

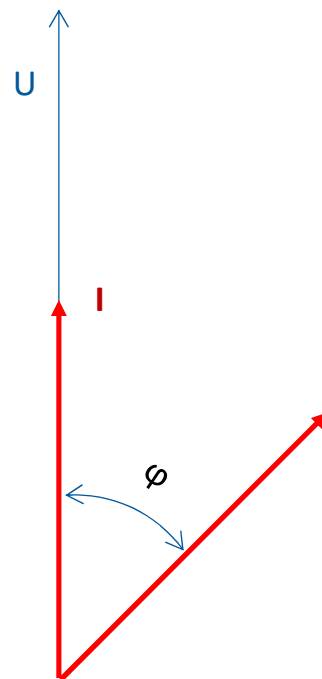
Vliv přenosu jalového výkonu na ztráty v distribučních sítích

František Žák | AMPÉR | 21. březen 2018

Eliminace přetoku jalového výkonu

- **Eliminace jalového výkonu induktivního charakteru**
 - Indukční stroje
 - Některé světelné zdroje ...
- **Eliminace jalového výkonu kapacitního charakteru**
 - Odběry s kapacitním charakterem jalového výkonu
 - Nabíjecí kapacitní proudy kabelových vedení
 - Krátké vývody
 - Dlouhé vývody

Jalový výkon



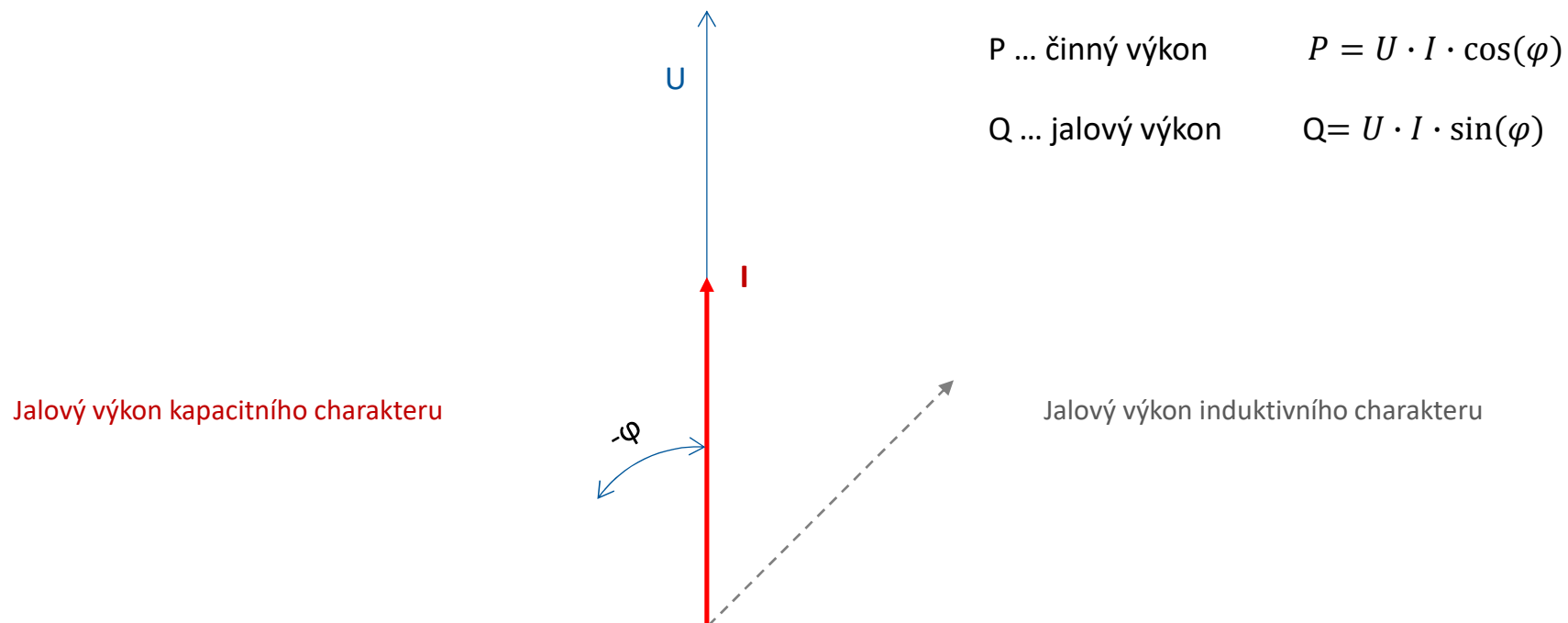
P ... činný výkon $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$

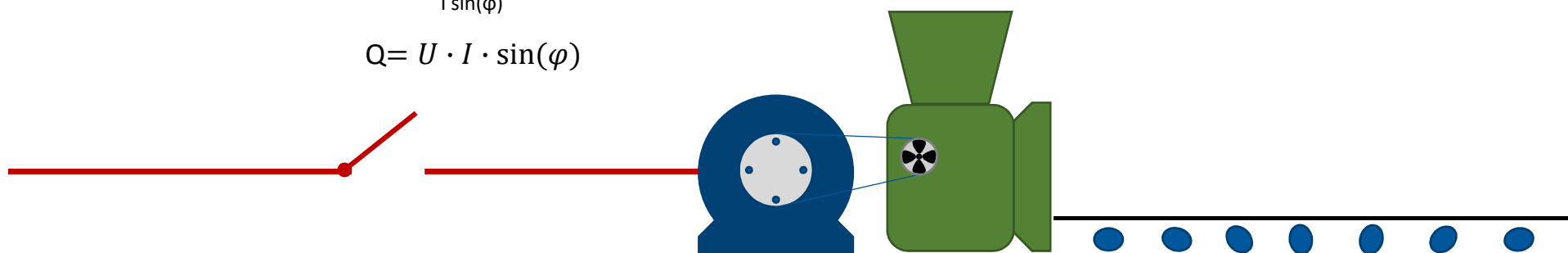
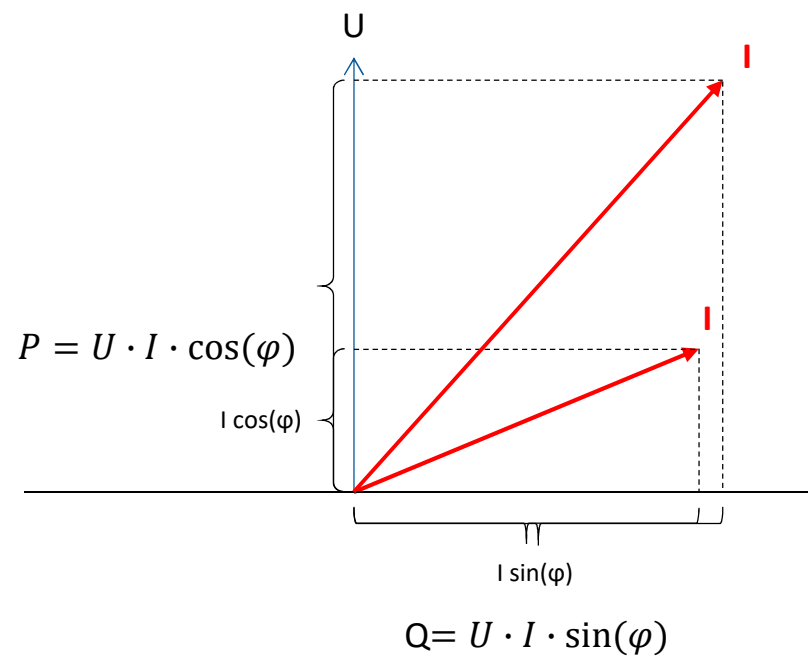
Q ... jalový výkon $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$

Jalový výkon induktivního charakteru

$P = 0; Q = UI$

Jalový výkon

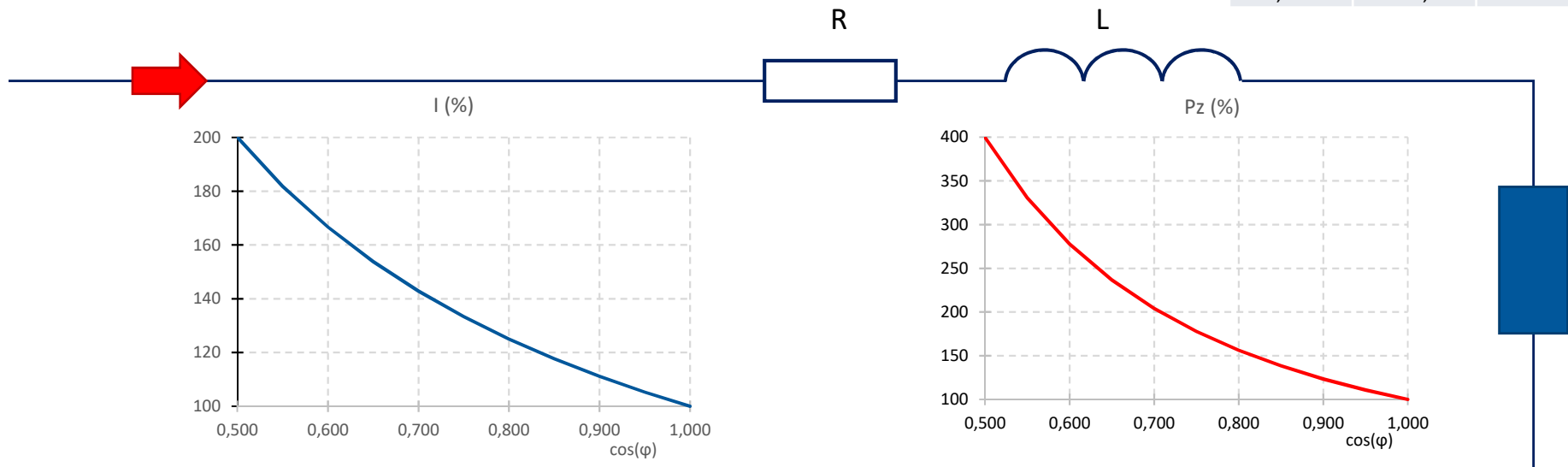




Proč jsou ovlivněny ztráty přetokem Q

cos(φ)	I (%)	Pz (%)
1,000	100,0	100
0,950	105,3	111
0,900	111,1	123
0,850	117,6	138
0,800	125,0	156
0,750	133,3	178
0,700	142,9	204
0,650	153,8	237
0,600	166,7	278
0,550	181,8	331
0,500	200,0	400

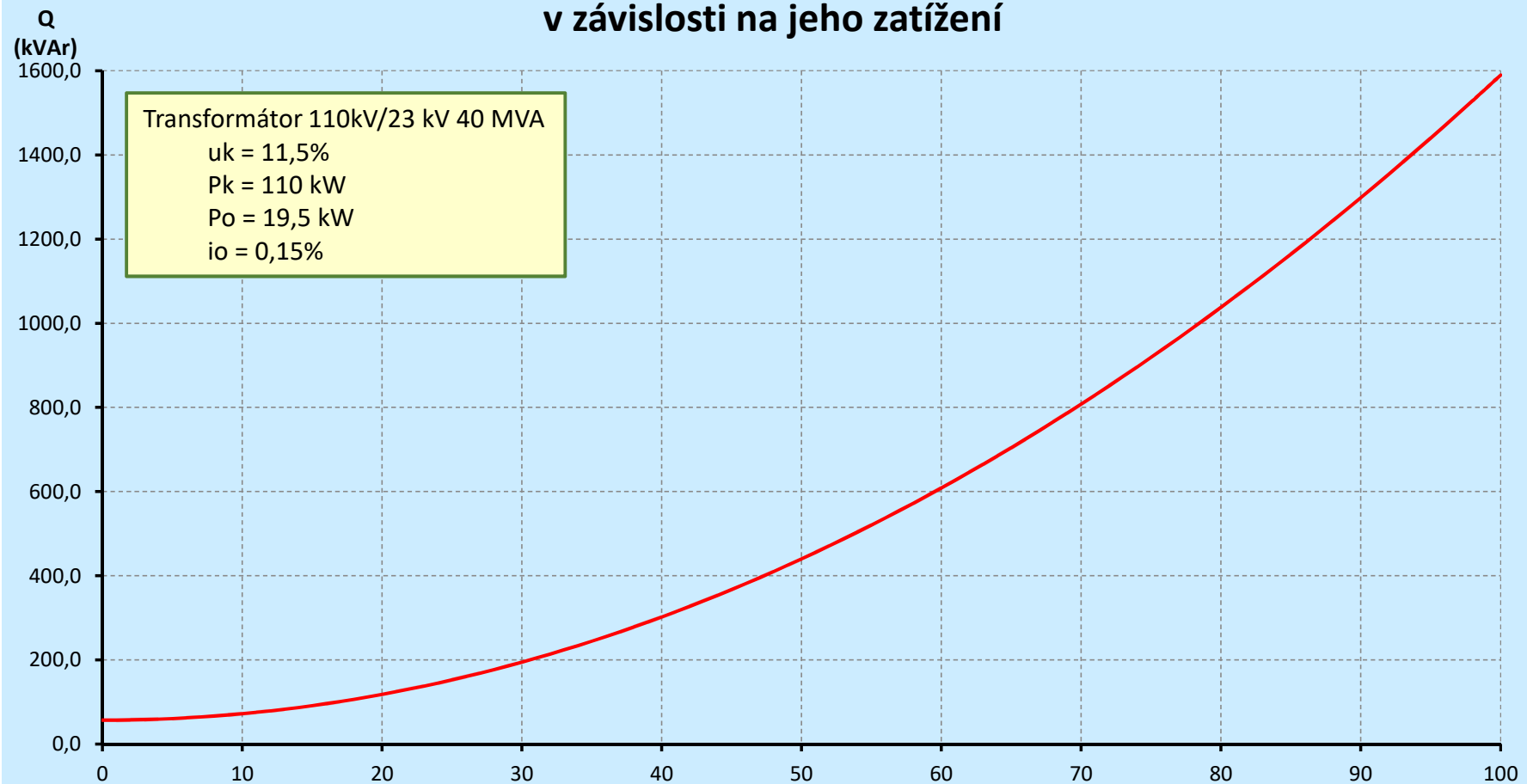
$$P_z = RI^2$$



TRANSFORMÁTOR

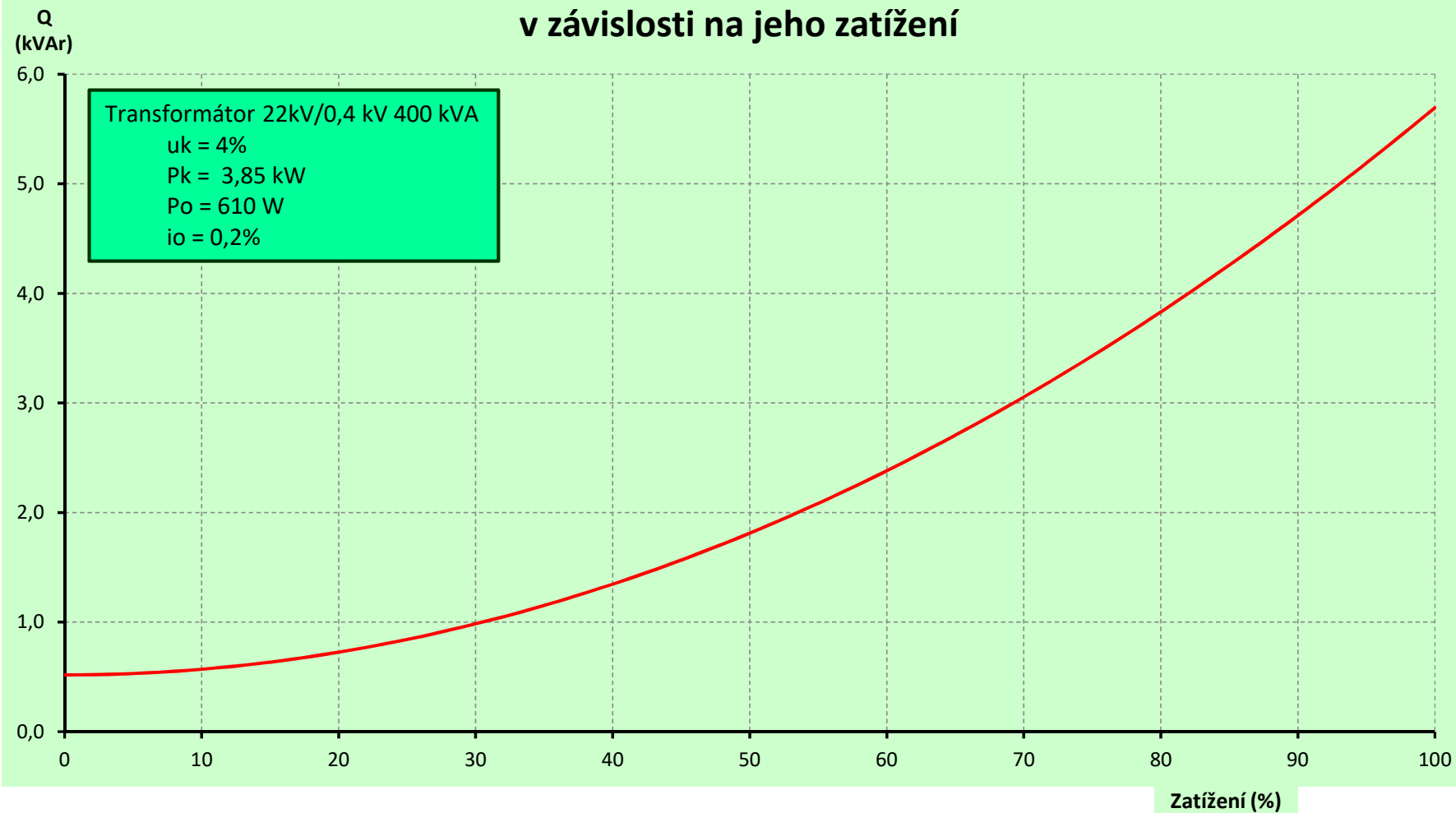
elektrický indukční stroj

Odběr indukčního jalového výkonu transformátoru v závislosti na jeho zatížení



Zatížení (%)

Odběr indukčního jalového výkonu transformátoru v závislosti na jeho zatížení



Transformátor - indukční stroj

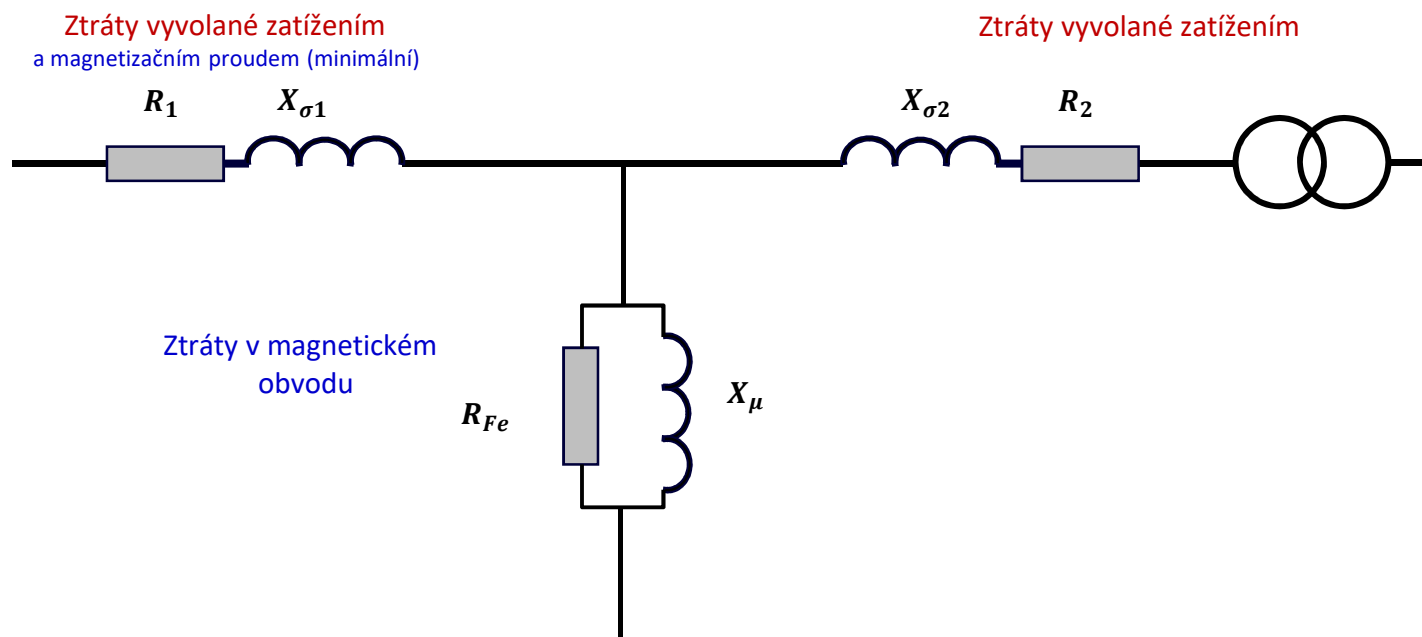
Transformátor naprázdno / plné zatížení

- Distribuční transformátor 400 kVA (0,52 kVAr až 5,7 kVAr)
 - cca 7,8 m až 85 m kabelu o průřezu 3x240 mm²
- Napájecí transformátor 110 kV/22 kV, 40 MVA (56,7 kVAr až 1,6 MVar)
 - cca 0,85 km až 23,7 km kabelu o průřezu 3x240 mm²

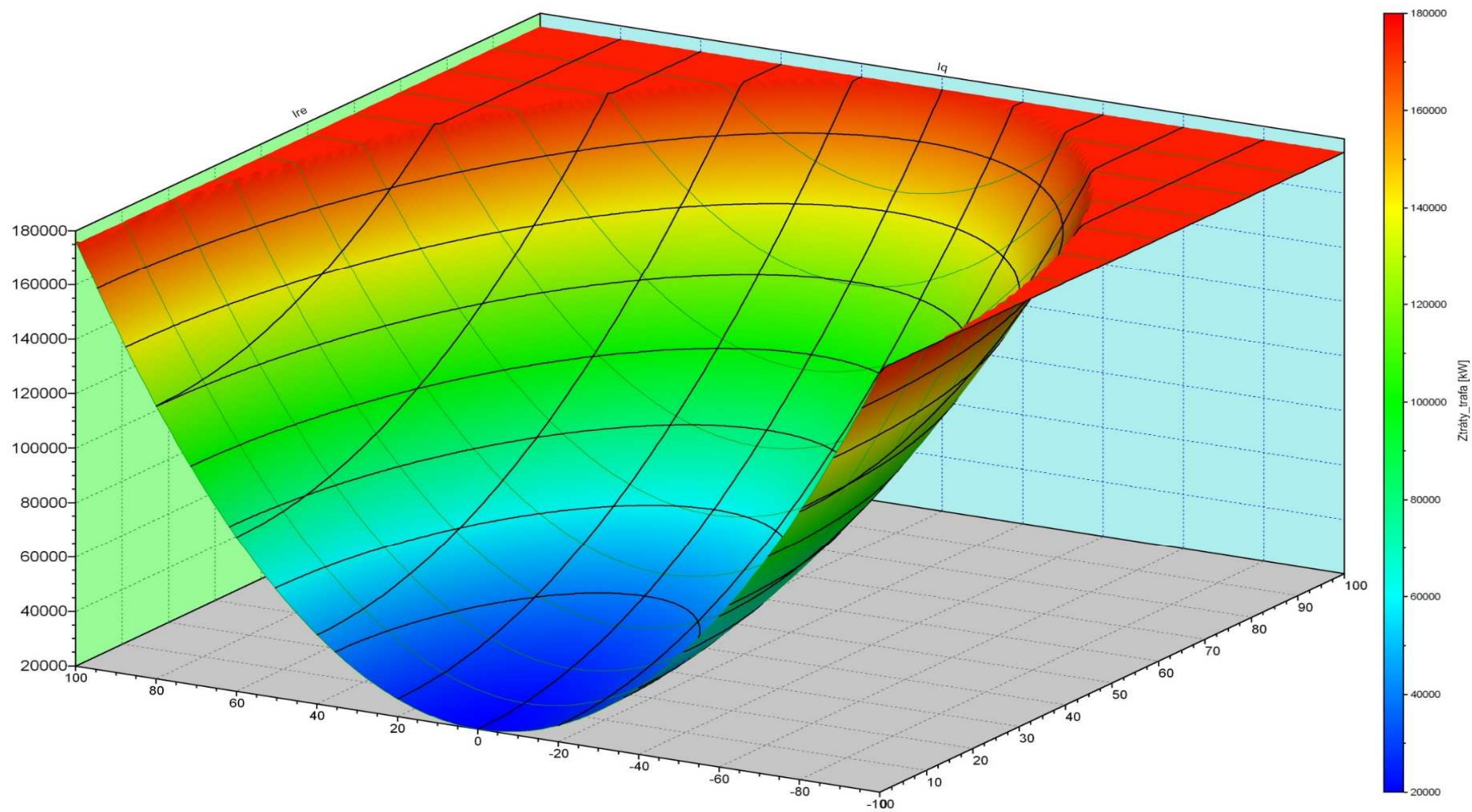
Otázka: *Je v rozsáhlé kabelové síti vhodné kompenzovat distribuční transformátory ?*

Ztráty v transformátoru

Transformátor



Velikost ztrát transformátoru v závislosti na jeho zatížení
Sn 40 MVA, $u_k = 11.2\%$, $P_k = 155$ kW, $P_o = 20$ kW, $i_o = 0.76\%$



Výpočet platby za jalovou energii induktivního charakteru

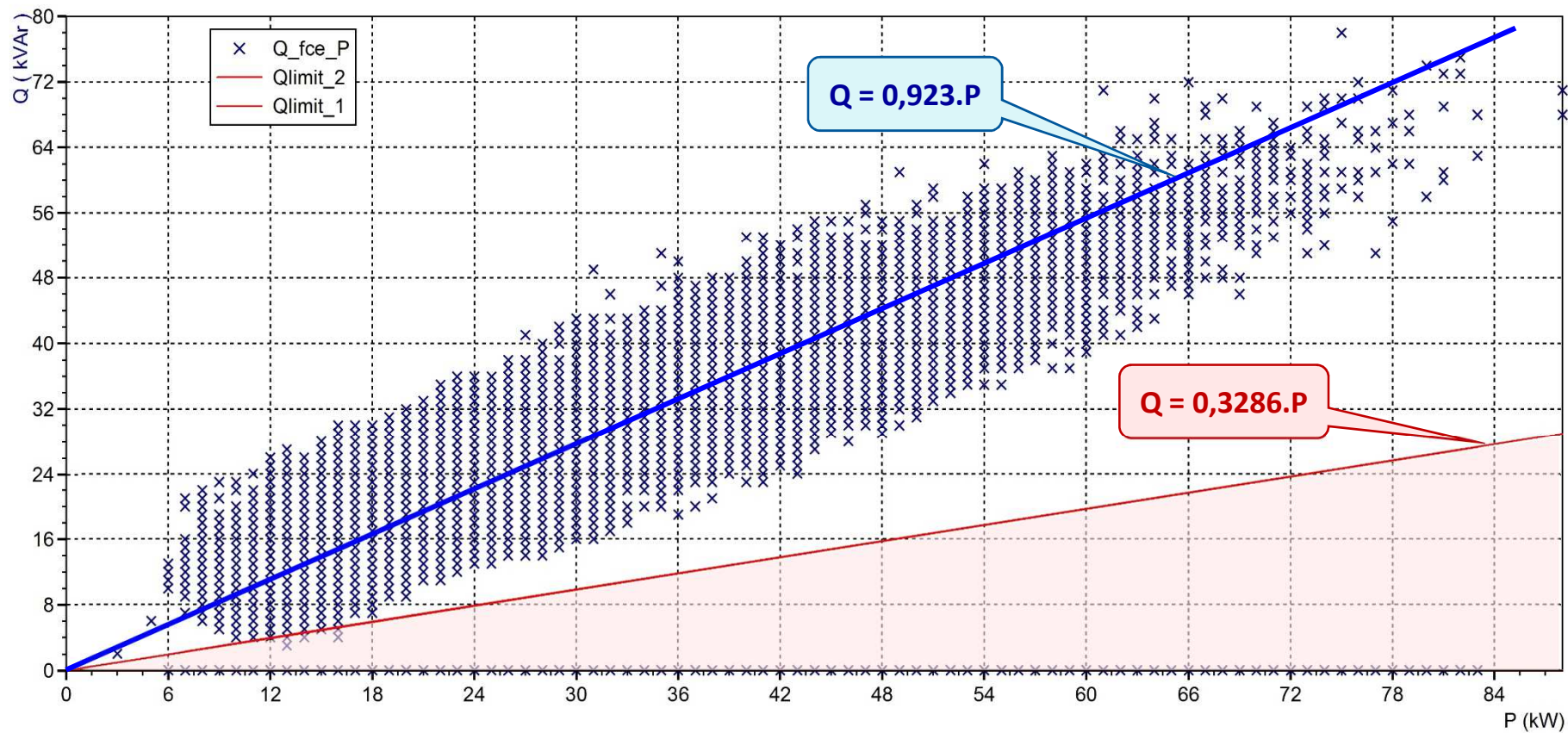
$$c_p = (P_{max} \cdot c_{rk} \cdot u) + ((c_{ps} + c_{se}) \cdot u \cdot W)$$

Kde:

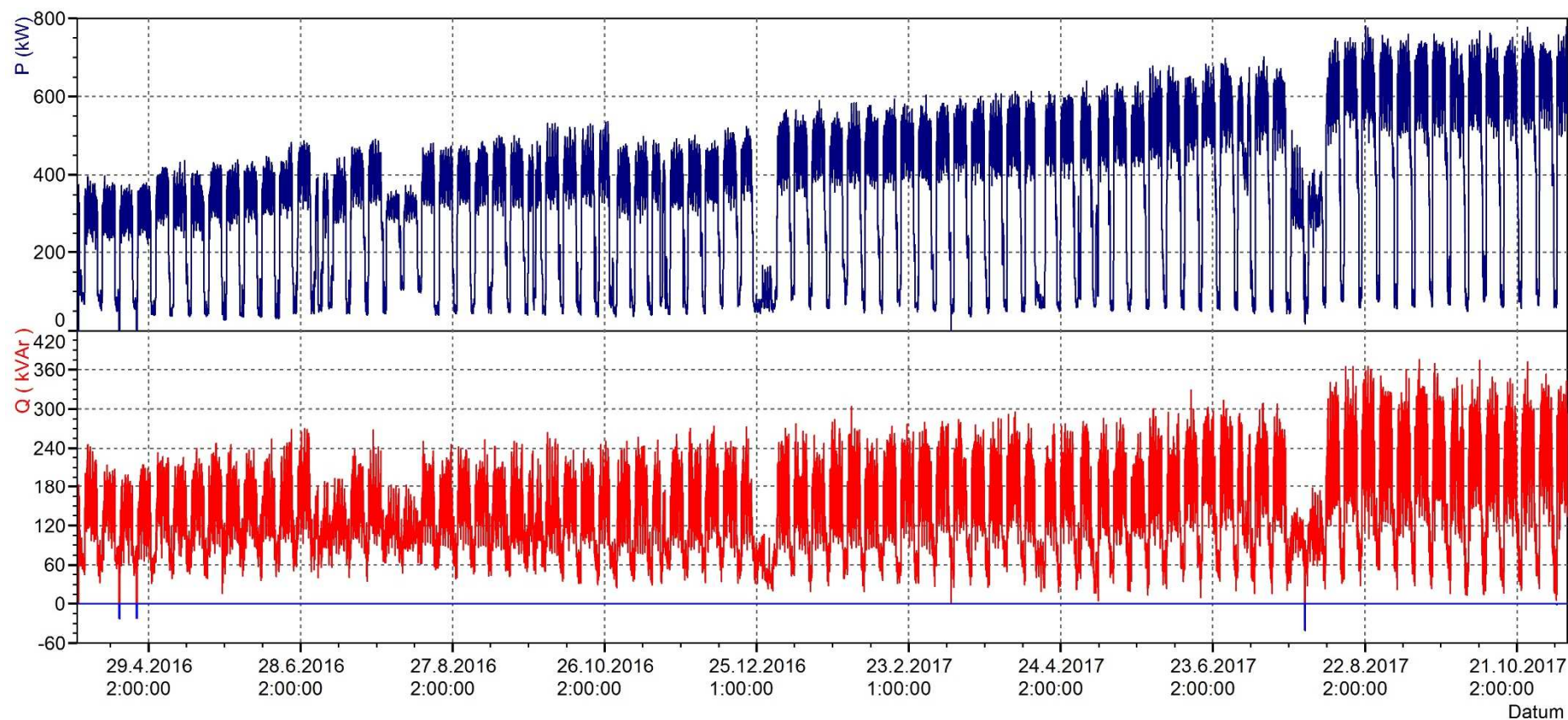
- c_p ... cena za nedodržení účinníku (Kč)
 P_{max} ... nejvyšší naměřený čtvrt hodinový odebraný elektrický výkon za vyhodnocované období (MW)
 c_{rk} ... cena za rezervovanou roční kapacitu na příslušné napěťové hladině (Kč/MW)
 u ... přírážka za nedodržení účinníku (-)
 c_{ps} ... cena za použití sítí na příslušné napěťové hladině (Kč/MW)
 c_{se} ... cena za silovou elektřinu (Kč/MWh)
 W ... množství elektřiny za vyhodnocované období (MWh)

Tabulka: Hodnota přírážky „u“ za nedodržení účinníku

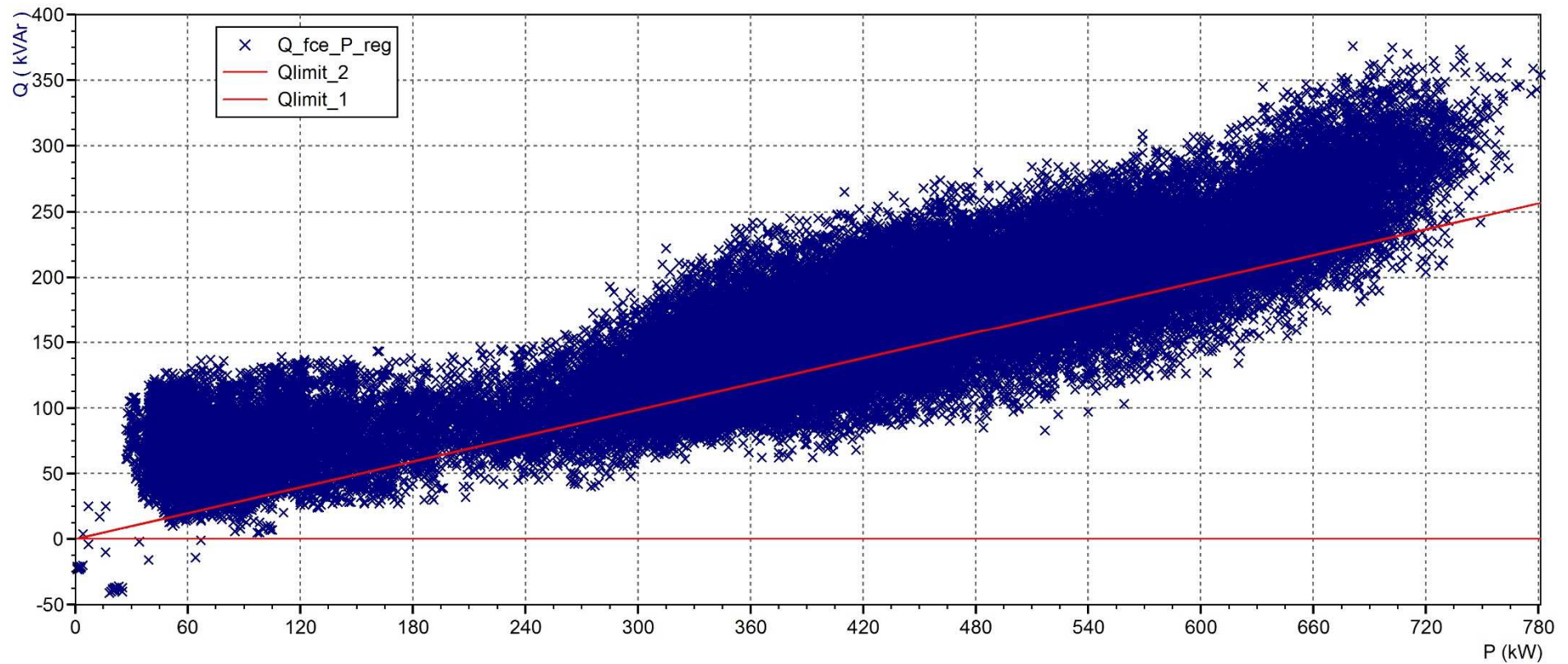
Pásma	tg(φ) min	tg(φ) max	Přírážka
1	0	0,328	0
2	0,329	0,484	0,0285
3	0,485	0,750	0,1238
4	0,751	1,020	0,2807
5	1,021	1,333	0,4858
6	1,334	a více	1,0000



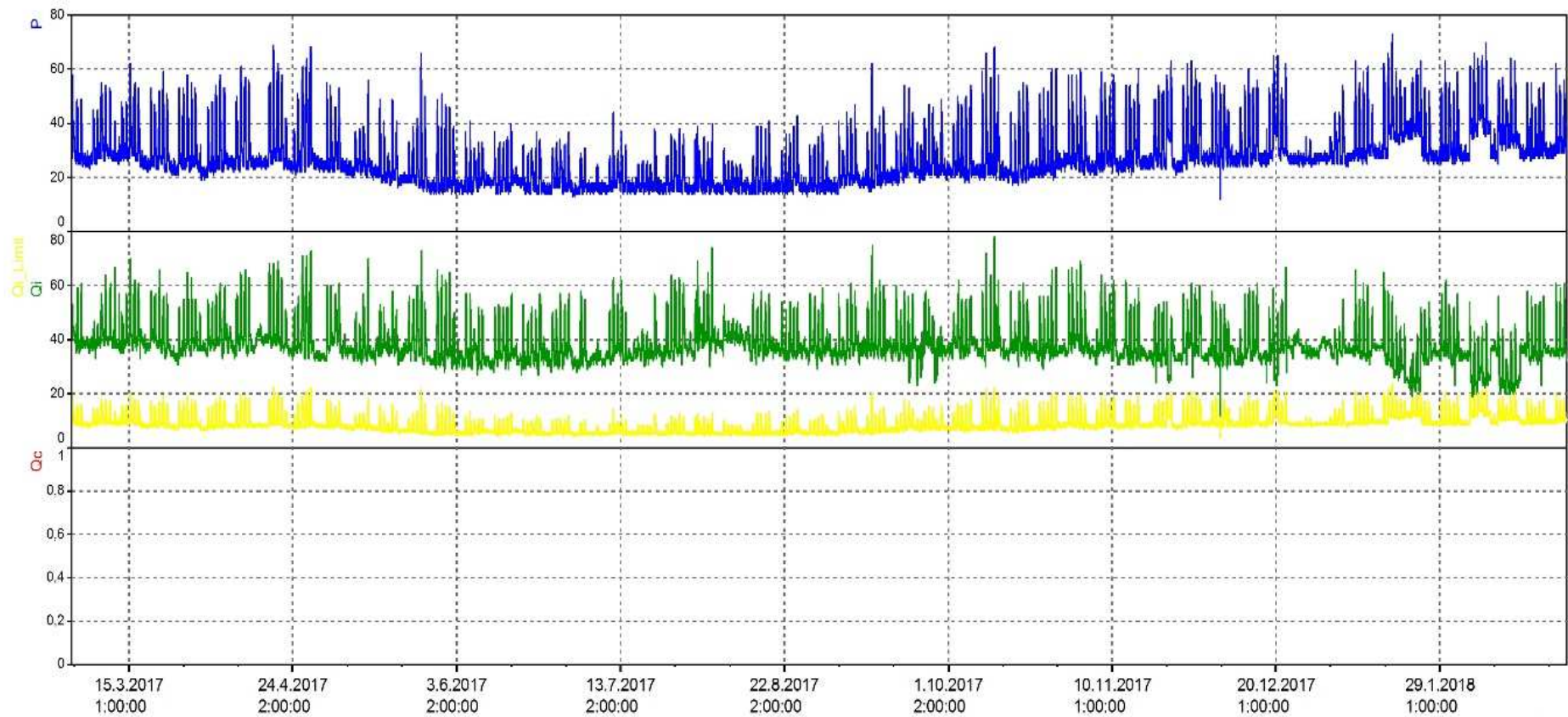
Ukázka časového průběhu zatížení



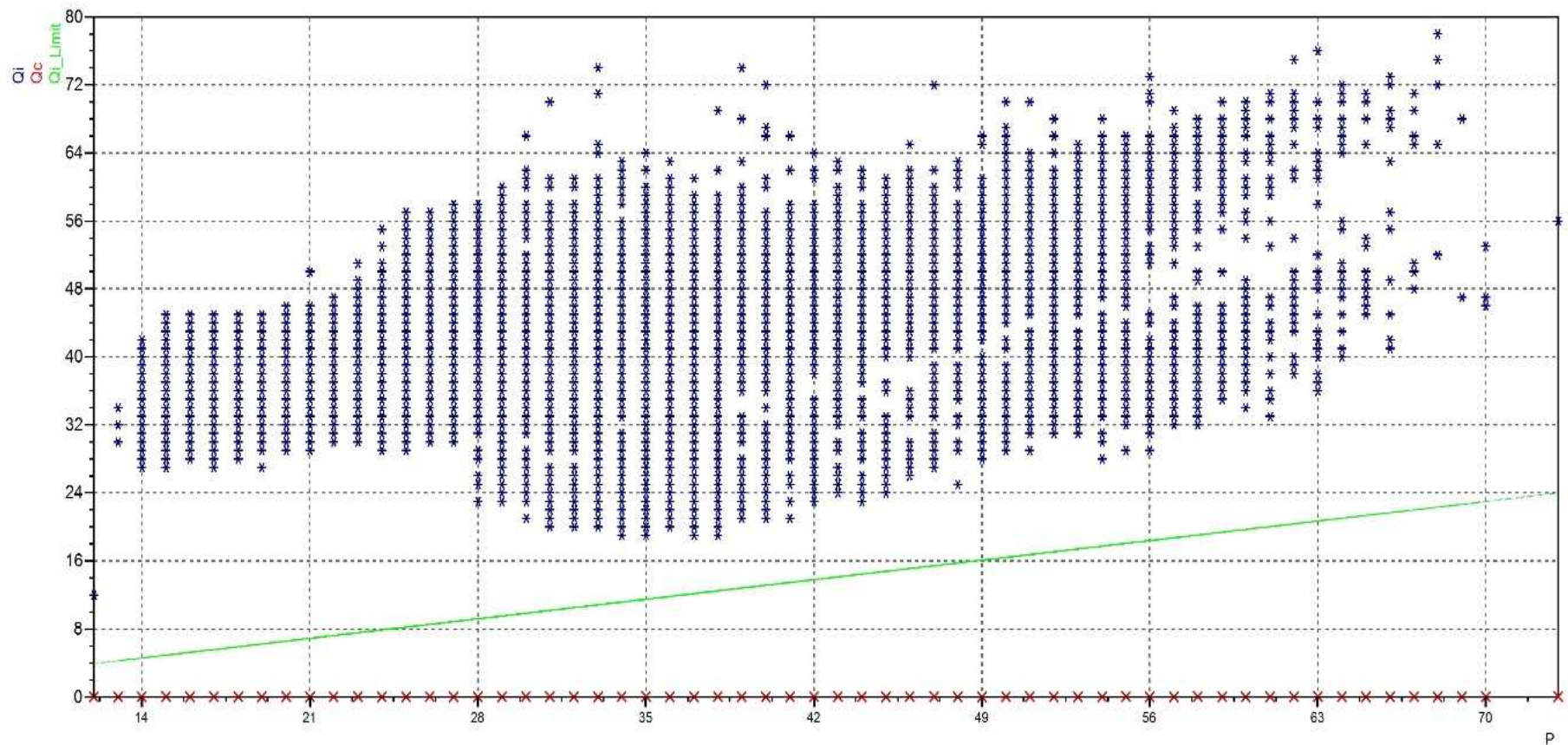
Vyjádření velikosti Q na činném zatížení P



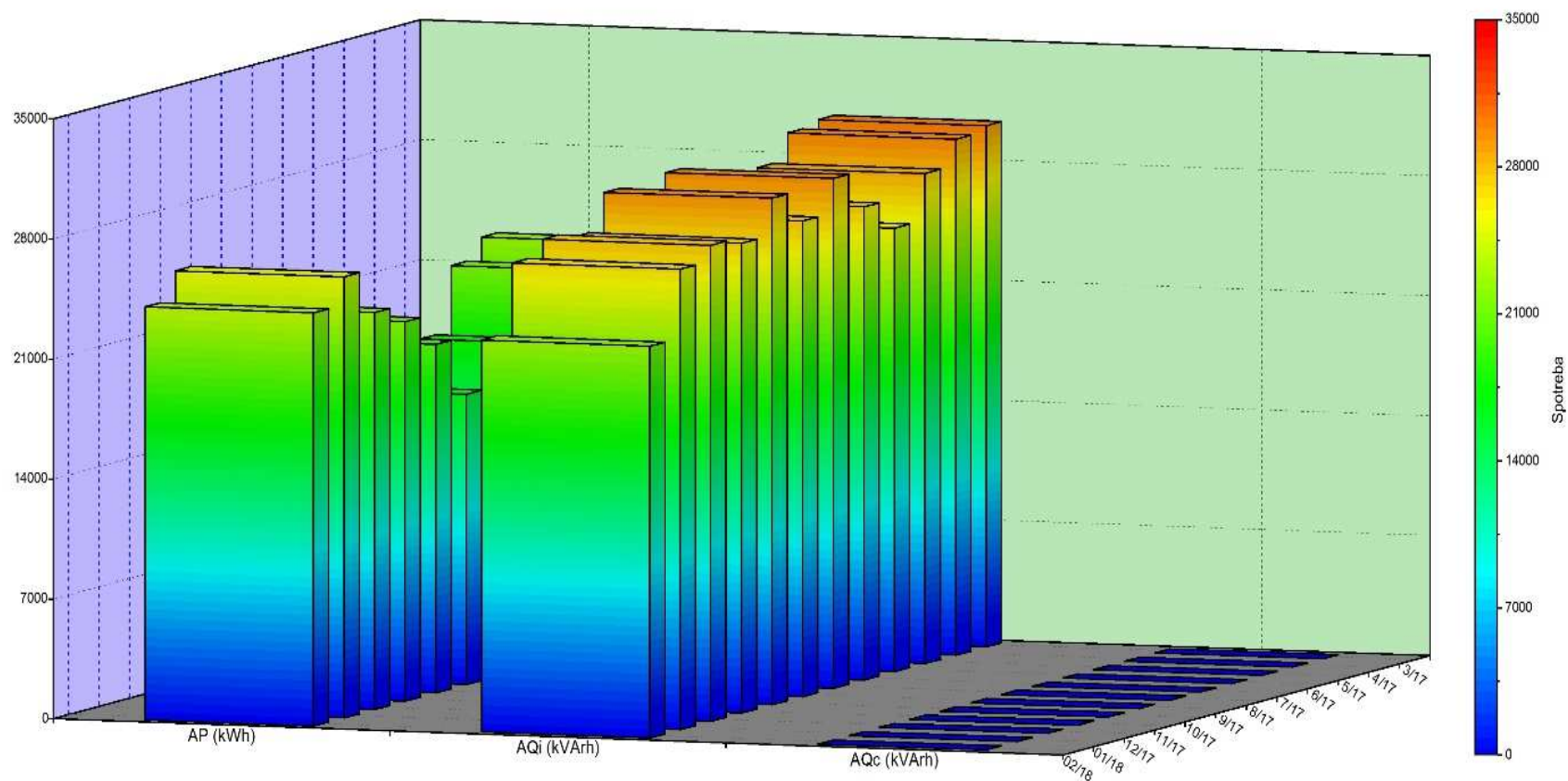
Odběr malého výrobního podniku



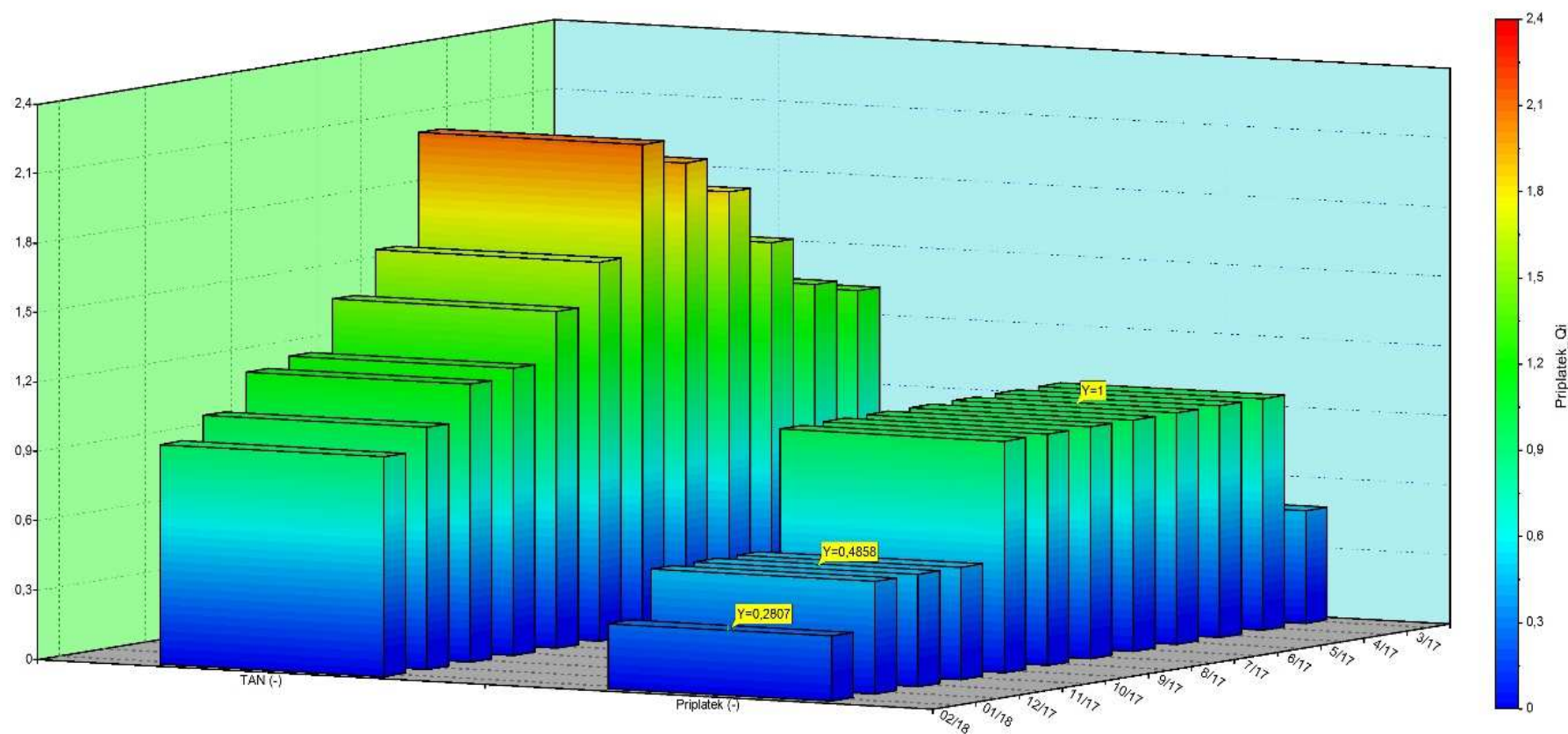
Vyjádření velikosti Q na činném zatížení P



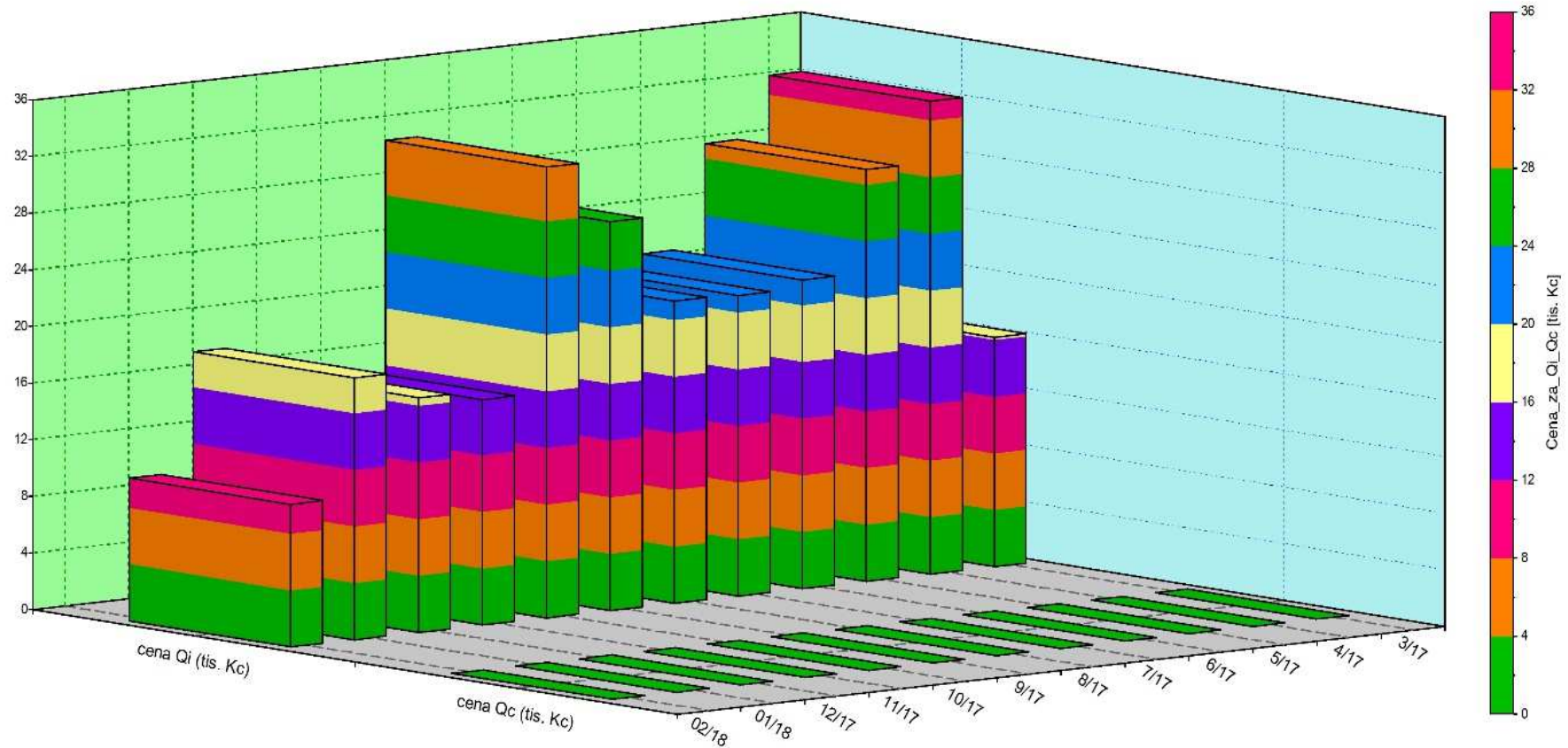
Spotřeba energie po jednotlivých měsících



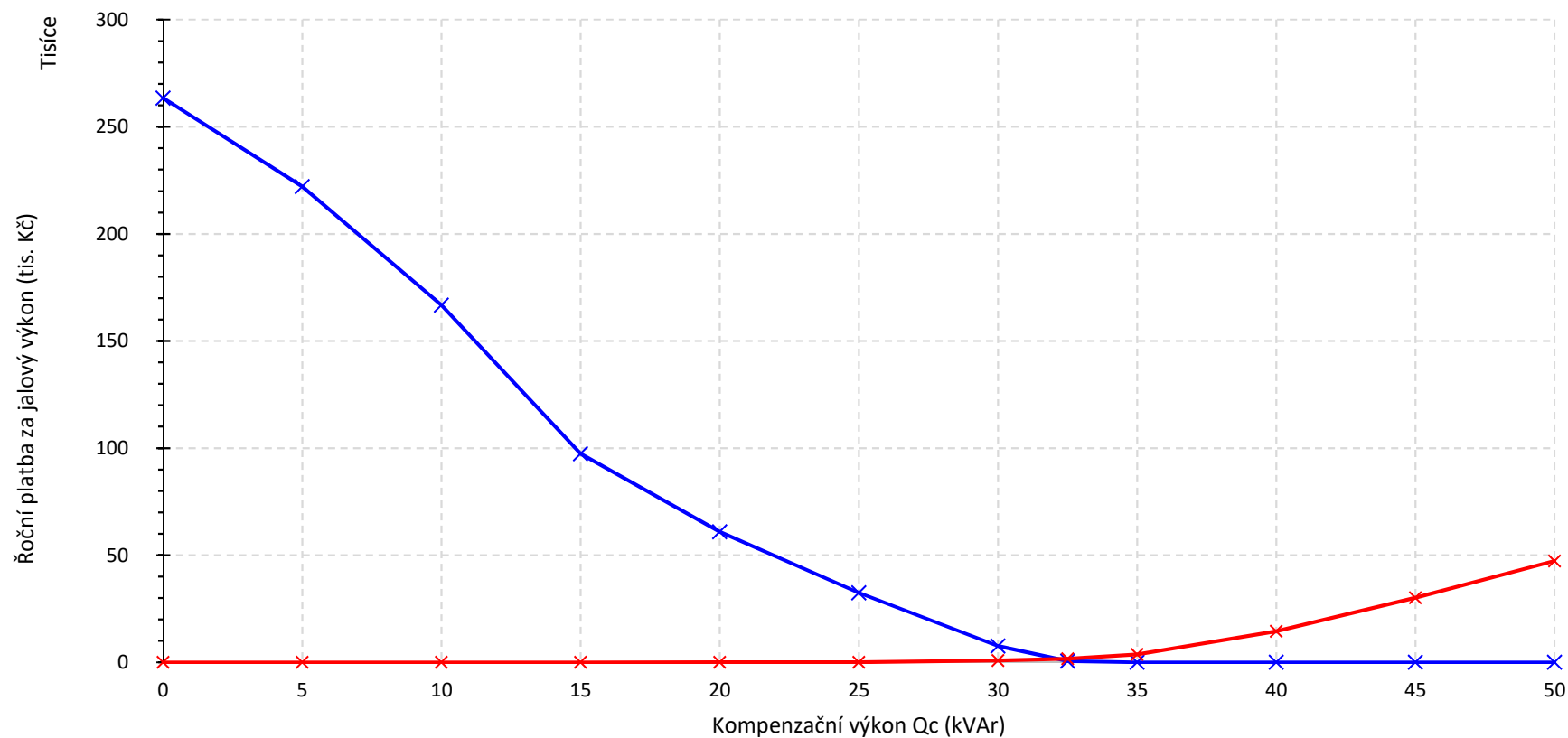
Vypočítaná hodnota tangenty a přírážky „u“



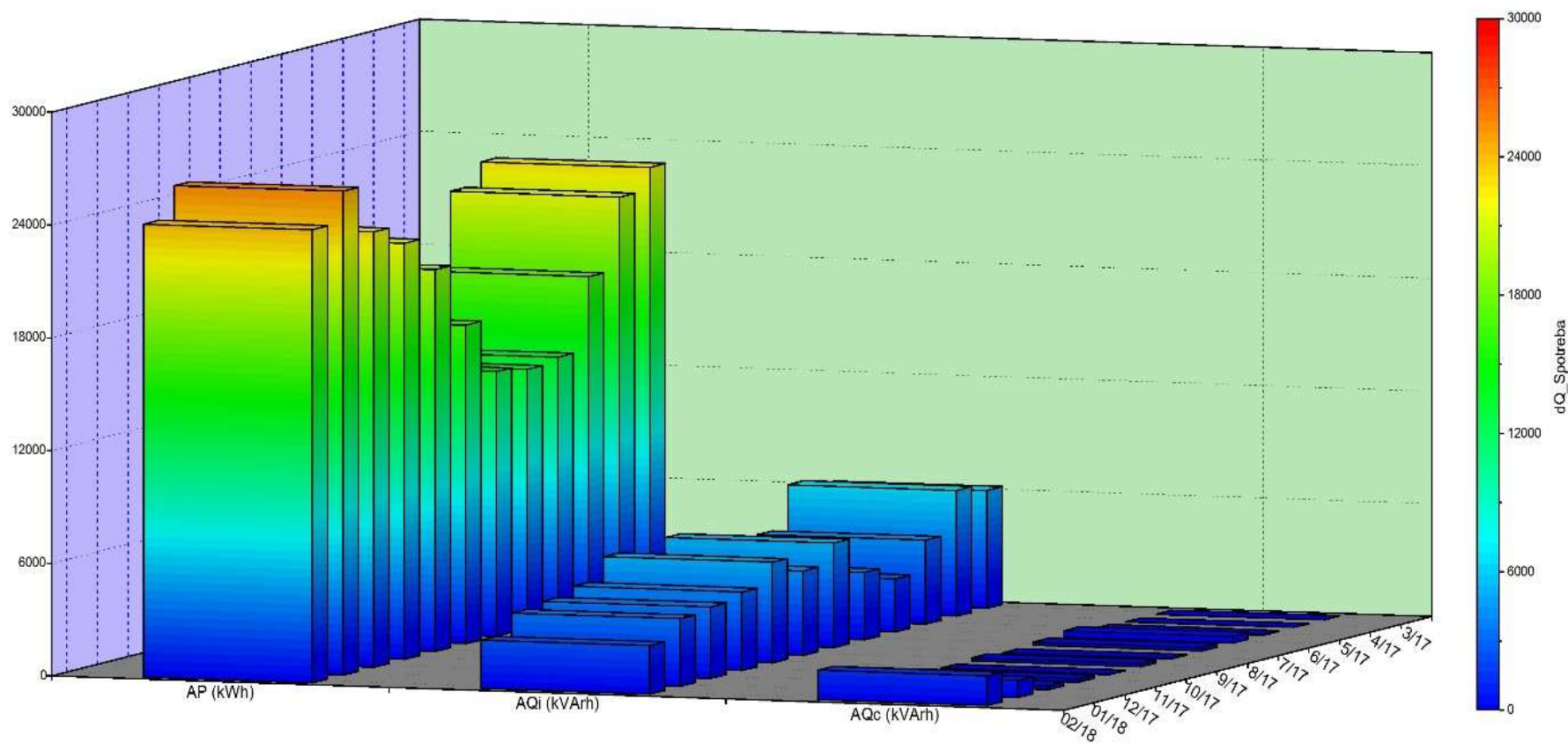
Měsíční platby za jalovou energii



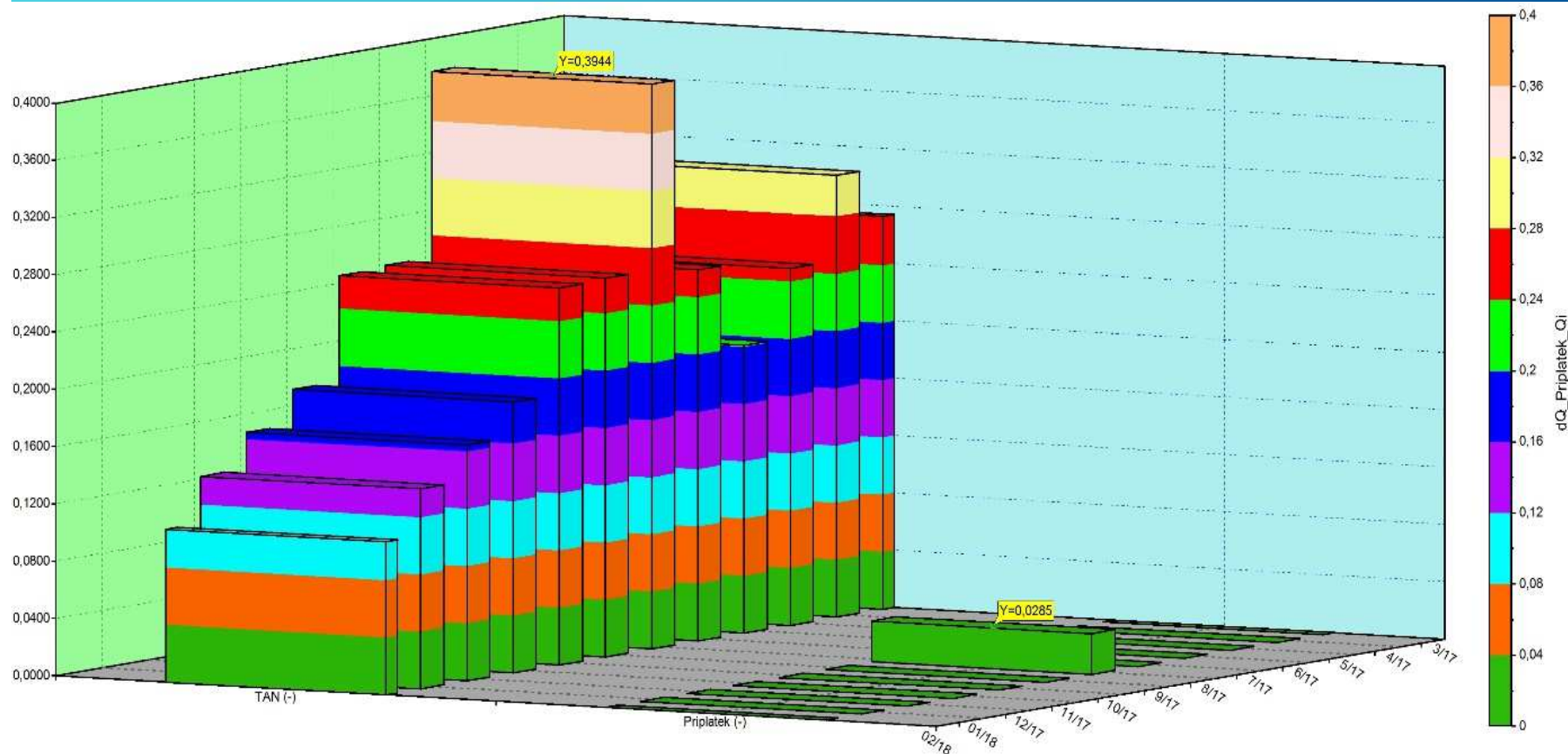
Optimalizace výkonu kompenzačního kondenzátoru



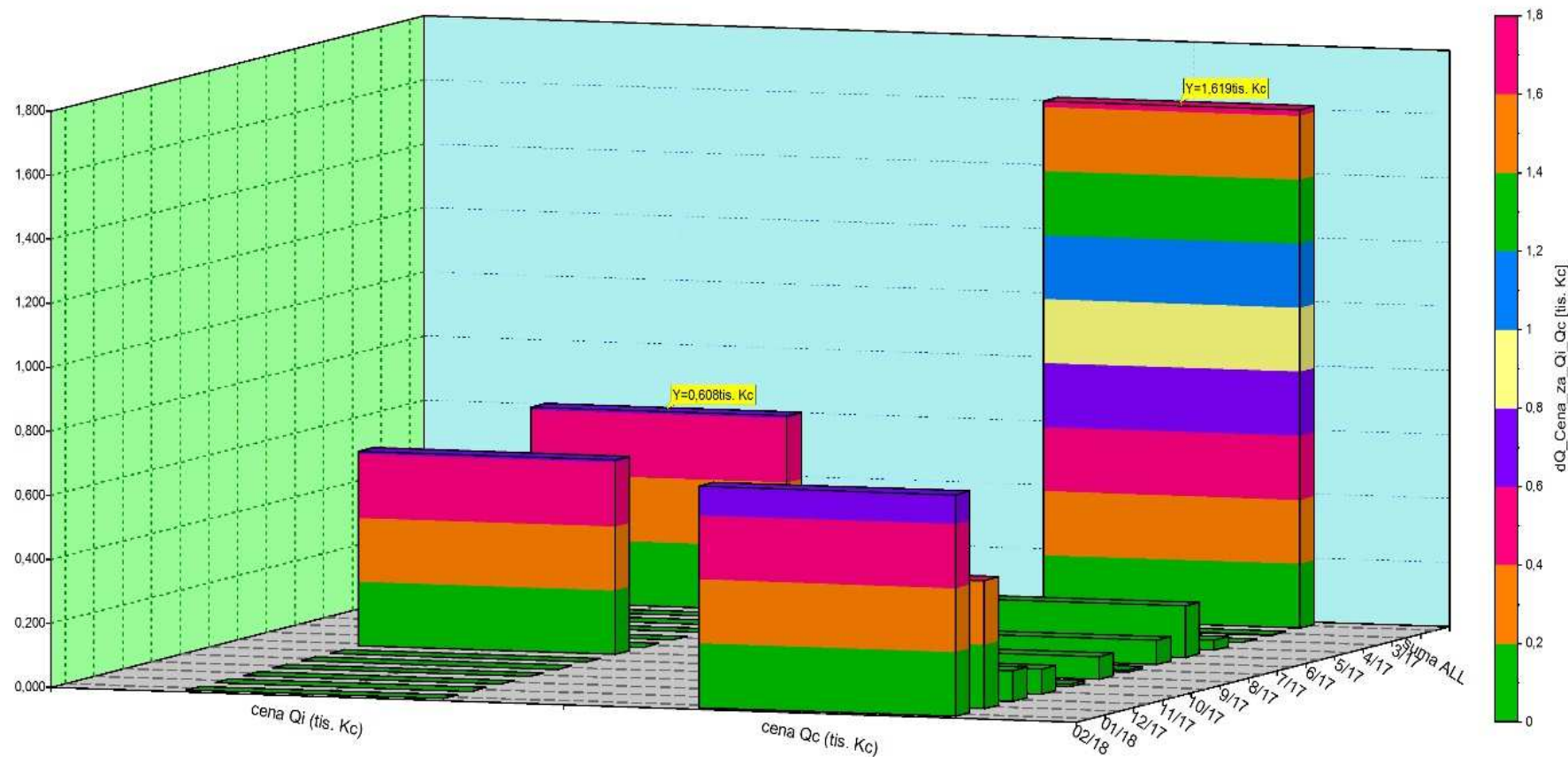
Změna zatížení při použití kompenzačního výkonu 32,5 kVAr



Vypočítaná hodnota tangenty a přirážky „u“ s kompenzačním výkonem 32,5 kVAr



Platba za jalovou energii po instalaci kompenzačního výkonu 32,5 kVAr



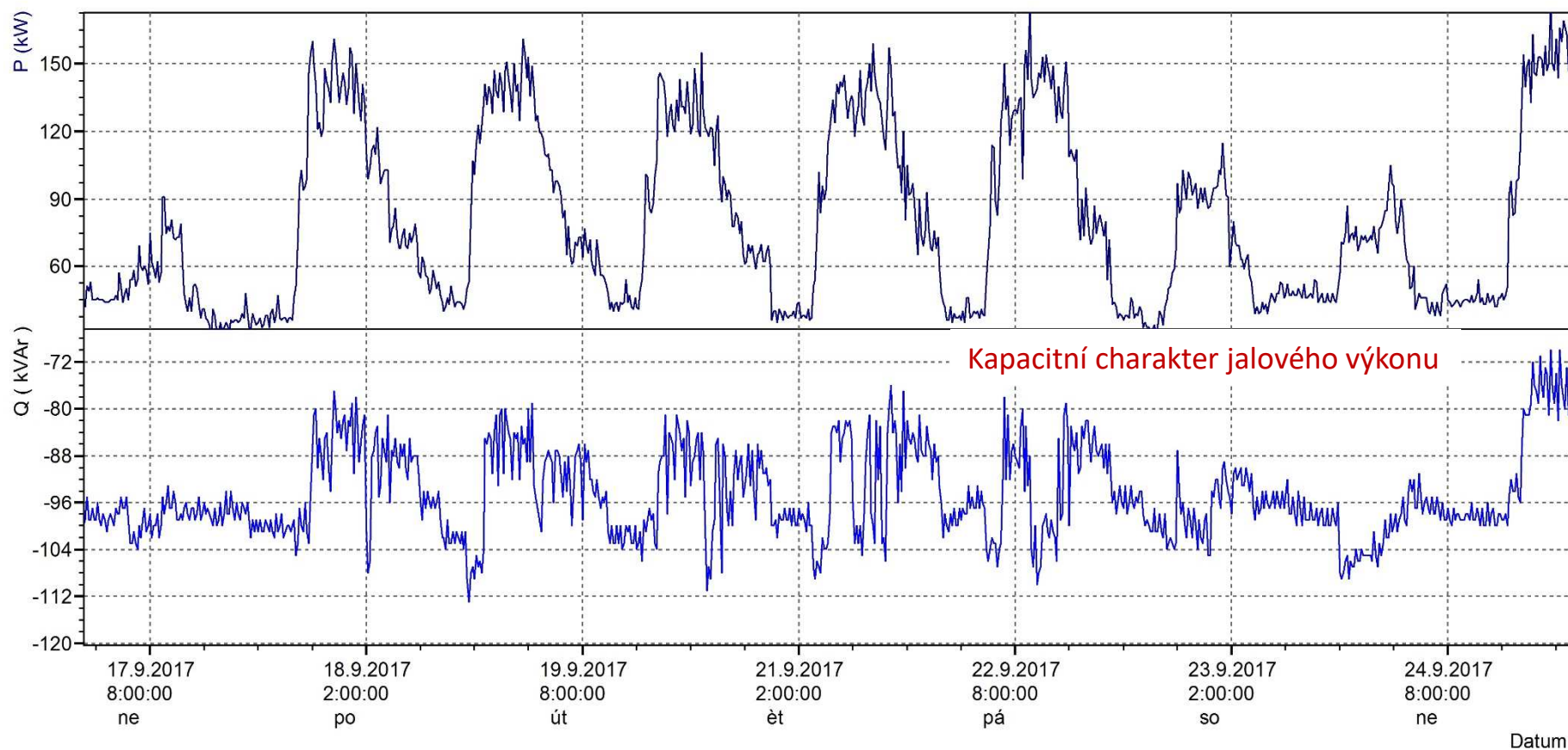
Kapacitní jalový výkon

Platba 440 Kč/MVArh

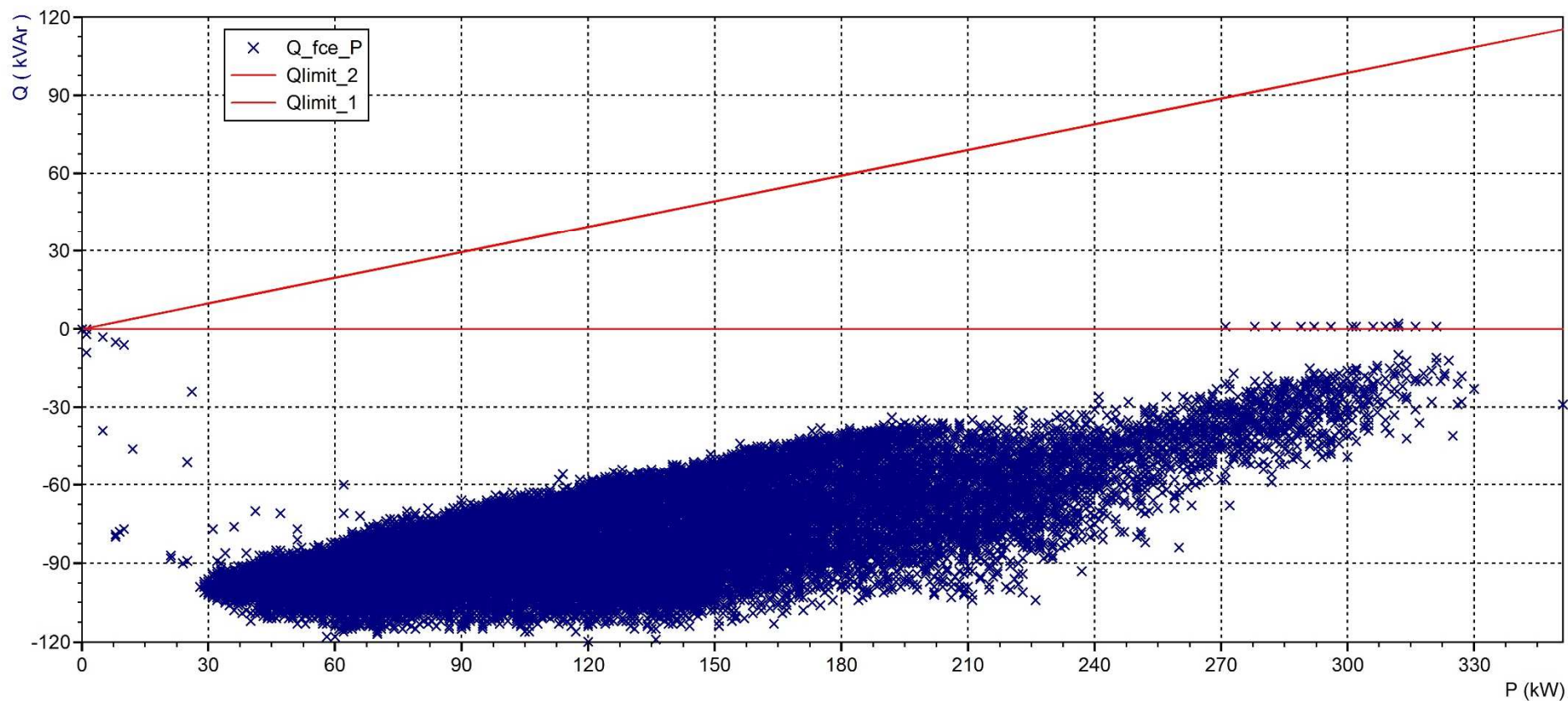
Eliminace: dekompenzační tlumivky

Důležitý parametr: ztráty tlumivek

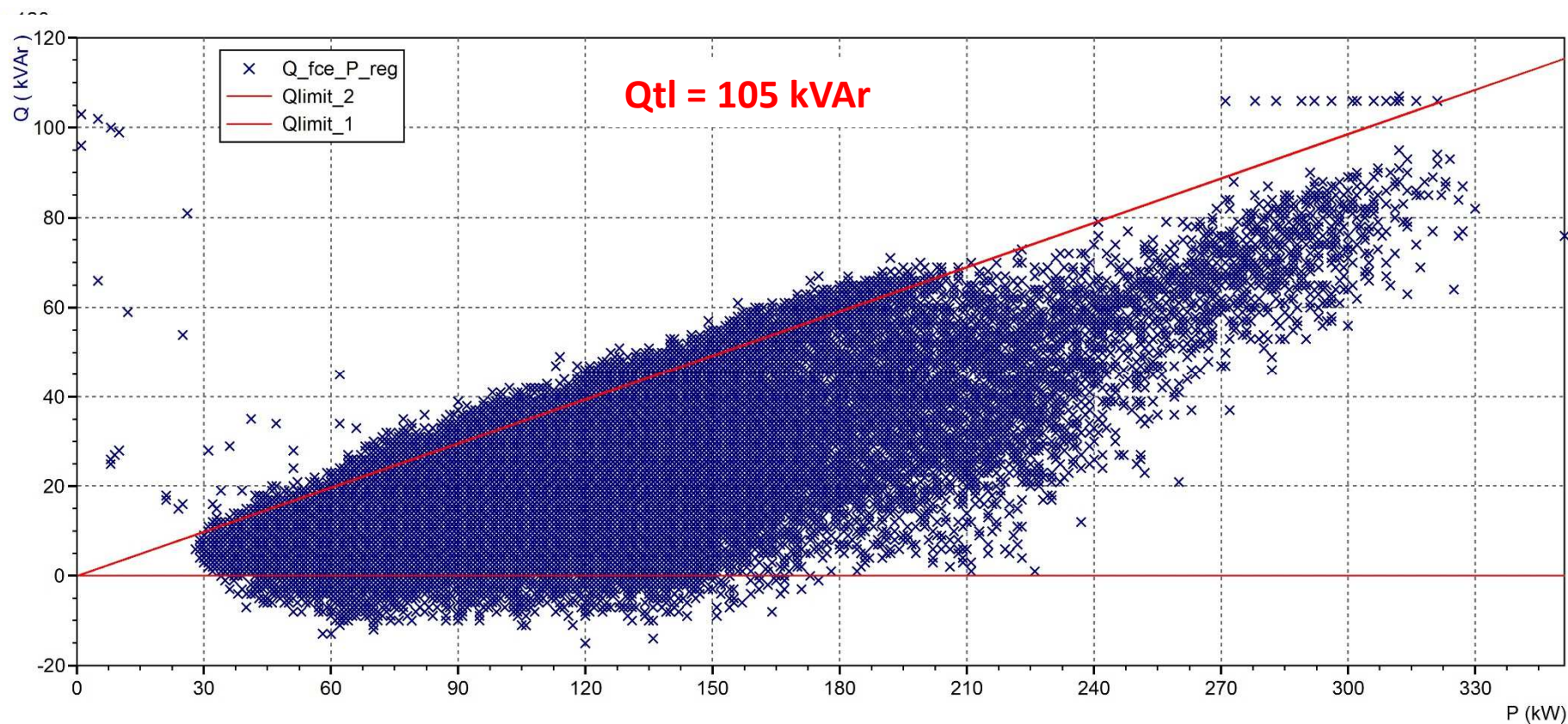
Časový průběh zatížení



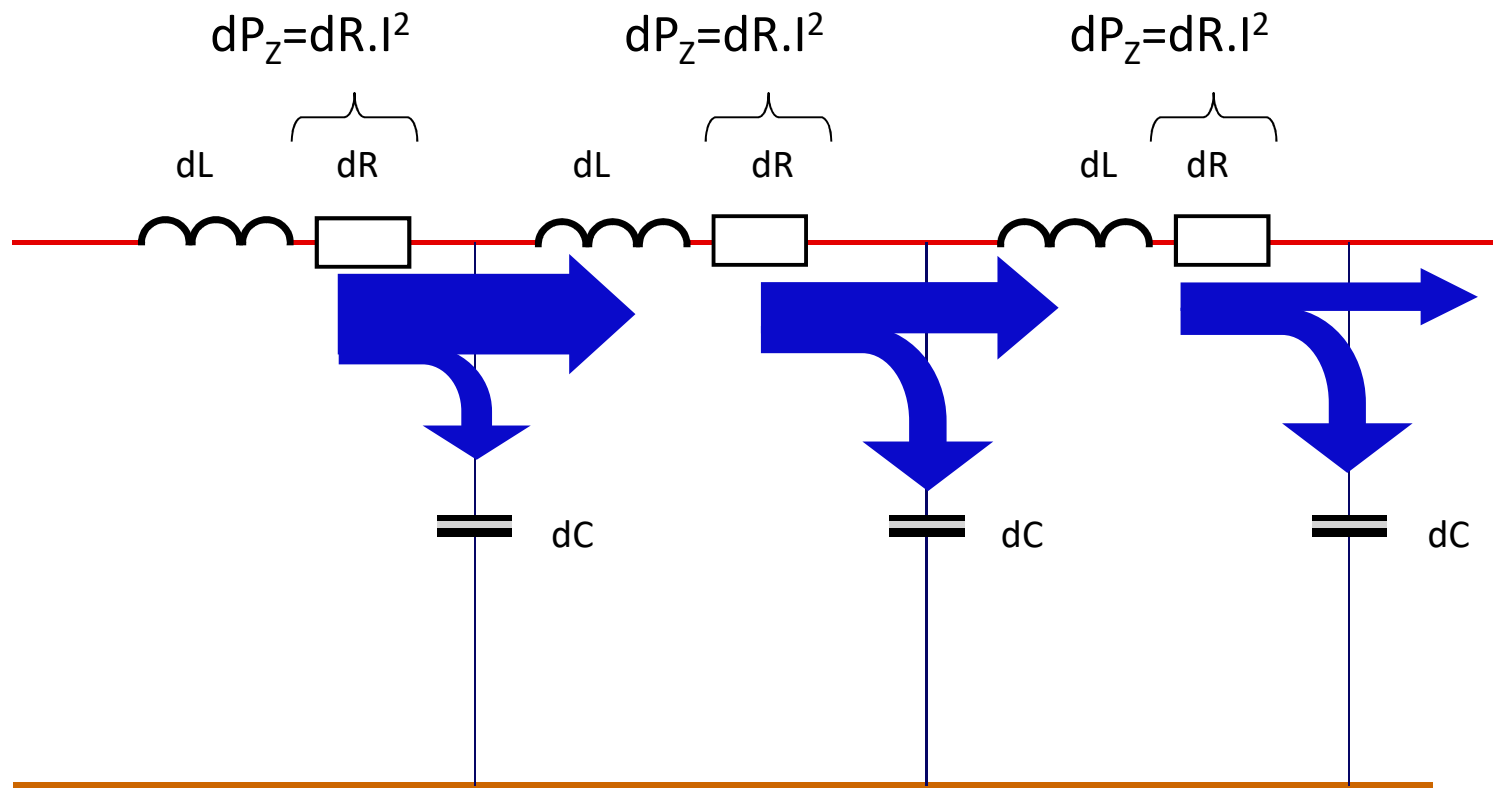
Vyjádření velikosti odběru jalového výkonu na činném zatížení

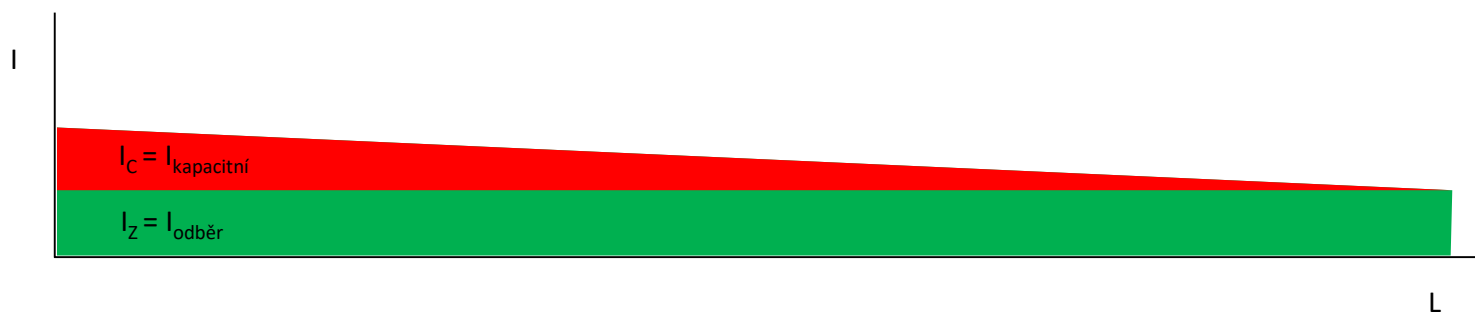
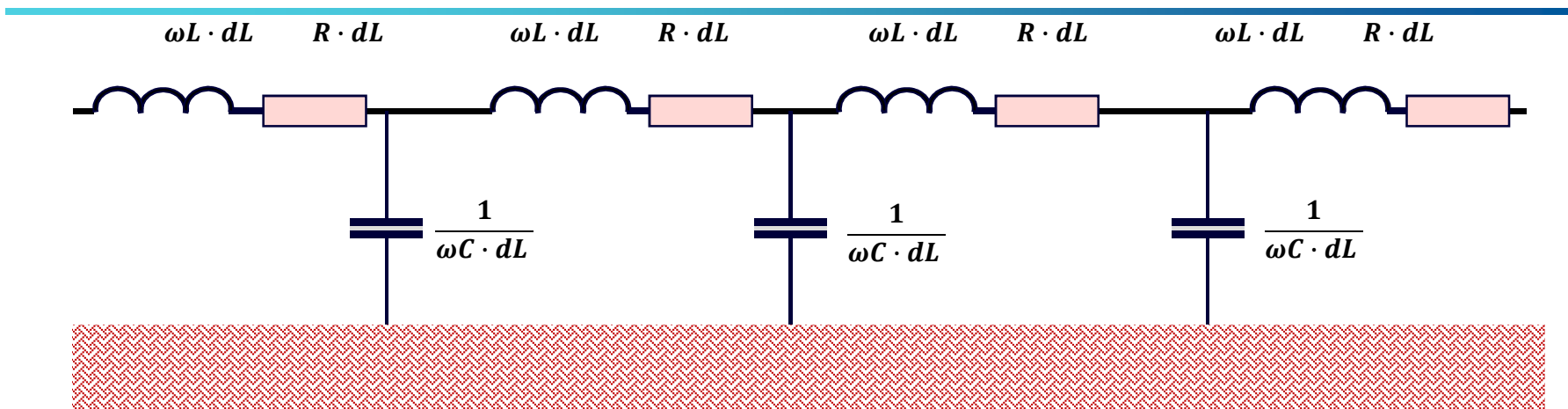


Vyjádření velikosti odběru jalového výkonu na činném zatížení



Dlouhé vývody s velkým nabíjecím proudem





Ztráty na vedení s délkou L a zatížené proudem I_Z

$$P_Z = \int_0^L r_V \cdot L((I_Z + i_c \cdot L(L - x))^2 dx$$

$$P_Z = I_Z^2 R_V L + R_V I_c I_Z L^2 + R_V I_c^2 \frac{L^3}{3}$$

Kde:

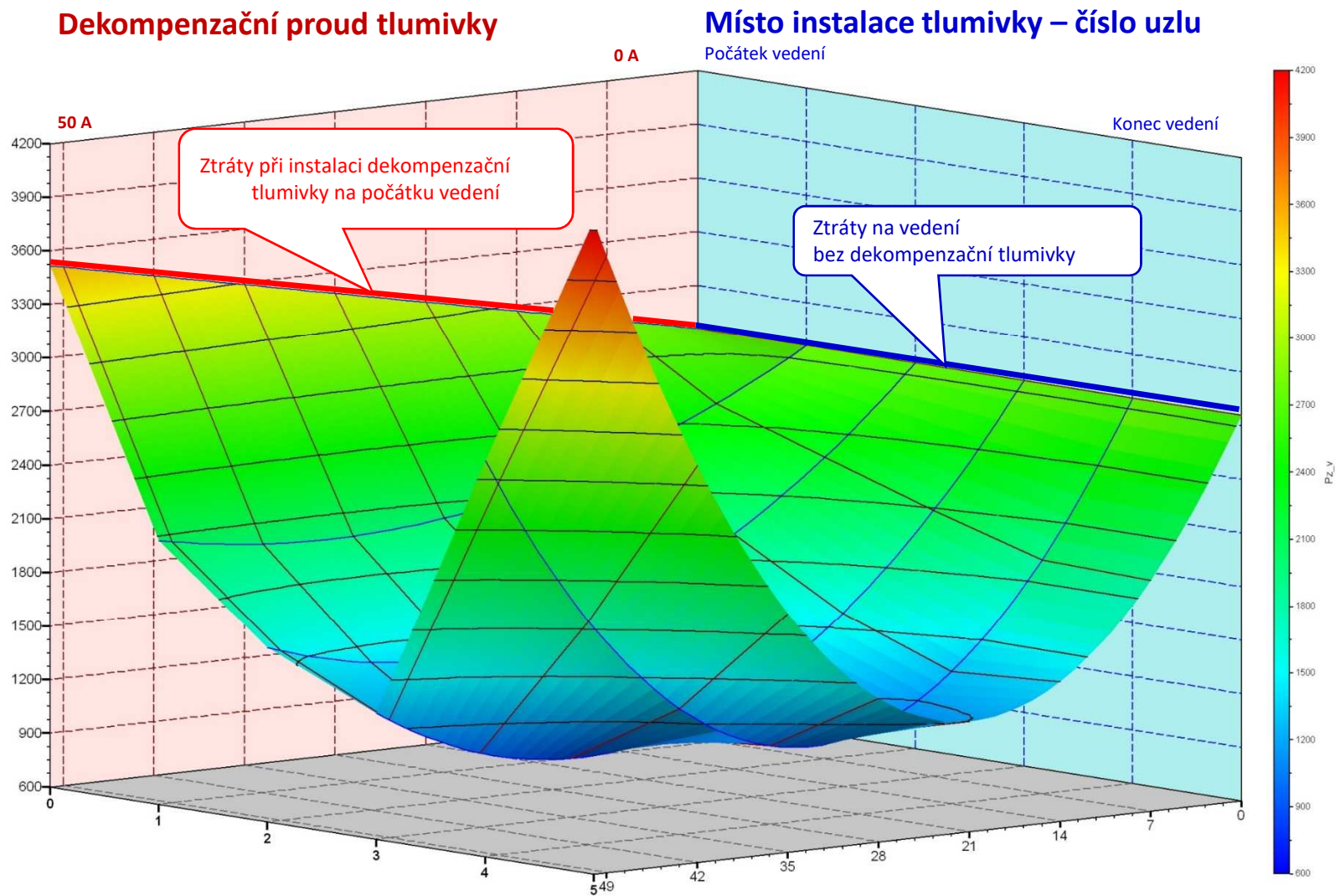
P_Z	jsou celkové ztráty na vedení
I_c	hodnota nabíjecího kapacitního proudu vývodu (A/km)
R_V	hodnota odporu daného vedení (Ω/km)
I_Z	přenášený proud vedením (A)
L	délka vývodu (km)

Ztráty na vedení naprázdno s délkou L

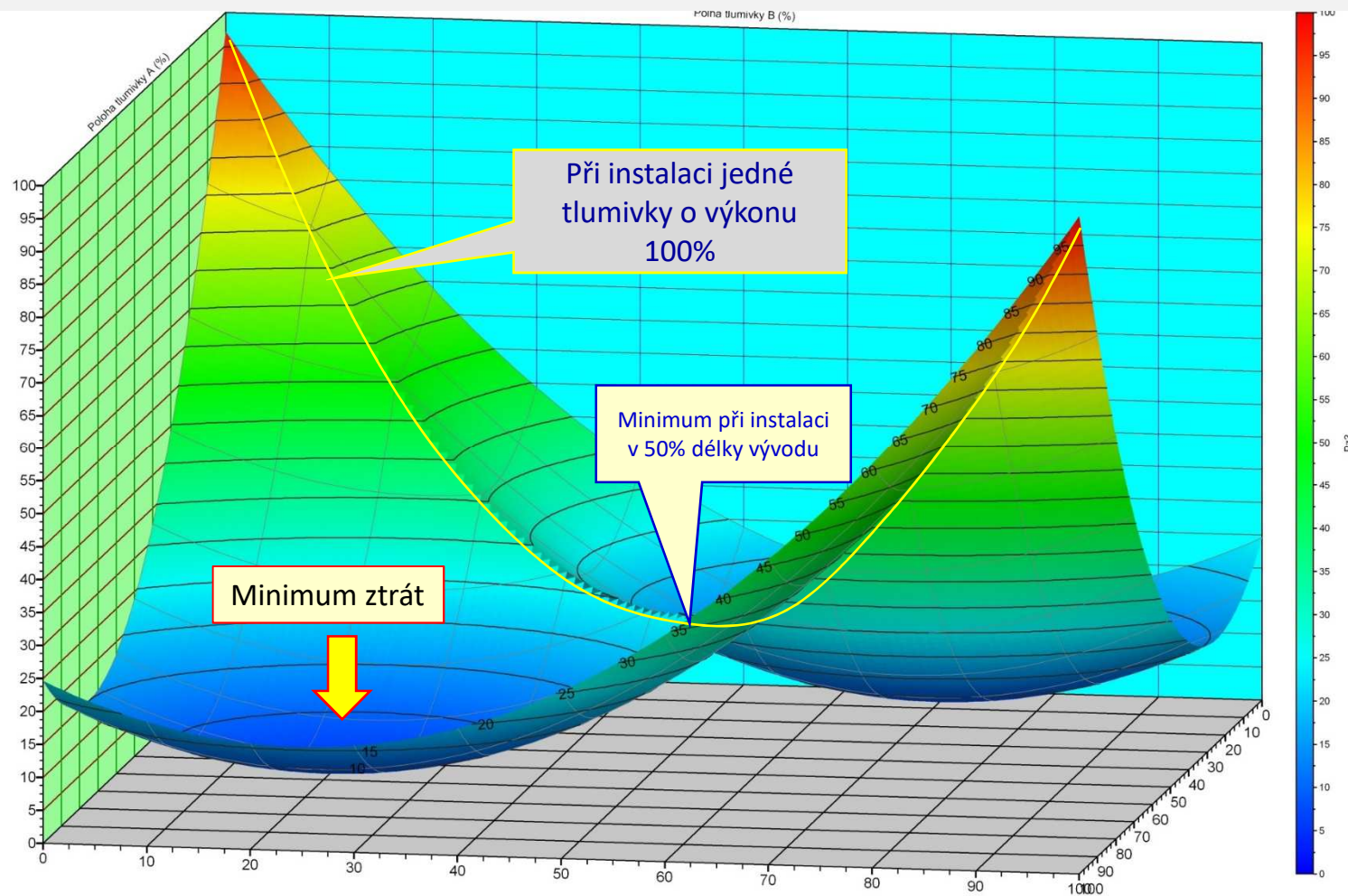
$$P_Z = R_V I_C^2 \frac{L^3}{3}$$

Kde:

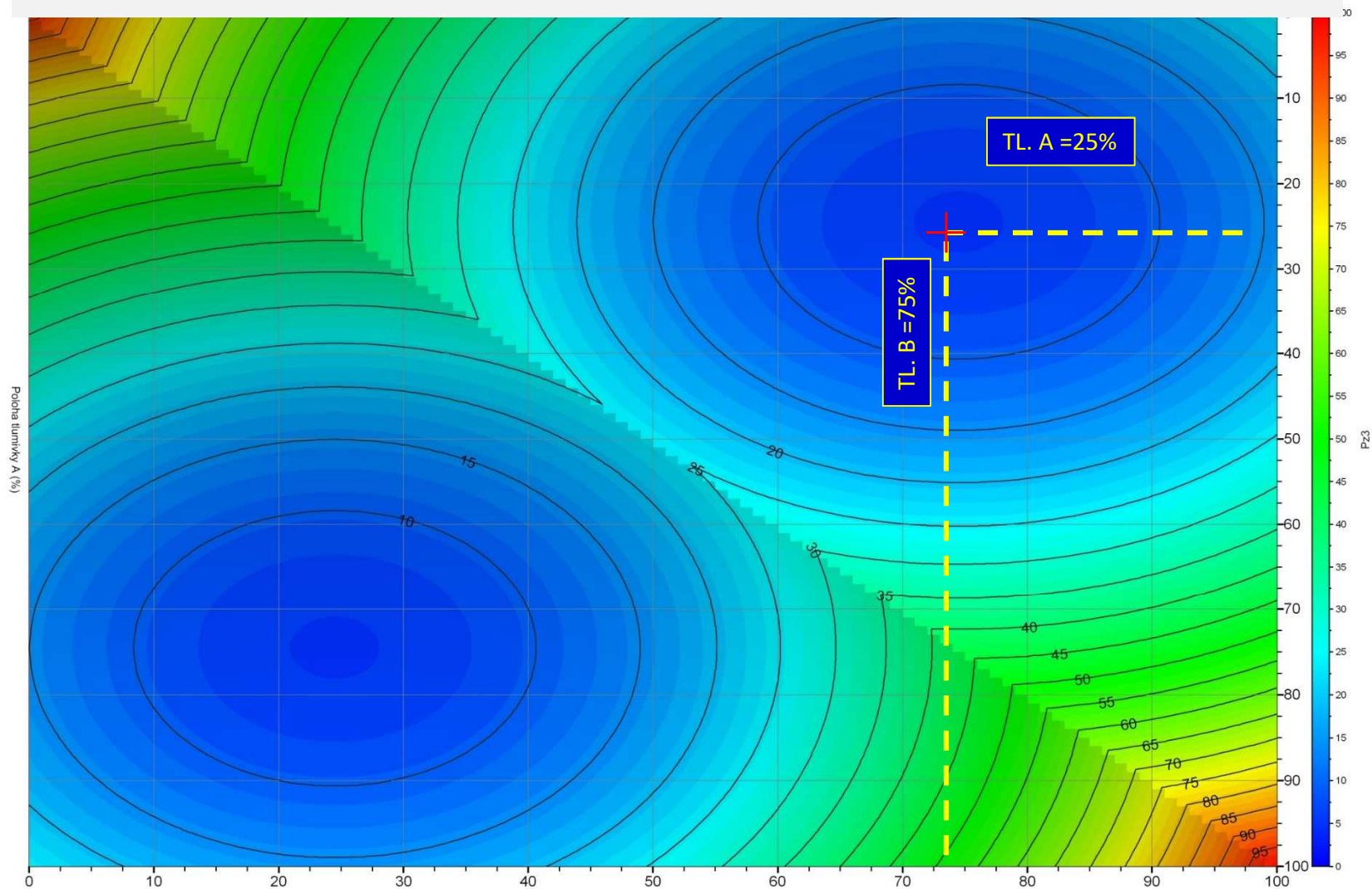
P_Z	jsou celkové ztráty na vedení
I_C	hodnota nabíjecího kapacitního proudu vývodu (A)
R_V	hodnota odporu daného vedení (Ω)
L	délka vývodu (km)



Ztráty na vedení při instalaci 2 ks dekompenzačních tlumivek o výkonu 50% Q_c
- **vliv místa instalace tlumivek**



Ztráty na vedení při instalaci 2 ks dekompenzačních tlumivek o výkonu 50% Q_c
- **vliv místa instalace tlumivek**

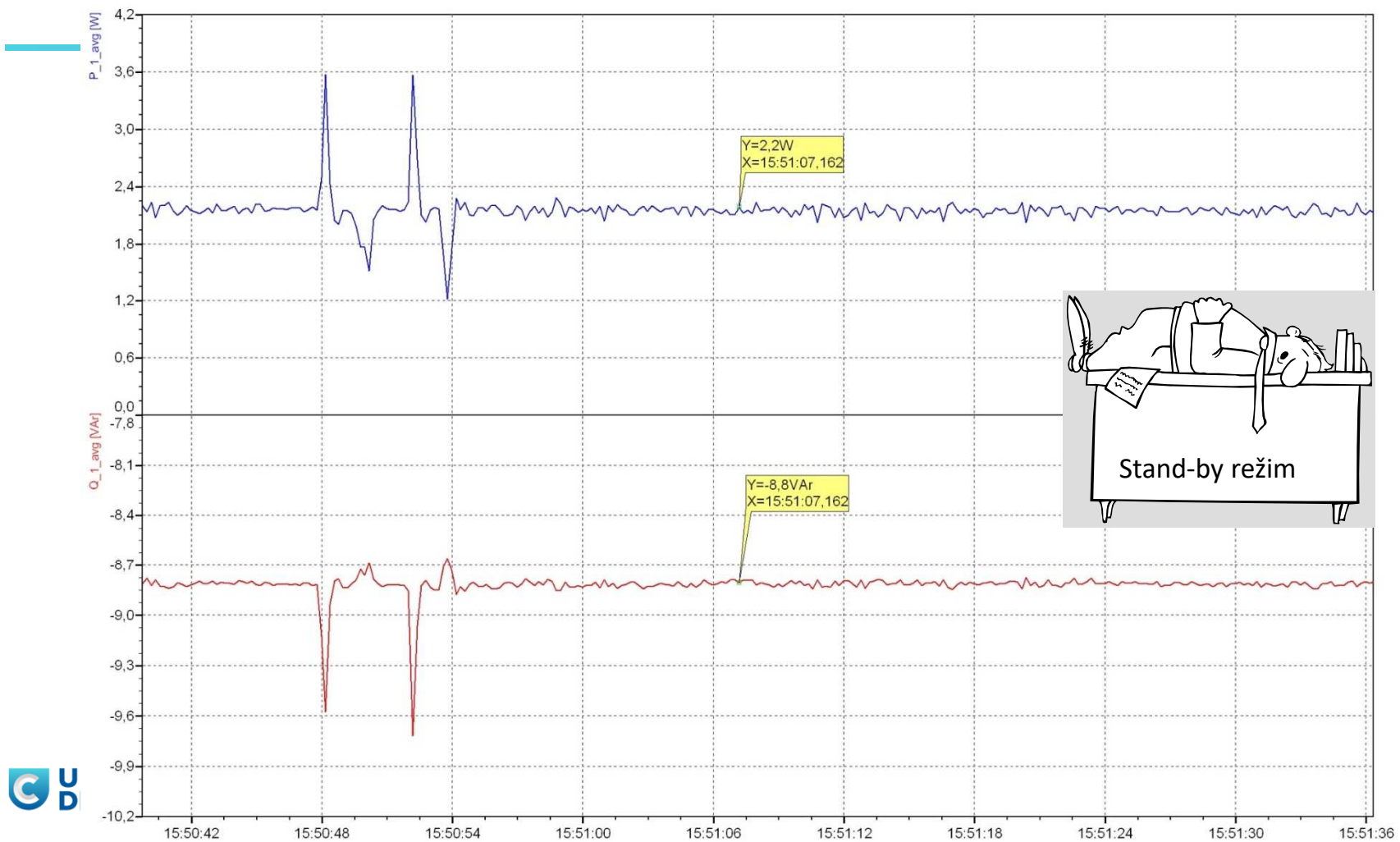


Pro neutrální účinník na počátku vedení

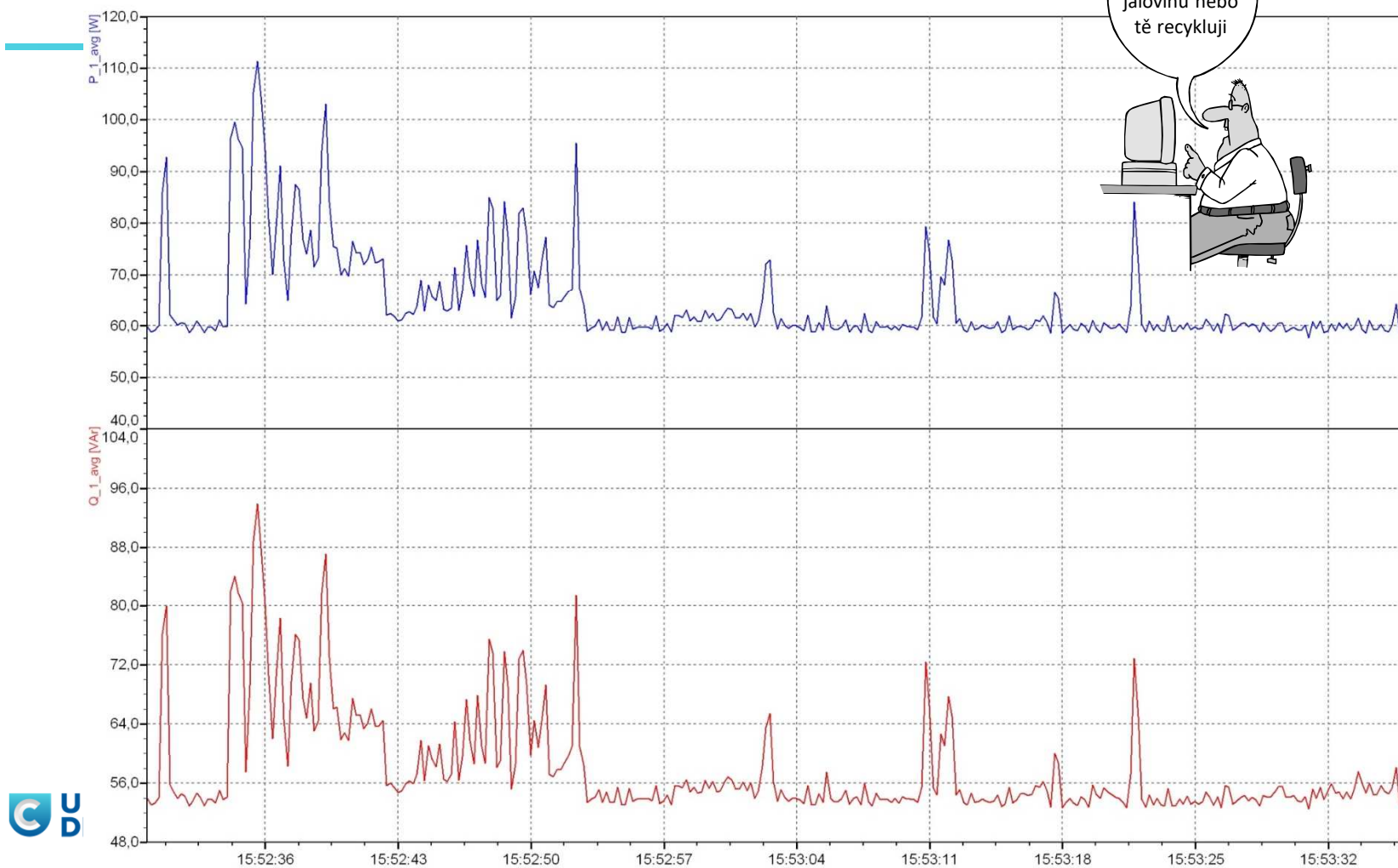
Nabíjecí výkon = výkon dekompenzační tlumivky

Kabelové vedení 22-AXEKVCE					
S (mm ²)	R (Ω/km)	C (μF/km)	I _c (A/km)	Kritická délka vedení D _K	
				pro 1 tl (km)	pro 2 tl (km)
50	0.641	0.24	0.96	21	19
70	0.443	0.27	1.08	24	21
95	0.32	0.31	1.24	26	23
120	0.253	0.33	1.32	28	25
150	0.206	0.36	1.44	30	27
185	0.164	0.4	1.60	32	28
240	0.125	0.44	1.76	35	31
300	0.1	0.49	1.96	37	33
400	0.0778	0.55	2.19	39	35
500	0.0605	0.6	2.39	42	38
630	0.0469	0.68	2.71	45	40

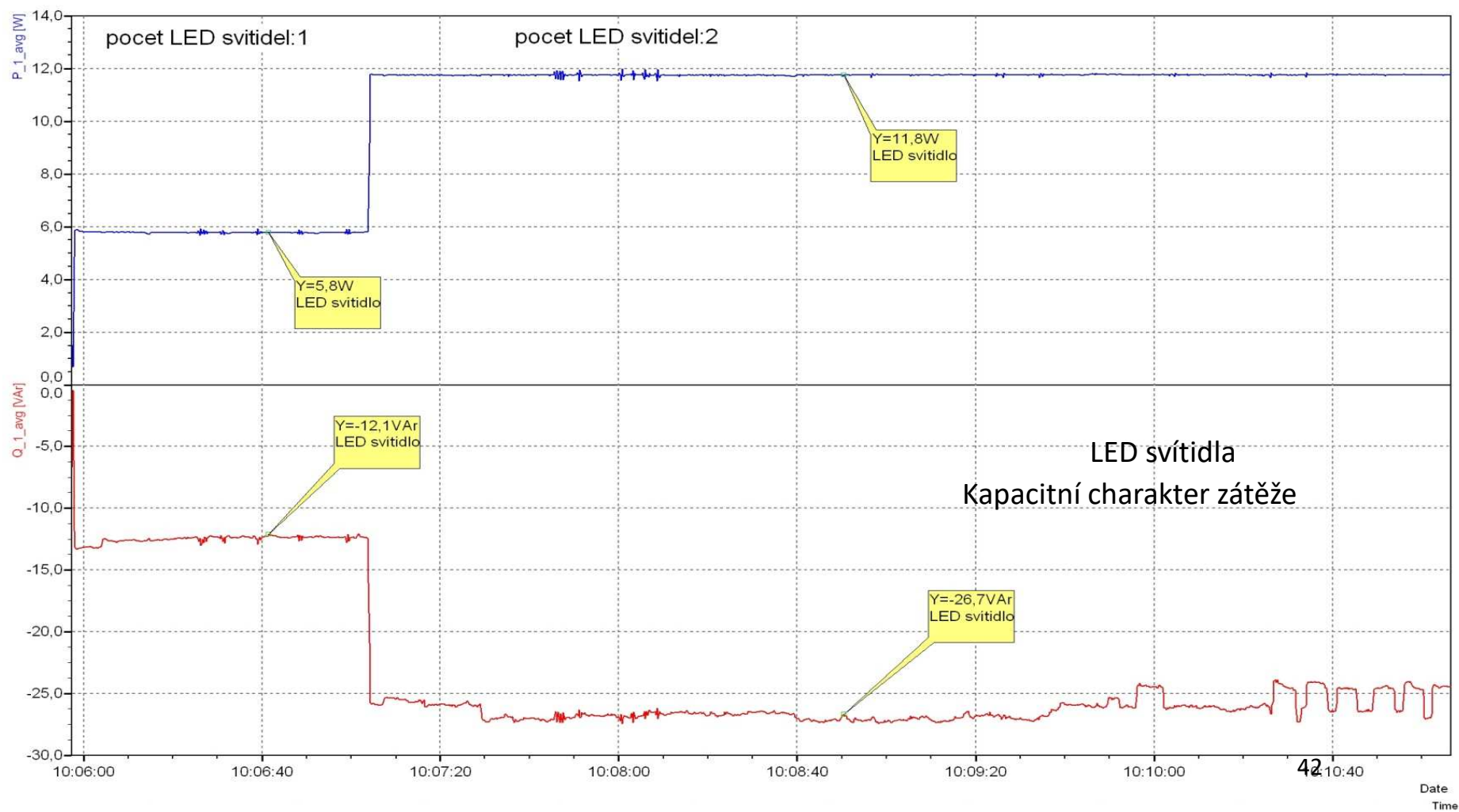
PC – Stand-by režim: kapacitní odběr



PC – chod: indukční odběr



Úsporná svítidla



Shrnutí

1. Analyzovat charakter a zdroj spotřeby jalového výkonu

- a) Problematika nabíjecích kapacitních proudů
- b) Problematika změny struktury spotřebičů, moderní zdroje pro elektroniku
- c) Odběry jalové energie indukčními stroji



2. Navrhnout vhodná opatření s respektováním ztrát

- a) Ekonomické řešení
- b) Technické řešení

Děkuji za pozornost

Kontakty

Ing. František Žák, Ph.D.

E: frantisek.zak@unicapital.cz

T: +420 602 739 195; +420 702 093 097