

# POSUDEK Oponenta DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Ing. Peter Kadlec

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

**Elektrotechnika a informatika**

Studijní obor:

Study branch

**Elektrotechnika**

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

**Elektroizolační kompozitní materiály  
se sníženou hořlavostí**

Školitel:

Supervisor

Doc. Ing. Radek Polanský, PhD.

Oponent:

Opponent

Doc. Ing. Viera Khunová, PhD.

## Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Kandidátska dizertačná práca Ing. Petra Kadleca sa zaoberá prípravou a štúdiom vlastností elektroizolačných kompozitných materiálov pre využitie v kábelárskom priemysle. Vo funkcii polymérnej matrice boli použité 2 typy nízko hustotného (LD1, LD2) a jeden typ vysokohustotného (HD) polyetylénu. Vo funkcii plniva bol použitý prírodný vrstevnatý silikát halloyzit (HNT). Ťažisko práce predstavuje štúdium vplyvu HNT na zrýchlené UV a tepelné starnutie jednotlivých typov polyetylénov. Vysokú aktuálnosť a vedeckú hodnotu dizertačnej práce jednoznačne dokumentuje skutočnosť, že polymérne nanokompozity na báze halloyzitu majú veľký potenciál nielen pre využitie v kábelárskom priemysle, ale aj v automobilovom priemysle, medicíne a v potravinárskom priemysle ako ekologické obalové materiály.

## Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Ciele dizertačnej práce sú jasne stanovené a logicky sformulované. Prezentované výsledky sú v súlade s cieľmi práce a jednoznačne potvrdzujú ich splnenie. Doktorand použil pri ich riešení adekvátne, často experimentálne a časovo náročné technologické postupy a merania, potrebné na dosiahnutie vytýčených cieľov. K objasneniu štruktúry študovaných kompozitov a vplyvu HNT na mechanické vlastnosti PE by však nesporne prispelo aj použitie elektrónovej rastrovacej mikroskopie.

## Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Výsledky dosiahnuté v rámci dizertačnej práce predstavujú vedecký prínos v podobe nových originálnych poznatkov týkajúcich sa vplyvu vybraného typu halloyzitu na vlastnosti polyetylénu. Z hľadiska zadania práce sú najvýznamnejšie výsledky pojednávajúce o vplyve halloyzitu na termické vlastnosti, elektrickú pevnosť, štruktúru a mechanické vlastnosti

študovaných typov polyetylénu.

### **Vyjádření k systematicke, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce**

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Predložená kandidátska dizertačná práca má klasickú štruktúru (súčasný stav problematiky, ciele práce, experimentálna časť, výsledky práce), v ktorej jednotlivé kapitoly na seba logicky nadväzujú. Osobitne by som chcela vyzdvihnúť teoretickú časť práce v ktorej autor sumarizuje najnovšie poznatky týkajúce sa súčasného stavu v oblasti elektroizolačných polymérnych materiálov a ich degradácie. Vypracovanie tejto časti práce si vyžiadalo značné úsilie ( autor cituje 135 pôvodných vedeckých prác). Z terminologického hľadiska je však potrebné upozorniť na viaceré štylistické nepresnosti. Nie všetky je však možné vytkáť autorovi, nakoľko mnohé z nich sa vyskytujú v českých prekladoch anglických originálov. Do tejto skupiny je možné zaradiť napr. termín „čistý PE“ namiesto pôvodný, „úroveň plnenia“ namiesto obsah plniva v kompozite, „začlenenie HNT do PE“, pomerne častá je aj zámena termínu aditívum s plnivom.

Okrem kapitoly č. 5.3, ktorá obsahuje základné informácie o použitých experimentálnych postupoch, autor podrobne charakterizuje diagnostické techniky a dosiahnuté výsledky v prílohe kandidátskej dizertačnej práce. Vo viacerých prípadoch však detailná prezentácia dosiahnutých výsledkov (napr. str.173-178) nie je potrebná. V tejto časti práce autor prezentuje tiež najnovšie poznatky týkajúce sa elektroizolačných polymérnych kompozitov. Z hľadiska prehľadnosti kandidátskej dizertačnej práce by bolo vhodnejšie, keby táto časť bola súčasťou prvej kapitoly pojednávajúcej o súčasnom stave v danej problematike.

Z hľadiska dostupnosti dosiahnutých výsledkov pre medzinárodnú vedeckú komunitu a odbornú verejnosť by bolo vhodnejšie, keby autoreferát dizertačnej práce bol napísaný v angličtine.

Okrem nesprávne označenej tetraedrickej a oktaedrickej štruktúry halloyzitu. (obr. 2.3, str. 25) som v práci nenašla žiadne ďalšie formálne nedostatky.

### **Vyjádření k publikacím studenta**

Statement to student's publications

Doktorand dosiahol viaceré originálne výsledky a poznatky. Ich rozsah a význam presvedčivo dokumentuje skutočnosť, že v priebehu riešenia kandidátskej dizertačnej práce boli v odborných časopisoch publikované 3 autorove vedecké publikácie. Výrazne nadpriemerný je počet publikácií a príspevkov prezentovaných na vedeckých konferenciách, ktorý predstavuje 19 príspevkov súvisiacich s témou dizertačnej práce a 9 prác, ktoré autor napísal počas štúdia na Západočeskej univerzite.

### **Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě**

Total evaluation and questions for defence

Dizertačná práca predstavuje významný vedecký prínos v podobe originálnych poznatkov týkajúcich sa prípravy nového typu elektroizolačných materiálov so zníženou horľavosťou na báze polyetylénu a tubulárneho halloyzitu. Dosiahnuté výsledky jednoznačne potvrdzujú, že doktorand zvládol metodiku vedeckej práce na veľmi dobrej úrovni a je schopný samostatne tvorivo a vedecky pracovať.

Vlastnosti polymérnych kompozitov sú ovplyvnené celým radom faktorov. V prípade použitia tubulárneho halloyzitu je to predovšetkým chemické zloženie, štruktúra, merný povrch, geometria, aspektívny pomer a obsah prímiesí. Medzi ďalšie faktory patrí charakter medzifázového rozhrania polymér/plnivo, spôsob a technologické podmienky prípravy kompozitov. V prípade použitia nepolárnej polymérnej matrice je nevyhnutné zabezpečiť dobrú adhéziu na medzifázovom rozhraní polymér/plnivo.

Otázky:

1. Objasnite na základe akých kritérií bol napriek tomu, že obsahuje pomerne veľký podiel prímiesí, použitý halloyzit Dragonit HP z ložiska Dragon Mine, Utah, USA.
2. Výsledné vlastnosti polymérnych kompozitov sú výrazne ovplyvnené veľkosťou a obsahom plniva v kompozite. V práci sa uvádza obsah halloyzitu v PE kompozitoch v percentách, pričom sa nešpecifikuje, či sa jedná o hmotnostné alebo objemové %, ktoré sú v prípade použitého typu halloyzitu výrazne rozdielne.
3. Použitím akých typov modifikátorov by bolo možné eliminovať nežiaduci negatívny vplyv halloyzitu na mechanické vlastnosti PE kompozitov ?
4. Dosiiahnuté výsledky jednoznačne potvrdzujú, že halloyzit vytvára v objeme PE matrice aglomeráty, ktoré následne pôsobia ako koncentrátoři napätia a iniciujú deštrukciu kompozitu. Optimalizáciou akých technologických parametrov počas prípravy kompozitov by bolo možné zlepšiť štruktúru kompozitov a zabrániť vytvoreniu aglomerátov v objeme polymérnej matrice ?
5. Objasnite, prečo (str. 33 ) je na prípravu kompozitov pre elektroizolačné systémy halloyzit vhodnejší ako komerčný interkalovaný montromillonit Cloite -20.

Doporučuji disertační práci k obhajobě  
I recommend the dissertation for the defence

ano yes	x	ne no
------------	---	----------

Datum 15. 10. 2019  
Date

Podpis oponenta:  
Signature of opponent





## Posudok dizertačnej práce

Autor: Ing. Petr Kadlec

Názov: Elektroizolační kompozitní materiály se sníženou horlavostí

Strany: 132, Obrázky: 43, Tabuľky: 13, Literatúra: 245

Dizertačná práca *Elektroizolační kompozitní materiály se sníženou horlavostí* pána Ing. Kadleca bola vypracovaná na Elektrotechnickej fakulte ZČU v Plzni. Rozsahom 193 strán je to nadpriemerné dielo, ktoré obsahuje veľké množstvo teoretických, ale aj experimentálne získaných informácií. Veľký rozsah je daný aj rozsahom experimentov od technológie prípravy a modifikácií vzoriek po viacero druhov analýz a meraní. Predmetom je výskum modifikácií kompozitu s polyetylénovou maticou a tubulárnym halloysitom (HNT) ako plnivom. Zameranie práce na izolačné materiály najmä pre káblovú techniku, uskutočnené experimenty a získané výsledky predstavujú užitočné, dôležité a nové informácie v danom obore elektrotechniky.

Štruktúra práce od prehľadu súčasného stavu, opisu prípravy vzoriek a jednotlivých experimentálnych procedúr a ich výsledkov až po hodnotenie získaných výsledkov je systematicky presná a logická, dokumentovaná tabuľkami a grafmi. Vzhľadom na veľký rozsah je časť práce v prílohách, ktoré sú ale dôležitou súčasťou. Práca je napísaná zrozumiteľne a prehľadne. Použité experimentálne techniky vrátane testu urýchleného starnutia reprezentujú ucelený komplex dôležitých metód diagnostiky a analýzy pripravených vzoriek. Ciele dizertačnej práce (str. 48), ktoré predpokladajú prípravu kompozitu polyetylén + HNT s rôznym pomerom zložiek a modifikácií s ďalšími aditívami a jeho rozsiahlu chemickú a fyzikálnu analýzu boli splnené. Vzhľadom na povahu riešeného problému je práca dôležitá, venuje sa aktuálnej vedecko-technickej téme výskumu požiaru odolných izolačných materiálov pre káblovú techniku, prináša dôležité poznatky a predstavuje prínos vo vednej oblasti. Ciele sú ambiciózne a zvolené metódy spracovania a použité postupy spĺňajú kritériá systematickej a precíznej vedeckovýskumnej práce.

Z hľadiska použitia izolačných materiálov v káblovej technike je dôležité, aby materiál spĺňal náročné technické požiadavky jednak funkčne a zároveň bol odolný voči degradačným vplyvom, aby tak bola zabezpečená dlhodobá bezporuchová prevádzka. Dôležitou vlastnosťou káblovej izolácie je odolnosť voči požiaru a výskum vhodných materiálov a materiálových štruktúr s takýmito vlastnosťami je stále aktuálny. Získané poznatky predstavujú významný prínos autora pri riešení zadanej úlohy.

Z formálneho hľadiska je dizertačná práca Ing. Kadleca napísaná prehľadne, zrozumiteľne, systematicky a s dobrou úpravou. Zaznamenal som minimum formálnych alebo štylistických chýb. Ako nedostatok vidím nedostatočnú veľkosť viacerých grafických závislostí (obr. 6.16 a iné). Navyše v použitom 3D zobrazení sa zakrývajú informácie, napr. na obr. 6.3 – graf po druhom ohreve (mimočodom, myslím, že aj v českej literatúre sa v texte požíva obr. a nie Obr.). Ak sa nemýlim, tak v práci je len jedna závislosť kvantifikovaná matematickým zápisom (rovnica 1). Na viacerých miestach by však pre zrozumiteľnosť textu bolo vhodné a názornejšie uvádzať aj matematické formulácie. Napr. str. 75 – polarizačný index PI priamo súvisí s časovou závislosťou prúdu. Autor tu však nesprávne tvrdí, že čím je polarizačný index vyšší, tým je výraznejší pokles prúdu. Súvislosť je

opačná – čím je pokles prúdu výraznejší, tým je polarizačný index vyšší, čo vidieť napr. priamo z rovnice  $PI = I_{15}/I_{60}$ . Autor v texte k obr. používa slovo „interpretácia“. V technickej praxi sa toto slovo využíva v zmysle „objasnenie, vysvetlenie“. V zmysle „prezentácia“ je používané skôr v oblasti umenia (spevák – interpret).

Použitá literatúra je rozsahom mimoriadna. 245 citovaných prác odpovedá textom typu „Review“. V tomto prípade je ešte doplnená citáciami noriem.

Autor udáva 38 pôvodných publikačných výstupov v domácich a zahraničných časopisoch a v zborníkoch z konferencií. Viaceré sú evidované v akceptovaných databázach (Scopus a pod.). Posúdenie ich dostatočnosti je záležitosťou interných kritérií ZČU v Plzni.

**K práci mám niekoľko pripomienok, resp. otázok:**

Str. 56 – Prečo je polarizačný index „takzvaný“ a ďalšie veličiny (permitivita, stratový činiteľ) nie?

Str. 57 – Čo je relatívna permitivita a ako súvisí s komplexnou permitivitou (nesprávne, aj na iných miestach uvádzané „reálna a imaginárna časť“ relatívnej permitivity)?

Str. 60 – Vágne vyjadrenie – starnutie pri 95 °C, „čo je temer maximálna teplota“ – bola stanovená maximálna teplota – prečo práve 95 °C?

Str. 64 – podľa obr. 6.3 je HNT zrejme dosť hygroskopický materiál. Bol pri výrobe PE-HNT kompozitu HNT dehydratovaný? Aká je navíhavosť PE-HNT?

Str. 74 – Podľa obr. 6.12d sa dá očakávať, že rezistivita rastie aj po čase 100 min, pričom zmena je lineárna približne od 20 min. Prečo páve čas po 100 min považuje autor za ustálený stav bez relaxačných polarizácií?

Str. 75 Hodnoty PI „takmer výhradne rastu“. Kedy nerastu a aké je vysvetlenie?

Str. 80 – prechody  $p_1$ ,  $p_2$  atď. – neštandardný opis závislosti  $\epsilon = f(f)$ . O aké prechody ide? Prosím autora o vysvetlenie uvedenej funkčnej závislosti vo všeobecnosti.

Záverom konštatujem, že dizertačná práca p. Ing. Kadleca je vypracovaná na dobrej úrovni, prináša nové poznatky a riešenia, ktoré súvisia s funkciou izolačných materiálov pre káblovú techniku. Stanovené ciele autor splnil. P. Ing. Kadlec preukazuje schopnosť vedecky pracovať a riešiť problematiku daného vedného odboru.

**Rozhodnutie:**

Prácu **odporúčam** na obhajobu a po úspešnej obhajobe odporúčam p. Petrovi Kadlecovi udeliť titul

**Ph.D.**

Bratislava, 23. septembra 2019

prof. Ing. Vladimír Šály, Ph.D.

STU FEI v Bratislave



# POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Studijní obor:

Study branch

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Školitel:

Supervisor

Oponent:

Opponent

**Ing. Petr Kadlec**

**Elektrotechnika a informatika**

**Elektrotechnika**

**Elektroizolační kompozitní materiály se  
sníženou hořlavostí**

doc. Ing. Radek Polanský, Ph.D.

doc. Ing. Jakub Siegel, Ph.D.

## Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Disertační práce zpracovává velmi aktuální téma návrhu, výroby a optimalizace inovativních HNT kompozitů s PE maticí použitelných primárně v elektroinstalačních systémech silových kabelů, a také v elektroizolačních vrstvách žilové izolace, přičemž halloysitové plnivo působí jako oheň-retardační složka. Ze závěrů disertační práce jednoznačně vyplývá, že tubulární halloysit představuje perspektivní přírodní jílovitý materiál, který může úspěšně konkurovat v současnosti aplikovanějším plnivům jako je např. montmorillonit. Připravené PE kompozity na bázi HNT vykazují uspokojivé materiálové parametry produktu a výsledky termických analýz dokládají oheň retardační účinky, ovšem až při teplotách od cca 400°C, což v praxi znamená použití dalších plniv, jejichž dehydroxylace probíhá při nižších teplotách.

## Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Disertační práce je zpracována velmi pečlivě, experimenty jsou navrženy adekvátně k získání potřebného objemu experimentálních dat. Analýza, interpretace výsledů i jejich konfrontace s dostupnou literaturou jsou zpracovány komplexně, lze však vysledovat jistou míru nekonzistence při interpretaci a chyby při zápisu některých veličin užitě popisné statistiky. Lze konstatovat, že cíle dizertační práce byly splněny.

## Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

V kontextu požadavků na požární bezpečnost a spolehlivost elektroinstalací v havarijních stavech, představují výsledky disertační práce jednoznačný přínos v technologii výroby pokročilých elektroinstalací s oheň-retardačními vlastnostmi. Z hlediska vypovídající hodnoty velkého objemu naměřených dat je škoda, že byla použita pouze popisná statistika s bodovým charakterem.



### **Vyjádření k systematicce, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce**

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Práce je zpracována velmi pečlivě a systematicky, grafická úroveň zpracování obrázků, grafů i tabulek je výborná. Text obsahuje velmi malé množství překlepů a formálních nedostatků a jazyková úroveň práce je dobrá, i když některé použité formulace působí kostrbatě (např. str. 61, odst. 1). S přihlédnutím ke skutečnosti, že se jedná o disertační práci, považuji některé poznámky pod čarou za nadbytečné a dle mého názoru do vědecké práce tohoto typu nepatří. Na čtenáře působí vysvětlení některých triviálních termínů (např. kompozitní materiál, synergický efekt, termoplasty, vlnočety, fotoiniciátory str. 12, 14, 15, 55, 95) úsměvně, přičemž některé definice nelze považovat za zcela korektní. Tyto vysvětlivky by byly pochopitelné v případě, že by dodatečně zpřesňovaly, příp. odchylně definovaly některé běžně zažité termíny pro potřeby této práce.

### **Vyjádření k publikacím studenta**

Statement to student's publications

Publikační činnost předkladatele disertační práce sestává z 19 konferenčních příspěvků a celkem 3 článků v impaktovaných časopisech, které se přímo váží k tématu disertační práce, přičemž v jednom článku je předkladatel 1. autorem. Dále seznam publikací předkladatele obsahuje dalších 9 příspěvků na konferencích, 2 články v impaktovaných časopisech, jichž je předkladatel spoluautorem, 1 užitečný vzor a 1 prototyp. Tyto výstupy vznikly po dobu studia předkladatele a s tématem disertační práce přímo nesouvisí. S ohledem na výše uvedené lze konstatovat, že předkladatel doložil schopnost referovat o výsledcích disertační práce na mezinárodní úrovni a je schopen obhájit zvolené postupy a závěry vědecké práce před odbornou komunitou. Počet publikovaných prací v mezinárodních časopisech lze považovat, s přihlédnutím k době řešení práce a oboru, ve kterém uchazeč působí, za průměrný až mírně podprůměrný.

### **Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě**

Total evaluation and questions for defence

Disertační práce obsahuje velké množství původních výsledků autora a charakterizace vyrobených kompozitů je komplexní. Prezentace a interpretace výsledků práce je adekvátní objemu získaných dat, ovšem zápis některých výsledků měření s využitím základních prvků popisné statistiky není správný vzhledem k prezentované formě a pro čtenáře může být matoucí (nedodržení konvence zápisu bodových a intervalových statistik souboru dat). K disertační práci mám několik formálních připomínek a otázek.

Připomínky formálního charakteru:

1. Na str. 36 autor uvádí, že jednotkou elektromagnetického záření je nejčastěji kJ/mol. I když chápu kontext, ve kterém k této nepřesnosti pravděpodobně došlo, nemohu se s tímto tvrzením ztotožnit. Jednotou energie je Joule (J).
2. Str. 37. Hodnota Planckovy konstanty se většinou uvádí  $6,626 \times 10^{-34}$  Js.
3. Str. 51. Definice zkratk MFI a MFR chybějí v seznamu zkratk.
4. Str. 64, Tab. 6.3 (podobně Tab. 6.5, F.1, 6.8, 6.9, atd.) Zápis průměrných absorbancí a příslušných směrodatných odchylek ve formě ( $\langle a \rangle \pm s$ ) je z hlediska popisné statistiky nesmyslný. Tato forma zápisu představuje ve statistice tzv. konfidenční interval, který se ovšem počítá jiným způsobem. V případě konfidenčního intervalu se jedná o intervalový odhad parametrů daného náhodného výběru, zatím co směrodatná odchylka je charakteristikou bodovou a informuje o tom, jak daleko jsou v průměru jednotlivé

hodnoty rozprostřeny kolem svého aritmetického průměru. Takto je potřeba chápat parametr směrodatné odchylky v kontextu celé práce!

5. Autor uvádí, že rostoucí variační koeficient při analýze absorbancí svědčí o zhoršení rozptýlení HNT v polymerní matici při zvyšování přídatku HNT, což nemusí být nutně správná interpretace. Nárůst variačního koeficientu u měřených absorbancí je možné interpretovat i agregací HNT, a to při podobné distribuci různě velkých shluků HNT, jako při jejich nižších koncentracích. Snímky uvedené na Obr. 6.6 tomuto nasvědčují.
6. Na str. 63 autor uvádí, že na základě výsledků simultánní termické analýzy při analýze HNT (Dragonite HP) je úbytek hmotnosti způsoben nejprve dehydratací HNT a následně dehydroxylací (odštěpování karboxylových skupin). Toto zřejmě není správně. Při dehydroxylaci nedochází k odštěpování karboxylu.

#### Otázky:

1. Jelikož tubulární halloysit (Dragonite HP) a PE představují základní materiál pro výrobu elektroizolačního kompozitů, postrádám v disertační práci detailní analýzu vstupních komponent, především HNT. Je škoda, že se autor spoléhá pouze na charakterizaci deklarovanou výrobcem, případně čerpá z publikací autorů studujících podobný materiál. Domnívám se, že detailní obrazová analýza např. na SEM či TEM by pomohla lépe definovat použitý HNT a bylo by možné lépe diskutovat kvalitu vstupního materiálu a jeho vliv na výsledné vlastnosti kompozitů, potažmo na kvalitu distribuce HNT v PE.

Proč nebyla použita elektronová mikroskopie k charakterizaci použitých HNT a studiu distribuce HNT v HNT/PE kompozitech?

2. Na str. 29 autor uvádí, že hydrofobicita je důležitou materiálovou charakteristikou určující povahu interakce materiálu s okolím, zejména v důsledku chemické struktury. Jelikož je halloysit morfologicky komplikovaným materiálem, nabízí se i jiný přístup k posouzení hydrofobicity, příp. hydrofilicity.

Byl v práci posuzován možný vliv povrchové morfologie HNT, příp. jeho shluků na hodnotu kontaktního úhlu a míru distribuce v PE?

3. Str. 75, obr. 6.12. Čím si vysvětlujete, že po přidání dalších aditiv se ve vzorcích LD1 a HD mění trend vývoje vnitřní rezistivity v závislosti na obsahu HNT?

4. Str. 84, obr. 6.19b. Na obrázku je závislost průběhu napětí v tahu s vyznačením meze kluzu pro materiály LD1, LD2 a HD.

Nebylo by vzhledem k průběhu tahových křivek, zejména s ohledem na vzorek LD1, vhodnější užít parametr smluvní meze kluzu?

Doporučuji disertační práci k obhajobě  
I recommend the dissertation for the defence

ano yes	<input checked="" type="checkbox"/>	no	<input type="checkbox"/>
------------	-------------------------------------	----	--------------------------

Datum  
Date

1. 10. 2019

Podpis oponenta:  
Signature of opponent

