

# VAŽNOST PERMANENTNOG PRAĆENJA I EDUKACIJE ZAVARIVAČA ZA SLOŽENE TEHNOLOŠKE ZAHTJEVE

Marko Zovko, Božo Despotović, Krešimir Lesan  
[marko.zovko@ddtep.power-m.hr](mailto:marko.zovko@ddtep.power-m.hr)

Duro Đaković Termoenergetska postrojenja, Dr. Mile Budaka 1, Slavonski Brod, Hrvatska

*Ključne riječi: praćenje, statistička analiza, probni uzorak, edukacija zavarivača*

## Sažetak:

Sve složeniji tehnološki zahtjevi, koje naručitelji zavarenih postrojenja i konstrukcija postavljaju pred svoje izvođače, nalažu detaljnu pripremu i prilagodbu novim i/ili specifičnim zahtjevima te stalno praćenje s ciljem pravovremene korekcije u slučaju potrebe. Metode poput zavarivanja proba, statističke analize grešaka u zavarenim spojevima i edukacije prema internim potrebama ili međunarodnim programima, alat su kojima izvođač radova osigurava traženu razinu kvalitete prema bilo kojem zahtjevu te podiže fleksibilnost, efikasnost i konkurentnost zavarivačkog kadra.

## THE IMPORTANCE OF PERMANENT MONITORING AND EDUCATION OF WELDERS FOR COMPLEX TECHNOLOGICAL REQUIREMENTS

*Key words: monitoring, statistical analysis, test coupon, welder's education*

## Abstract:

More complex technological requirements, which clients place in front of welded constructions contractor, require detail preparation and adjustment to new and/or specific requirement and permanent monitoring with aim of prompt correction in needed. Methods like welding of test coupons, statistical analysis of defects in welded joints and education according internal needs and international program provides required quality level according any demand and improves flexibility, efficiency and competitiveness of welding staff.

## 1. UVOD

Izrada zavarenih konstrukcija i proizvoda, posebno s razvojem novih materijala, postaje sve zahtjevnija. Razlozi za to su višestruki. Novi materijali imaju sve uže tehnološke parametre u kojima je moguće izvesti prihvatljiv zavareni spoj, a isto kao posljedicu ima strože ugovorne odredbe (bilo samih kupaca, bilo standarda). Kako bi tvrtke koje se bave zavarivanjem ostale konkurentne na tržištu moraju razviti sustav koji može obučiti zavarivače za iste zahtjeve, a isto tako osigurati konstantnu kvalitetu zavarenih spojeva za što je presudno praćenje kao i eventualne pravovremene korekcije.

## 2. OBUKA ZAVARIVAČA

Većina zavarivača na tržištu nema problema s zavarivanjem ugljičnih čelika, tj. materijala do grupe 1.2 prema ISO 15608. Kada se pojave specifičniji čelici ili legure u kojima se događaju određeni procesi koji su netipični za ugljične čelike, poput martenzitnih ili duplex čelika, niklovih legura i slično, tada je prvi korak u obuci praktična vježba zavarivača. Uz isto neophodan je teoretski dio da se objasne osnovi razlozi zbog kojih dolazi do problema koji nisu tipični za ugljične čelike.

Teoretska obuka nije obavezna prema EN 287-1, ali se preporuča i obveza za istom može biti uvjetovana ugovornim specifikacijama. Slična situacija je i u novom standardu za atestiranje zavarivača ISO 9606-1. [1]

Novi standard donio je i novine pri kvalifikaciji zavarivača, a težište kvalifikacije je prebačeno s osnovnog na dodatni materijal. Postoje i određene izmjene kod kvalifikacije MAG postupka s obzirom na način prijenosa materijala, a jedna od zanimljivijih izmjena je način produženja certifikata. Sada se proizvođačima nude tri načina produženja i valjanosti certifikata:

- a) Valjanost certifikata tri godine
- b) Valjanost certifikata dvije godine uz dodatno produženje dvije godine
- c) Neograničena valjanost certifikata

U svim navedenim točkama vrijedi da valjanost certifikata produžuje koordinator zavarivanja svakih 6 mjeseci, uz uvjet da je zavarivač praćen te da u istom periodu izvodi zavare koji su ispitani volumnim ili razornim metodama uz obavezno dokumentiranje istih.

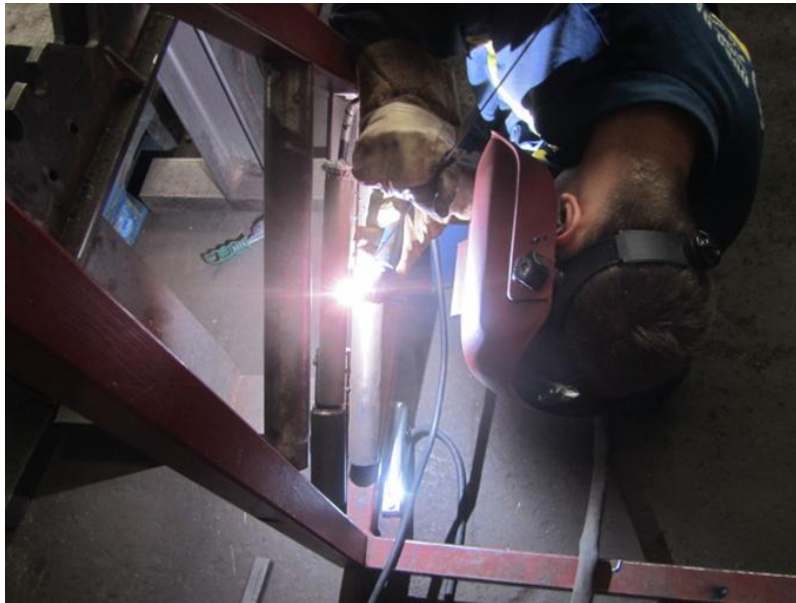
Treći tip produženja je posebno zanimljiv jer podsjeća na oblik produženja koji se koristi u ASME standardu. Ukoliko proizvođač može dokazati kontinuirano praćenje zavarivača s zadovoljavajućim rezultatima volumnim ili razornim metodama uz poziciju (e), tip spoja te zavarivanje uz podlogu ili bez nje (ovisno o certifikatu), a zavarivač radi kod istog proizvođača koji ima najmanje ISO 3834-3 odobrenje valjanost certifikata je neograničena. Praktično, ovaj način produženja ima svoju problematiku i nije u skladu s nekim drugim pravilnicima, kao npr. PED-om.

Bez obzira na sve novine i mogućnosti koje pruža kvalifikacija zavarivača prema ISO 9606 -1 u praksi se rijetko koristi. Razlog leži u tome što je većina proizvodnih standarda izdana prije ISO 9606-1, a iste norme (npr. EN 1090, EN 12952, EN 13445) u referencama navode EN 287-1 ili druge norme koje se pozivaju na nju te time ne postoji uporište za korištenje novog standarda.

Teoretska ili praktična obuka zavarivača može biti interna ili eksterna. U pravilu, veći sustavi teže tome da obuka zavarivača bude interna. Izuzimanjem najiskusnijih zavarivača iz proizvodnje kao voditelja praktične obuke te podršku inženjersko-tehnološka kadra u teorijskom dijelu kao i planu obuke mogu se postići zadovoljavajući rezultati te iz neiskusnijih zavarivača izvući maksimum.

Praktična obuka zavarivača u eksternim ustanovama može se obaviti u raznim školama zavarivanja, a iste su vezane uz veće industrijske centre gdje dominira metalna industrija. Teorijske obuke (npr: IWP, IWS, IWT ili IWE) za nivoe voditelja zavarivanja, tehnologije ili inženjerstva održavaju ustane ovlaštene od IWF/EWF (*eng. International/European Welding Federation*) i iste su standardima obavezne kod izvođenja zavarivanja za složene zavarene metalne konstrukcije.

Za izvođenje zavarivanja na proizvodu dovoljan je atest zavarivača koji pokriva određeni materijal (dodatni materijal), debljinu, tip spoja, itd. Međutim, bez obzira na valjani i prikladni atest zavarivača kupci, a ponekad i sami proizvođači, znaju tražiti dodatne provjere vještine zavarivača, tzv. „*skill testove*“. Primjer izvođenja *skill* testa prikazan je na slici 1.



Slika 1. Skill test zavarivača na simuliranoj proizvodnoj poziciji, pogled odozgo

Ovi testovi se najčešće traže za visokolegirane martenzitne čelike poput P91, ali mogući su i za bilo koji drugi materijal. Testovi se provode na istim ili što sličnijim pozicijama u uvjetima navedenim na proizvodu. Razlog tome leži u činjenici što su stručnjaci s područja zavarivanja uvidjeli da za određene nepristupačne pozicije i uvjete zavarivanja atest zavarivača nije dovoljna samo potvrda o vještini zavarivača, stoga se teži dodatnoj provjeri kako bi se na proizvodu mogla postići zadovoljavajuća razina kvalitete.

Ovisno o potrebi i ugovornim zahtjevima ovakvi testovi mogu se izvoditi ispred predstavnika izvođača, kupca ili inspektora (eng. *Notify Body*). Primjer popisa zavarivača koji su položili *skill* test, te zavarili uzorke pred inspektorom prikazan je na slici 2.

DURO ĐAKOVIĆ TERMOENERGETSKA POSTROJENJA d.o.o.		POPIS ZAVARIVAČA ZA RADNE PROBE ZA PR. BR. 27.4265 Herningverket WELDERS LIST FOR WORK TESTS FOR 27.4265 Herningverket									Uredžbeni broj: Doc. No.:
Red. br. No.	Ime i prezime zavarivača Welders name	Broj žiga Stamp No.	WPS No.	Uzorak br.: Coupon No.:	Dimenzija i kvaliteta materijala Dimension and quality of materials	Datum zavarivanja date of welding	Izvršje o ispitivanju Report on testing	Aprobed by: BWE	Aprobed by: TÜV	Napomene Remarks	
Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11	
1	PITLOVIĆ DARKO	Z193	001-8-BW01-07	ST11	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	20.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
2	ALEN SEDLOVSKI	Z75	001-8-BW01-07	ST7	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	20.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
3	FRANJO STANIŠIĆ	Z43	001-8-BW01-07	ST9	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	20.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
4	MIROSAVLJEVIĆ THOMIR	Z187	001-8-BW01-07	ST8	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	20.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
5	NIKOLA BOŠNJAK	Z130	001-8-BW01-07	ST10	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	20.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
6	DARKO RADULOVIC	Z188	001-8-BW01-07	309RP	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	14.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
7	SLAVEN DURMIŠ	Z83	001-8-BW01-07	305RP	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	14.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
8	NIKOLA ŠAŠA	Z234	001-8-BW01-07	306RP	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	14.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
9	BOJAN RADOVANOVIC	Z189	001-8-BW01-07	304RP	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	14.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
10	VINKO PAVKOVIĆ	Z235	001-8-BW01-07	308RP	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	14.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
11	MARIO ČUJIĆ	Z24	001-8-BW01-07	ST12	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	20.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	
12	DAMIR SUČIĆ	Z104	001-8-BW01-07	307RP	Ø38x5 1.4908 (TP347HFG)	14.02.2013	A		0036	POSTUPAK ZAVARIVANJA (143) WELDING PROCEDURE 141	

A=Priljubivo, Acceptable ; NA=Nepriljubivo, Not Acceptable

Izradio / Made by / Erstellt: K.Lesaa  
Datum / Date: 20.02.2013

© Documents and Reports shall remain the property of the issuing company.

REVIEWED  
SPOT-CHECKED  
 WITNESSED  
NIKOLA TATALIĆ  
Udobno / Approved / Geprüft



Z 1 - 2 - 2013

Datum / Date:

Slika 2. Popis zavarivača s položenim skill testom

### 3. PRAĆENJE RADA ZAVARIVAČA

Kao što je gore spomenuto, koordinator zavarivanja svakih šest mjeseci produžava atest zavarivača na temelju njegovog uspješnog rada. Uspješan rad predstavlja prihvatljive zavarene spojeve ispitane metodama zahtijevanim primijenjenim standardom, isti tip spoja, poziciju zavarivanja, itd. Uvjeti za produženje moraju biti evidentirani, što u slučaju velikog broja zavarivača i zavarenih spojeva može biti zahtjevan zadatak.

Praćenje rada može se voditi na tkz. „klasičan“ način, evidentirajući sve bitne varijable ručno, na već pripremljenim obrascima i skicama. U tom slučaju, kod velikog broja zavarivača, može se izgubiti veliko vrijeme kako bi se došlo do potrebnih podataka o rezultatima određenog zavarivača.

Stoga se danas, u svrhu praćenja rada zavarivača te same optimalizacije sustava razvijaju softverski sustavi koji su baze podataka i sadržavaju sve potrebne parametre za produženja atesta: naziv projekta, broj crteža, oznaku zavara, žig (ime) zavarivača, primijenjeni WPS, pozicija zavarivanja, korišteni dodatni materijal i njegova šarža, itd.

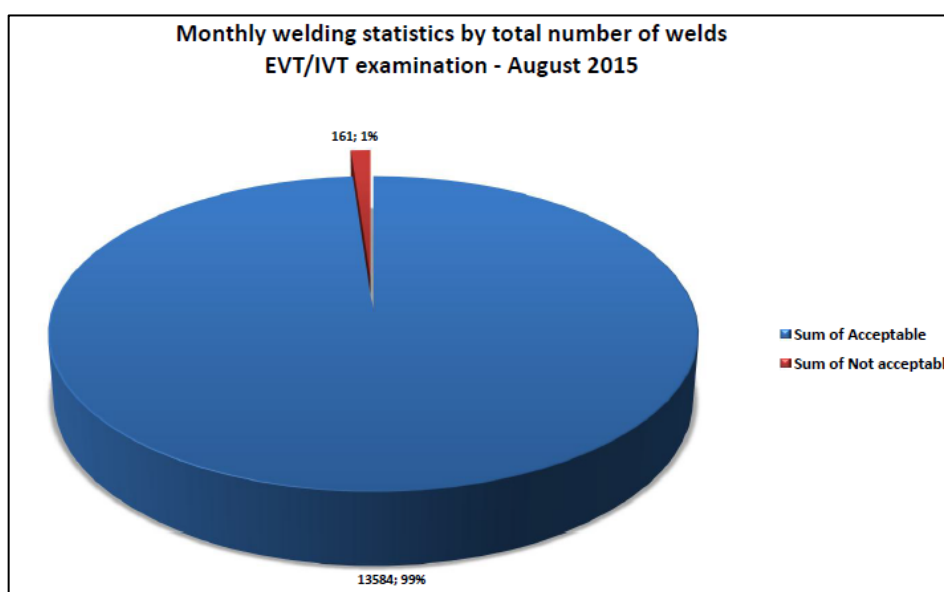
Unos podataka se može definirati ovisno o potrebama izvođača. Za pojednostavljen oblik ovakvog vođenja praćenja rada može se koristiti i Microsoft Excel kao često dostupni alat.

Praćenje rada zavarivača bazirano na softverskim rješenjima ima mnoge prednosti u odnosu na papirnatu, ručno vođene zapise. Baze podataka koje se formiraju i sadrže gore navedene podatke vežu rezultate ispitivanja zavarenih spojeva, čime izvođač dobiva mogućnost detaljne analize rada svakog zavarivača prema njegovim rezultatima u bilo kojem vremenskom intervalu.

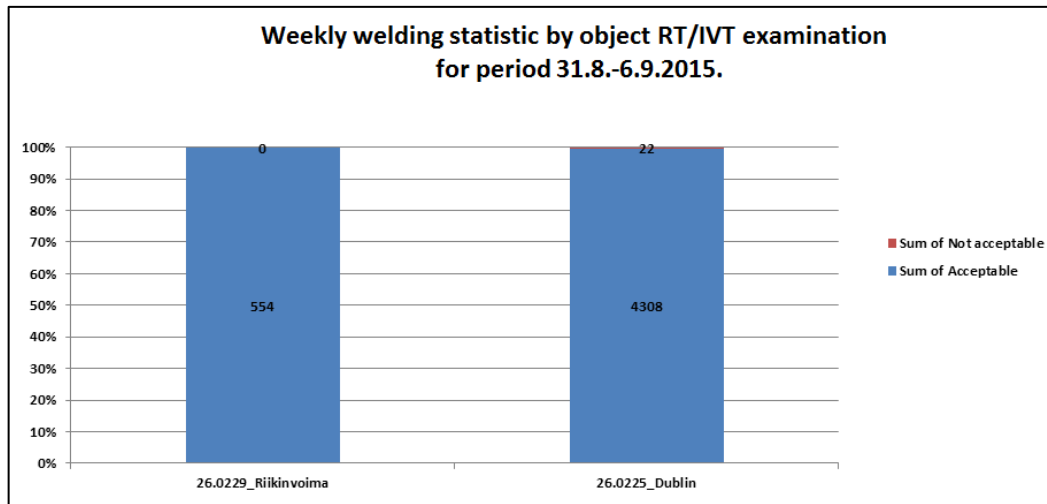
Rezultati rada obično se izražavaju u statističkom obliku. Statistika se može pripremiti za različita vremenska razdoblja, raznim oblicima ili kombinacijama dolje navedenih parametara:

- a) Dnevno,
- b) Tjedno,
- c) Mjesečno,
- d) Godišnje,
- e) Prema projektu,
- f) Prema metodi ispitivanja,
- g) Prema tipu grešaka.

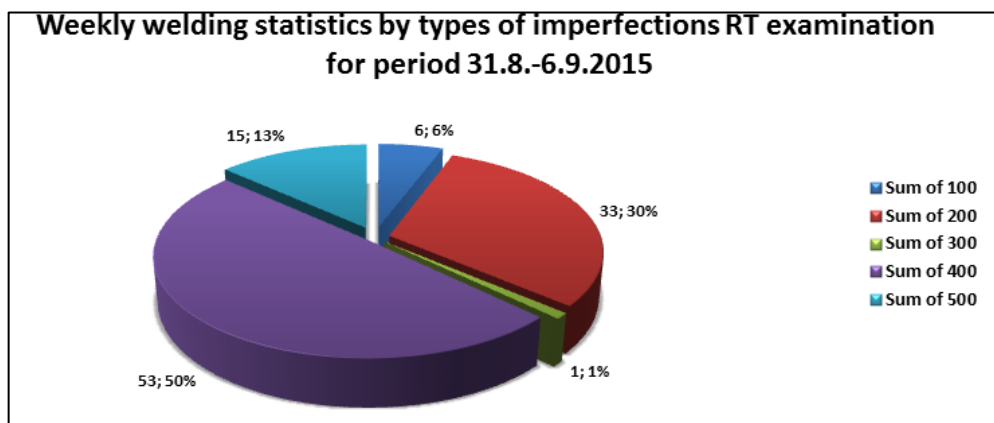
Na slikama 3 - 7 dani su primjeri primjene statistike zavarivača u nekima od gore navedenih kombinacija. [2]



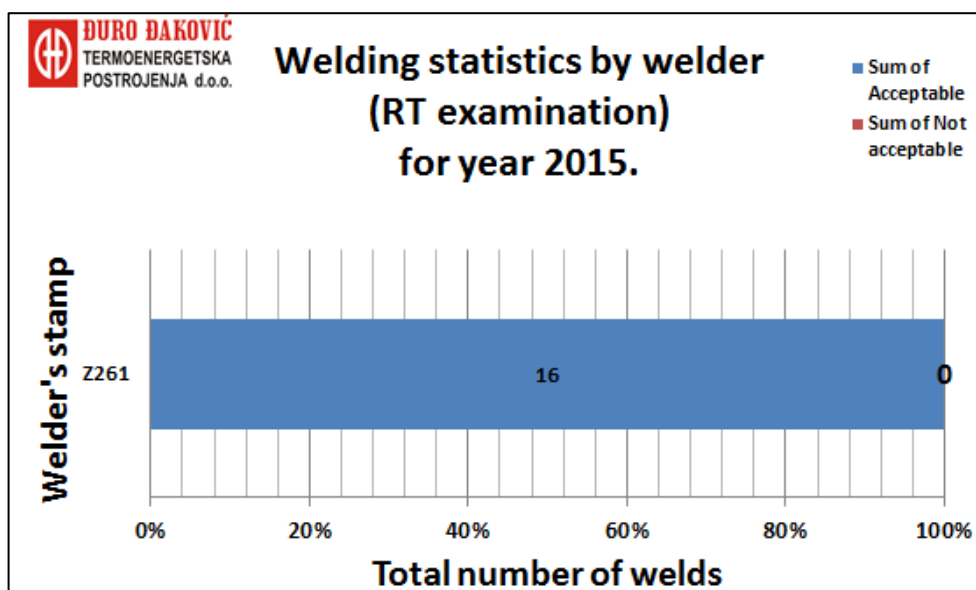
Slika 3. Mjesečna statistika za EVT/IVT metodu



*Slika 4. Tjedna statistika po projektu za RT i IVT metodu*




*Slika 5. Tjedna statistika RT metodom s podjelom po tipovima grešaka*



*Slika 6. Godišnja statistika RT metodom za zavarivača s žigom Z261*



DNEVNI PREGLED NALAZA RADIOGRAFSKOG ISPITIVANJA PO PROIZVODNIM BROJEVIMA						 Datum / Date 2015-08-28			
Proizvodni broj	Novi zavari (broj zavara)		Popravci (broj zavara)		Ukupno (broj zavara)				
	RT ispitano Σex - N	Neprihvatljiv nalaz ΣN - NA	RT ispitano Σex - R	Neprihvatljiv nalaz ΣR - NA	RT ispitano Σex	Neprihvatljiv nalaz ΣNA	ispuhati	oštećeno	NDT Krivo obilježio
26.0225	11	1	3	2	14	3	1	2	0
26.0228	89	0	0	0	89	0	0	0	0
26.0229	24	0	6	0	30	0	0	0	0
27.4317	4	0	2	0	6	0	0	0	0
<b>Ukupno (%)</b>	128	1	11	2	139	3	1	2	0
		<b>0,78%</b>		<b>18,18%</b>		<b>2,16%</b>	<b>0,72%</b>	<b>1,44%</b>	<b>0,00%</b>

Slika 7. Dnevni nalaz RT metodom po proizvodnim brojevima projekta

#### 4. ANALIZA RADA I KOREKTIVNE AKCIJE

Grafovi prikazani na slikama 3 - 7 mogu se pokazati kao izuzetno korisni u analizama uspješnost zavarivača kao i pronalasku uzroka grešaka.

Slika 3. prikazuje rezultate EVT/IVT metode za jedan mjesec. Iz prikazanoga se vidi ukupan broj pregledanih (ispitanih) zavara, te se ovisno o rezultatima tj. postotku grešaka, odlučuje o eventualnim korektivnim akcijama. Indirektna vizualna kontrola, koja se najčešće provodi uređajima koji posredno omogućuju vizualni pregled zavarenog spoja, provodi se na nedostupnoj strani zavarenog spoja, a u pravilu se radi o korijenskoj strani.

Ovakav način ispitivanja može otkriti površinske greške tipa uključaka (troske ili poroznosti), zajede, preveliko nadvišenje, ulegnuće i slično. Prilikom izrade kotlovskih postrojenja ova metoda koristi se za pregled korijene strane priključaka cijevi za sabirne komore, gdje vizualni pregled korijene strane nije moguć.

Slika 4. prikazuje pregleda rezultata dvije metode (RT i IVT) u jednom tjednu za dva projekta. Ovakav način nije posebno zanimljiv osoblju koje se bavi zavarivanjem jer se rezultat bazira na projektu i ne nudi uvid u uspjeh zavarivača.

Ovakve statistike predstavljaju se kupcima ili upravama, kojima je zbirni rezultat prihvatljivosti zavarenih spojeva zanimljiviji od pojedinačnih rezultata.

Jedan od najzanimljivijih grafova za voditelje zavarivanje prikazan je na slici 5. Ukupan broj grešaka na tjednoj bazi podijeljen je po grupama greška prema EN ISO 6520-1: [3]

- Grupa 100 – pukotine
- Grupa 200 – poroznosti
- Grupa 300 – ukljucci
- Grupa 400 – nedostatak penetracije, greške vezivanja
- Grupa 500 – greške oblika i dimenzija

Za prikazani dijagram 80% pogrešaka predstavljaju poroznosti i greške vezivanja. Ovaj podatak daje jasan uvid na što je u narednom razdoblju potrebno obratiti pozornost kako bi se rezultati zavarivanja popravili. Prilikom analize rezultata poroznosti, posebno ako se u istom vremenskom periodu javlja kod većeg broja zavarivača, treba obratiti pozornost na plin, a zatim i na samu tehniku rada zavarivača (npr. nagib gorionika, protok plina.).

Greške vezivanja treba analizirati detaljnije razvrstavajući ih u podtipove kako bi se mogli dobiti konkretniji uzroci, ali većinom se radi o neispravnoj tehnici rada.

Slika 6. daje uvid u rezultate zavarenih spojeva ispitanih RT metodom za pojedinog zavarivača tijekom cijele godine. Cjelogodišnji rezultat nije alat kojim se može brzo reagirati za slučaj potrebe za korektivnim akcijama, ali može biti jako koristan kao podloga kojom se jasno može dokazati napredak (ili nazadovanje) određenog zavarivača za jedno veće razdoblje.

Slika 7. prikazuje dnevni pregled rezultata RT metodom prema projektima. Svakodnevnim ispitivanjem zavarenih spojeva, kojim se pravodobno prati proizvodnja, omogućava se pravovremeni uvid u rezultate i brzu korekciju rada. Dnevni rezultat s eventualnim povećanim brojem grešaka ne mora označavati zvono za uzbunu, ali je dobar mehanizam da se uvide lokacije gdje bi se mogli očekivati problemi.

## 5. ZAKLJUČAK

Educiranog i atestiranog zavarivača tijekom njegovog rada neophodno je pratiti s ciljem i realnog uvida u njegove sposobnosti, te da bi se mogle izvršiti korektivne mjere ukoliko je potrebno. Također, nužno je i za produženje certifikata te ocjenu rada. U tome su neophodni alati poput statistike koja se uz ispravan način interpretacije može pokazati kao izrazito koristan alat.

Kako je europsko tržište danas otvoreno, zavarivači kao tražena radna snaga rado odlaze u druge zemlje zbog boljih financijskih uvjeta. Zbog navedenog, kao stalan zadatak ostaje neprestano učenja zavarivačkih vještina kod mladih i nedovoljno iskusnih zavarivača, a metode navedene u ovom tekstu time dolaze do izražaja.

## 4. LITERATURA

[1] ISO 9606-1, Qualification testing of welders – Fusion welding – Part 1: Steels, 2012

[2] Interna statistička dokumentacija ĐĐ TEP - a 2015.

[3] EN ISO 6520 -1, Welding and allied processes – Classification of geometric imperfections in metallic materials – Part 1: Fusion welding, 2007