

mr.sc. Ivica Radetić, dipl.ing.el.
HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka
ivica.radetic@hep.hr

Josip Friš, mag.ing.el.
HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka
josip.fris@hep.hr

PROBLEMATIKA ULJNIH JAMA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA

SAŽETAK

Ispitivanje i održavanje uljnih jama na lokacijama elektroenergetskih objekata TS 110/x kV i TS 35/x kV je regulirano zakonskim i podzakonskim propisima iz područja vodopravnih uvjeta i mjera zaštita od zagađenja voda, s obzirom da ključni elementi tih postrojenja – energetske transformatori 110/x kV i 35/x kV – sadrže značajne količine izolacijskog ulja koje istjecanjem iz kotla transformatora u slučaju havarije mogu značajno ugroziti okoliš.

Referat opisuje projektno i izvedbeno rješenje uljnih jama većih elektroenergetskih objekata. Posebnu pozornost daje evidenciji stanja uljnih jama na lokacijama u nadležnosti Elektroprimorja. Opisan je aktualni način provedbe ispitivanja i sanacije temeljem provedenih ispitivanja. Navedeni su standardni postupci održavanja, poveznica s aktivnim sustavom upravljanja okolišem u HEP-ODS-u, posebice planovi postupanja u slučaju izvanrednog događaja. Zaključno je dan pregled najčešćih nedostataka ustanovljenih ispitivanjima, kao i prijedlog alternativnog rješenja sakupljanja transformatorskog ulja i njegova zbrinjavanja u skladu s propisima, u slučajevima kad sanacija postojećeg sustava za zbrinjavanje ulja nije moguća ili ekonomski opravdana.

Ključne riječi: uljna jama, transformatorsko ulje, ispitivanje nepropusnosti, separator ulja

POWER TRANSFORMER OIL PITS DISCUSSIONS

SUMMARY

The testing and maintenance of oil pits at the locations of power substations 110/x kV and 35/x kV is regulated by legal and by-law regulations in the fields of water conditions and water pollution management measures, given that the key elements of these facilities - power transformers 110/x kV and 35/x kV – contain significant amounts of insulating oil, which can significantly endanger the environment if they leak out of the transformer in the event of an accident.

The paper describes the design and execution solution of oil pits of larger power substations. It pays special attention to the records of the state of oil pits at locations under the jurisdiction of Elektroprimorje. The current way of carrying out testing and remediation based on the conducted tests is described. The standard maintenance procedures, the link with the active environmental management system in Croatian DSO, especially the action plans in case of an extraordinary event are listed. In conclusion, an overview of the most common defects established by the tests is given, as well as a proposal for an alternative solution for collecting transformer oil and its disposal in accordance with regulations, in cases where the rehabilitation of the existing oil disposal system is not possible or economically justified.

Key words: oil pit, transformer oil, leak test, oil separator

1. UVOD

Ključni element svake elektroenergetske mreže i postrojenja, energetski transformator, u svom je dominantnom načinu izvedbe realiziran s jezgrom i namotajima u kotlu, koji je napunjen transformatorskim uljem. Funkcija transformatorskog ulja je trostruka: dielektrička izolacija, termička disipacija i akustičko prigušenje. Energetski transformatori nazivnih snaga 1600 kVA i većih posjeduju značajnije količine ulja te je propisima iz područja zaštite od požara i zaštite od onečišćenja voda reguliran način odvođenja, prikupljanja i sprječavanja izljeva predmetnog ulja u okoliš.

S aspekta zaštite voda, ispravno funkcioniranje svakog sustava odvodnje je nužno u cilju zaštite voda od zagađivanja u smislu zaštite zdravlja ljudi i zaštite čovjekove okoline, što podrazumijeva sprječavanje istjecanja, prolijevanja i otjecanja onečišćujućih tvari u vode, podzemne ili površinske, odnosno na propusni teren, vodotok ili u kanalizacijski sanitarni sustav.

Sustav odvodnje i zbrinjavanja transformatorskih ulja u elektroenergetskim postrojenjima spada kao građevinski zahvat u vodnu građevinu za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda u zasebnim cjelinama kako bi sustav funkcionirao bez opasnosti za onečišćenje podzemnih i površinskih voda, te se klasificira kao sustav tehnološke kanalizacije. Jedan je od tri moguća sustava odvodnje koji se mogu nalaziti unutar elektroenergetskih postrojenja, uz sustave za oborinsku i sanitarnu kanalizaciju. Posebno je značajan jer ima i aspekt zaštite od požara, s obzirom da su transformatorska ulja goriva te je, u slučaju požara na objektu, potrebno minimizirati utjecaj možebitnog gorenja transformatorskog ulja na održavanje i širenje požara.

Elektroprimorje Rijeka u nadležnosti ima, za hrvatske prilike, znatan broj transformatorskih stanica s ugrađenim energetskim transformatorima veće pojedinačne snage - 11 postrojenja nazivne transformacije 110/10(20) kV s ukupno 22 ugrađena energetska transformatora nazivne snage 20 MVA ili veće i 36 energetskih transformatora u TS 35/10(20) kV nazivnih snaga od 4 do 16 MVA. Ukupna količina ulja u tim transformatorima je oko 567 tona. Kroz dugogodišnji razvoj elektroenergetske mreže i pripadnih postrojenja na području Elektroprimorja se na terenu mogu pronaći gotovo svi načini realizacije zbrinjavanja transformatorskih ulja, koji su se mijenjali kroz godine, uvažavajući dostupnost novih saznanja i tehnologija, kao i propisane razine zaštite od izljeva ulja u trenutku izgradnje pojedinog postrojenja.

Namjera je ovog referata dati presjek važećih propisa koji reguliraju predmetnu problematiku, na konkretnim primjerima dati opis trenutnih rješenja, obraditi rezultate ispitivanja predmetnih rješenja s osvrtom na najproblematičnije dijelove sustava za odvodnju i zbrinjavanje ulja, kao i dati prijedloge tipiziranih, ekonomičnih i široko primjenjivih rješenja za upotrebu u budućnosti pri revitalizaciji postojećih i pri izgradnji novih elektroenergetskih postrojenja.

2. PREGLED ZAKONSKIH I TEHNIČKIH PROPISA U VEZI SUSTAVA SABIRANJA I ODVODNJE TRANSFORMATORSKIH ULJA

Temeljni zakonski i podzakonski propisi koji reguliraju ovo područje su Zakon o vodama (NN 66/19, 84/21), na temelju kojeg je donesen Pravilnik o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti ispitivanja vodonepropusnosti građevina za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda (NN 9/20) [1], zatim Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10, 114/22), na temelju kojeg je donesen Pravilnik o temeljnim zahtjevima za zaštitu od požara elektroenergetskih postrojenja i uređaja (NN 146/05) [2] te Zakon o energiji (NN 120/12, 14/14, 95/15, 102/15, 68/18) na temelju kojeg je donesen Pravilnik o tehničkim zahtjevima za elektroenergetska postrojenja nazivnih izmjeničnih napona iznad 1 kV (NN 105/10). Iz navedenog proizlazi da je u pitanju podsustav koji je istovremeno i ekološki i u funkciji zaštite od požara. Koji je dominantan nećemo zaključivati, mada je indikativno da su propisi iz domene zaštite od požara konkretniji, restriktivniji i primjenjiviji od ekoloških propisa.

Regulativa iz zaštite od požara je dala neposredne tehničke smjernice oko nužnosti izgradnje i dimenzija ovog sustava, u poglavlju VI pravilnika [2], u člancima 28. do 30. Tim je odredbama propisano da svaki energetski transformator ili uređaj koji sadrži više od 1.500 kg ulja mora imati sustav za odvođenje ili prihvat ulja. Definirano je i da se sustav za odvođenje ulja sastoji od sabirne jame, rešetke, sabirnog cjevovoda, uljne jame i odvoda sa kontrolnim oknom. Nadležnoj osobi dano je na izbor da se sustav za odvođenje transformatorskog ulja izvodi ili ispod energetskog transformatora/uređaja ili na

nekom drugom pogodnom mjestu u okviru elektroenergetskog objekta ili izvan njega, ovisno o raspoloživom prostoru i lokalnim uvjetima.

Navedeni pravilnik posebno daje i uvjete na izvedbu uljnih jama. Uljna jama izvodi se ili pojedinačno za svaki transformator/uređaj ili kao zajednička jama za više transformatora/uređaja u elektroenergetskom objektu. Ako se uljna jama postavlja izvan mjesta na kojemu se nalazi energetska transformator/uređaj, način njezina izvođenja odabire se ovisno o lokalnim uvjetima. Uljna jama se povezuje sa sabirnom jamom ispod šticebnog transformatora/uređaja pomoću sabirnog cjevovoda. Uvjet za odvođenje ulja je da ulje ni u kojem slučaju ne može prodrijeti u vodotokove, vodne zahvate ili kanalizaciju i u kanale za kabele glavnih i pomoćnih strujnih krugova dotičnog postrojenja. Uljna jama mora imati takav volumen da može primiti ukupnu količinu ulja koju sadrži energetska transformator/uređaj. Ako uljna jama služi za više energetskih transformatora/uređaja, njezin volumen mora biti takav da primi ukupnu količinu ulja energetskog transformatora ili uređaja koji sadrži najviše ulja. Protupožarna regulativa ima namjeru spriječiti da zapaljeno ulje koje istječe iz transformatora gori u uljnoj jami, što bi uzrokovalo opasnost većih razmjera.

Posljednje navedene odredbe su ključne za dimenzioniranje cijelog sustava. Za orijentaciju, moderni(ji) energetska transformatori 110/10(20) kV, snage 20 MVA sadrže oko 10 tona ulja, dok se u jedinicama snage 40 MVA može nalaziti i preko 15 tona. Točne količine ovise o projektu, odnosno izvedbi svakog pojedinog energetskog transformatora, na što utječu tražene električke karakteristike transformatora i uvjeti ugradnje na lokaciji.

Sukladno Pravilniku [1], nakon propisanih rokova unutar kojih se vodna građevina ispituje pri početku uporabe, vlasnici, odnosno drugi zakoniti posjednici internih sustava za odvodnju otpadnih voda dužni su provoditi kontrolu ispravnosti – ispitivanje vodonepropusnosti svakih 8 godina. Uljne jame se ispituju na vodonepropusnost prema normi HRN EN 1508, a cjevovodi, tj. uljna kanalizacija prema normi HRN EN 1610 i to „V“ i „Z“ metodom u skladu s normom HRN EN/IEC 17025:2015. „Z“ metodom ispitivanja vodonepropusnosti ispituju se samo cijevi, a ispitivanje se izvodi zrakom. „V“ metoda ispitivanja vodonepropusnosti je ispitivanje sustava vodom, o čemu će biti više riječi u poglavlju 4.

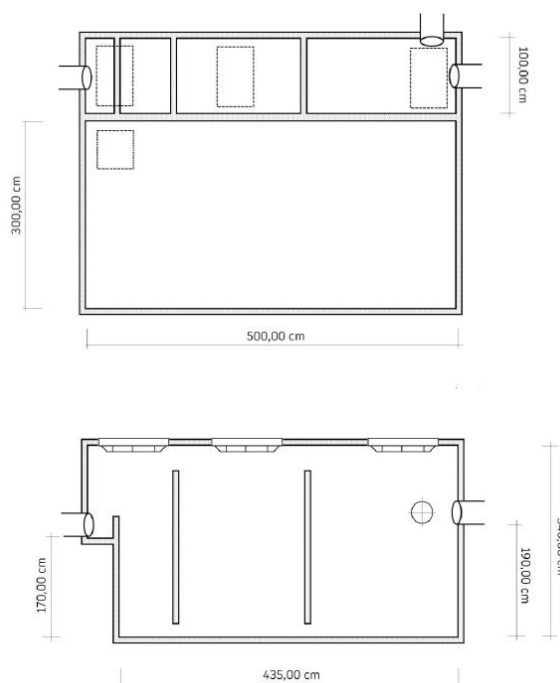
Zapisnik o ispitivanju mora biti izdan od ovlaštene tvrtke koja posjeduje akreditaciju sukladno HRN EN ISO/IEC 17025:2017. Popis izdanih certifikacijskih rješenja za obavljanje djelatnosti ispitivanja vodonepropusnosti građevina za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda [3] prema Pravilniku [1] je javno dostupan na mrežnim stranicama Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske.

3. RJEŠENJA IZVEDBI SUSTAVA SABIRANJA I ODVODNJE TRANSFORMATORSKIH ULJA

Tehnološka kanalizacija izvedena u sklopu transformatorske stanice sastoji se od: zasebnog bazena unutar kojeg su smješteni transformatori na betonskim postoljima s uljnim bazenima koji su na dnu prekriveni rešetkom i batudom (sabirnik ulja ili trafo jama), zajedničke uljne jame (za prihvat ulja i/ili zauljene vode) sa zdencem, kontrolnim (revizijskim) oknima, cjevovodima za odvodnju ulja i/ili zauljene vode iz trafo jama u sabirnu uljnu jamu, te upojnog bunara za vodu s taložnicom.

Uzimajući u obzir opasnost gorenja ulja, sustav za odvođenje ulja izvodi se tako da zapaljeno ulje koje istječe iz energetskog transformatora/uređaja ne može gorjeti u uljnoj jami. To se postiže stavljanjem sloja kamena (debljine najmanje 300 mm, zrnatosti oko 40/60 mm) na metalnu rešetku ili mrežu kojom se sabirnik ulja odvaja od okolnog prostora. Sabirnik ulja je uvijek projektiran i izveden tlocrtnog oblika prema ukupnim dimenzijama ugrađenog energetskog transformatora. Uljna jama može biti različitog tlocrtnog oblika i uvijek je projektirana tako da može prihvatiti ukupnu količinu ulja iz najvećeg transformatora. Nema direktan ispust u tlo i vode, tako da nema opasnosti da onečisti okoliš, odnosno sustav mora biti zatvoren. Suvremene uljne jame izvedene su u više komora, uobičajeno dvije (veće i manje s preljevnom cijevi), koje su u donjem dijelu spojene. U normalnim uvjetima jama je ispunjena vodom, a kod dotoka veće količine ulja dolazi do istiskivanja vode, a ulje ostaje u uljnoj jami.

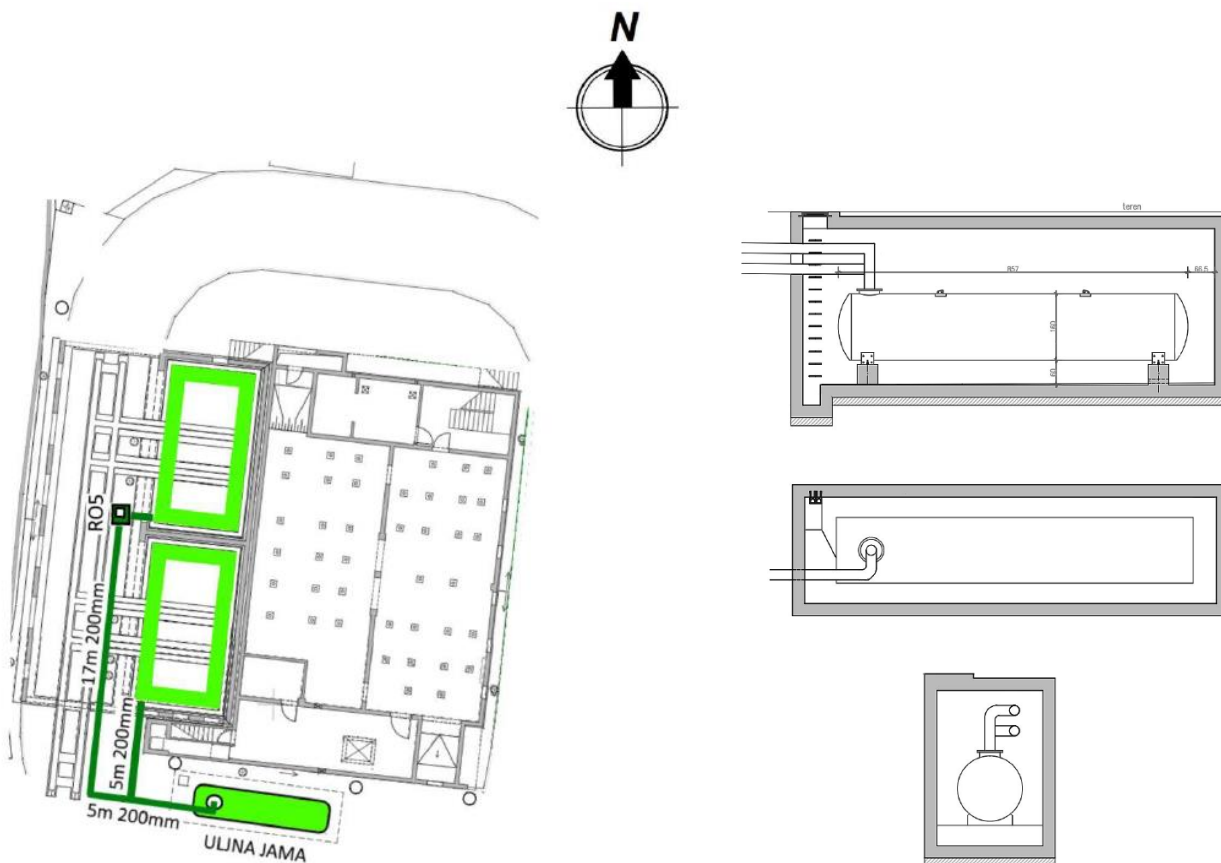
Za primjer dajemo dispozicije nekoliko rješenja: složenijih sustava u TS 110/(10)20 kV Rijeka i TS 110/20 kV Turnić, te nešto jednostavnijih sustava za odvodnju ulja u TS 35/20 kV Mavri i TS 35/20 kV Kupjak.



Slika 1. Dispozicija sustava za odvodnju ulja i presjek uljne jame u TS 110/(10)20 kV Rijeka

Sustav odvodnje ulja u TS 110/(10)20 kV Rijeka se sastoji od dvije sabirne jame ispod trafoa u nadležnosti Elektroprimorja, kanalizacijskog sustava s četiri revizijska okna i jedne uljne jame dimenzionirane za količinu ulja iz transformatora nazivne snage 40 MVA.

Uljna jama je betonska građevina, izvedena iz ukupno jedne glavne i jedne preljevne komore razdijeljene u tri separacijska prostora, kojima se na klasični način, sustavom preljevanja poput onih u sanitarnim jamama izvršava preljev onečišćene vode sve dok u posljednoj komori ne preostane čista voda koja se zatima odvodi u upojni bunar.

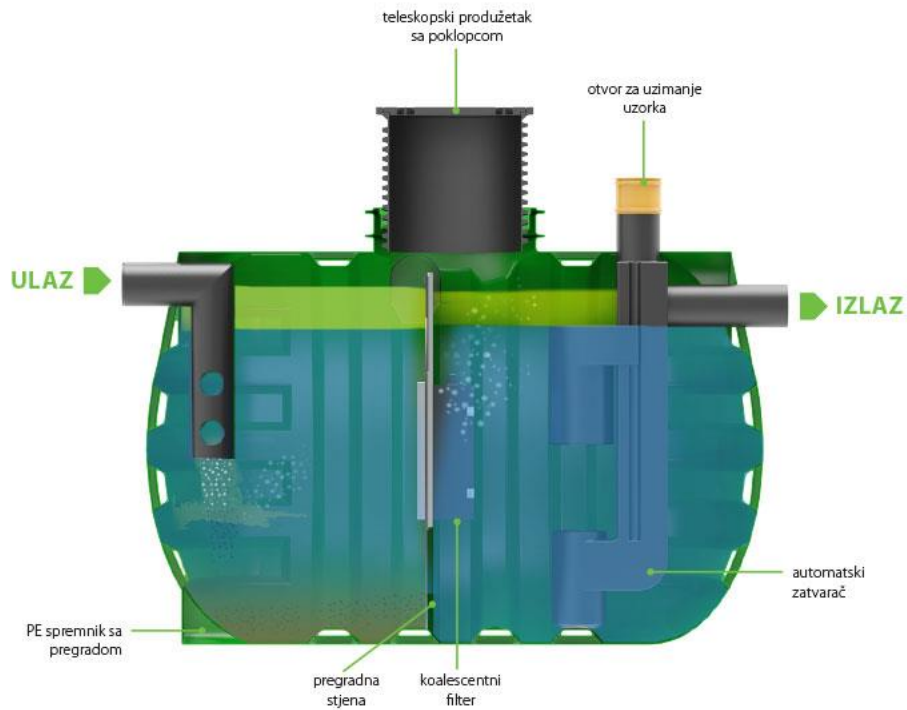


Slika 2. Dispozicija sustava za odvodnju ulja i presjek uljne jame sa separatorom ulja u TS 110/20 kV Turnić

Sustav odvodnje ulja u TS 110/20 kV Turnić je specifičan zbog lokacije postrojenja, koja se nalazi u urbanoj sredini grada Rijeke, te je s obzirom na vodopravne uvjete već pri projektiranju odlučeno da se umjesto klasične uljne jame unutar betonskog kućišta ugradi gotov separator ulja.

Kao specifično, a ekonomično rješenje pri takvim zahtjevnim uvjetima ugradnje (pogotovo pri revitalizaciji postojećih elektroenergetskih postrojenja) pokazao se odabir predfabriciranih separatora ulja za vršenje funkcije klasične uljne jame. Separator svoju funkciju izvršava sa svom vodom onečišćenom lakim tekućinama, čije se čestice zbog niske specifične težine uzdižu na površinu onečišćene vode. Kada se nakupi granična količina ulja, ulje se ispumpava kroz predviđene otvore. Pročišćena voda izlazi kroz odvod iz separatora ulja. Na slici 3. dajemo presjek jednog takvog elementa [4].

Separator ulja se može naći u plastičnoj ili metalnoj izvedbi. Odvajanje ulja se odvija po slijedećem procesu: onečišćena voda teče u ulazne cijevi separatora ulja, oblikovane tako da se voda rasprši i umiri – ujednači tlak pri ulasku vode u separator. U prvoj komori dolazi do sedimentacije krutih čestica. Voda koja je još uvijek pomiješana s uljem prolazi kroz koalescentni filter. Koalescentni filter je zapravo uložak s velikim brojem pora u sačastoj formi koje sve zajedno čine veliku površinu koja u dodiru s onečišćenim vodama dodatno zaustavlja kapljice i čestice mineralnih ulja i masti i ostalih lakih tekućina i to one koje se nisu uspjele odvojiti od vode. Efektivna dodirna površina koalescentnih filtera je preko 100 m² po m³ tekućine koja se dovodi k filtru.

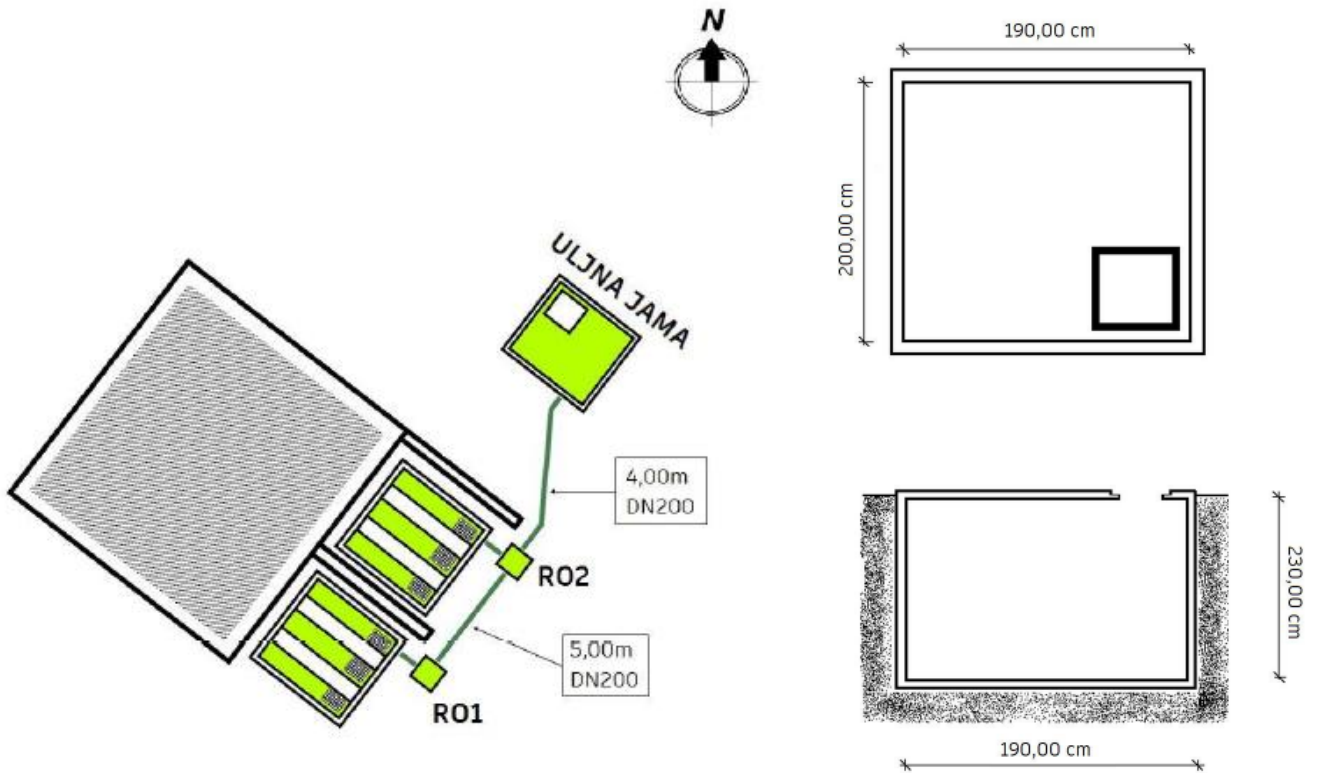


Slika 3. Presjek prefabriciranog separatora ulja

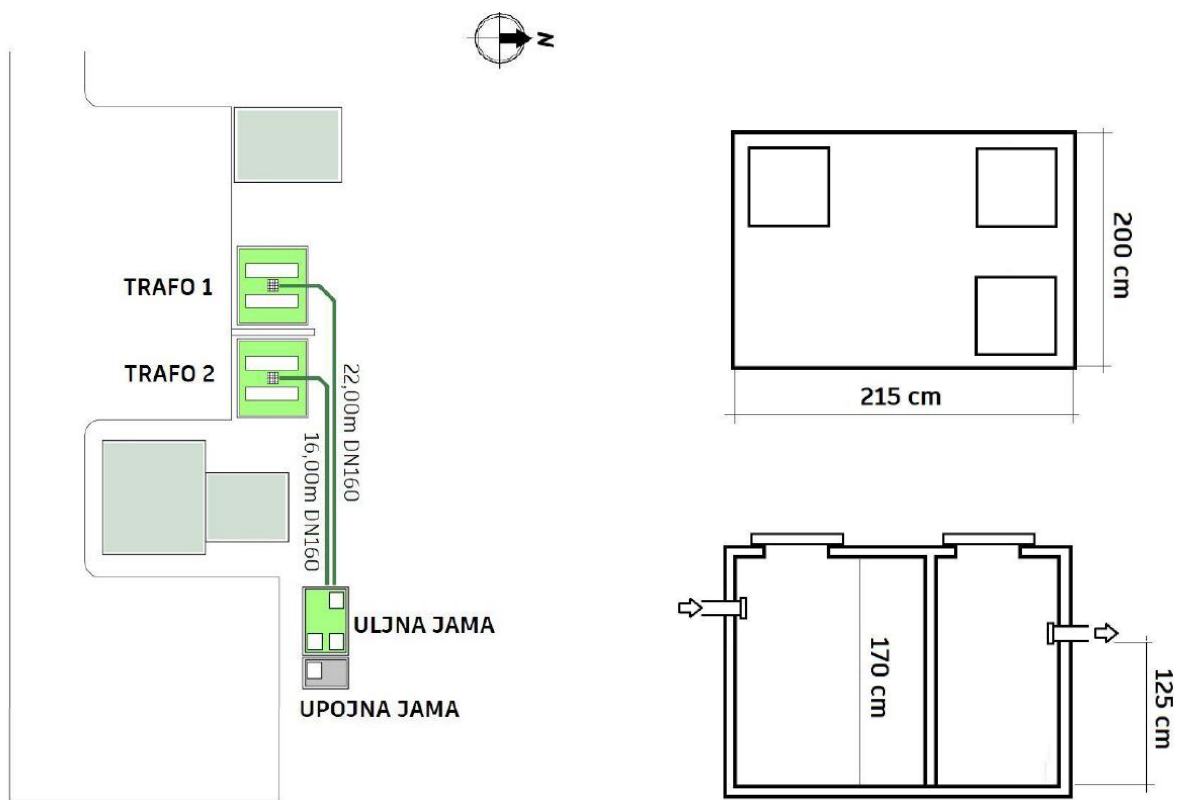
Zbog sačaste strukture filtera, protok vode se usporava i počinje odvajanje vode i ulja. Male kapi ulja počinju se agregirati u veće, što dodatno povećava volumen kapi. Kako je gustoća ulja manja od gustoće vode, zbog povećanog volumena kapi ulja se počinju podizati na površinu druge komore. Pročišćena voda tada teče u izlaz, koji je dizajniran da zadržava ulje. Na izlazu se također može ugraditi automatski zatvarač, koja sprječava prolijevanje u slučaju prekomjerne količine ulja. Kako smo već definirali, uobičajeno je da se izlazne cijevi spoje na upojni bunar za potrebe sigurnog otjecanja u okoliš pročišćene vode.

Prednost ugradnje ovakvog separatora je što kao i svaki drugi građevni proizvod posjeduje dokumentaciju kojom dokazuje svoju sukladnost kao građevnog proizvoda, uključujući i na temeljne zahtjeve vodonepropusnosti, što olakšava stavljanje sustava sabiranja i odvodnje sa separatorom ulja u uporabu po izgradnji/rekonstrukciji postrojenja i propisano periodično ispitivanje tijekom životnog vijeka postrojenja gdje je ugrađeno.

Sustavi za odvodnju ulja u TS 35/10(20) kV su uvjetno rečeno jednostavniji: cjevovodi su kraće duljine, s manje revizijskih okana, a ako su zadržane postojeće uljne jame iz vremena izgradnje ovih postrojenja, izvedene su iz samo jedne komore. Na slici 4. dajemo jedan takav primjer. U slučajevima kompletne rekonstrukcije takvih elektroenergetskih postrojenja, kad se zbog povećanja snage transformatora dogodila značajna promjena na količine ulja koja se treba sabirati, izgradile su se nove uljne jame s više komora, za što dajemo primjer na slici 5.



Slika 4. Dispozicija sustava za odvodnju ulja i presjek uljne jame sa separatorom ulja u TS 35/20 kV Mavri



Slika 5. Dispozicija sustava za odvodnju ulja i presjek uljne jame sa separatorom ulja u TS 35/20 kV Kupjak

4. ISPITIVANJA ULJNE KANALIZACIJE I ULJNIH JAMA

Kako je već u poglavlju 2. navedeno, pri ispitivanju se primjenjuju dvije norme: HRN EN 1610:2015, točka 13.3 – za cjevovode, odnosno uljnu kanalizaciju, te HRN EN 1508:2007 točka 8.3. – za uljne jame.

Ispitivanje nepropusnosti cjevovoda prema normi HRN EN 1610 se može izvesti „Z“ i „V“ metodom – zrakom i vodom. U „Z“ metodi, krajevi cijevi se zatvaraju pneumatskim čepovima od kojih jedan sadrži kontrolnu jedinicu s manometrima i kompresorom. Cijevi koje ispitujemo potom dovodimo pod propisani tlak i mjerimo pad tlaka u propisanom vremenu. S obzirom da se uljne jame mogu ispitivati isključivo vodom, uobičajena je praksa da se i uljna kanalizaciji ispituje „V“ metodom.

Ispitivanje „V“ metodom se provodi na način da su ispitne dionice zatvorene pneumatskim brtvenim čepovima, napunjene vodom i nakon proteka vremena zasićenja izmjeri se volumen izgubljene vode u kontrolnom oknu. Volumen izgubljene vode računa se iz izmjerenog pada vodnog lica u poznatom poprečnom profilu. U slučaju kad se ispituje samo cijev, pad vodnog lica prilikom ispitivanja prati se u cilindričnoj okrugloj ili pravokutnoj mjernoj posudi. Svijetla površina (poprečni presjek) posude ne smije biti manji od 0,30 m² i mora biti minimalne visine 600 mm. Takva posuda postavlja se na razinu tla ako maksimalni tlak u ispitnoj dionici ne prelazi 50 kPa.

Ispitni tlak je onaj koji proizlazi iz mjerenja ispunjenosti ispitne dionice do razine terena, ovisno od unaprijed zadanog, uzvodnog ili nizvodnog okna: maksimalni ispitni tlak je 50 kPa, a minimalni tlak 10 kPa, mjereno na tjemenu uzvodne cijevi. Ispitivanje mora trajati (30 ± 1) min. Ispitivanja se mogu provoditi i u vremenu kraćem od 30 ± 1 min u slučajevima kad se utvrdi da je izgubljeni volumen vode, izračunat iz pada vodnog lica u poznatom poprečnom profilu, premašio vrijednost veću od dopuštenog volumena. Tlak se mora održati unutar 1 kPa ispitnog tlaka određenog u točki 13.3.1. norme.

Ispitni zahtjevi su ispunjeni, odnosno uljna kanalizacija je ispravna kada volumen izgubljene vode nije veći od:

- 0,15 l/m² u toku 30 ± 1 min za cjevovode,
- 0,20 l/m² u toku 30 ± 1 min za cjevovode uključivo okna,
- 0,40 l/m² u toku 30 ± 1 min za inspekcijske otvore,

pri čemu se m² odnosi na omočenu unutrašnju površinu cjevovoda. U tablici 1. dajemo primjer rezultata ispitivanja uljne kanalizacije u TS 110/10(20) kV Rijeka.

Tablica I. Primjer rezultata ispitivanja cijevi uljne kanalizacije u TS 110/10(20) kV Rijeka

Redni broj	Ispitana dionica / objekt	Dozvoljeni gubitak vode (l)	Izračunati ili izmjereni gubitak vode (l)	Mjerna nesigurnost (l)	Rezultat ispitivanja Zadovoljava Ne zadovoljava Nije ispitano
1.	RO1 – RO2	1,93	0,00	0,06	ZADOVOLJAVA
2.	RO2 – RO3	1,96	0,00	0,06	ZADOVOLJAVA
3.	RO3 – RO4	1,96	0,00	0,06	ZADOVOLJAVA
4.	RO4 – RO5	4,28	0,00	0,11	ZADOVOLJAVA
5.	RO5 – ULJNA JAMA	2,90	0,00	0,09	ZADOVOLJAVA

Ispitivanje vodonepropusnosti uljnih jama se provodi po metodi opisanoj u normi HRN EN 1508, isključivo vodom, na način da se izvrši mjerenje pada razine vode i temperature vode i zraka u komori instrumentima čija mjerna nesigurnost odgovara dvostrukom standardnom odstupanju ($k=2$) tj. granice ukupne nesigurnosti pokrivaju područje povjerenja od približno 95%. Ukupna mjerna nesigurnost izražena je prema mjernoj nesigurnosti korištenih instrumenata za izmjeru pada nivoa. Betonski objekti/građevine, u ovom slučaju uljne jame, se prije ispitivanja moraju u vremenu od minimalno 1 sata zasititi vodom. U nekim slučajevima naručitelj može tražiti dulje vrijeme zasićenja i do 24 sata.

Vizualni pregled poda, zidova i stropa uljne jame vrši se prije punjenja vodom, a nakon pražnjenja i čišćenja se ponovno mora ustanoviti da se na ispitivanim objektima ne nalaze vidljiva oštećenja. Za vrijeme ispitivanja izvršava se kontrola propuštanja i curenja na spojevima dovodnih i odvodnih cjevovoda te na prolazima cjevovoda kroz zidove objekata. Dozvoljeni pad razine vode u vremenu ispitivanja se provjerava sukladno prema tablicama iz Pravila za akreditaciju ispitivanja vodoopskrbnih i odvodnih sustava HAA-Pr-2/12 Hrvatske akreditacijske agencije. Na slici 6. dajemo primjer rezultata ispitivanja jedne uljne jame.

Objekt ispitivanja:	ULJNA JAMA			
Lokacija ispitivanja:	TS MAVRI			
Datum ispitivanja:	29.11.2022			
Materijal izrade:	BETON			
Tehničke pojedinosti (za svaku komoru)	Komora 1	Komora 2	Komora 3	Komora 4
Dimenzije D x Š x V (m)	1,90x2,00x2,30			
Volumen (m ³)	6,46			
Maksimalna dubina vode (m)	2,30			
Promjer cijevi (mm)	Dovod	Ø200		
	Odvod	/		
	Ispust	/		
	Preljev	/		
	Ostalo	/		
Vizualni pregled (stanje površina)	DOBRO			
OPĆENITO O ISPITIVANJU				
Predviđeno trajanje zasićenja (h)	0:00			
Predviđeno trajanje ispitivanja (h)	4:00			
Dozvoljeni gubitak vode (mm)	0:00			
REZULTATI ISPITIVANJA				
Zasićenje	Početak		Završetak	
	vrijeme h	temperatura °C	vrijeme h	temperatura °C
Ispitivanje	Početak		Završetak	
	vrijeme	temperatura	vrijeme	temperatura
	11:00h	11°C	15:00h	11°C
Početni nivo ispitivanja ("0" stanje)	Objekt		Kontrolna posuda <i>(samo za objekte s otvorenim vodnim licem)</i>	
	2000 mm		mm	
Dozvoljeni gubitak vode (mm)	0,00 mm		mm	
Izmjereni gubitak vode (mm)	0,00 mm		mm	
Mjerna nesigurnost <i>U (k=2, 95% sigurnosti)</i>	0,060 mm		mm	
REZULTAT ISPITIVANJA	Objekt ZADOVOLJAVA zahtjevima norme HRN EN 1508:2007 točka 8.3.i Pravilima za akreditaciju ispitivanja VIO sustava (HAA-Pr-2/12)			
Napomena				

Slika 6. Primjer rezultata ispitivanja uljne jame

5. ISKUSTVA U ELEKTROPRIMORJU RIJEKA

U prethodnim smo poglavljima obradili zahtjeve na izvedbu, različita konkretna rješenja izvedbe i provedbu ispitivanja sustava za sabiranje i odvodnju transformatorskih ulja. U tablici II dajemo zbirne podatke o elektroenergetskim objektima u nadležnosti Elektroprimorja koji podliježu propisima za zbrinjavanje ulja.

Tablica II. Zbirna evidencija postrojenja u nadležnosti Elektroprimorja sa sustavima sabiranja ulja

Vrsta postrojenja	Broj energetskih transformatora	Ukupna količina ulja na lokacijama
TS 110/X kV	22	470 t
TS 35/X kV	36	106 t
UKUPNO	58	576 t

Iz tablice je vidljivo da po količini ulja dominiraju energetski transformatori u TS 110/X kV. Kako HEP-ODS u svom poslovanju primjenjuje Sustav upravljanja okolišem po normi ISO 140001, koji obrađuje i ovaj aspekt upravljanja i zaštitom okoliša, doneseni su interni Pravilnik o radu i održavanju objekata za odvodnju otpadnih voda na lokacijama TS 110/X kV i 35/X kV te interni Operativni plan interventnih mjera u slučaju iznenadnog onečišćenja voda na lokacijama TS 110/X kV i 35/X kV, koji pojedinačno po vrstama lokacija, odnosno izvanrednih situacija koji se mogu dogoditi obrađuju predmetnu tematiku.

Pri uvođenju sustava iz norme ISO 14001 u HEP-ODS-u, s obzirom da je postojala nerazjašnjena problematika postojanosti i tehničke ispravnosti uljnih jama donesen je višegodišnji program evidentiranja ispravnosti i uređenja sustava za odvodnju ulja u dvije faze: provedba ispitivanja i provedba možebitne sanacije po nepovoljnim rezultatima ispitivanja. U fazi ispitivanja, po provedenoj analizi objekti su razvrstani u tri kategorije. U prvoj su bile TS bez dostupnih ispitivanja vodonepropusnosti sustava sabiranja ulja, u drugoj TS s provedenim ispitivanjima, ali uočenim nedostatcima po izdanim zapisnicima o ispitivanju, a u trećoj TS s urednim stanjem – provedenim ispitivanjima i ispravnim sustavima sabiranja ulja. Hitno se pristupilo ispitivanju objekata iz prve kategorije te sanaciji stanja na objektima iz druge kategorije. Stanje na kraju 2022. je da svi elektroenergetski objekti u nadležnosti imaju provedena ispitivanja u propisanom periodu, te se pristupilo dovršetku druge, sanacijske faze, koja će predvidivo trajati do početka 2024. godine.

Iskustva Elektroprimorja, odnosno rezultati po svim provedenim ispitivanjima su povoljni: na svim lokacijama su uljne jame vodonepropusne, izuzev u jednoj TS 35/X kV, što je vrlo dobro stanje i povoljna okolnost jer je sanacija vodonepropusnosti postojećih uljnih jama uvjerljivo najzahtjevniji građevinski zahvat na dovođenju sustava u ispravno stanje. I u tom slučaju je oštećenje uljne jame na bočnoj stijenci, što pojednostavljuje sanaciju, a daje i više mogućnosti na izbor načina sanacije. Situacija s ispravnošću uljne kanalizacije je složenija; na ukupno četiri lokacije, sve TS 35/X kV, utvrđena je neispravnost. Na tri lokacije vodonepropusnost nije bila zadovoljena na dovodnom cjevovodu koji ulazi u uljnu jamu, a na jednoj lokaciji na cjevovodu između dva revizijska okna. S obzirom da su dvije TS 35/X kV u procesu revitalizacije/rekonstrukcije, odmah se kroz projektiranje novog stanja TS predvidjelo uređenje sustava odvodnju. Na preostale dvije lokacije se pristupilo sanaciji – zamjeni neispravnih cijevi.

Pri planiranoj rekonstrukciji/revitalizaciji TS 35/X kV kao efikasno rješenje nametnula se ugradnja gotovog separatora ulja, opisanog u poglavlju 3. ovog referata, koji pojednostavljuje realizaciju ovog sustava u težim lokacijskim i vodopravnim uvjetima. Trenutno se u Elektroprimorju još dvije transformatorske stanice projektiraju s navedenim rješenjem.

6. ZAKLJUČAK

Kako smo već napomenuli, problematika sustava sabiranja i odvodnje transformatorskog ulja u elektroenergetskim postrojenjima se nužno sagledava iz barem dva aspekta: ekološkog, odnosno vodozaštitnog i protupožarnog. Kroz predstavljene načine-kategorije izvedbe i opis ispitivanja predmetnih sustava u ovom referatu, te s primjerima izvedenih sustava, uz uvažavanje uvjeta izvođenja: energetskih (potrebna snaga transformacije i s tim povezana količina ulja koja se mora sigurno odvesti), lokacijskih (skućeni platoi gdje je zahtjevnije izvesti uljnu jamu kao betonsku građevinu) i vodopravnih (posebne sanitarne zone zaštite voda), izloženo se može primijeniti uz široke mogućnosti modifikacije. Ovo područje je detaljno regulirano, s točno propisanim rokovima i metodama ispitivanja, s obzirom na mogući značajni utjecaj i na okoliš u slučaju nedozvoljenog istjecanja ulja i na opasnost po zdravlje i sigurnost ljudi, u slučaju požara i nekontroliranog gorenja transformatorskog ulja.

S obzirom da su distributivna područja širom Hrvatske u kontinuiranom procesu ulaganja u kompletne rekonstrukcije i/ili revitalizacije elektroenergetskih postrojenja, u slučaju potrebe za izvedbom novog ili za ekonomski zahtjevnijom sanacijom postojećeg sustava za sabiranje i odvodnju ulja skrećemo pozornost na mogućnost ugradnje gotovih separatora ulja. Svakako bi na razini HEP-ODS-a bilo uputno imati tipsko rješenje za kontinuiranu primjenu diljem Hrvatske.

7. LITERATURA

- [1] Pravilnik o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti ispitivanja vodonepropusnosti građevina za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda (NN 9/20)
- [2] Pravilnik o temeljnim zahtjevima za zaštitu od požara elektroenergetskih postrojenja i uređaja (NN 146/05)
- [3] https://mingor.gov.hr/UserDocImages/Uprava_vodnoga_gospodarstva_i_zast_mora/POPIS%20VODONEPROPUSNOST%20ZA%20WEB-27-4-20.pdf
- [4] <https://roto-grad.hr/separatori-ulja/>
- [5] Ispitni izvještaj br. 117-HEP-22-09, AEKS d.o.o., Ivanić Grad, prosinac 2022.
- [6] Ispitni izvještaj br. 118-HEP-22-09, AEKS d.o.o., Ivanić Grad, studeni 2022.
- [7] Ispitni izvještaj br. 124-HEP-22-09, AEKS d.o.o., Ivanić Grad, studeni 2022.
- [8] Ispitni izvještaj br. 128-HEP-22-09, AEKS d.o.o., Ivanić Grad, prosinac 2022.