

ILPS 2018 - SHENZHEN

Priťahovanie bleskov tyčovými zachytávačmi:
porovnanie medzi numerickými modelmi a
pozorovaniami v prírodných podmienkach

Gérard BERGER



Čestný výskumný riaditeľ v CNRS,
konzultant GB, Franklin France, Ozoir la Ferrière,
Francúzsko



Obsah

- ▶ Úvod
- ▶ Zhrnutie modelu Ait-Amarl - Berger
- ▶ Hlavné výsledky modelu pre budovu s bleskom
- ▶ Pozorovania prírodného blesku Saba a kol.
- ▶ Závery



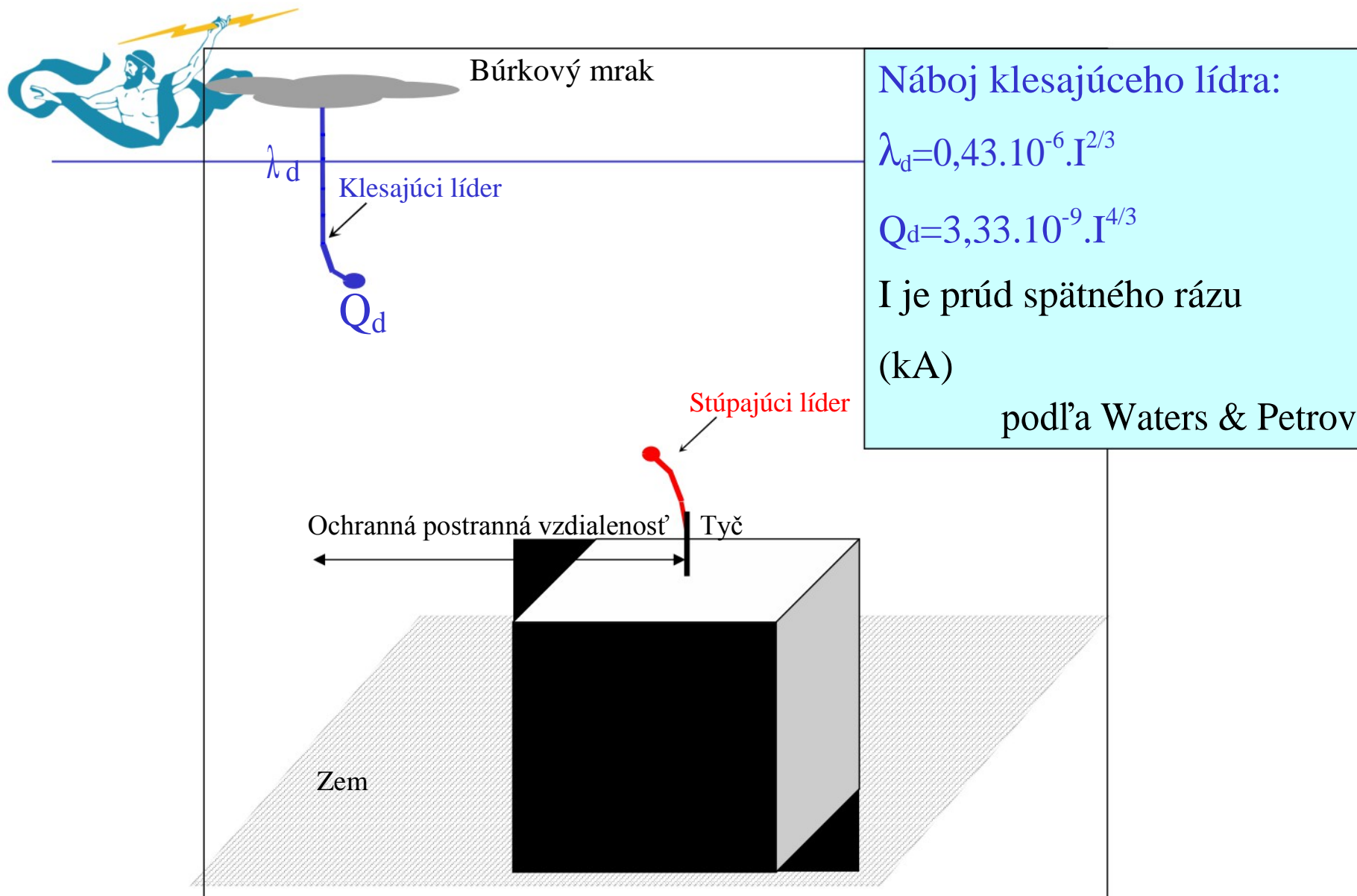
Úvod

Okrem elektrogeometrického modelu EGM, boli v modernej dobe vytvorené rôzne numerické modely, najmä niektoré fyzikálnejšie založené na fyzike propagácie lídrov. Niekoľko autorov, ako napríklad Dellera a Garbagnati, **Berger a Ait Amar**, Becerra a Cooray, postavili varianty založené na fyzike elektrických výbojov, tzv. Leader Progression Model LPM.

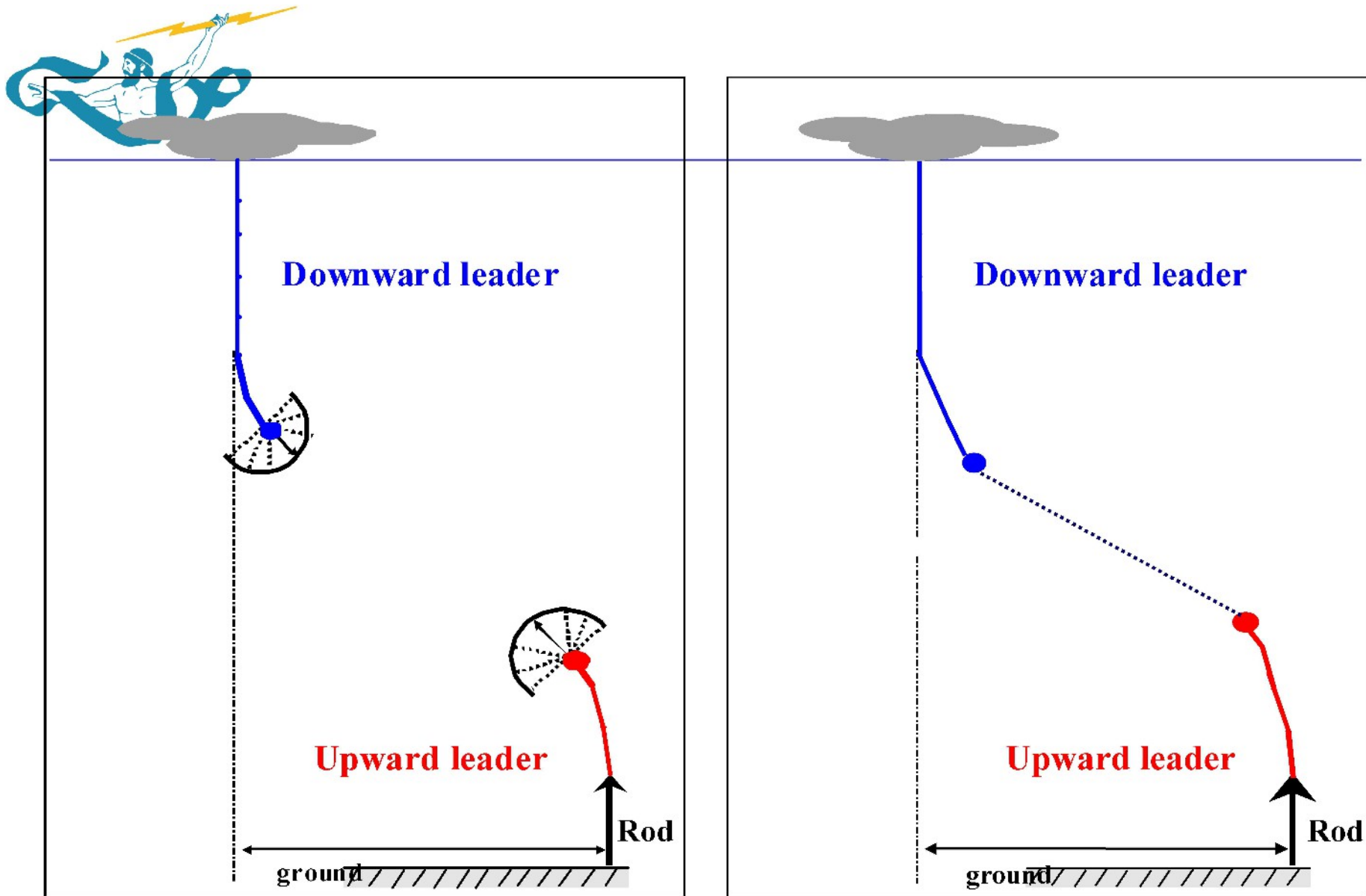


Úvod

- ▶ Naším cieľom je porovnať predpoklady LPM s pozorovaniami prirodzeného blesku, najmä tie, ktoré predstavila Saba a jeho tím v Brazílii pri pozorovaní zásahov blesku k tyčiam na vrchu vysokých budov.
- ▶ V článku sa zvažujú dva aspekty: prvý vývoj lídrov smerom nahor z tyčí alebo zraniteľných miest budov, potom následné dokončenie úderu blesku do tyčí.
- ▶ Toto bude prejavovať konkurenciu medzi niekoľkými vzostupnými lídrami, buď vytvorenými pri špičkách tyčí na budove, alebo pri špičkách tyčí na inej štruktúre v blízkosti budovy.

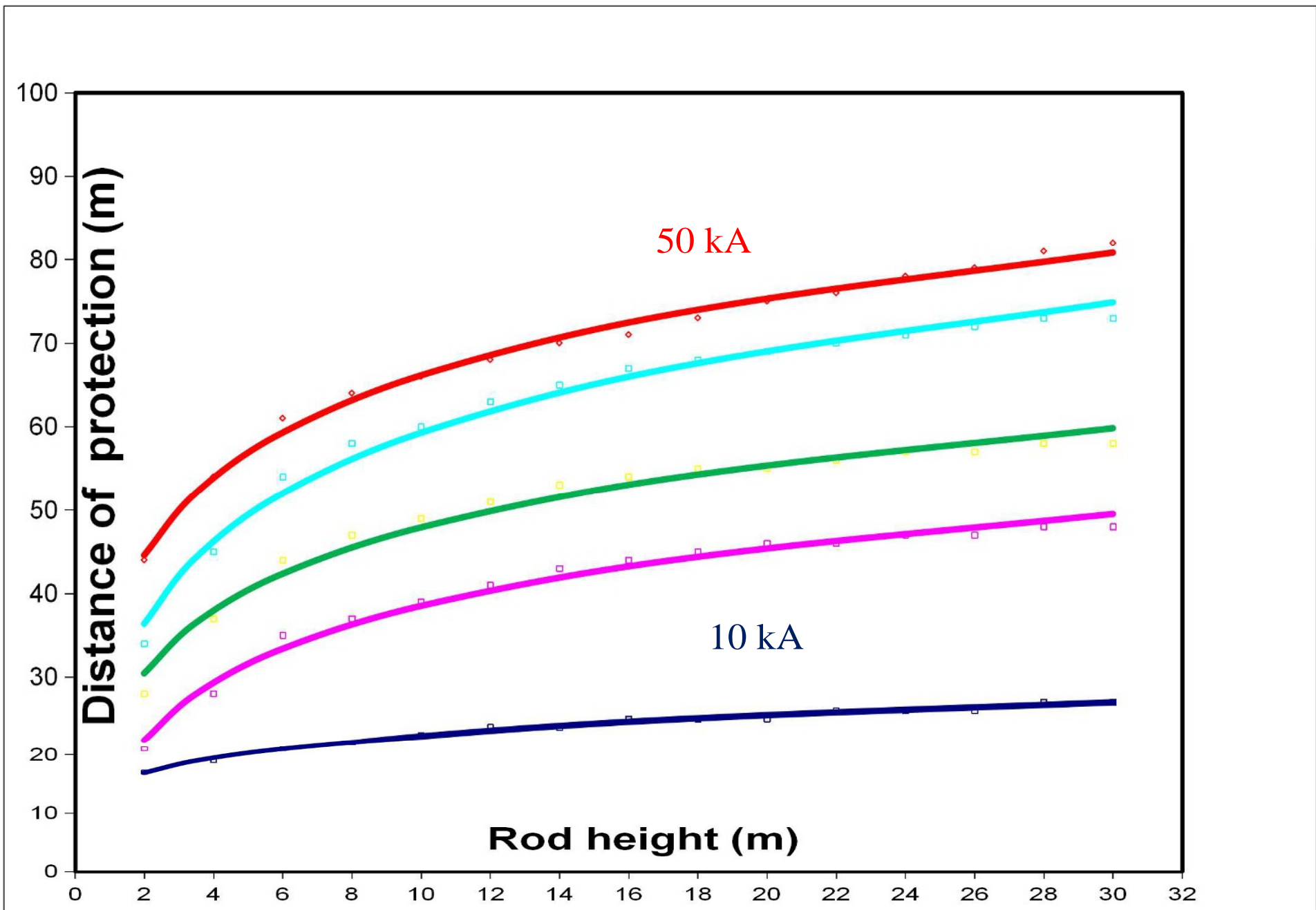


Ilustrácia klesajúcich a stúpajúcich lídrov



Downward leader = klesajúci líder; Upward leader = stúpajúci líder; Rod = tyč; ground = zem





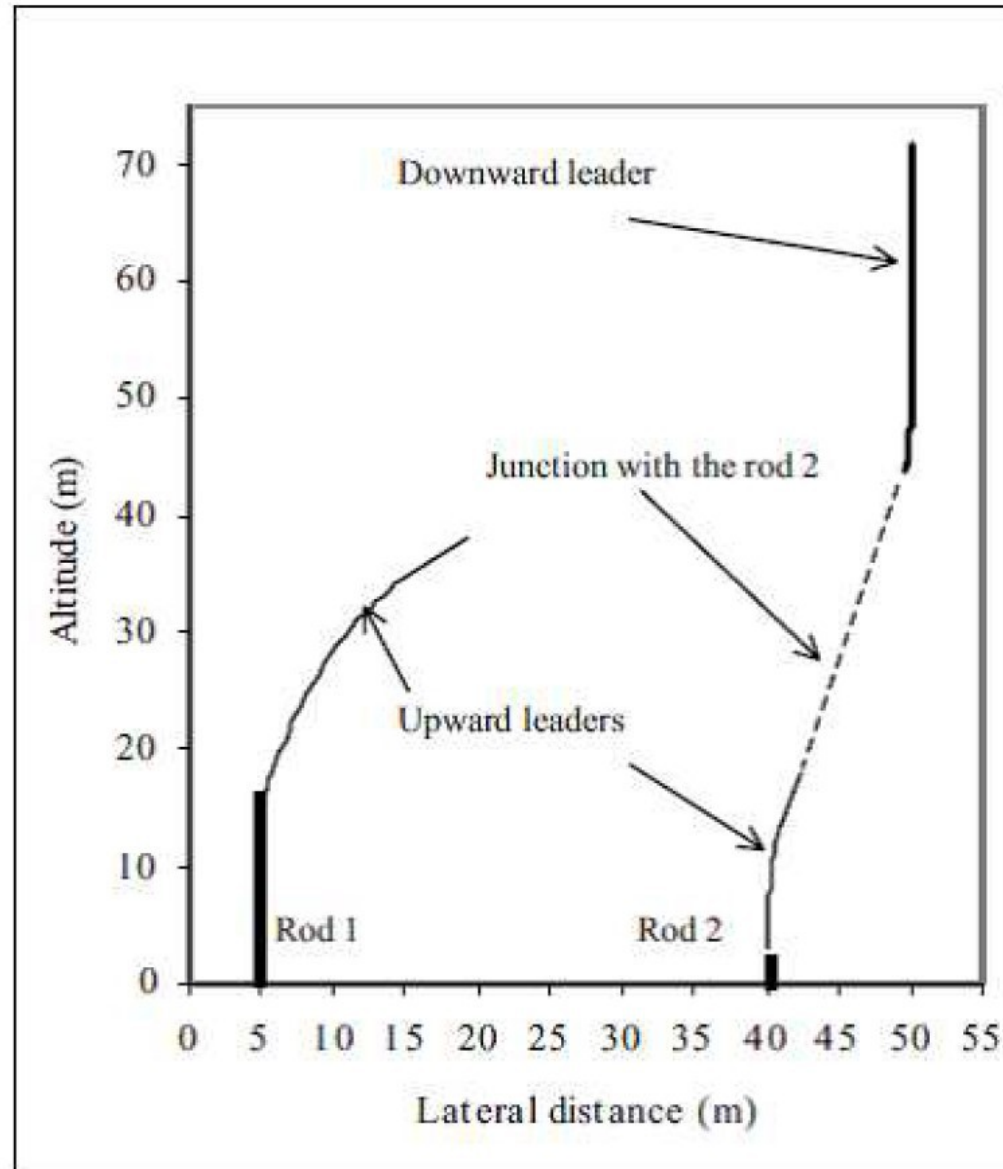
Distance of protection = Vzdialenosť ochrany; Rod height = výška tyče



Výška (m)

Tyč 1

Bočná vzdialenosť (m)

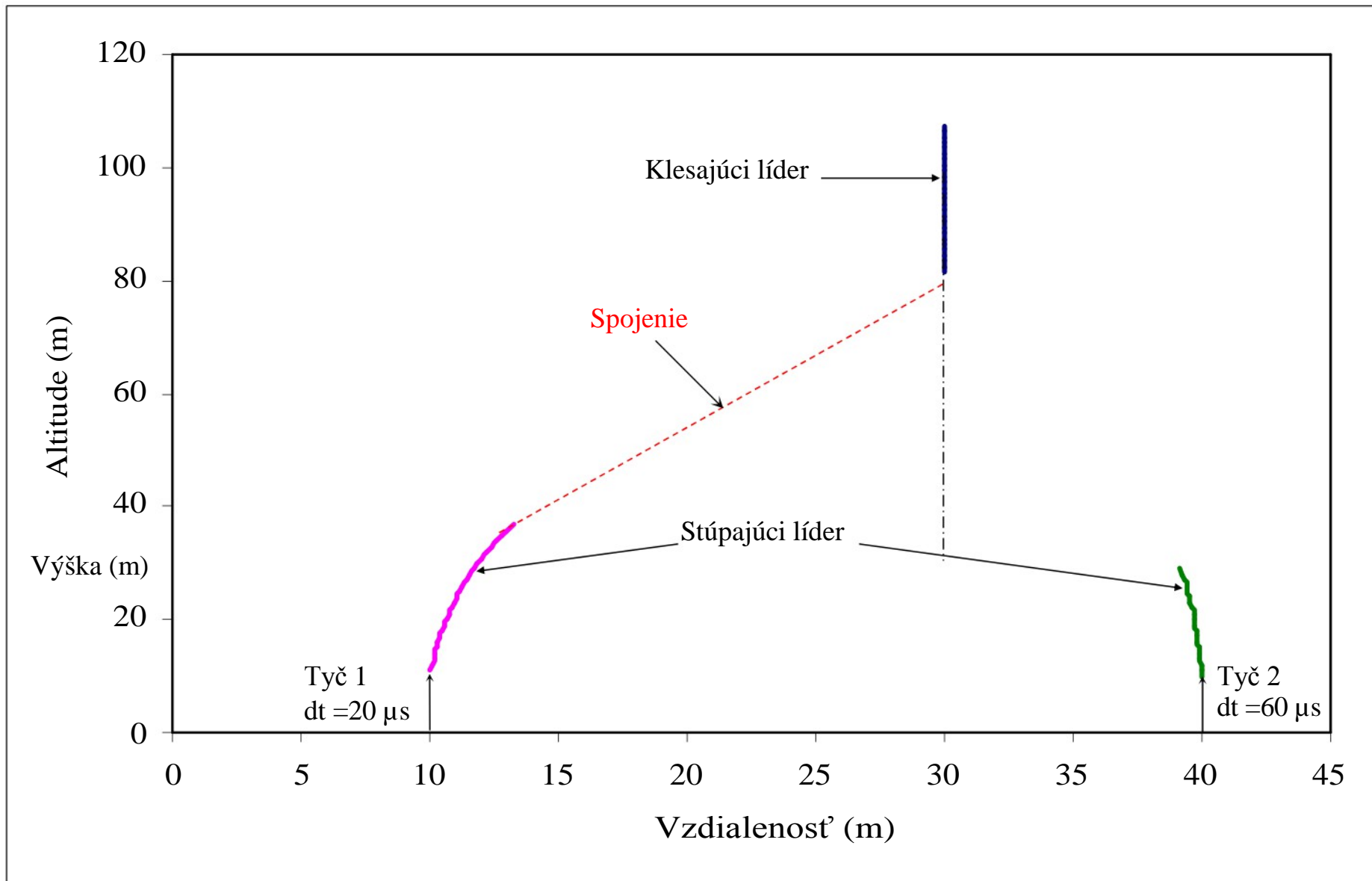


Klesajúci líder

Spojenie s tyčou 2

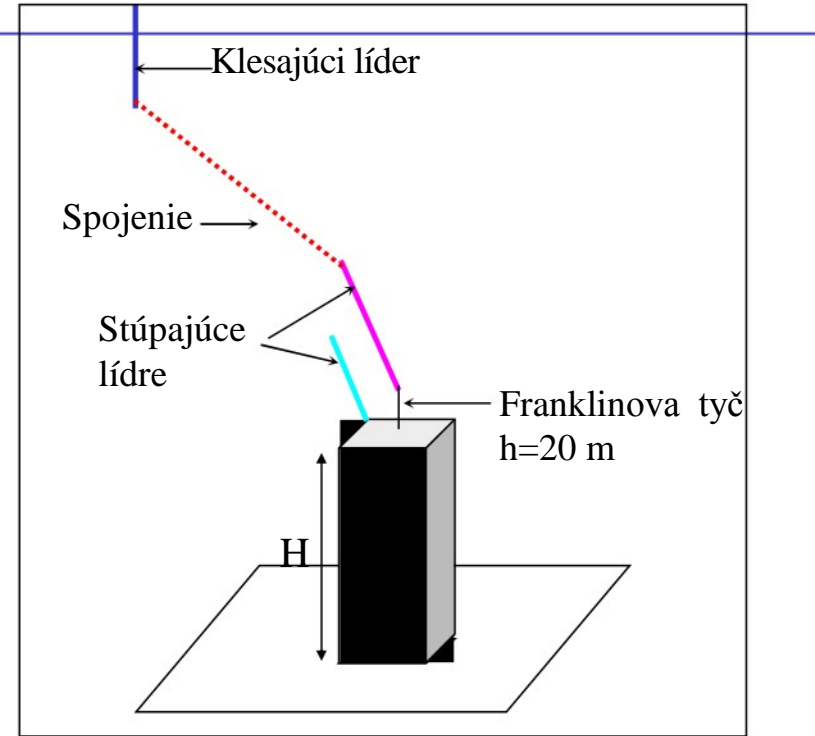
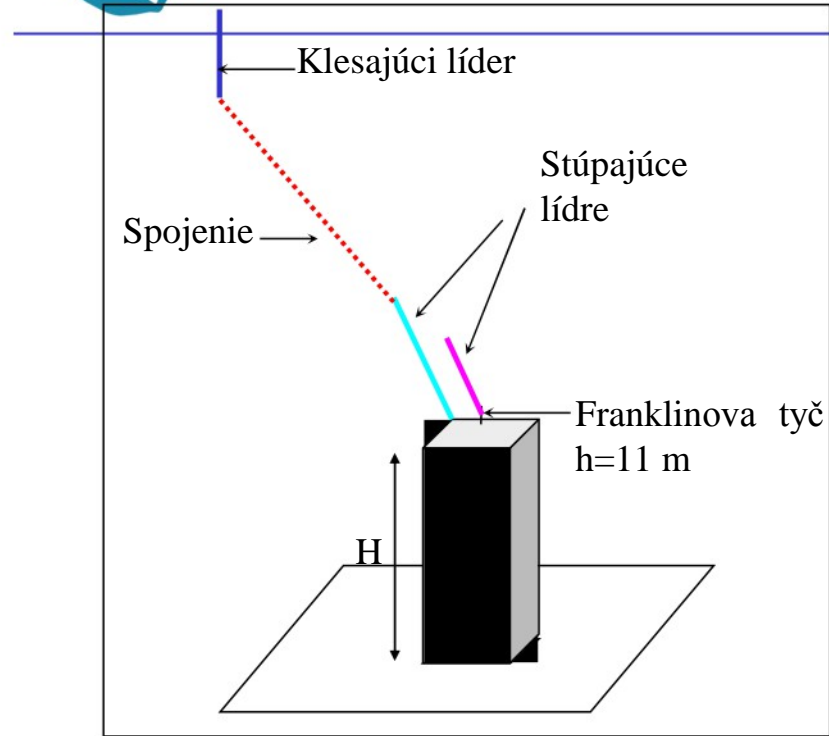
Stúpajúce lídre

Tyč 2



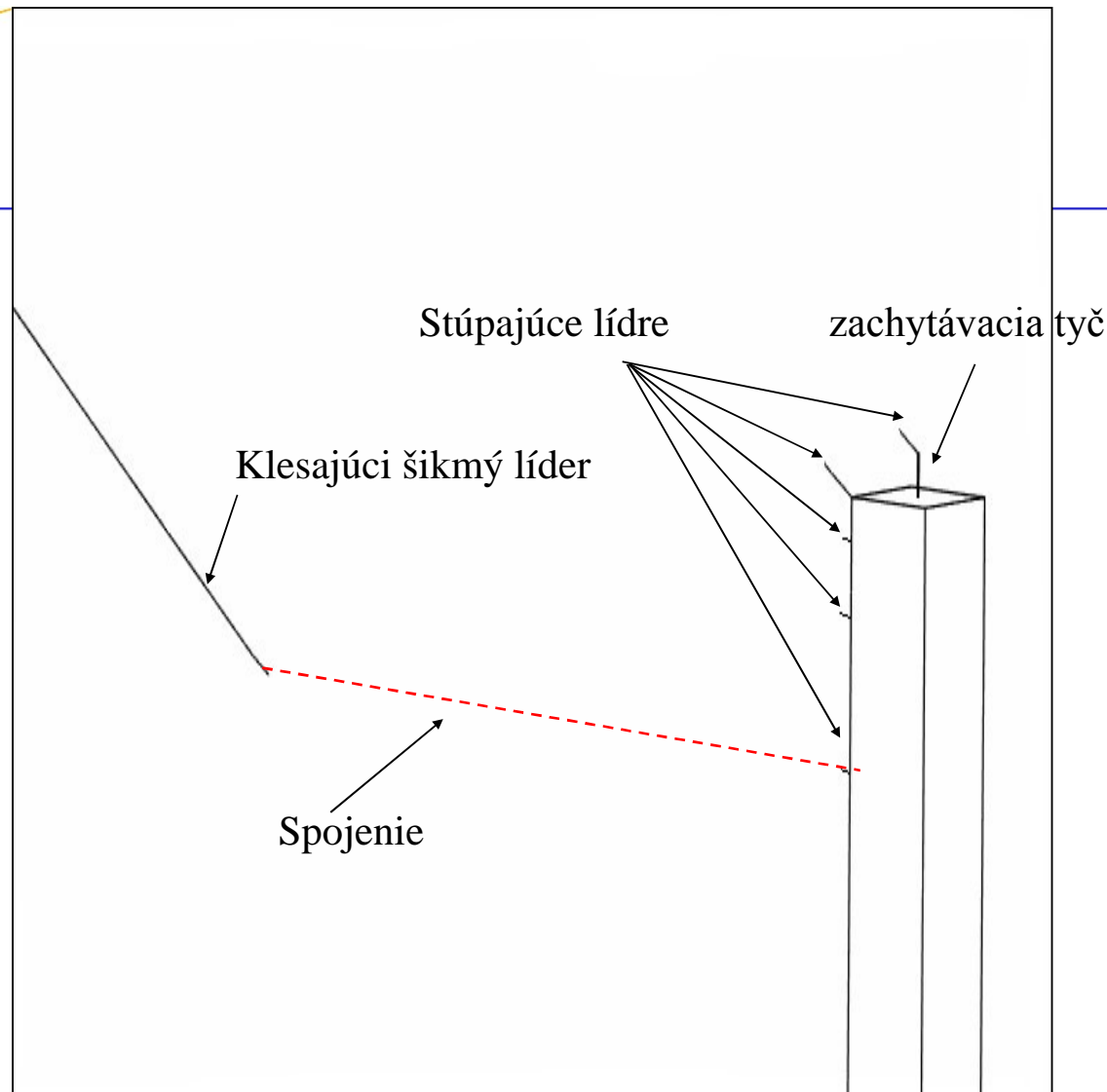
Efekt času oneskorenia dt na súťaž 2 zachytávacích tyčí.
 $h=10 \text{ m}$, $I=50 \text{ kA}$, $R_v=1$, $V_d=1e5 \text{ m/s}$





3D ilustrácia zlyhania elektrogeometrického modelu.
Spojenie so stavbou. $I=10 \text{ kA}$, $R_v=2$,
 $W=40 \text{ m}$, $H=100 \text{ m}$

3D zobrazenie chránenej štruktúry.
Spojenie s Franklinovou tyčou.
 $I=10 \text{ kA}$, $R_v=2$ $W=40 \text{ m}$, $H=100 \text{ m}$.



3D ilustrácia chránenej stavby zasiahnutá šikmým lídrom.
 $I=50$ kA, $R_v=1$, výška zachytávacej tyče $h=11$ m,
výška stavby $H=100$ m a šírka $W=40$ m.



Javy UUL a UCL





Stúpajúce lídre a zachytenie, Cummins a kol.



Zachytenie 2

Unconnected upward positive leaders

Heights between 1.8 and 8 m

Separation up to 28 m

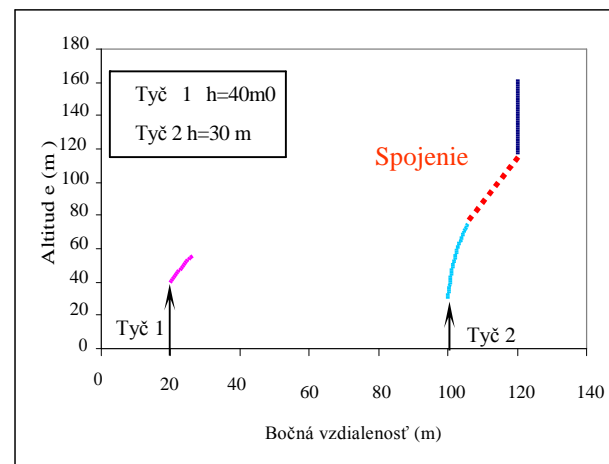
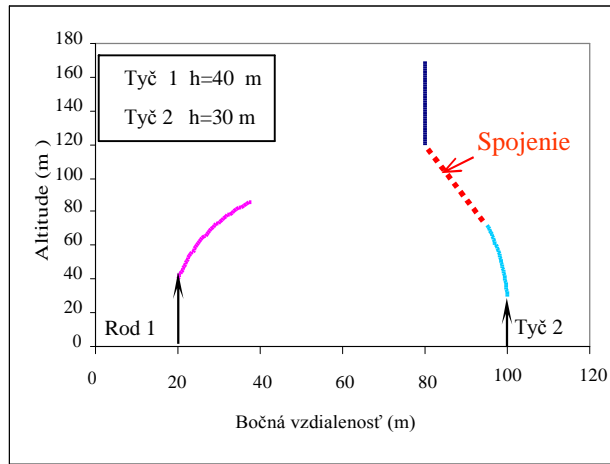
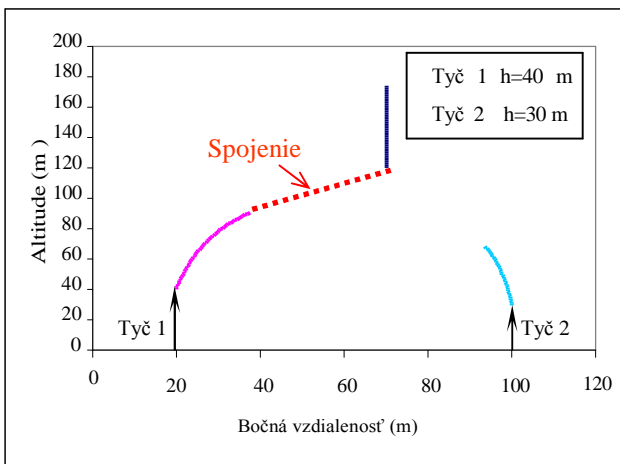
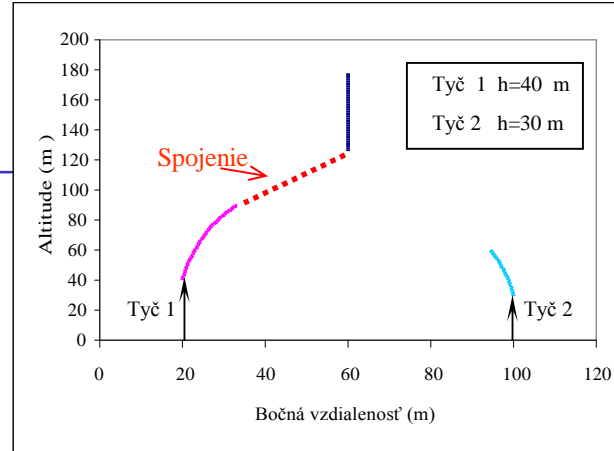
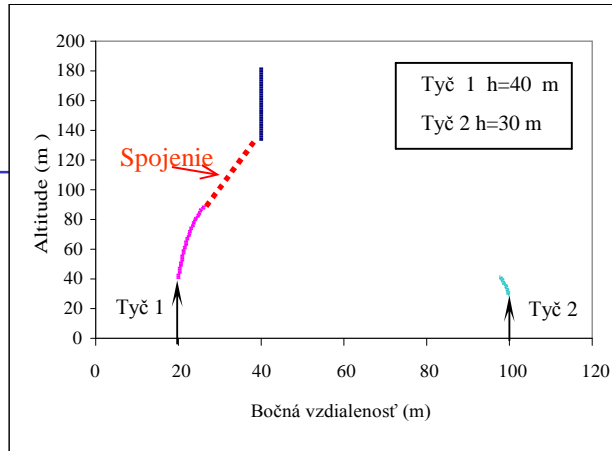
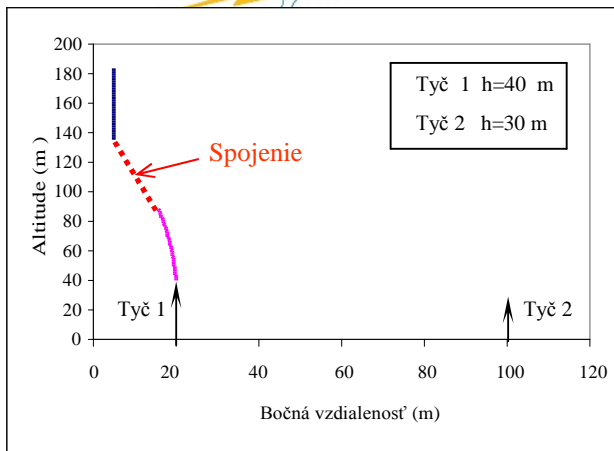
Nespojené stúpajúce kladné lídre

Výška medzi 1,8 a 8 m

Separácia do 28 m



Zachytenie 1








Súťaž dvoch tyčí. $I= 50 \text{ kA}$, $R_v=1$.



Nedávny výskum Saba a kol. 2016-2017

Nedávny vynikajúci výskum spoločnosti Saba a kol. v Brazílii v oblasti prírodných podmienok, dosiahli úspech a výsledky boli uverejnené v roku 2017. Prostredníctvom vysokorýchlostného videa a statických kamier boli pozorované dve rovnaké budovy vysoké 52 metrov vybavené zvislými tyčami. Blesky okolo budov a tie, ktoré zasiahli budovy, boli monitorované pomocou siete na detekciu blesku.

Lightning attachment process to common buildings

M. M. F. Saba¹ , A. R. Paiva¹, C. Schumann² , M. A. S. Ferro³ , K. P. Naccarato¹ , J. C. O. Silva⁴,
F. V. C. Siqueira⁵, and D. M. Custódio³ 

¹INPE—National Institute for Space Research, São José dos Campos, Brazil, ²School of Electrical and Information Engineering, University of Witwatersrand, Johannesburg, South Africa, ³IAE—Institute of Aeronautics and Space, São José dos Campos, Brazil, ⁴APTEMC—Analysis, advices and training on EMC, São José dos Campos, Brazil, ⁵Electrical Engineering, ITA—Technological Institute of Aeronautics, São José dos Campos, Brazil



Standard Cameras = štandardné kamery; Still Cameras = fotoaparáty; HS Cameras = vysokorýchlostné kamery



Hlavné pozorovania tímu Saba

Boli kompletne zdokumentované tri prípady zásahu bleskom do budov. Vo všetkých prípadoch je UCL (Upward Connecting Leader) vždy sprevádzaný UUL (Up Up Unconnected Leader) z vertikálneho vzdušného zachytávača druhej budovy.

2D a 3D rýchlosti zostupných lídrov sa môžu vypočítať v rozsahu $1,4-2,8 \times 10^5$ m/s. Priemerné rýchlosti UCL a UUL sú v rozsahu $4-7 \times 10^4$ m/s. Bleskové prúdy sa pohybujú blízko 20 kA a rýchlosť snímok videa sa volí rovná 10 000 alebo 20 000 obrázkov za sekundu.

Ako sa očakávalo, počas posledného skoku premostujúci pozitívny líder premostil poslednú medzeru.



Prípád A

Table 1. Cases of Attachments

	Case A	Case B	Case C
Date and time of the stroke	9 February 2014 21:28:37.711490	1 March 2014 22:37:38.962550	25 February 2015 20:05:00.76954
Attachment point	Vertical rod of P2	Vertical rod of P2	Vertical rod of P1
Upward leaders from buildings	P1: one UULP2: one UCL	P1: two UULP2: one UCL	P1: one UCL, one UULP2: two UU
Attachment: stroke order and number of strokes in the flash	Fourth stroke of a four-stroke flash	Fourth stroke of a five-stroke flash	Second stroke of an eight-stroke flash
Estimated peak current of attachment stroke from LLS	-17 kA	-21 kA	-14 kA
Video frame rate (images per second)	10,000	10,000	20,000











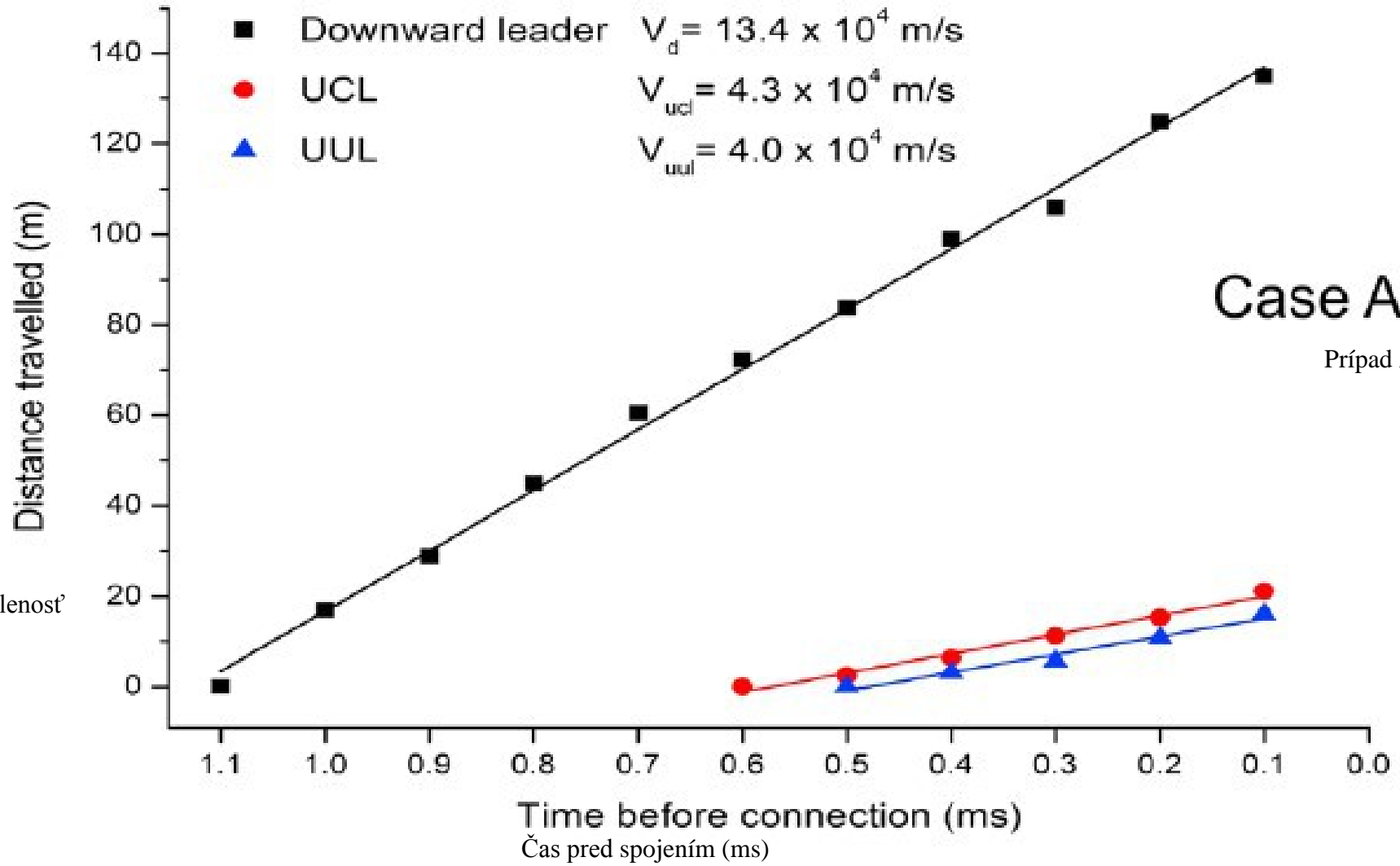


downloaded @ dvdvic











Prípád B

Table 1. Cases of Attachments

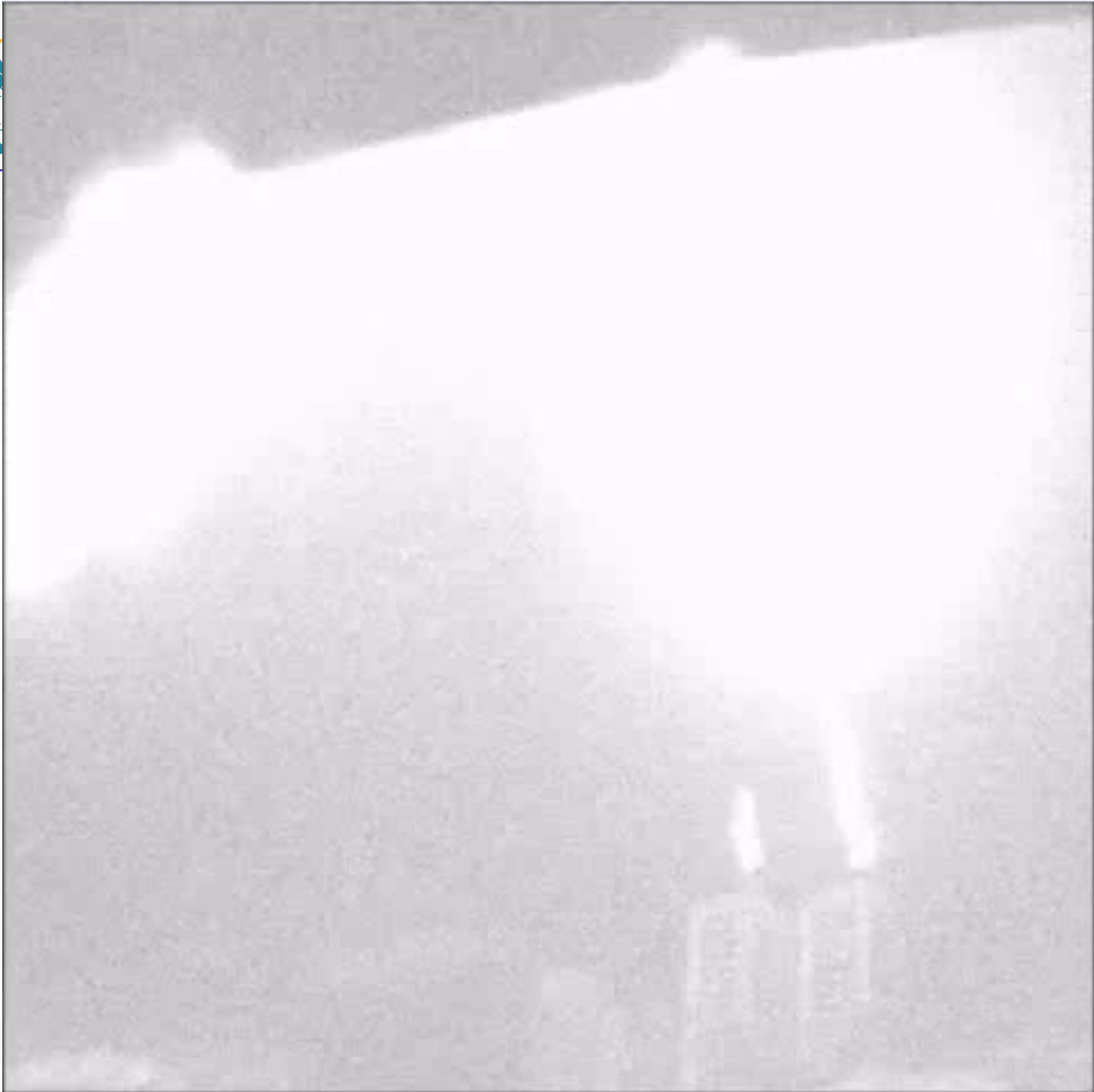
	Case A	Case B	Case C
Date and time of the stroke	9 February 2014 21:28:37.711490	1 March 2014 22:37:38.962550	25 February 2015 20:05:00.769540
Attachment point	Vertical rod of P2	Vertical rod of P2	Vertical rod of P1
Upward leaders from buildings	P1: one UULP2: one UCL	P1: two UULP2: one UCL	P1: one UCL, one UULP2: two UUL
Attachment: stroke order and number of strokes in the flash	Fourth stroke of a four-stroke flash	Fourth stroke of a five-stroke flash	Second stroke of an eight-stroke flash
Estimated peak current of attachment stroke from LLS	-17 kA	-21 kA	-14 kA
Video frame rate (images per second)	10,000	10,000	20,000



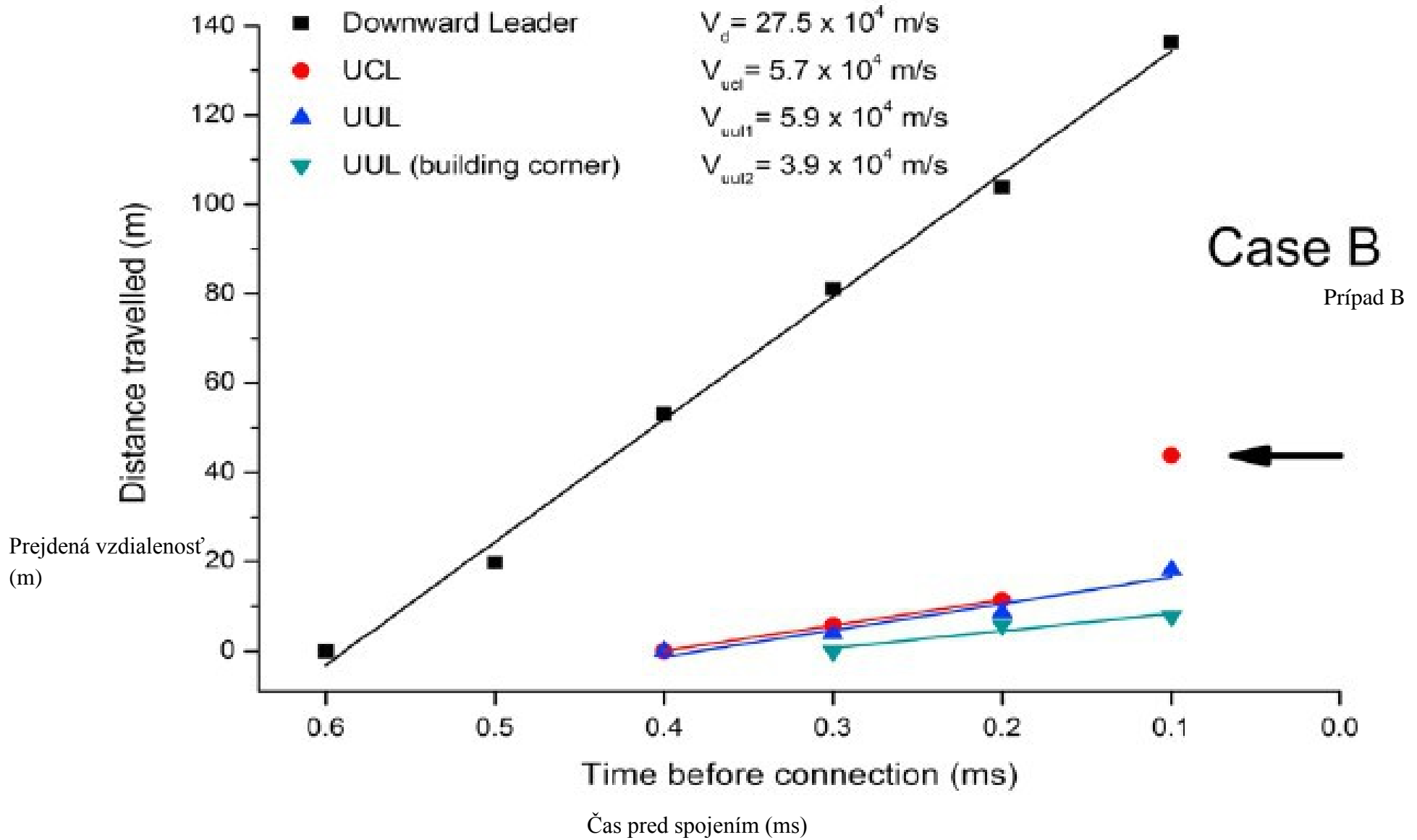














Prípád C

Table 1. Cases of Attachments

	Case A	Case B	Case C
Date and time of the stroke	9 February 2014 21:28:37.711490	1 March 2014 22:37:38.962550	25 February 2015 20:05:00.769540
Attachment point	Vertical rod of P2	Vertical rod of P2	Vertical rod of P1
Upward leaders from buildings	P1: one UULP2: one UCL	P1: two UULP2: one UCL	P1: one UCL, one UULP2: two UUL
Attachment: stroke order and number of strokes in the flash	Fourth stroke of a four-stroke flash	Fourth stroke of a five-stroke flash	Second stroke of an eight-stroke flash
Estimated peak current of attachment stroke from LLS	-17 kA	-21 kA	-14 kA
Video frame rate (images per second)	10,000	10,000	20,000





00:25







00:26

























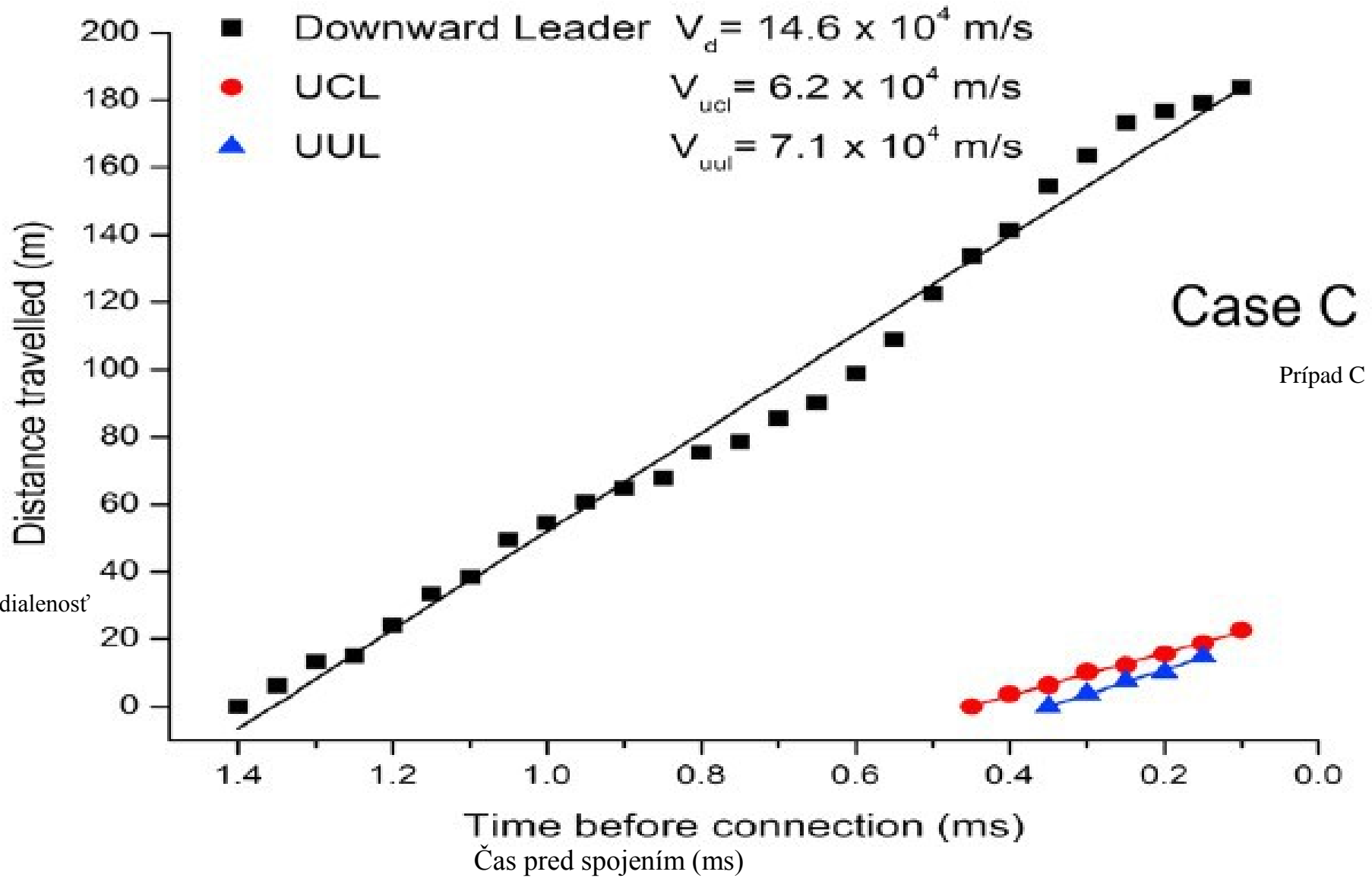




Table 2. Characteristics of the Leaders and Striking Distances

	Unit	Case A	Case B	Case C
Downward leader average speed (V_d)	m/s	13.4×10^4	27.5×10^4	14.6×10^4
UCL average speed (V_{ucl})	m/s	4.3×10^4	5.7×10^4	6.2×10^4
Speed ratio (V_d/V_{ucl})		3.1	4.8	2.3
UUL average speed (V_{uul})	m/s	4.0×10^4	5.9×10^4	3.9×10^4
Time interval between leader inception and return stroke (attachment)	ms	0.54	0.40	0.47
Distance between the down-coming negative leader tip and the tip of the vertical rod at the inception of a stable upward positive leader	m	82	120	62
Distance between the tip of the vertical rod and the negative leader tip at the moment of attachment	m	44	46	40–50



3D numerický model, ktorý je založený fyzikálnych zákonoch a nedávnych štúdiách o blesku

Identifikuje zraniteľné miesta na zložitej a zvýšenej štruktúre a zlepšuje ochranu pred bleskom

Môže byť použitý pre akýkoľvek LPS

Vysvetľuje zásah niektorých vysokých chránených objektov

ADVANTAGES OF OUR MODEL

Otvorený model

Môže byť použitý pre dráhu prichádzajúceho klesajúceho lídra

Náš model ukazuje dôkazy konkurencie medzi stúpajúcimi lídrami, ktorí určujú skutočný bod úderu blesku.

Náš numerický model kvantitatívne určuje kvantitatívne podmienky na zachytenie klesajúceho lídra stúpajúcim lídrom emitovaným LPS.

VÝHODY NÁŠHO MODELU



Závery

- ▶ Porovnanie nášho modelu s prirodzenými pozorovaniami spoločnosti Saba je skutočne v dobrej zhode. Všeobecný popis zásahu blesku sa rešpektuje.
- ▶ Podľa očakávania môžeme pozorovať UCL a UUL. Každý líder môže začať od zraniteľného bodu konštrukcie, rohu, okraja, alebo strešného výčnelku (prednostne bleskozvodu). Úderné vzdialenosti sú vo vnútri očakávaného rozsahu.



Závery

- ▶ Z teoretického modelu sa ukázalo, že tyče súťažia, keď do blízkosti budovy prichádza klesajúci negatívny líder. Keď tyč súťaží s rohom alebo hranou, nastanú situácie, keď roh (alebo hrana) zachytí blesk, čo vedie k vecným škodám.
- ▶ Kľúčom k úspešnej ochrane pred bleskom je skoré spustenie konkurenčného vodcu (stáva sa UCL). Dôležitým dôsledkom je zníženie elektrického poľa okolo ostatných zraniteľných miest štruktúry, čím sa oslabí rozvoj konkurenčných vodcov.