo za posodobitev svojih starejših strojev. Stroji s tem tipom elektronike so se prodajali med letoma 1994 in 2006. Ta tip kontrolne elektronike se danes ne proizvaja več niti se zanjo več ne proizvajajo rezervni deli.

DYP: generacija kontrolne elektronike, proizvedena pred generacijo DUPS. Zadnji stroji, ki so še imeli vgrajen ta tip elektronike, so bili proizvedeni v letu 1992. Delovala je pod operacijskim sistemom DOS, ki ga je leta 1981 razvilo podjetje Microsoft in je bilo v uporabi nekje do leta 1995, ko ga je nadomestil Windows 95.

Ekstenziometer: naprava, ki meri raztezanje vzorca, znana tudi kot merilnik deformacije.

Merilna celica oz. silomer: priprava za merjenje sile.

testXpert: posebej izdelana programska oprema proizvajalca ZwickRoell, ki omogoča povezavo stroja za preskušanje materialov z računalnikom. Programska oprema je rezultat več kot 80-letnih izkušenj proizvajalca v sodelovanju z uporabniki. Do danes je bilo na trgu izvedenih že več kot 40.000 inštalacij programske opreme testXpert. Prvo različico

programske opreme testXpert je ZwickRoell izdelal in dal na trg že leta 1995.

1 UVOD

1.1 Predstavitev problema

Zaradi nenehnega tehnološkega napredka je z leti do danes prišlo do številnih tehnoloških izboljšav in razvoja tehnologije, kar vpliva tudi na stroje za preskušanje materialov in njihovo funkcionalnost. Vse te spremembe vodijo do povečanja tehničnih zahtev pri izdelavi izdelkov, ki jih je mogoče izpolniti le s sodobno preskusno tehnologijo. Danes na trgu najdemo veliko število strojev za preskušanje materialov starejših letnikov, ki povečanih tehničnih zahtev ne zmorejo več izpolnjevati. Iz tega razloga želimo uporabnikom starejših strojev približati možnost modernizacije kot ene izmed možnosti ponovnega dostopa do uporabe sodobne preskusne tehnologije in ponovnega izpolnjevanja spremenjenih in povečanih tehničnih zahtev.

1.2 Cilji naloge

Cilj naloge je predstaviti področje mehanskega preskušanja materialov in strojev za mehansko preskušanje materialov proizvajalca ZwickRoell.

Uporabnike starejših strojev za preskušanje materialov želimo seznaniti z možnostjo modernizacije obstoječega stroja kot ene izmed možnosti ponovnega dostopa do uporabe sodobne preskusne tehnologije.

Predstaviti želimo trenutno aktualne projekte modernizacije starejših strojev podjetja ZwickRoell, ki jih danes še vedno najdemo na trgu v večjem številu.

Podrobneje želimo predstaviti, kaj postopek modernizacije pomeni za proizvajalca strojev ZwickRoell in njegove stranke ter katere so glavne prednosti modernizacije za uporabnike.

Predstaviti želimo praktično izvedbo modernizacije obstoječega starejšega stroja ZwickRoell in podrobneje predstaviti tako obnovo stroja po korakih. Po izvedeni modernizaciji želimo ugotoviti, ali obnovljeni stroj po svoji funkcionalnosti lahko konkurira novemu, enako opremljenemu stroju.

1.3 Predstavitev okolja

Diplomsko delo se nanaša na modernizacijo starejšega stroja proizvajalca ZwickRoell. Podjetje s sedežem in proizvodnjo v Nemčiji se s proizvodnjo strojev za preskušanje materialov ukvarja že več kot 160 let in zaposluje več kot 1600 ljudi. Danes deluje že v 56 državah in ima proizvodne obrate v Nemčiji, Veliki Britaniji, Avstriji in na Kitajskem ter strateški sedež v ZDA in Singapurju. Stroji se uporabljajo

za ocenjevanje mehanskih in fizičnih lastnosti ter zmogljivosti materialov in komponent.

1.4 Predpostavke in omejitve

Pri teoretičnih izhodiščih smo omejeni na svoje izkušnje in izkušnje proizvajalca ZwickRoell ter vnaprej pripravljen modernizacijski paket, ki ga proizvajalec pripravi za določen tip stroja glede na svoje predhodne izkušnje.

Pri praktični izvedbi modernizacije starejšega stroja smo omejeni na modernizacijo stroja, ki nam je na voljo za ta namen. Predvidevamo, da je stroj, ki ga bomo modernizirali, dobro ohranjen in primerno vzdrževan ves čas svojega življenjskega obdobja in bomo zato postopek modernizacije na njem lahko uspešno izvedli.

Predpostavljamo, da bo stroj po izvedeni modernizaciji po svojih zmogljivostih primerljiv z enako opremljenim novim strojem.

1.5 Metode dela

V teoretičnem delu naloge bomo za prikaz obstoječega stanja uporabili opisno metodo in z njo opisali trenutno stanje.

V nadaljevanju bomo uporabili metodo združevanja, saj bomo za določanje stanja združili teorijo, ki so jo o tej problematiki že napisali različni avtorji.

V praktičnem (raziskovalnem) delu bomo uporabili interna gradiva proizvajalca opreme ZwickRoell in jih podrobneje analizirali. V nadaljevanju naloge bomo že napisano teorijo uporabili na praktičnem primeru izvedbe modernizacije starejšega stroja.

V zaključku bomo uporabili metodo sinteze in združili glavne ugotovitve raziskovalnega dela v povezavi s teoretičnimi izhodišči.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA ZWICKROELL

Podjetje ZwickRoell je danes vodilni proizvajalec strojev za statično preskušanje materialov. Podjetje ima sedež in proizvodnjo v mestu Ulm v Nemčiji, kjer zaposluje več kot 1600 ljudi; deluje v 56 državah, proizvodne obrate ima v Nemčiji, Veliki Britaniji, Avstriji in na Kitajskem, strateški sedež pa v ZDA in Singapurju.

Stroji proizvajalca ZwickRoell se uporabljajo za ocenjevanje mehanskih in fizičnih lastnosti ter zmogljivosti materialov in komponent.

Okvirji strojev, programska oprema in vse glavne komponente strojev so izdelani v Nemčiji in ponujajo rešitve za zagotavljanje kakovosti v več kot dvajset različnih industrijskih panogah. Namenjeni so različnim načinom mehanskega preskušanja materialov, kot so: natezno, tlačno in upogibno preskušanje ali pa izvedba funkcionalnih preskusov, analiza teksture in preskušanje materialov z utrujanjem (ZwickRoell – About us, 2022).

Zgodovina podjetja

Zgodovina podjetja sega več kot 160 let v preteklost. Današnje ime podjetja se povezuje z imeni Amsler, Mohr & Federhaff, Roell in Zwick.

Amsler company. Leta 1854 matematik in fizik Jakob Amsler v Švici ustanovi podjetje Amsler Company, ki leta 1880 razvije prvi hidravlični stroj za statično in dinamično preskušanje materialov. Podjetje leta 1982 prevzame podjetje Roell.

Mannheim Machine Factory (MFL). Prvi stroj za preskušanje materialov razvije leta 1870 podjetje Mannheim Machine Factory (MFL), ki pozneje postane poznano pod imenom Mohr & Federhaff. V letih, ki sledijo, poleg strojev za natezno preskušanje podjetje razvije še kladivo za preskušanje udarne žilavosti in stroje za torzijsko preskušanje. Podjetje leta 1986 prevzame podjetje Roell.

Roell & Korthaus. Paul Roell in Alfred Korthaus sta leta 1920 ustanovila podjetje Roell & Korthaus. V tem času se začne uspešen razvoj in prodaja strojev za preskušanje materialov v Evropi.

Zwick. Leta 1935 Franz Zwick ustanovi podjetje Zwick v Ulmu. V naslednjih letih se mu pridruži inženir Max Späth, s katerim razvijeta serijo različnih preskusnih strojev, kot sta kladivo za preskušanje udarne žilavosti na plastiki in naprava za merjenje trdote. Leta 1956 podjetje predstavi prvi stroj Z600 za natezno preskušanje z elektronskim merjenjem sile. Razvoj številnih izdelkov za mehansko preskušanje materialov v petdesetih letih prejšnjega stoletja postavi nove tržne standarde za

stroje, ki se že prodajajo po vsem svetu. Leta 1978 podjetje razvije prvi stroj, ki se upravlja preko priključenega računalnika.

ZwickRoell GmbH & Co. KG. Leta 1992 se združita podjetji Zwick in Roell, dr. Jan Stefan Roell pa postane glavni izvršni direktor (ZwickRoell – Innovation based on tradition, 2022).

3 PRESKUŠANJE MATERIALOV

Marija Kisin (2011) ugotavlja, da nam različni postopki preskušanja materialov omogočajo zagotavljanje kakovosti izdelkov ali posameznih konstrukcijskih elementov. Z različnimi načini preskušanja materialov lahko pravočasno ugotovimo morebitne nepravilnosti med samim procesom izdelave ali pozneje med obratovanjem. Glavni namen preskušanja materialov je preprečevanje škodnih dogodkov, saj v primeru okvar s postopki preskušanja lahko potrdimo ali ovržemo vzroke za nastalo škodo in izpad proizvodnje.

Upoštevati je treba, da na rezultate preskušanja zelo pomembno vplivajo razmere pri preskušanju, zato morajo biti metode in pogoji preskušanja mednarodno primerljivi in predpisani z veljavnimi standardi za preskušanje lastnosti materialov (SIST EN in SIST ISO).

Standardi natančno predpisujejo načine preskušanja, dimenzije in tolerance vzorcev, ki se preskušajo, ter način vrednotenja rezultatov preskusa. Prav tako se standardi sklicujejo na druge standarde, ki jih je pri preskušanju treba upoštevati.

V osnovi ločimo med porušnimi in neporušnimi metodami preskušanja. Za porušne metode je značilno, da med preskušanjem na vzorcu pride do porušitve oziroma zloma. Za neporušne metode je značilno, da potekajo brez porušitve ali okvare preskušanca.

Podjetje ZwickRoell ima v svojem prodajnem programu samo stroje za preskušanje s porušnimi metodami, zato se bomo v nadaljevanju naloge osredotočili na ta tip preskušanja.

3.1 Mehanske lastnosti materialov

Mehanske lastnosti materialov so tiste lastnosti snovi, ki določajo, kako se snov odzove na mehansko obremenitev. Tako ločimo dve vrsti materialov, in sicer materiale, ki so ali:

- odporni proti zunanjam silam (trdnost),
- sposobni oblikovanja (izražamo z razteznostjo).

3.2 Tipične mehanske lastnosti

Najpogostejše metode za določanje mehanskih lastnosti so:

- pri statičnih preskusih: natezni, tlačni, upogibni in strižni preskus,
- pri dinamičnih preskusih: preskus udarne žilavosti;
- za določanje trdnosti: merjenje trdote.

Vzorci, ki jih preskušamo, imajo posebno določeno obliko, ki jo po navadi predpisuje standard, po katerem izvajamo preskušanje na točno določen način (Kisin, 2011).

3.2.1 Žilavost materiala

Je sposobnost absorpcije energije do zloma in je sorazmerna s površino pod krivuljo natezne napetosti – relativni raztezek do zloma materiala. Torej, čim večja je omenjena površina, bolj žilav je material. Za material z majhno žilavostjo pravimo, da je krhek.

3.2.2 Elastičnost

Je neposredno povezana z elastičnim modulom: čim manjši je elastični modul, tem bolj je material elastičen.

3.2.3 Razteznost ali duktilnost

Je sorazmerna z vrednostjo relativnega raztezka pri zlomu materiala. Izražamo jo na dva načina:

- a) z raztezkom ali
- b) s kontrakcijo.

3.2.3 Trdnost materiala

Ima več pomenov:

- a) maksimalna trdnost je vrednost natezne napetosti v področju plastičnosti materiala,
- b) zlomna trdnost je vrednost natezne napetosti pri zlomu materiala.

3.2.4 Trdota

Pomeni odpornost materiala proti razenju. Odvisna je predvsem od kemijske vezi, ker pri preskusu trdote material razimo na zelo majhni površini, ki je primerljiva z velikostjo posameznega zrna polikristalinične snovi.

Preskušanje lastnosti materialov se ne izvaja samo na raziskovalnih inštitutih, temveč tudi v podjetjih, ki na ta način pridobijo dragoceno znanje za izboljšanje obstoječih izdelkov in razvoj novih (ZwickRoell – About us, 2022).

3.3 Stroji za mehansko preskušanje materialov

V kolikor želimo material poznati, ga moramo najprej ovrednotiti, za kar se uporabljajo stroji za mehansko preskušanje materialov in druge merilne naprave. Rezultat opravljenih preskusov je v večini primerov številska vrednost. Minimum kakovosti določajo standardi in predpisi, ki določajo lastnosti in metode, s katerimi se te lastnosti ugotavljajo in merijo.

Ključno načelo preskušanja materialov je mehanska obremenitev vzorca ali materiala do določene deformacije ali porušitve. Lastnosti materiala, ki nastanejo kot posledica deformacije ali porušitve, so prikazane kot značilnosti materiala (ZwickRoell – About us, 2022).

Glede na način obremenjevanja preskušanca med preskusom v grobem ločimo dve vrsti mehanskih preskusov, statično in dinamično preskušanje.

Za vsak tip preskušanja na trgu obstajata tudi dva različna tipa strojev, in sicer:

- stroji za statično preskušanje in
- stroji za dinamično preskušanje.

Za statično preskušanje je značilno, da je sila, ki deluje na preskušanelec, mirujoča ali pa počasi in enakomerno naraščajoča (natezni, tlačni, upogibni in strižni preskus).

Za dinamično preskušanje je značilno, da se sila, ki deluje na preskušanelec, ponavlja v določenih časovnih zaporedjih ali pa deluje sunkovito (primer: udarno preskušanje).

ZwickRoell ima v svojem prodajnem programu stroje in naprave za obe vrsti preskušanja, torej statično in dinamično (ZwickRoell GmbH & Co. KG, 2022).

4 MODERNIZACIJA STAREJŠIH STROJEV ZA PRESKUŠANJE

Danes na trgu najdemo veliko število strojev za preskušanje različnih letnikov in zmogljivosti. Nekateri izmed njih so že odslužili svoje, drugi še vedno delujejo ali pa so bili z leti modernizirani. V nadaljevanju naloge se bomo osredotočili na modernizacije strojev ZwickRoell, izdelanih med letoma 1992 in 2006, saj kot zastopnik proizvajalca ZwickRoell za stroje te generacije v zadnjih letnih dobimo največ povpraševanj strank in v praksi izvedemo največ modernizacij.

Omeniti je treba, da tako kot je univerzalen vsak stroj za preskušanje, je univerzalen tudi posamezni projekt modernizacije.

Pred izvedbo vsake modernizacije stroja se na podlagi različnih faktorjev ob pomoči usposobljenih strokovnjakov odloči o ekonomski in funkcionalni smiselnosti investicije v posamezni projekt.

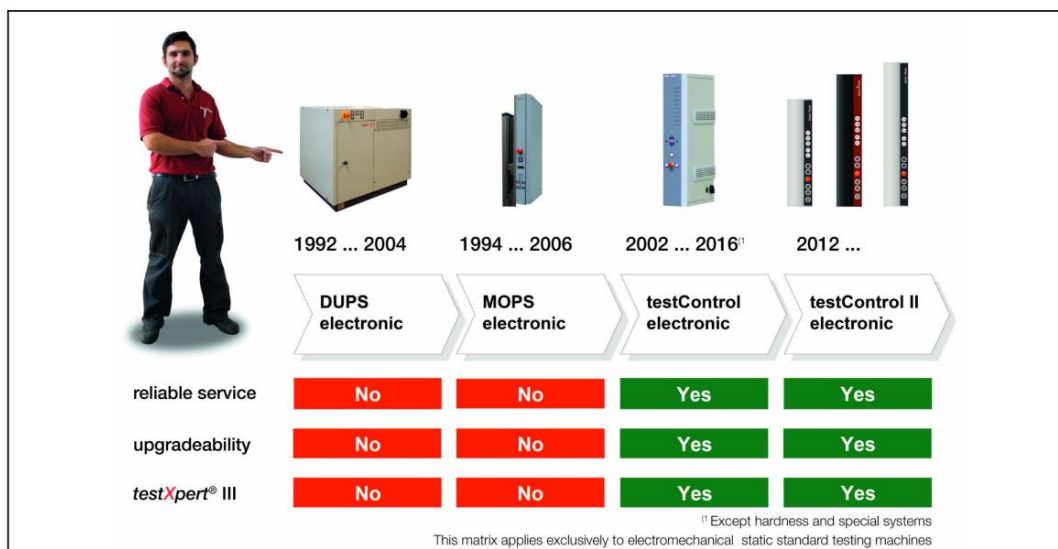
4.1 Aktualne modernizacije starejših strojev ZwickRoell

Modernizacija strojev za preskušanje materialov in sistemov je ena ključnih kompetenc podjetja ZwickRoell. Z več tisoč že izvedenimi modernizacijami je podjetje uspelo pridobiti veliko izkušenj in znanja na področju posodobitve strojev, ki so neodvisne od originalnega proizvajalca strojev.

Do danes je podjetju ZwickRoell uspelo modernizirati in nabrati izkušnje na že več kot petdeset različnih znamkah strojev (ZwickRoell GmbH & Co. KG, 2022).

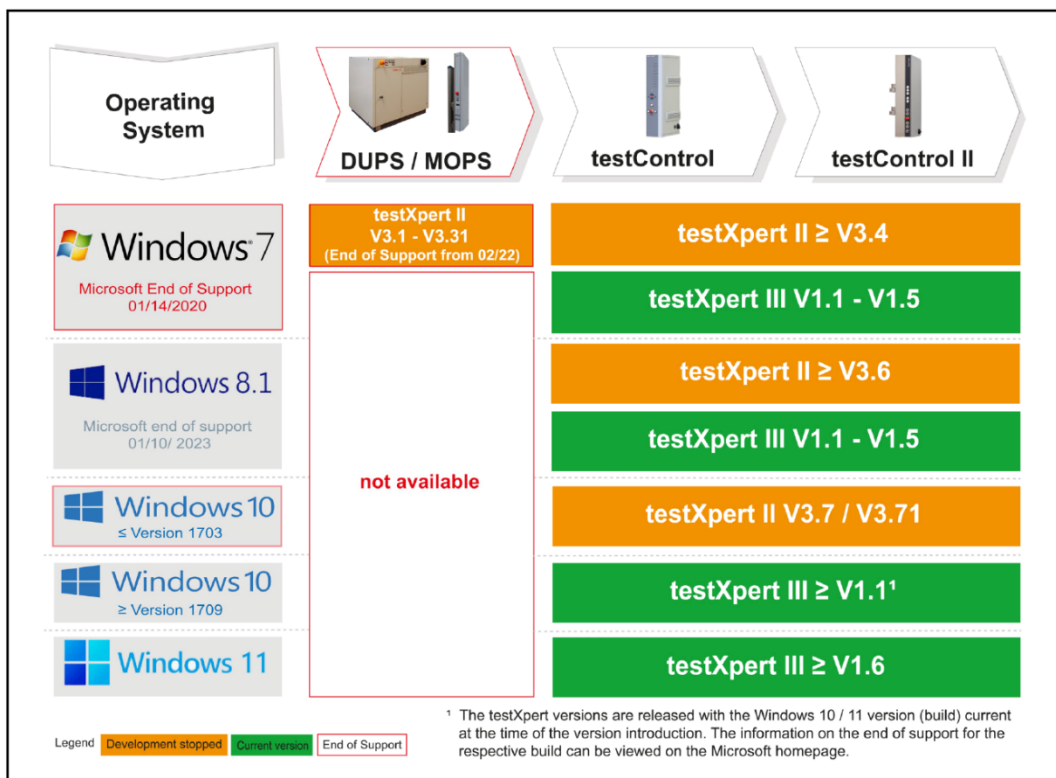
Razlogov za modernizacijo starejših strojev je veliko. Pred vsako izvedbo modernizacije pa se je treba vprašati, ali je stroj še vedno primeren za današnje potrebe preskušanja in ali bo po opravljeni modernizaciji primeren tudi za potrebe preskušanja, ki se bodo pojavile v prihodnosti.

Med starejšimi stroji ZwickRoell, ki so še vedno v uporabi in ki jih danes še najdemo na trgu, prevladujejo generacije strojev s tipom elektronike DUPS in MOPS, ki so bili proizvedeni med letoma 1992 in 2006. Iz tega razloga se bomo v nadaljevanju naloge osredotočili predvsem na stroje s tem tipom elektronike in uporabnikom podrobneje predstavili modernizacijo kot eno izmed možnosti za vnovični dostop do uporabe sodobne preskusne tehnologije za tak tip strojev.



Slika 1: Zanesljiva servisna podpora in nadgradljivost
(Vir: ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.l.)

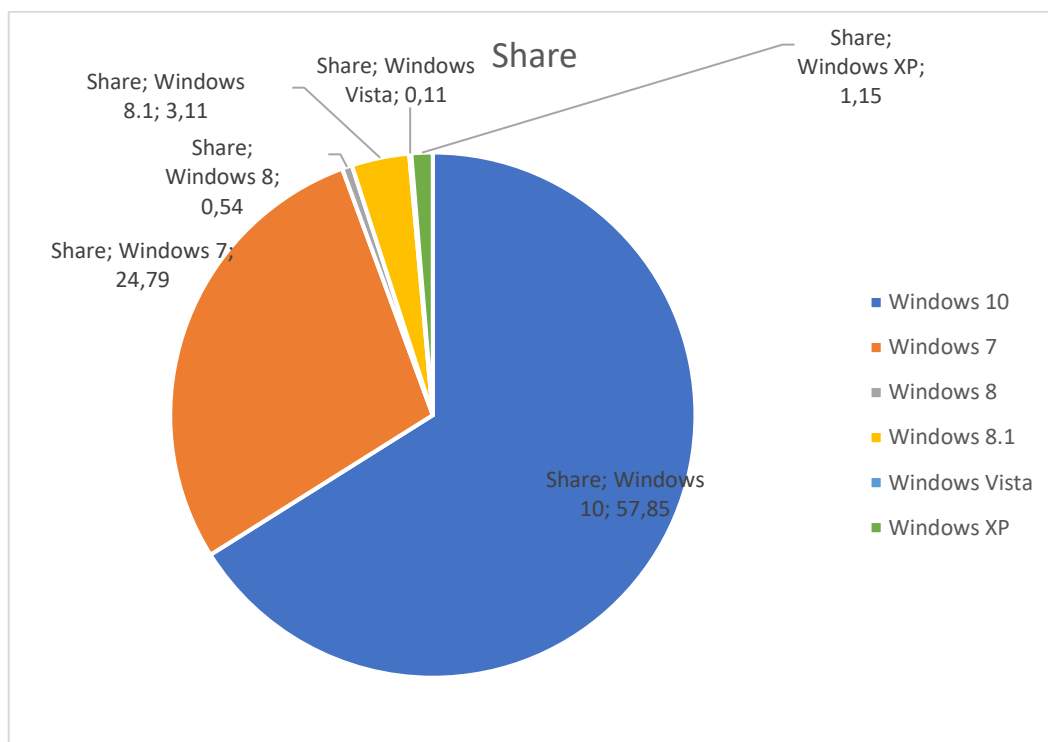
Iz slike 1 je razvidno, da za stroje različnih generacij, ki danes še vedno uporabljajo elektroniko DUPS in MOPS, proizvajalec ne zagotavlja več zanesljive servisne podpore. V praksi to pomeni, da dobava rezervnih kosov ni več zagotovljena, zaradi česar je smiselno razmisliti o ustrezni posodobitvi strojev teh letnikov. Iz slike je razvidno, da proizvajalec prav tako ne zagotavlja več možnosti nadgradnje z dodatnimi orodji in posodobitve programske opreme, ki bi omogočala kompatibilnost z novjšimi operacijskimi sistemi Windows.



Slika 2: Različice operacijskih sistemov Windows in ZwickRoell
(Vir: ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.I.)

Iz slike 2 so razvidne možnosti namestitve različnih operacijskih sistemov Windows na stroje ZwickRoell različnih generacij. Prav tako iz slike lahko razberemo, da je zadnja različica operacijskega sistema Windows, ki jo lahko uporabljamo s stroji z DUPS ali MOPS, operacijski sistem Windows 7.

V praksi to pomeni, da večina preskusnih strojev ZwickRoell, ki danes še vedno uporabljajo operacijski sistem Windows 7 ali starejšo različico, uporablja elektroniko tipa DUPS ali MOPS in da nadgradnja na novejšo različico operacijskega sistema Windows zanje ni mogoča. V kolikor bi želeli uporabiti novejši operacijski sistem, je potrebna kompletna modernizacija obstoječega stroja.



Slika 3: Delež operacijskih sistemov Windows na trgu v letu 2020

(Vir: ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.-l.)

Iz slike 3 razberemo, da je velika večina uporabnikov operacijskih sistemov Windows (57,85 %) leta 2020 že uporabljala aktualno različico operacijskega sistema Windows 10, še vedno pa je v tem letu precejšen delež uporabnikov (skoraj 25 %) še vedno uporabljal operacijski sistem Windows 7. Uradna podpora Microsofta za operacijski sistem Windows 7 je v letu 2020 prenehala, zato bodo verjetno ti uporabniki, če še niso, želeli posodobiti operacijski sistem z aktualno različico, kar bo vplivalo tudi na delo z obstoječim strojem za preskušanje materialov.

Cilj proizvajalca je poiskati uporabnike strojev te generacije in jim predstaviti možnost modernizacije stroja, ki jim bo ponovno omogočila dostop do uporabe sodobne in podprte tehnologije, med katero spada tudi aktualna različica operacijskega sistema Windows 10, dodatno pa uporabniku omogočiti tudi ponovno dostopnost do rezervnih delov in nadgradljivosti obstoječe opreme na stroju, da bi bila enakovredna opremi novih strojev.

4.2 Stroji DUPS, leto proizvodnje 1992–2004

Proizvodnja preskusnih strojev, ki uporabljajo tako imenovano kontrolno elektroniko DUPS, se je začela leta 1992 in zaključila leta 2004. Od leta zadnjega proizvedenega stroja proizvajalec zagotavlja še najmanj 10-letno garancijo dobavljivosti dodatne in

nadomestne opreme za vse dobavljene stroje. Od leta 2004, ko je bil proizveden zadnji stroj s tem tipom elektronike, je čas prinesel precej tehnološkega napredka, kar je omogočilo mnoge izboljšave izdelkov, ki so vezane predvsem na programsko opremo in elektroniko.

Za stroje s kontrolno elektroniko DUPS se je leta 2014 izteklo 10-letno zagotovilo dobavljivosti rezervnih delov in dodatne opreme. Istega leta je podjetje Microsoft zaključilo s podporo za Windows XP, kar je za stranke obstoječe opreme pomenilo dodatno varnostno tveganje. Iz tega razloga so nas nekatere stranke same kontaktirale, da bi se seznanile o nadaljnjih možnostih posodobitve obstoječega stroja in opreme, seveda s ciljem delovanja stroja z novejšim operacijskim sistemom Windows in ponovno polno podporo z dobavljivostjo z rezervnimi kosi in dodatno opremo za obstoječi stroj v prihodnosti.

Proizvajalec se je iz tega razloga v letu 2014 odločil, da začne s kampanjo za modernizacijo strojev omenjene generacije DUPS, katere glavni cilje je bil skupaj s strankami ugotoviti, ali obstoječa oprema še vedno zadošča za vse njihove potrebe preskušanja in ali je poleg posodobitve obstoječega stroja z enakimi funkcionalnostmi zaželeno tudi nadgradnja obstoječe opreme z razširjenim spektrom opreme za dodatna preskušanja, ki so se morda pojavila v času od prvotnega nakupa stroja in jih stranke trenutno zaradi pomanjkljive opreme ne morejo izvajati.

4.3 Stroji MOPS, leto proizvodnje 1992–2006

Podobno kampanjo za modernizacijo obstoječih strojev je proizvajalec leta 2016 začel tudi za stroje s tako imenovano kontrolno elektroniko MOPS. Ko govorimo o strojih MOPS, govorimo o strojih, proizvedenih med letoma 1994 in 2006, katerim se je leta 2016 iztekla 10-letna zagotovljena dobavljivosti rezervnih delov in dodatne opreme.

Do pobude proizvajalca po modernizaciji je prišlo zaradi tehnološkega napredka, ki se je pospešeno dogajal od leta 2006 naprej, ko je bil proizveden zadnji stroj te generacije. Tak primer je med drugimi napredek v razvoju programske opreme testXpert za preskušanje ali napredek v razvoju sodobne tehnologije senzorjev, ki jih na splošno ni več mogoče uporabljati v povezavi z merilno in kontrolno elektroniko MOPS.

V nekaterih primerih elektronika MOPS ne zmore več izpolnjevati zahtev številnih novih in dopoljenih standardov ISO, zlasti kadar sta potrebna izredno hitro pridobivanje podatkov in kratek odzivni čas. Iz tega razloga proizvajalec za stroje te generacije ne zagotavlja več možnosti nadgradljivosti s sodobnimi orodji, saj so se od časa, ko je bil stroj proizveden, zahteve standarda že toliko spremenile, da jih starejši stroji ne morejo več izpolnjevati (ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.I.).

4.4 Glavni razlogi za modernizacijo

Nenehen tehnološki napredek vodi do razvoja in izboljšav izdelkov. V večini primerov je tako, da nam samo sodobna preskusna tehnologija lahko prinese zanesljive preskusne rezultate in storitve.

V zadnjih desetletjih se je zgodilo veliko sprememb, ki so vezane predvsem na programsko opremo in elektroniko. Vse te spremembe vodijo do povečanja tehničnih zahtev za izdelke, le-te pa je mogoče zagotoviti le s sodobno preskusno tehnologijo. Glavni razlogi, zaradi katerih se uporabniki starejših strojev po izkušnjah proizvajalca ZwickRoell odločajo za modernizacijo, so naslednji:

- **Zastarela merilna in kontrolna elektronika**

Merilna in kontrolna elektronika predstavljata jedro vsakega stroja in obenem kritično komponento. V kolikor je ta del stroja zastarel, je tak stroj lahko izpostavljen daljšim izpadom zaradi omejene razpoložljivosti nadomestnih delov. Za zastarelo merilno in kontrolno elektroniko proizvajalec smatra elektroniko, starejšo od 10 let.

- **Spremenjene preskusne zahteve obstoječih standardov ISO**

Sčasoma se lahko zgodi, da se spremenijo potrebe in zahteve preskušanja, zato obstoječi stroj ni več primerno opremljen za izvajanje preskušanj po novejših zahtevah in najnovejših standardih. Prav tako se lahko spremenijo tudi potrebe uporabnikov in njihovih naročnikov.

- **Potreba po izboljšanju varnosti in zanesljivosti delovanja**

Ko govorimo o varnosti, ne sme biti kompromisov. Z modernizacijo starejši stroj lahko ponovno izpolnjuje vse varnostne zahteve, ki so opredeljene v trenutni direktivi o strojih ES, ki se navezuje na varnost in zdravje.

- **Zastareli operacijski sistem in programska oprema ter ukinitve podpore za obstoječi operacijski sistem**

Stroj za preskušanje materialov deluje v povezavi z osebnim računalnikom in posebej zanj izdelano programsko opremo testXpert, ki podpira mehansko preskušanje. Starejša programska oprema omejuje prilagodljivost samega sistema in možnosti preskušanja ter pogosto ni več združljiva z novejšimi operacijskimi sistemi Windows, kar lahko povzroči težave pri varnosti in delovanju, pa tudi neželeno izgubo podatkov.

- **Ukinitev podpore proizvajalca**

Proizvajalec za vsak prodani stroj zagotavlja dobavo nadomestnih kosov in dodatne opreme še vsaj 10 let po opravljenem nakupu. Po 10-letnem garancijskem obdobju dobavljivosti dodatne opreme in nadomestnih kosov preskusnega stroja se lahko zgodi, da zaradi zastarele merilne in kontrolne elektronike dodatna oprema in rezervni deli niso več na voljo, saj se ne proizvajajo več, zaloge pa so omejene.

- **Dolgi izpadi delovanja stroja**

Zaradi čakanja na nadomestne dele po preteku garancijskega obdobja ali ukinitvi proizvodnje za zastarele elektronske komponente lahko pride do daljših izpadov v delovanju stroja, saj vsi nadomestni kosi niso več na zalogi (ZwickRoell GmbH & Co. KG, 2022).

4.5 Prednosti modernizacije

Posodobitve preskusnih strojev temeljijo na inovativnih komponentah in zagotavljajo številne prednosti, kot so:

- modernizacija, znana tudi kot posodobitev, vašemu staremu stroju lahko zagotovi zmogljivosti modernega stroja za le del cene novega stroja;
- ponovna dostopnost zanesljivega servisa in podpore za celoten sistem za najmanj nadaljnjih 10 let;
- krajši časi popravil;
- združljivost s sodobnim operacijskim sistemom Windows;
- usklajenost z novimi preskusnimi standardi (ISO, ASTM ...);
- možnost uporabe občutljivejših senzorjev z izboljšano natančnostjo;
- optimalna zanesljivost preskusnih rezultatov;
- uporaba inteligentne in zanesljive programske opreme za preskušanje ZwickRoell testXpert III;
- možnost nadaljnje uporabe dobro ohranjenih obstoječih dodatkov s starega stroja, kar pomeni prihranek pri nakupu nove opreme za vpetje preskušancev, merilnih celic ...;
- široka izbira nove dodatne opreme za modernizirane stroje;
- popolna primerljivost delovanja z novimi stroji;
- možnost nadgradnje po potrebi, saj je stroj pripravljen za delo v prihodnosti;
- izboljšane varnostne komponente za uporabo in uporabnike;
- prispevek k varovanju okolja in drugih dragocenih virov (ZwickRoell GmbH & Co. KG, 2022).

4.6 Modernizacijski paketi za statične stroje

Glede na svoje večdesetletne izkušnje ima podjetje ZwickRoell v ponudbi standardne modernizacijske pakete za posodobitve starejših statičnih strojev. Standardno vsak že vnaprej pripravljen modernizacijski paket ZwickRoell vključuje naslednje elemente:

- zamenjavo starega motorja DC z novim brezkrtačnim motorjem AC;
- zamenjavo proporcionalnega ali servokrmiljenega ventila, pri strojih za večje sile tudi zamenjavo hidravličnega agregata;
- posodobitev programske opreme za preskušanje testXpert, ki po izvedbi omogoča delovanje pod novejšimi operacijskimi sistemi Windows.

Ob naročilu modernizacije se vse te komponente zamenjajo v celoti ali delno –odvisno od stanja posameznega stroja, ki je predmet modernizacije.

Iz tega razloga ob izvedbi zgoraj naštetih aktivnosti stari stroj postane stroj s popolnoma prenovljenim sistemom, tako da je enakovreden novemu stroju in izpolnjuje sodobne zahteve za različna preskušanja.



Slika 4: Osnovni koncept modernizacije stroja ZwickRoell
(Vir: ZwickRoell GmbH & Co. KG, 2022)

Slika 4 prikazuje standardni modernizacijski paket komponent, ki se zamenjajo ob modernizaciji starejšega statičnega stroja.

Dodatno je potem od vsakega posameznega stroja in zahtev stranke odvisno, ali so potrebne še dodatne prilagoditve in vgradnja dodatne opreme, kot so na primer dodatni senzorji za merjenje sile, ekstenziometri, orodja za vpetje vzorcev in podobno. Dodatno opremljanje ob modernizaciji poteka neodvisno od tega, ali je stroj v osnovi

s temi orodji že bil opremljen ali ne. Edina in glavna omejitev je velikost okvirja stroja, ki določa maksimalno zmogljivost obremenitve okvirja stroja in obstoječe dimenzije delovnega območja preskušanja.

4.7 Sestava stroja

Stroje za preskušanje materialov sestavljajo strojni deli in elektronske komponente, med katere spadajo elektromehanične komponente, mehatronika, pogonska elektronika, merilna in kontrolna elektronika, razni senzori, programska oprema in mehanika tekočin, kot sta na primer hidravlika in pnevmatika.



Slika 5: Statični stroji ZwickRoell
(Vir: ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.l.)

Slika 5 prikazuje nove statične stroje ZwickRoell različnih oblik, velikosti in zmogljivosti obremenitve okvirja. Na sliki so prikazani stroji od 500 N do 2500 kN.

Pomembno je, da omenimo, da se vsak sestavni del stroja stara drugače, odvisno od svoje funkcije.

Proces staranja se lahko pojavi zaradi utrujenosti materiala, obrabe, različnih vplivov okolja ali pa tehnologija s časom preprosto postane zastarela in tako povzroči različne

težave, kot je na primer neskladnost delovanja z novejšimi komponentami, ali pa strojev ni več mogoče vzdrževati, saj rezervni deli niso več na voljo.

Mehanske komponente, kot je na primer okvir stroja, se starajo zelo počasi in se lahko uporabljajo desetletja, v kolikor ne pride do večjih mehanskih poškodb.

Nasprotno od mehanskih komponent pa električne, elektronske in programske lahko hitro zastarajo zaradi hitrega razvoja tehnologije.

Ko pride do potrebe po obnovi določene komponente, je pomembno, da se jo obnovi ali zamenja hkrati z drugimi komponentami, ki so z njo v interakciji, saj vse komponente delujejo skupaj kot celota, zaradi česar je pomembno, da se upošteva celotna slika.

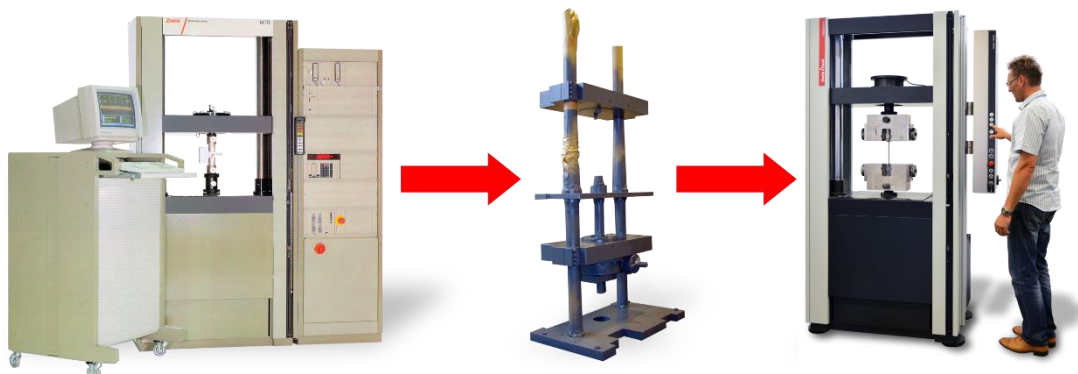
Na primer pri posodobitvi elektronike je zelo pomembno, da se hkrati zamenja tudi pogonska enota. Posodobitev posamezne komponente je kratkoročna, res da je lahko cenejša, vendar pa sčasoma zagotovo povzroči višje stroške, kot če bi že na začetku gledali na sistem kot celoto in zamenjali oziroma obnovili tudi z elektroniko povezane komponente.

V splošnem se v postopku modernizacije priporoča kompletna zamenjava električnih in elektronskih delov, vključno s pogonskim sistemom, to pa z namenom izpolnjevanja najnovejših varnostnih predpisov, kot so CE/VDE/EMC in druge varnostne regulative (ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.l.).

4.7.1 Okvir stroja

Okvir stroja je zasnovan tako, da je zelo trden, robusten in močan, seveda z namenom, da lahko kljubuje ekstremnim preskusnim pogojem, kot so visoke napetosti in obremenitve med preskusi, zlasti ko pride do preloma vzorca. Mehanske in premične komponente, kot so vodilni stebri in ležaji, so, kot je v strojništvu običajno, zasnovani za več desetletij uporabe.

Dejanska življenjska doba okvirja stroja je seveda odvisna od načina in količine uporabe, zelo pomembni dejavniki pa so tudi ustrezno vzdrževanje in razmere okolja, v katerih se stroj uporablja (ZwickRoell GmbH & Co. KG, brez datuma).



Slika 6: Modernizacija starejšega stroja
(Vir: ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.l.)

Slika 6 prikazuje starejši stroj ZwickRoell pred modernizacijo in po njej. Iz slike je razvidno, da je po opravljeni modernizaciji od starega stroja ostal samo okvir, vse druge komponente so bile zamenjane.

4.7.2 Motor AC ali DC

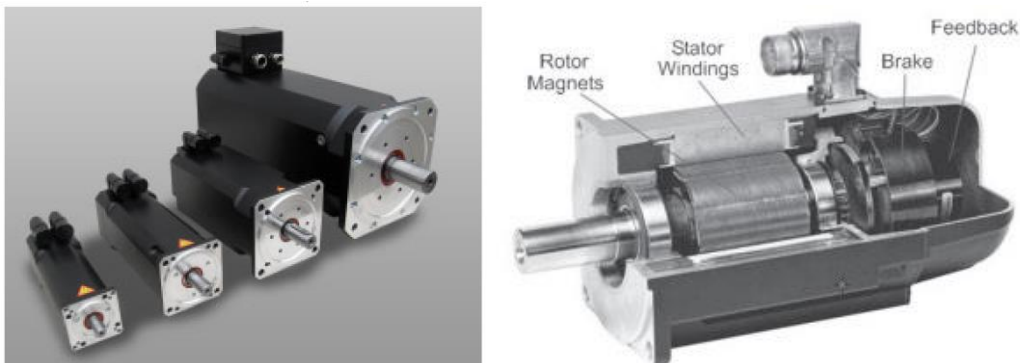
Večina sodobnih strojev za preskušanje danes uporablja brezkrtačne motorje (asinhronske motorje) AC, ki nadomeščajo enosmerne motorje DC. Obremenjevalno energijo na strojih ZwickRoell pri motorjih AC zagotavlja brezkrtačni asinhronski elektromotor preko vreten.

V standardnem paketu modernizacije je zamenjava starega motorja DC vključena v osnovno ponudbo, saj prinaša številne prednosti za uporabnika, kot so:

- motorji AC ne uporabljajo ščetk in komutatorjev, to pomeni, da se krtača ne iskri in zaradi tega ni obrabe;
- sinusna komutacija zagotavlja tek brez sunkov pri zelo nizkih hitrostih, kar je ugodno za obremenitev in kontrolirano preskušanje občutljivih materialov;
- motorji AC so zelo robustni. Odpadna toplota se odvaja skozi ohišje motorja. Za ekstremne razmere lahko namestite ventilator, ki prepihuje nefiltriran zrak iz ohišja. Motorji DC z diskovno armaturo so manj robustni in zahtevajo vpihovanje filtriranega zraka v notranjost motorja in čez armaturo ali pa je potrebno njihovo delovanje ustrezno zmanjšati;
- trajni magneti, ki se uporabljajo v motorjih AC, imajo veliko večjo jakost kot elektromagneti, ki se uporabljajo v enosmernih motorjih. Ustvarjajo magnetno polje, brez potrebe po električni energiji. Z njihovo montažo na gredi motorja

je velikost motorja precejšnja, izgube toplotne in električne energije pa znatno zmanjšane;

- izmenični motorji so pri nizki vztrajnosti ohišja sorazmerno majhni in lahki. To jim omogoča boljšo hitrost in nadzor ter jih naredi odzivnejše. Kljub približno polovici teže (in s tem tudi velikosti) sta nazivna moč in navor več kot dvakratna;
- nižji tok in večji navor ponujata veliko večjo električno učinkovitost in s tem prihranek energije ter manjše, z njim povezane dolgoročne stroške;
- toplotna časovna konstanta pomeni, da se bo motor segrel bistveno počasneje in tako višje obremenitve lažje prenašal daljši čas;
- veliko nižji vztrajnostni moment rotorja ponuja boljši dinamični odziv in zato odlično obvladljivost. V primerjavi z enosmernimi motorji je potrebna nižja moč za pospeševanje in upočasnitve, kar je še posebej koristno za ciklične preskuse.



Slika 7: Motorji AC – robustni in učinkoviti
(Vir: ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.I.)

Slika 7 prikazuje robustne in učinkovite motorje AC, ki se uporabljajo v novih strojih ZwickRoell in se vgradijo tudi ob modernizaciji starejših strojev (ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.I.).

4.7.3 Pozicijsko nadzorovani pogon

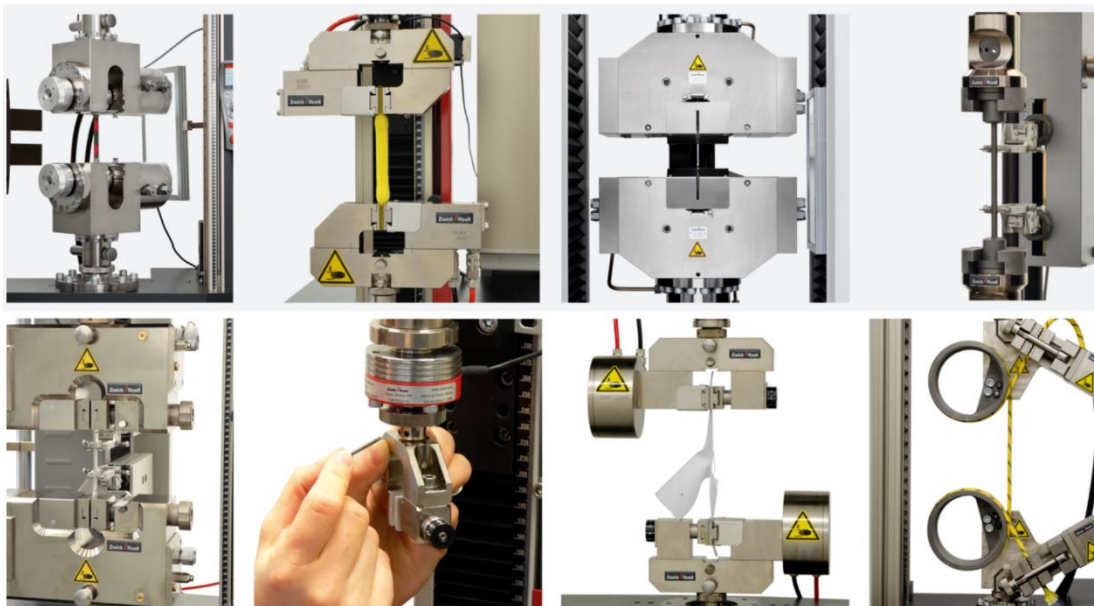
Stroji se vse pogosteje uporabljajo za izvajanje funkcionalnih preskusov, saj ne ustvarjajo le obremenitve in sile, temveč omogočajo zelo natančno izmero dobljenih vrednosti in neodvisno nadzorovanje. Tak primer je stiskanje puš in zatičev v interferenčne luknje. Položaji morajo biti zato zelo natančni in ponovljivi, medtem ko se meri tlačna sila in globina vtiska, kar je mogoče le s pozicijsko nadzorovanim

pogonom. Zato je v osnovni modernizacijski paket vključena tudi zamenjava proporcionalnega ali servokrmiljenega ventila, pri strojih za večje sile pa tudi zamenjava hidravličnega agregata (ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.l.).

4.7.4 Vpenjala in pritrdilni elementi za vpetje

Za večino orodij za vpetje vzorcev velja enako kot za okvir stroja, torej da so zelo trdna in robustna. Zasnovana so z namenom, da lahko kljubujejo preskusnim pogojem, kot so visoke napetosti in obremenitve med preskusi, zlasti ko pride do preloma vzorca. Njihova dejanska življenjska doba je odvisna od samega načina in količine uporabe, pomemben dejavnik so tudi ustrezno vzdrževanje in ustrezne razmere okolja, v katerem se uporabljajo.

Nakup novih vpenjal ali pritrdilnih elementov za vpetje je potreben le v primeru, da so stari iztrošeni ali pa so se pojavile dodatne potrebe po preskušanju, ki jih s starimi ne moremo več izpolniti (ZwickRoell GmbH & Co. KG, brez datuma).



*Slika 8: Različna vpenjala in pritrdilni elementi ZwickRoell
(Vir: ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.l.)*

Slika 8 prikazuje primer različnih vpenjal in pritrdilnih elementov, ki jih lahko namestimo na stroj za preskušanje materialov z namenom vpetja različnih vzorcev.

4.7.5 Merilne celice »silomeri«

Obstoječe merilne celice se lahko v večini primerov uporabljajo še naprej. Ob izvedbi modernizacije jih je treba zgolj opremiti z novimi vtičnimi konektorji, ki se prilagajajo

priklonu nove krmilne elektronike, s katero ob modernizaciji opremimo stroj. V kolikor so stare celice poškodovane, se lahko zamenjajo z novimi, prav tako se po potrebi lahko dokupi dodatne merilne celice.



Slika 9: Merilna celica ZwickRoell
(Vir: ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.l.)

Slika 9 prikazuje novo merilno celico ZwickRoell za merjenje sile.

4.7.6 Ekstenziometri

Večino obstoječih ekstenziometrov, ki so že nameščeni na stroju, se lahko prilagodi in po modernizaciji uporablja še naprej, potrebna je zgolj vgradnja novih konektorjev (enako kot pri merilnih celicah). Pred odločitvijo o modernizaciji obstoječega ekstenziometra je treba preveriti vse zahteve preskušanja, želje uporabnika in prednosti nakupa novega ekstenziometra v povezavi z razvojem tehnologije v zadnjih letih (ZwickRoell GmbH & Co. KG, brez datuma).



All of Zwick's extensometers can be used with a modernized machine

Slika 10: Ekstenziometer ZwickRoell
(Vir: ZwickRoell GmbH & Co. KG, b.l.)

Slika 10 prikazuje uporabo obstoječega kontaktnega in nekontaktnega ekstenziometra ZwickRoell na moderniziranem stroju.

4.7.7 Merilna in kontrolna elektronika

Merilna in kontrolna elektronika je srce vsakega stroja in obenem tudi odločilno merilo o tem, ali je stroj primeren za modernizacijo, saj je ključna za učinkovitost stroja. Razvoj in proizvodnja merilne in kontrolne elektronike potekata v celoti v podjetju ZwickRoell v Ulmu, kar omogoča optimalno ujemanje vseh komponent in izjemno podporo uporabnikom.



Slika 11: Merilna in kontrolna elektronika ZwickRoell
(Vir: Zwick GmbH & Co. KG, 2022)

Slika 10 prikazuje sodobno merilno in kontrolno elektroniko, ki se namešča na nove in modernizirane stroje. Po svoji obliki in velikosti je precej manjša od elektronike, ki se je s stroji uporabljala pred leti.

4.7.8 Programska oprema

Ob modernizaciji se posodobi obstoječa programska oprema, ki je nameščena na stroju. Po posodobitvi je programska oprema pripravljena za delo s sodobnimi operacijskimi sistemi Windows. Programska oprema se je z leti nenehno razvijala, zato posodobitev programske opreme uporabniku omogoča, da izkoristi vse izkušnje in prilagoditve, ki jih je za lažjo uporabo z leti dodajal proizvajalec. Podjetje ZwickRoell je do danes prodalo že več kot 15.000 izvodov programske opreme testXpert, ki je za uporabnike trenutno na voljo v devetih različnih jezikih (ZwickRoell GmbH & Co. KG, brez datuma).



Slika 12: ZwickRoell programska oprema testXpert III
(Vir: Zwick GmbH & Co. KG, 2022)

Na sliki 12 je prikazana sodobna programska oprema testXpert III, ki je nameščena na novih in moderniziranih strojih. Iz začetnega zaslona je razvidno, da gre za uporabniku prijazno programsko opremo, ki ga enostavno vodi skozi celoten postopek preskušanja.

5 PRAKTIČNI PRIMER MODERNIZACIJE STROJA

Za praktični del naloge smo se lotili projekta modernizacije starejšega stroja z zastarelim tipom elektronike DYP. Zadnji proizvedeni stroj s tem tipom elektronike je bil izdelan v letu 1992. Tega tipa elektronike proizvajalec že dolgo več ne podpira, vse od leta 2002, ko se je iztekla desetletna zagotovljena dobavljivost rezervnih kosov in dodatne opreme. Stroj, ki ga bomo modernizirali, smo odkupili od obstoječe stranke, ki se je namesto za modernizacijo odločila za nakup novega stroja ZwickRoell.

5.1 Osnovne informacije o stroju, ki ga bomo modernizirali

Tip stroja: Zwick 1435 RetroLine, namizna različica

Maksimalna obremenitev: 5 kN

Letnik proizvodnje: 1992

Tip elektronike: DYP¹



Slika 13: Stroj Zwick 1435 Retroline
(Lastni vir)

¹ Generacija kontrolne elektronike, proizvedena pred generacijo DUPS. Zadnji stroji, ki so še imeli vgrajen ta tip elektronike, so bili proizvedeni v letu 1992. Delovala je pod operacijskim sistemom DOS, ki ga je leta 1981 razvilo podjetje Microsoft in je bilo v uporabi nekje do leta 1995, ko ga je nadomestil Windows 95.

Slika 13 prikazuje stroj za preskušanje materialov Zwick pred izvedbo modernizacije. Na desni strani stroja je nameščena obstoječa kontrolna elektronika tipa DYP. V spodnjem levem delu slike pa je razvidno, kje so mehanska vpenjala za vpenjanje okroglih gumenih vzorcev, nad njimi pa je merilna celica »silomer«, ki omogoča merjenje sile ob izvedbi preskušanja.

Programska oprema, nameščena na stroju pred izvedbo modernizacije:

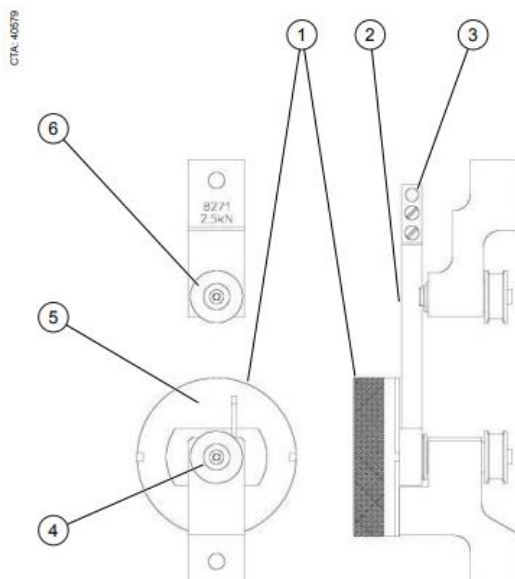
Predhodnik programske opreme testXpert, ki je deloval na operacijskem sistemu DOS².

Preskusne metode, ki se lahko izvajajo na stroju:

Stroj v osnovi omogoča izvedbo nateznih, tlačnih, strižnih in upogibnih preskusov, kar podpira tudi programska oprema, ki je že nameščena na stroju.

Orodja za vpenjanje vzorcev, originalno prodana s strojem:

Mehanske čeljusti za vpetje gumenih vzorcev – za natezno preskušanje:

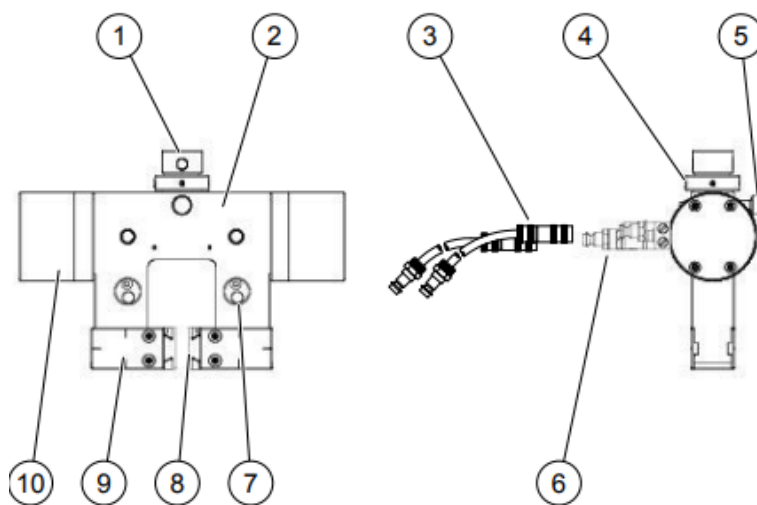


Slika 14: Čeljusti za vpetje gumenih obročkov, za obremenitve do 2,5 kN
(Vir: Zwick GmbH & Co. KG, 1992)

² Operacijski sistem DOS je leta 1981 razvilo podjetje Microsoft in je bil v uporabi nekje do leta 1995, ko ga je nadomestil Windows 95.

Slika 14 prikazuje tehnično risbo vpenjal, ki so bila v originalu prodana s strojem. Prikazana vpenjala so namenjena nateznemu preskušanju gumenih obročkov po standardu ISO 37. Predpripravljen vzorec se vpne na zgornji in spodnji kovinski obroček na vpenjalih, nato lahko zaženemo preskus.

Dodatno so bile s strojem dobavljene še pnevmatske čeljusti za preskušanje gumenih vzorcev v standardni ploščati obliki, ki jo pogovorno imenujemo tudi »dog bone sample«.



Slika 15: Pnevmske čeljusti z zmogljivostjo obremenitev do 1 kN
(Vir: Zwick GmbH & Co. KG, 1992)

Slika 15 prikazuje tip pnevmatskih čeljusti, ki so bile v originalu dobavljene skupaj s strojem in omogočajo vpetje ploščatih gumenih (»dog bone«) vzorcev. Številke na sliki označujejo različne dele pnevmatskih čeljusti, kot so:

- 1: adapter: \varnothing 20 mm, ki se priključi na stroj in omogoča enostavno izmenjavo različnih orodij za vpenjanje vzorcev
- 2: osnova čeljusti za vpetje vzorcev
- 3: cev za priključitev na pnevmatsko enoto
- 4: prednapetostna matica
- 5: zaporni zatič
- 6: pnevmatski priključek
- 7: pokrovček
- 8: vložek čeljusti, ki skrbi, da preskušanec ne drsi iz čeljusti (na voljo so vložki iz različnih materialov, ki se izberejo glede na material vzorca, ki se preskuša)
- 9: zaščitno pokrivalo
- 10: aktuator

Kot je že omenjeno v teoretičnem delu naloge, za večino orodij za vpetje velja enako kot za okvir stroja – da so zelo trdna in robustna, zasnovana z namenom, da lahko kljubujejo preskusnim pogojem, kot so visoke napetosti in obremenitve med preskusi, zlasti ko pride do preloma vzorca.

Ker so bila stara vpenjala na stroju še v dobro ohranjenem stanju in stranka enak tip preskušanj še vedno izvaja, se je odločila, da jih obdrži in še naprej uporablja na novem stroju.

Merilna celica za merjenje sile:

Stranka je stroj v osnovi opremila s silomerom z zmogljivostjo do 2 kN obremenitev, kar je manj od maksimalne možne obremenitve, ki jo omogoča stroj. Razlog za to je, da je izvajala preskušanja pri nižjih silah in je bila zato izbira take celice za stranko optimalnejša. V kolikor bi se pozneje pojavila potreba po preskušanju pri večjih silah, bi za ta namen stranka lahko dokupila dodatno celico, ki bi omogočala večje obremenitve od tistih, ki jih v osnovi že omogoča zmogljivost obremenitve okvirja stroja.



*Slika 16: Silomer za merjenje sile do 2 kN
(Lastni vir)*

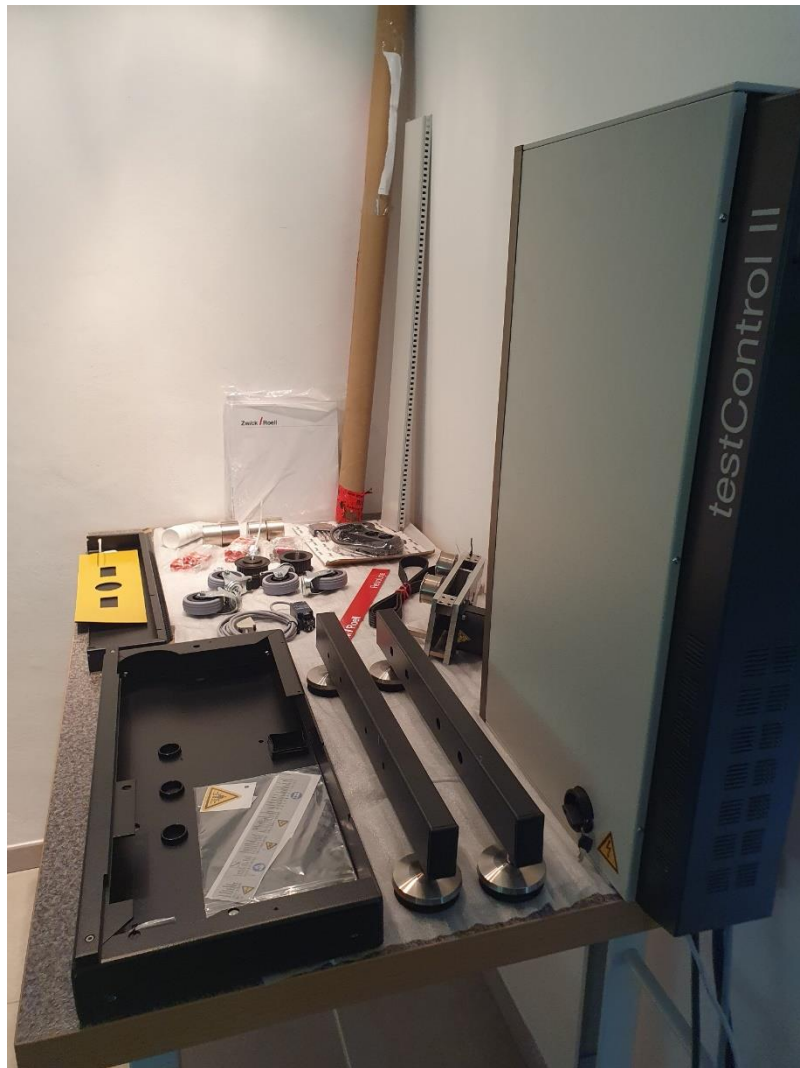
Slika 16 prikazuje merilno celico »silomer«, ki omogoča merjenje sile do 2 kN in ki je bila v osnovi dobavljena skupaj s strojem za preskušanje. Ker je bil silomer še v dobrem stanju, se je stranka odločila, da ga obdrži in predela za uporabo na novem stroju.

Zakaj se stranka ni odločila za modernizacijo?

Za modernizacijo se stranka ni odločila, saj so se potrebe preskušanja v njenem laboratoriju od leta 1992, ko je bil stroj prvotno kupljen, precej spremenile, tako da maksimalna možna obremenitev stroja in obstoječa delovna površina stroja nista bili več zadostni. Namesto tega se je stranka odločila za nakup novega stroja ZwickRoell, ki bo še naprej uspešno izpolnjeval vse njene obstoječe in dodatne potrebe mehanskega preskušanja, ki so predvidene, da se bodo pojavljale v prihodnosti.

5.2 Modernizacija stroja po korakih

Od proizvajalca strojev ZwickRoell smo za izvedbo projekta naročili standardni modernizacijski paket za tip stroja, ki ga bomo modernizirali in ki vključuje elemente, s pomočjo katerih bomo izvedli modernizacijo.



*Slika 17: Vsebina naročenega modernizacijskega paketa
(Lastni vir)*

Slika 17 prikazuje vsebino naročenega paketa, ki smo ga za posodobitev obstoječega stroja prejeli od proizvajalca ZwickRoell. Artikle na sliki bomo uporabili pri nadaljnjem delu.

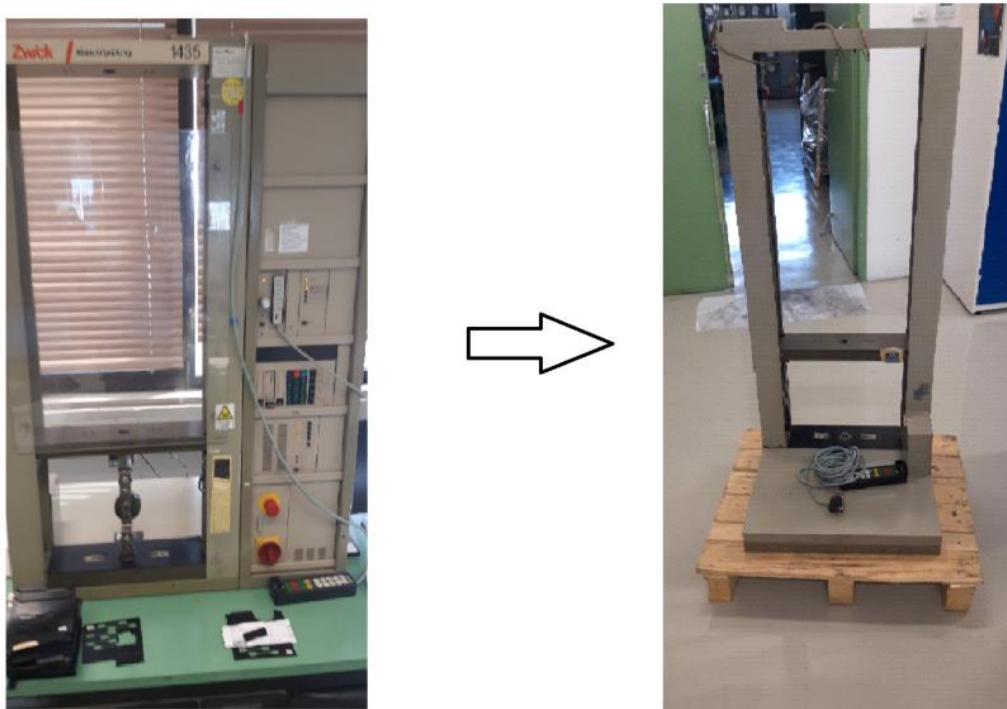


*Slika 18: Vsebina modernizacijskega paketa po kosih
(Lastni vir)*

Slika 18 prikazuje različne kose, ki jih bomo na stroju s postopkom modernizacije zamenjali s starimi. Od leve proti desni so na sliki: mast za zaščito vreten, nosilci za novo kontrolno elektroniko, ki jih bomo namestili na okvir stroja, električni razdelivec, ključi imbus, nov pogonski jermen in nosilci, kabel za predelavo obstoječe merilne celice, podporne nogice, nova oznaka za moderniziran stroj in nov pokrov za pogonski del stroja.

V nadaljevanju naloge bomo podrobneje predstavili sam postopek modernizacije po korakih, pri katerem bomo uporabili kose iz zgornje slike.

1. korak: Odstranitev obstoječe elektronike DYP, orodij za vpenjanje in merilne celice za merjenje sile s stroja



Slika 19: Odstranitev elektronike s stroja
(Lastni vir)

Slika 19 na levi strani prikazuje stroj, kakršen je bil originalno dobavljen, skupaj z vso pripadajočo opremo in kontrolno elektronsko opremo DYP. Na desni strani slike je stroj, pripravljen za transport, ko smo z njega že odstranili vso dodatno opremo, kot so orodja za vpenjanje, merilna celica in kontrolna elektronika.

Preden smo s stroja odstranili obstoječo elektronsko opremo DYP, merilno celico in čeljusti za vpenjanje vzorcev, smo najprej preverili delovanje stroja v obstoječem stanju in ga šele nato odklopili iz električne napetosti.

Za nadaljnje delo smo obdržali okvir stroja, na katerem bo potekala nadaljnja modernizacija stroja. Elektronika DYP, ki smo jo odstranili iz stroja, za modernizacijo ni primerna in bo v celoti zamenjana z novejšo. Največkrat bi obdržali tudi orodja za vpenjanje vzorcev, vendar se je stranka odločila, da ga obdrži in uporabi na svojem novem stroju, zato smo morali priskrbeti novo orodje za vpenjanje vzorcev.

2. korak: Odstranitev mehanskega pogona in starega jermena ter namestitev novega pogona

Staro pogonsko enoto z jermenom, ki je v spodnjem delu okvirja stroja, smo v celoti zamenjali z novo pogonsko enoto.



*Slika 20: Pogonska enota pred in po namestitvi novega pogona
(Lastni vir)*



*Slika 21: Namestitev novega jermena
(Lastni vir)*

Slika 21 prikazuje namestitev novega jermena v pogonsko enoto, ki je v spodnjem delu stroja.



*Slika 22: Nameščanje zaščitnega pokrova na pogonsko enoto
(Lastni vir)*

Slika 22 prikazuje namestitev zaščitnega pokrova na pogonsko enoto, in sicer na spodnji del stroja. Pokrov namestimo, ko zaključimo s preverjanjem vzporednosti nameščenega jermena.

3. korak: Priprava na montažo nove elektronike tC II

Iz obstoječega starega stroja smo že v prvem koraku odstranili zastarelo elektroniko DYP. Ker je nova elektronika testControl drugačnih dimenzij od predhodne, moramo obstoječi okvir stroja prirediti za namestitev nove elektronike. To naredimo tako, da nanj namestimo ustrezen nosilec in omejevalce, ki smo jih dobavili v naročenem modernizacijskem paketu.



*Slika 23: Namestitev mehanskih varnostnih omejevalcev na vodila
(Lastni vir)*

Zgornja slika prikazuje na novo nameščene mehanske varnostne omejevalce, ki smo jih namestili na vodila. Tako omogočajo zaustavitev stroja v primeru prevelikega hoda preskušanja.

4. korak: Prilagoditev obstoječe merilne celice za povezavo z novo elektroniko

Na obstoječi merilni celici moramo za povezavo z novo kontrolno elektroniko ustrezno prilagoditi obstoječe konektorje. Iz tega razloga je potrebna zamenjava starega konektorja na kablu. Po izvedenem delu je celico treba znova umeriti, in v kolikor je potrebno, se izvede še »justaža« korekcijskih faktorjev.



*Slika 24: Prilagoditev obstoječe merilne celice
(Lastni vir)*

Slika 24 prikazuje prilagoditev stare merilne celice za priklop na novo kontrolno elektroniko, ki jo bomo namestili na stroj. To dosežemo z zamenjavo kabla, ki smo ga dobili v modernizacijskem paketu.

5. korak: Preverjanje pravilnega delovanja pogona in stanja okvirja stroja

Po izvedeni preverbi pravilnega delovanja novo dobavljeno kontrolno elektroniko tC povežemo z novo nameščenim motorjem AC. Obe komponenti sta bili dobavljeni v modernizacijskem paketu.



*Slika 25: Povezava nove kontrolne elektronike tC z novim motorjem AC
(Lastni vir)*

Slika 25 prikazuje novonameščeni motor AC, ki uporabniku ponuja številne prednosti in se poveže z novo kontrolno elektroniko.

Ko potrdimo ustreznost delovanja, novo elektroniko tC namestimo na novonameščeni nosilec na okvirju stroja.



*Slika 26: Namestitev nove elektronike tC na okvir stroja
(Lastni vir)*

Slika 26 prikazuje novonameščeni nosilec za novo testControl elektroniko, ki jo bomo obesili na okvir stroja.



*Slika 27: Nova elektronika testControl, nameščena na nosilcu
(Lastni vir)*

Slika 27 prikazuje novonameščeno kontrolno elektroniko testControl, ki smo jo obesili na nosilec na okvirju stroja.

6. korak: Namestitev nove oznake na stroj

Po izvedbi prej opisanih korakov tako modernizirani stroj v sistemu novo oznako, s katere je razvidno, da gre za obnovljen stroj. Temu je namenjena rdeča nalepka z napisom ZwickRoell – RetroLine, ki jo fizično namestimo na zgornji del okvirja stroja.



*Slika 28: Namestitev nove nalepke na stroj
(Lastni vir)*

Slika 28 prikazuje ustrezno nameščeno nalepko ZwickRoell – Retroline, ki skrbi za to, da je ob pogledu na stroj razvidno, da gre za obnovljeni stroj.

7. korak: Namestitev merilne celice in vpenjalnih orodij na stroj

Ker je prejšnja stranka obdržala obstoječo merilno celico in orodja za vpenjanje vzorcev za svojo nadaljnjo uporabo, smo za naše potrebe na modernizirani stroj namestili starejšo modernizirano merilno celico in pnevmatska vpenjala, ki smo jih imeli na zalogi in ustrezajo moderniziranemu stroju ter našim željam za preskušanje.



Slika 29: Nova pnevmatska vpenjala
(Lastni vir)

Slika 29 prikazuje nova pnevmatska vpenjala z nožno pnevmatsko enoto za nadzor tlaka z nazobčanimi vložki za vpetje vzorcev; vpenjala bomo namestili na modernizirani stroj.



Slika 30: Obnovljena merilna celica
(Lastni vir)

Slika 30 prikazuje obnovljeno merilno celico za merjenje nizkih sil do 10 N, ki jo bomo uporabljali za merjenje nizkih sil na obnovljenem stroju.

8. korak: Namestitev aktualne različice programske opreme testXpert III

Za namestitev aktualne različice programske opreme testXpert III smo zagotovili ustrezen računalnik, ki mora za povezavo s strojem in programsko opremo testXpert izpolnjevati naslednje minimalne zahteve, ki so navedene v ponudbi proizvajalca modernizacijskega paketa.

Minimalne zahteve za novi računalnik:

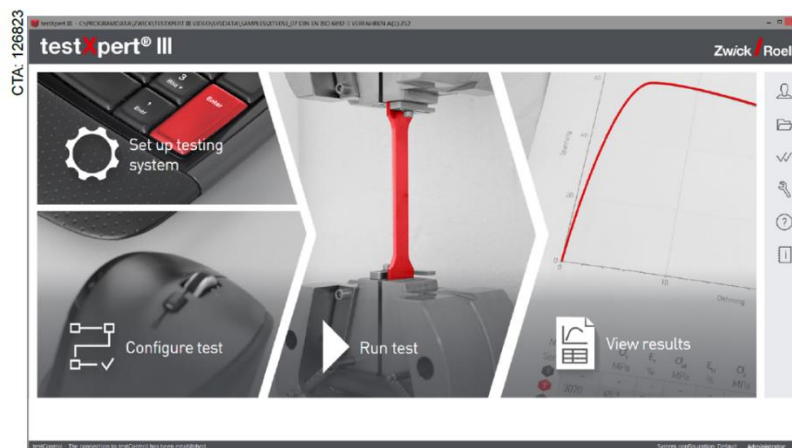
Intel Core I5
4GB RAM
500 GB RAM
500 GB-S-ATA hard disk
zaslon ločljivosti 1920 x 1080 pixlov in 65K barv
DVD pogon
serijska RS-232 vhoda
2* 1-Gbit Ethernet port

Za namestitev so potrebne ustrezne pravice za branje in pisanje:

- za sistemsko datoteko ZwickRoell
- za sistemsko poddatoteko ZwickRoell
- za vse imenike TMP in TEMP

Na računalnik z ustreznimi specifikacijami smo namestili programsko opremo, ki je naložena na DVD-ju; tega smo dobili ob nakupu skupaj z drugimi komponentami v modernizacijskem paketu ZwickRoell.

Programska oprema se začne samodejno nameščati po vstavitvi DVD-ja v pogon.



Slika 31: Sodobna programska oprema testXpert III – začetni zaslon
(Lastni vir)

Slika 31 prikazuje začetni zaslon sodobne programske opreme testXpert III, s pomočjo katerega uporabnik lahko preprosto upravlja s strojem za preskušanje materialov in izvaja želena preskušanja.

9. korak: Obvezno preverjanje delovanja funkcij

Po izvedeni modernizaciji in namestitvi vpenjal ter merilne celice bomo preverili še ustreznost delovanja naslednjih komponent:

- končnega stikala (varnostni omejevalec), ki mehansko zaustavi gibanje pomične prečke v smeri navzgor ali navzdol;
- ustreznost zvokov ob premikanju prečke navzgor in navzdol;
- položaj pomične prečke glede na nastavljeno vrednost,
- ustreznost gibanja v obe smeri po tem, ko stroj obremenimo v natezno in tlačno smer.

10. korak: Umerjanje merilne celice in pomične prečke

Po potrditvi ustreznosti delovanja osnovnih funkcij moderniziranega stroja moramo stroj še umeriti in po potrebi prilagoditi.

Umerjanje se bo izvedlo v naslednjem obsegu:

- po določitih proizvajalca ZwickRoell v skladu z zahtevami standarda EN ISO 7500-1 s certifikatom umerjanja z znakom Slovenske akreditacije SA;
- umerjanje sistema za merjenje dolžine – pomik prečke po določitih proizvajalca ZwickRoell in v skladu z zahtevami standarda EN ISO 9513; v tlačni in natezni smeri obremenjevanja s certifikatom umerjanja z znakom Slovenske akreditacije SA;
- umerjanje hitrosti pomika prečke. Umerjanje se izvede pri treh vrednostih hitrosti v tlačni in natezni smeri obremenjevanja. Po izvedenem umerjanju stroj pridobi certifikat umerjanja z znakom Slovenske akreditacije SA.

Umerjanje stroja bo za nas izvedel laboratorij za metrologijo, ki je ustrezno akreditiran za izvedbo opisanih metod.

Laboratorij za metrologijo
Tel: 01 2804 519 | metrologija@zag.si



Ljubljana, 11.02.2022



ZAVOD ZA GRADBENIŠTVO SLOVENIJE
SLOVENIAN NATIONAL BUILDING AND CIVIL ENGINEERING INSTITUTE

Dimičeva ulica 12
1000 Ljubljana
Slovenija
info@zag.si
www.zag.si

CERTIFIKAT O KALIBRACIJI CALIBRATION CERTIFICATE

Številka **22-5025-A**
Number

Naročnik <i>Applicant</i>	EBERT D.O.O. DIMIČEVA ULICA 12, SI-1000 Ljubljana		
Lastnik <i>Owner</i>	Wollsdorf Components d.o.o. Ul. Dr. Franje Tudmana 17, Poduzetnicka Zona Jalžabet p.p.8, HR-42203 Jalžabet		
Naročilo/Pogodba <i>Order/Contract</i>	številka / number z dne / date	P 6239/13 7.1.2014	
Merilo <i>Instrument</i>	UNIVERSAL TESTING MACHINE Length/extension measuring system		
Proizvajalec <i>Manufacturer</i>	Zwick/Roell	Tip <i>Type</i>	2.5kN Zwicki
Merilno področje <i>Measuring range</i>	± (0,5 to 50) mm	Številka <i>Number</i>	S/N 737538 Dossier 737538
Kraj, datum kalibracije <i>Place, date of calibration</i>	Jalžabet, 09.02.2022	Število strani <i>Number of pages</i>	5

Izvedel
Performed by
Danijel Zlatar, dipl. fiz. un
Danijel Zlatar



Vodja laboratorija
Head of laboratory
dr. Miha Hiti, univ. dipl. inž. el.
dr. Miha Hiti

Slika 32: Primer kalibracijskega certifikata SA
(Lastni vir)

Slika 32 prikazuje primer kalibracijskega certifikata z znakom Slovenske akreditacije SA, ki ga prejme stroj po opravljeni kalibraciji. Kalibracije za nas izvaja naš akreditirani partner za izvedbo ustrezne kalibracije – Laboratorij za metrologijo z Zavoda za gradbeništvo Slovenije.

11. korak: Uspešno zaključena modernizacija



*Slika 33: Naš Zwick pred modernizacijo in po njej
(Lastni vir)*

Slika 33 prikazuje naš stroj pred izvedbo modernizacije in po njej.



*Slika 34: Stroj Zwick pred modernizacijo in po njej
(Vir: Zwick GmbH & Co. KG, 2022)*

Slika 34 je reklamna slika proizvajalca ZwickRoell za izvedbo modernizacije in prikazuje, kaj stranka, ki ima v lasti starejši stroj, lahko pričakuje od investicije v obnovo stroja.

6 PRIMERJAVA DELOVANJA MODERNIZIRANEGA STROJA S PODOBNIM NOVIM STROJEM

Po izvedenem procesu modernizacije starejšega stroja ZwickRoell bomo preverili še, ali se stroj po zaključku izvedenih del po funkcionalnostih lahko primerja z novim strojem, ki ima enake zmogljivosti in je enako opremljen.

Za ugotavljanje smo pripravili spodnjo tabelo:

PRIMERJAVA FUNKCIONALNOSTI	MODERNIZIRANI STROJ ZWICKROELL	NOVI STROJ ZWICKROELL Z ENAKIMI FUNKCIJAMI
SODOBNA MERILNA IN KONTROLNA ELEKTRONIKA	DA	DA
USKLAJENOST Z NOVIMI PRESKUSNIMI STANDARDI (ISO, ASTM ...)	DA	DA
IZPOLNJEVANJE PRESKUSNE ZAHTEVE ISO 37	DA	DA
IZBOLJŠANE VARNOSTNE KOMPONENTE ZA UPORABO IN UPORABNIKE	DA	DA
IZPOLNJEVANJE ZAHTEV TRENUTNE DIREKTIVE ES O STROJIH	DA	DA
ZANESLJIVO DELOVANJE	DA	DA
UPORABA SODOBNEGA OPERACIJSKEGA SISTEMA WINDOWS	DA	DA
UPORABA INTELIGENTNE IN ZANESLJIVE PROGRAMSKE OPREME ZA PRESKUŠANJE	DA	DA

ZWICKROELL TESTXPRT III		
HITRA SERVISNA PODPORA PROIZVAJALCA ZA VSAJ NASLEDNJIH 10 LET	DA	DA
DOBAVLJIVOST REZERVNIH KOSOV ZA VSAJ NASLEDNJIH 10 LET	DA	DA
DOBAVLJIVOST DODATNE OPREME ZA NAJMANJ NASLEDNJIH 10 LET	DA	DA
MOŽNOST UPORABE OBČUTLJIVEJŠIH SENZORJEV Z IZBOLJŠANO NATANČNOSTJO	DA	DA
MOŽNOST NADALJNJE UPORABE DOBRO OHRANJENIH OBSTOJEČIH DODATKOV S STAREGA STROJA, KAR POMENI PRIHRANEK PRI NAKUPU NOVE OPREME ZA VPETJE PRESKUŠANCEV, MERILNIH CELIC ...	DA	DA
ŠIROKA IZBIRA NOVE DODATNE OPREME ZA MODERNIZIRANE STROJE	DA	DA
PRISPEVEK K VAROVANJU OKOLJA IN DRUGIH DRAGOCENIH VIROV	DA	NE
UPORABA BREZKRTAČNEGA MOTORJA AC	DA	DA

POZICIJSKO NADZOROVAN POGON	DA	DA
--------------------------------	----	----

*Tabela 1: Primerjava funkcij moderniziranega stroja z novim strojem
(Lastni vir)*

Iz tabele 1, v kateri je izvedena primerjava funkcionalnosti moderniziranega in novega stroja, je jasno razvidno, da modernizirani stroj po svojih funkcijah lahko popolnoma konkurira primerljivo opremljenemu novemu stroju.

7 ZAKLJUČKI

V diplomskem delu smo podrobneje predstavili področje mehanskega preskušanja materialov in strojev za preskušanje materialov proizvajalca ZwickRoell. V nalogi smo se osredotočili na starejše stroje in postopek modernizacije kot eno izmed možnosti, ki starejšim strojem, ki so še vedno v uporabi in se pojavljajo v večjem številu, omogoča ponoven dostop do sodobnih preskusnih tehnologij.

Postopek modernizacije in njegove prednosti smo podrobneje predstavili in se lotili tudi praktične izvedbe, katere cilj je bil ugotoviti, ali obnovljeni stroj po svoji funkcionalnosti lahko konkurira novemu, sicer enako opremljenemu stroju.

Po izvedeni modernizaciji in opravljeni primerjavi funkcij moderniziranega in enako opremljenega novega stroja smo potrdili začetno predpostavko, da modernizirani stroj po svojih funkcijah in zmogljivostih lahko konkurira novemu stroju z enako zmogljivostjo in opremljenostjo.

Ugotovili smo, da so glavne prednosti obnove starega stroja, ki so v primerjavi z nakupom novega pomembne za sedanje lastnike strojev, predvsem naslednje:

- modernizacija staremu stroju zagotovi zmogljivosti modernega stroja za le del cene novega stroja;
- omogoča nadaljnjo uporabo dobro ohranjenih obstoječih dodatkov s starega stroja, kar pomeni prihranek pri nakupu nove opreme za vpetje preskušancev, merilnih celic;
- prispeva k varovanju okolja in drugih dragocenih virov, saj se del obstoječe opreme ponovno uporabi.

8 LITERATURA IN VIRI

Kisin, Marija. (2011). *Materiali*. Ljubljana: Zavod IRC.

ZwickRoell GmbH & Co. KG. (2022). Opomba o aplikaciji: *Successful modernization of Materials Testing Machines*. Pridobljeno 24. 2. 2022 z naslova <http://senselektro.hu/wp-content/uploads/zwick/Successful-modernization-of-materials-testing-machines.pdf>.

ZwickRoell GmbH & Co. KG. (2022). *Innovation based on tradition*. Pridobljeno 23. 1. 2022 z naslova <https://www.zwickroell.com/company/history>.

ZwickRoell GmbH & Co. KG. (2022). Interno gradivo. *Modernization Packages for over 50 manufacturers*. Nemčija: ZwickRoell.

ZwickRoell GmbH & Co. KG. (2022). *Modernization of the testing systems*. Pridobljeno 24. 2. 2022 z naslova <https://www.zwickroell.com/products/modernization-of-testing-systems/#navigation-236>.

ZwickRoell GmbH & Co. KG. (2022). Produktna informacija. *Reliable service and support with future-upgradeability*. Nemčija: ZwickRoell.

ZwickRoell GmbH & Co. KG. (2022). *Testing Software testXpert III*. Pridobljeno 23. 1. 2022 z naslova <https://www.zwickroell.com/accessories/testing-software/testxpert-iii/>.

ZwickRoell GmbH & Co. KG. (2022). *Your Partner in Materials Testing*. Pridobljeno 23. 1. 2022 z naslova <https://www.zwickroell.com/company/about-us/>.