

Kabelski vodi

Boštjan Blažič

bostjan.blazic@fe.uni-lj.si

leon.fe.uni-lj.si

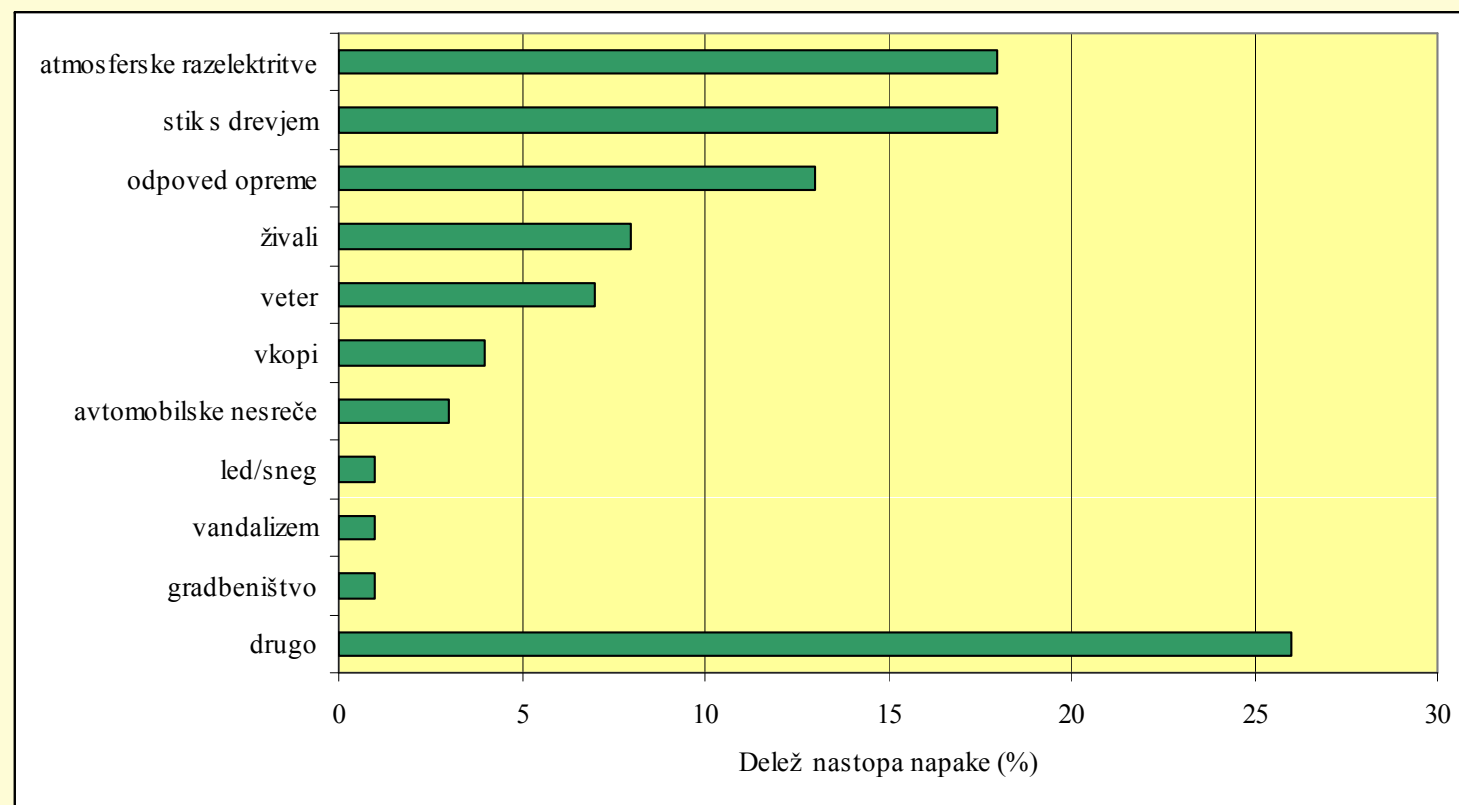


Napake in okvare v distribucijskih omrežjih

□ Kakovost oskrbe z električno energijo

- Komericalna kakovost
- Kakovost električne energije
- Nprekinjenost dobave

Delež vzrokov prekinitev



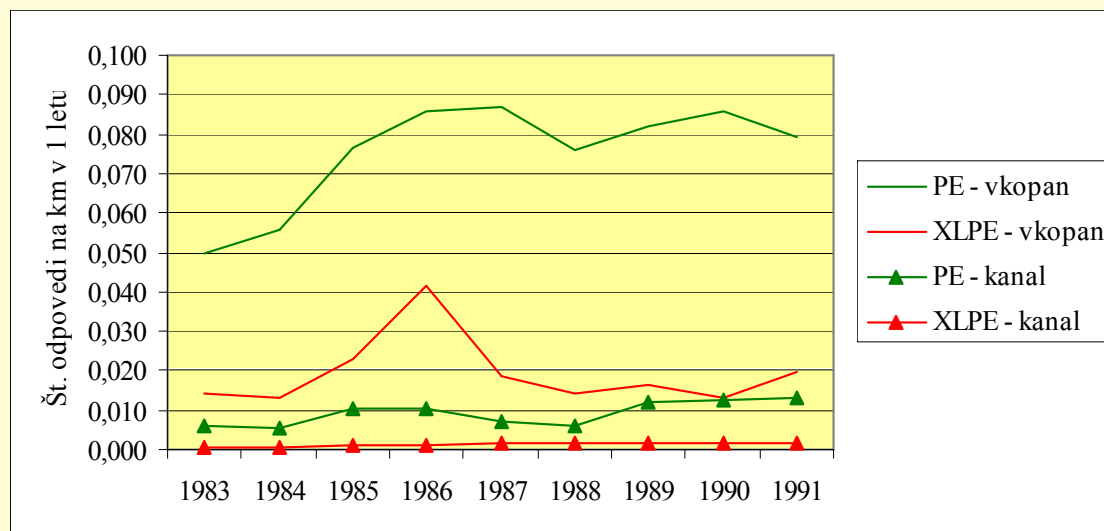
Napake in okvare v distribucijskih omrežjih

- ❑ Okvare v kabelskem omrežju
 - ❑ Okvar manj kot v nadzemnem omrežju
 - ❑ Okvare navadno vodijo v trajne izpade (ni APV-ja!)
 - ❑ Dolgi časi popravil

Povprečno število odpovedi (Elektro Ljubljana)

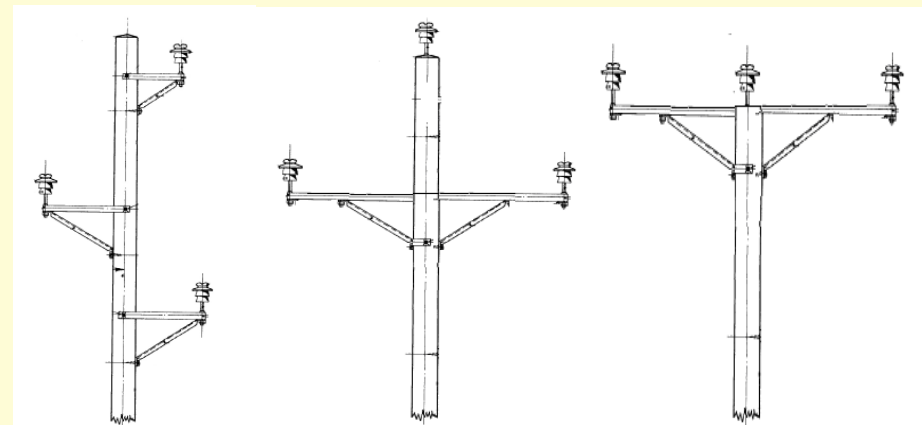
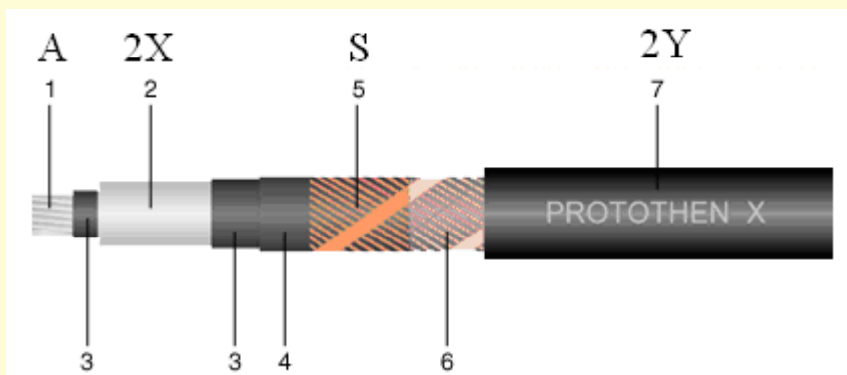
	Nadzemno omrežje	Kabelsko omrežje
Povprečna dolžina tras v letih od 2003 do 2006	1519 km	3930 km
Skupno število odpovedi	2028	419
Vsota pogostosti trajnih in kratkotrajnih odpovedi (št. odpovedi/leto/km)	0,33	0,027

Pogostost odpovedi kablov (ZDA)



Primerjava kablov in nadzemnih vodov

□ Kabel NA2XS2Y (70, 150 mm²), vod Al/Fe 70/12 mm²



Plasti uporabljene v kablu so:

1. Al prevodnik,
2. XLPE izolacija (2X),
3. polprevodna plast,
4. polprevodniški trak (vodna bloakda),
5. bakreni zaslon,
6. ločilna plast,
7. zunanja PE plast.

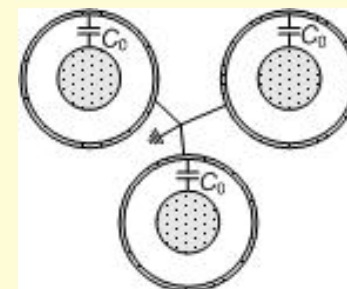
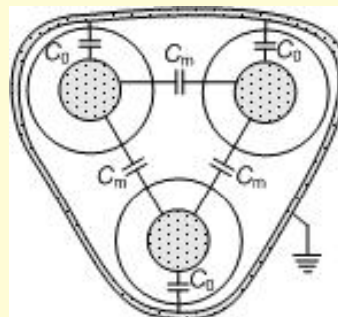
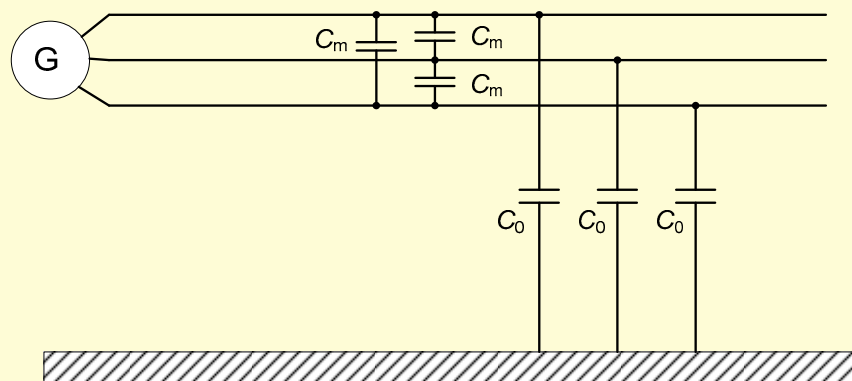
	Vrv Al/Fe * ACSR	Kabel NA2XS2Y** (enožilni)	
	70/12	70	150
S_{Al} (mm ²)	70/12	70	150
$R'_{-20^{\circ}C}$ (Ω/km)	0,41	0,44	0,21
X' (Ω/km)	0,35	○○○ 0,132 ○○ 0,220	○○○ 0,116 ○○ 0,198
C' (μF/km)	0,009	0,20	0,24
R'_0 (Ω/km)	0,56	1,30	0,85
X'_0 (Ω/km)	1,22	0,55	0,30
C'_0 (μF/km)	0,004	0,20	0,24
R'/X'	1,18	○○○ 3,3 ○○ 2,0	○○○ 1,8 ○○ 1,1

Električni parametri

Primerjava kablov in nadzemnih vodov

□ Kapacitivnosti

- Kapacitivnost vodov deluje kot kapacitivno breme, ki v primeru induktivnih bremen kompenzira jalovo



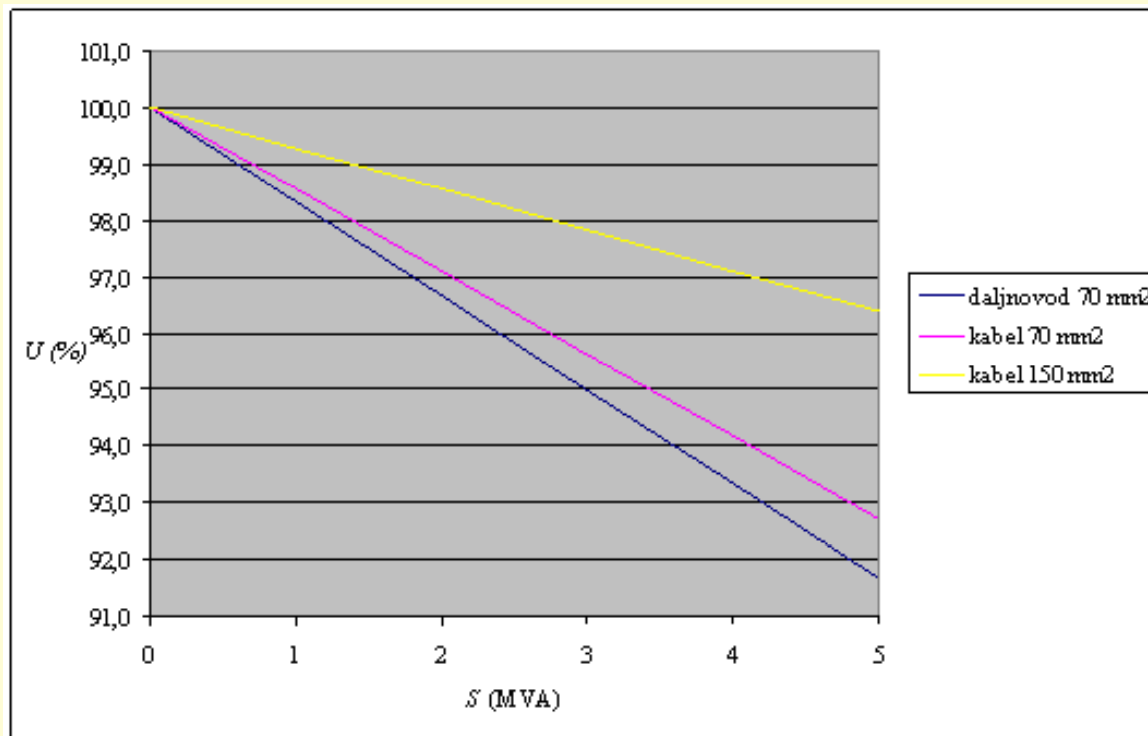
Polnilni tok

	Vrv Al/Fe	Kabel NA2XS2Y	
S (mm ²)	70	70	150
I_p (A/km)	0,033	0,770	0,903

Primerjava kablov in nadzemnih vodov

- Padci napetosti (brez upoštevanja kapacitivnosti)

$$\Delta \underline{U} = \frac{PR' + QX'}{|U_n|} \cdot l + j \frac{PX' - QR'}{|U_n|} \cdot l$$



Primerjava kablov in nadzemnih vodov

❑ Obremenljivost

— Pogojena z najvišjo dopustno temperaturo obratovanja

Vodi

Material	Dopustna temperatura obratovanja (°C)	Dovoljena temperatura v KS (°C)
ACSR (klasična izvedba)	90	180
TACSR	150	260
ZTACIR	210	280
XTACIR	230	360

Kabli

Izolacijski material	Dovoljena temperatura obratovanja (°C)	Dovoljena kratkostična temperatura (°C)
PE	70	150
XLPE EPR	90	250
PVC		
-do 300 mm ²	70	160
-do 400 mm ²	70	140

Primerjava kablov in nadzemnih vodov

❑ Obremenljivost

- Pri kablih se pogosto uporablja nižja maksimalna temperatura, npr. 65 °C
- Uporaba korekcijskih faktorjev

		Nadzemni vod Al/Fe					Kabel NA2XS2Y (enožilni)				
		35/6	70/12	95/15	120/20	150/25	70	95	120	150	240
S (mm ²)	T	I_{\max} (A)									
v zraku	35 °C	170	290	350	410	470	245	305	350	395	520
v zemlji	20 °C						215	260	295	325	420

❑ Ekvivalentni kabli

- Vod Al/Fe 35/6: Al kabel 70 mm², obremenljivost 126 %
- Vod Al/Fe 70/12: Al kabel 150 mm², obremenljivost 112 %, ali 240 mm²

❑ Življenjska doba kablov

- 40-50 let

Primerjava kablov in nadzemnih vodov

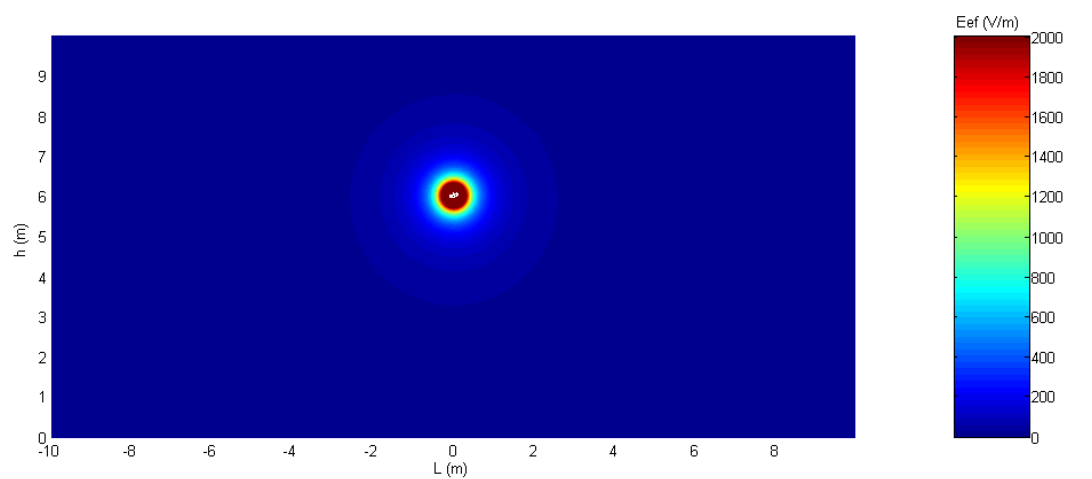
- Kapacitivna komponenta zemeljskostičnih tokov
 - Kapacitivna komponenta določena z dozemno kapacitivnostjo

Kapacitivna komponenta zemeljskostičnega toka

	Nadzemni vod (Al/Fe)		Kabel (NA2XS2Y)			
$S \text{ (mm}^2\text{)}$	35/6	70/12	70	150	240	300
$I_{\text{kap}} \text{ (A/km)}$	0,05	0,05	2,4	3,1	3,7	4,0

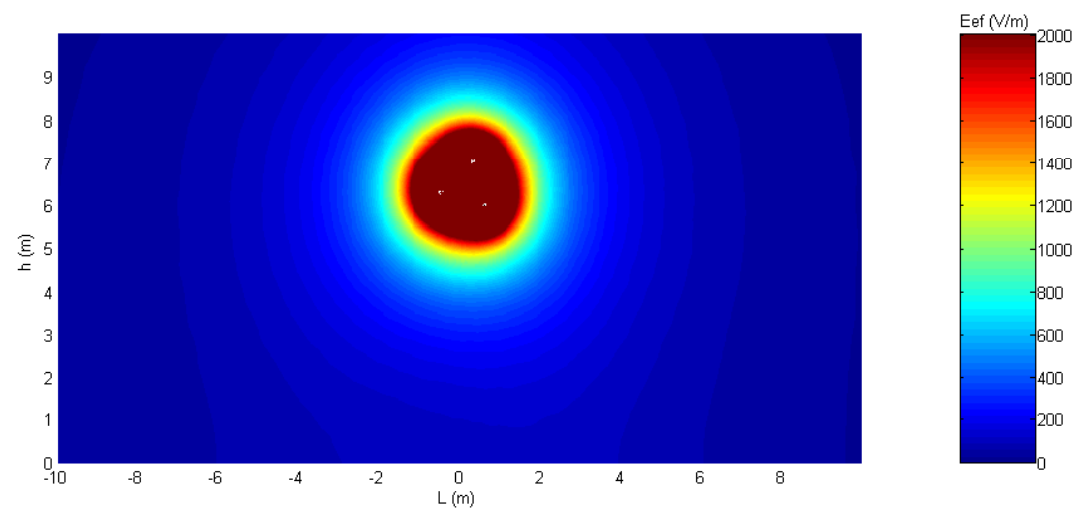
Primerjava kablov in nadzemnih vodov

- Efektivna vrednost električne poljske jakosti
 - Kablov brez ekrana (pri ekraniziranih je polje znotraj ekrana)



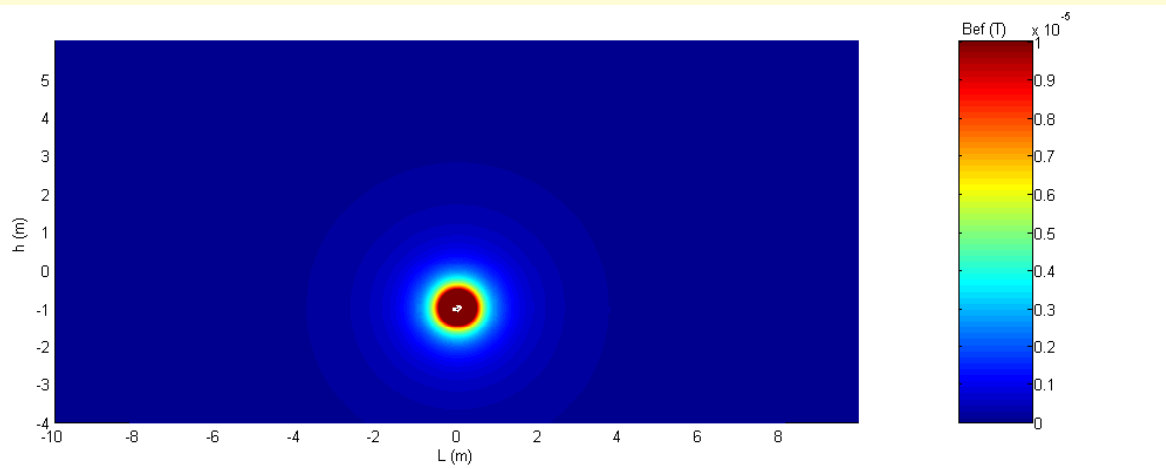
Nadzemni kabli

Vod, jelka



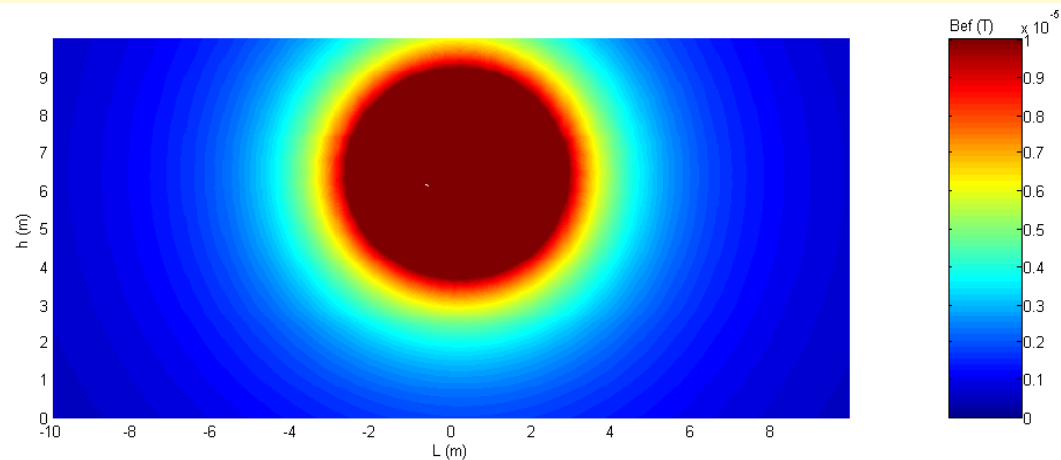
Primerjava kablov in nadzemnih vodov

- Efektivna vrednost gostote magnetnega pretoka
 - Vod Al/Fe 70/12, Al kabel 150 mm²



Kabli

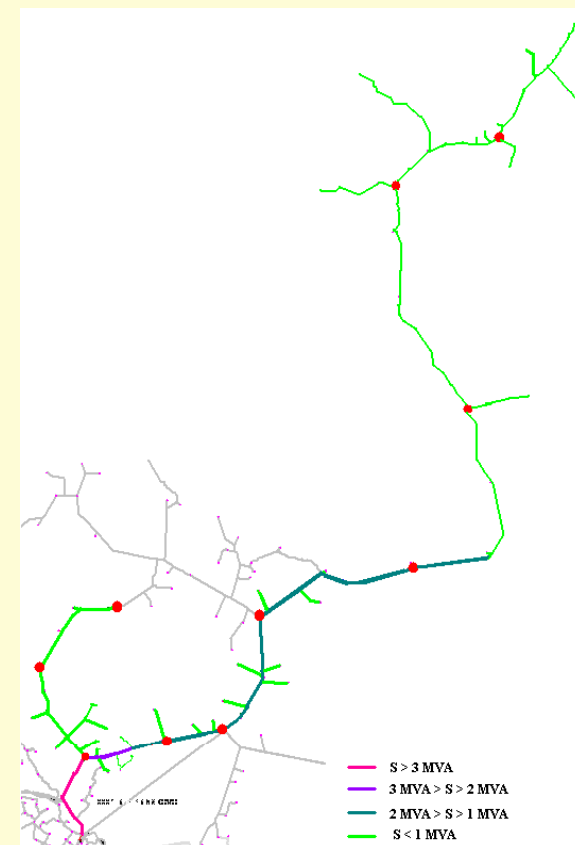
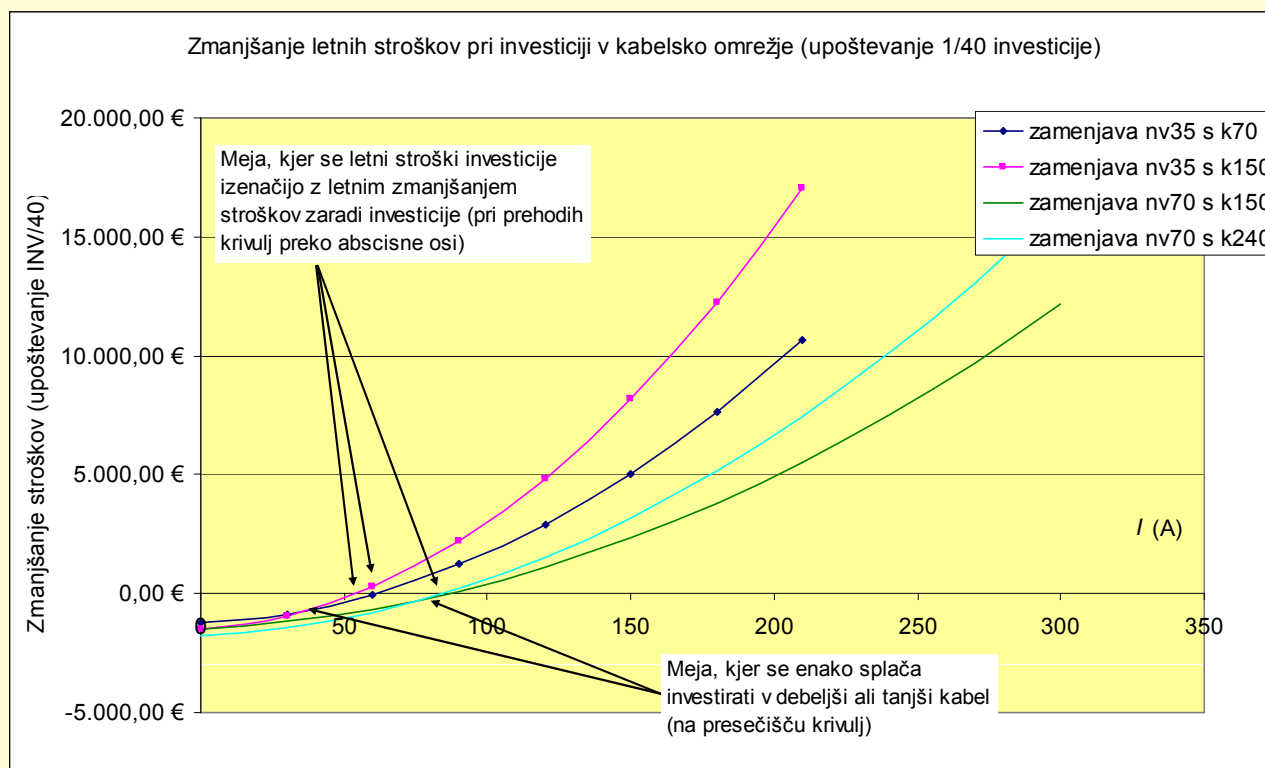
Vod, jelka



Primerjava kablov in nadzemnih vodov

□ Ekonomsko tehnična analiza

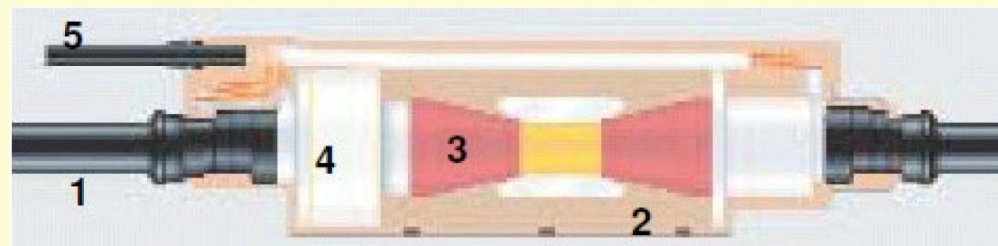
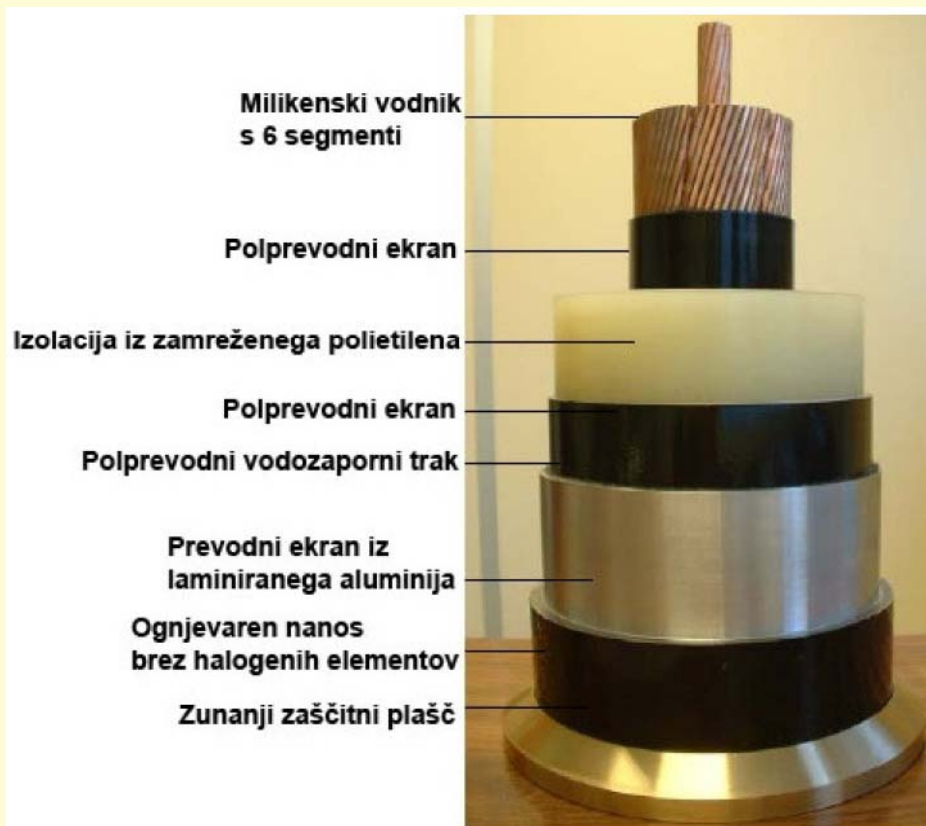
- Cene: vod 70/12 (50.000 EUR/km), kabel 150 (80.000 EUR/km)
- Stroški vzdrževanja: vod (1.000 EUR/km), kabel (500 EUR/km)
- Izgube: manjše pri kablu
- Stroški prekinitve napajanja: manjši pri kablu



VN kabli (do približno 500 kV)

□ Lastnosti

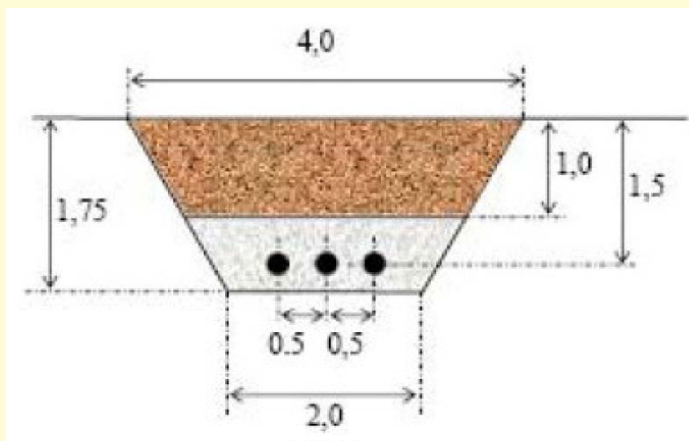
- V Evropi obratuje 10 večjih vodov na 400 kV (skupna dolžina 100 km, najdaljši 22 km -> Köbenhavn, 1000 MVA)
- Trda izolacija (zamreženi polietilen), redkeje olje (pred 1990)
- Podmorski kabli – velikokrat HVDC



VN kabli - trasa

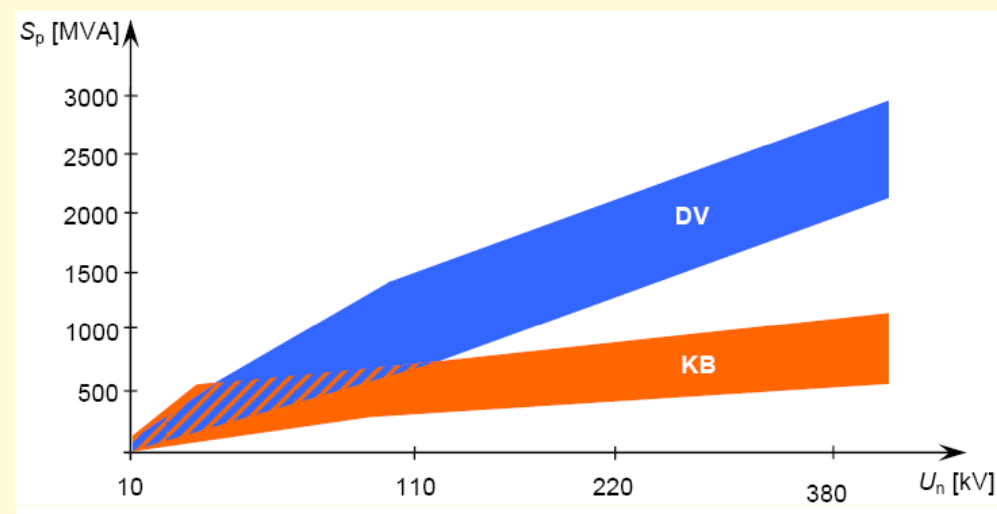
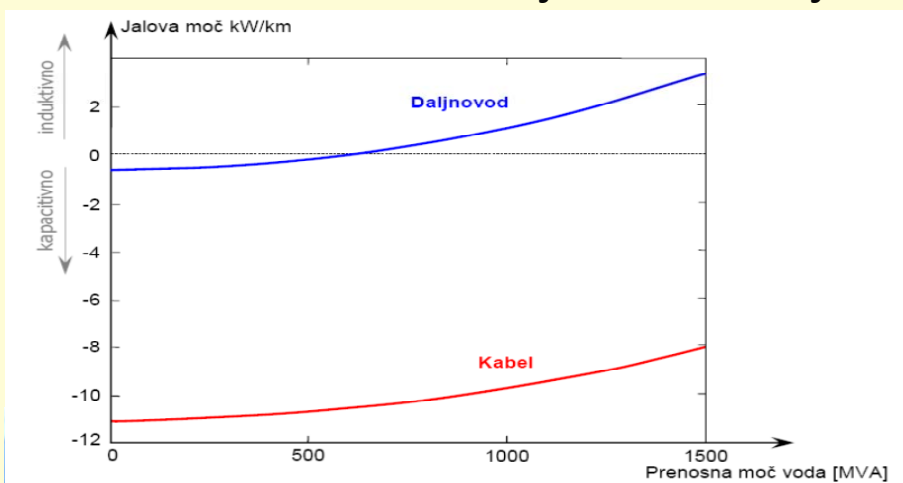
□ Polaganje kabla

— Primer ČHE Avče, 110 kV (trasa, prevoz kabla, vzdrževanje trase...)



VN kabli – električne lastnosti

- Kabelski vodi so blizu skupaj (debelina izolacije pri 400 kV je 25-27 mm)
- Velika dozemna kapacitivnost
- Majhne nične reaktance (majhna zanka fazni vodnik – prevodni ekran)
- Velik polnilni tok: pribl. 12 MVAR/km pri 400 kV (kompenzacijske dušilke)
- Naravna moč večja od 3-4x večja od nazivne (višanje napetosti na koncu voda)



VN kabli – obratovanje

- Prehod nadzemni vod – kabelski vod: različne impedance, problem udarnega vala pri udaru strele (zaščitne vrvi, prenapetostni odvodniki)
- Pri izgubah potrebno tudi upoštevati izgube kompenzacije jalove energije
- Predvidena življenjska doba 40 let

	Daljnovid	Kablovod	Pojasnilo
Življenjska doba	√		daljnovid 80 let; kablovod predvidoma 40 let;
Obratovalne izkušnje	√		Daljnovid so že preizkušeni; S kablovodi je dokaj malo izkušen;
Izgube	√		Daljši kablovodi imajo večje izgube zaradi kompezacijskih naprav
Opaznost v naravi		√	Kablovod je v urbanih središčih ter na kmetijskih področjih veliko manj opazen
Investicija	√		Kablovod je veliko večja investicija že zaradi gradbenih del, drag kabel
Okvare	√		Pri kablovodu problem odkrivanje okvar potreben izkop na mestu napake;
Obnašanje pri napakah	√		Kablovod ima manjše število napak vendar skoraj vsaka napaka povzroči škodo
Zaščita	√		Veliko lažja tehnika ščitenja pri daljnovidu, ne potrebujemo dodatnih merjenj temperature izolacije, spojev
Obremenljivost	√		Pri enakem (primerljivem) preseku je možno daljnovid bolj preobremeniti
Električna trdnost	√		Pri daljnovidu zrak kot izolator, ki je samoobnovljiv; pri kablovodu s ob preboju izolacija uniči
Preobremenljivost	√		Daljnovid je bolj preobremenljiv ker lažje odvaja toploto;
Potreba po jalovi moči	√		Kablovod ima približno 18x večjo kapacitivnost kot daljnovid
Vpliv prenapetosti	√		Ob pojavu prenapetosti lahko pride do preboja izolacije kablovoda
Kratki stiki	√		Pri kablovodu lahko pride do poškodbe izolacije zaradi velikih temperatur
Vzdrževanje		√	Pri obeh je potrebno čiščenje trase, le da je trasa kablovoda nekoliko ožja
Magnetno polje	√		Vpliv kablovoda je večji ker je bližje tlem
Električno polje		√	Pri kablovodu ni zunanega el. polja
Nerazpoložljivost	√		Pri kablovodu traja veliko dlje da se napaka odpravi
Raba prostora	√		Več različnih aktivnost je možno pod daljnovidom kot nad kablovodom
Impedanca	√		Daljšim kablovodom je potrebno dograditi prilagoditvene dušilke ker imajo premajhno impedanco
Vpliv na družbo		√	Visoki daljnovid vzbujalo občutek nelagodja