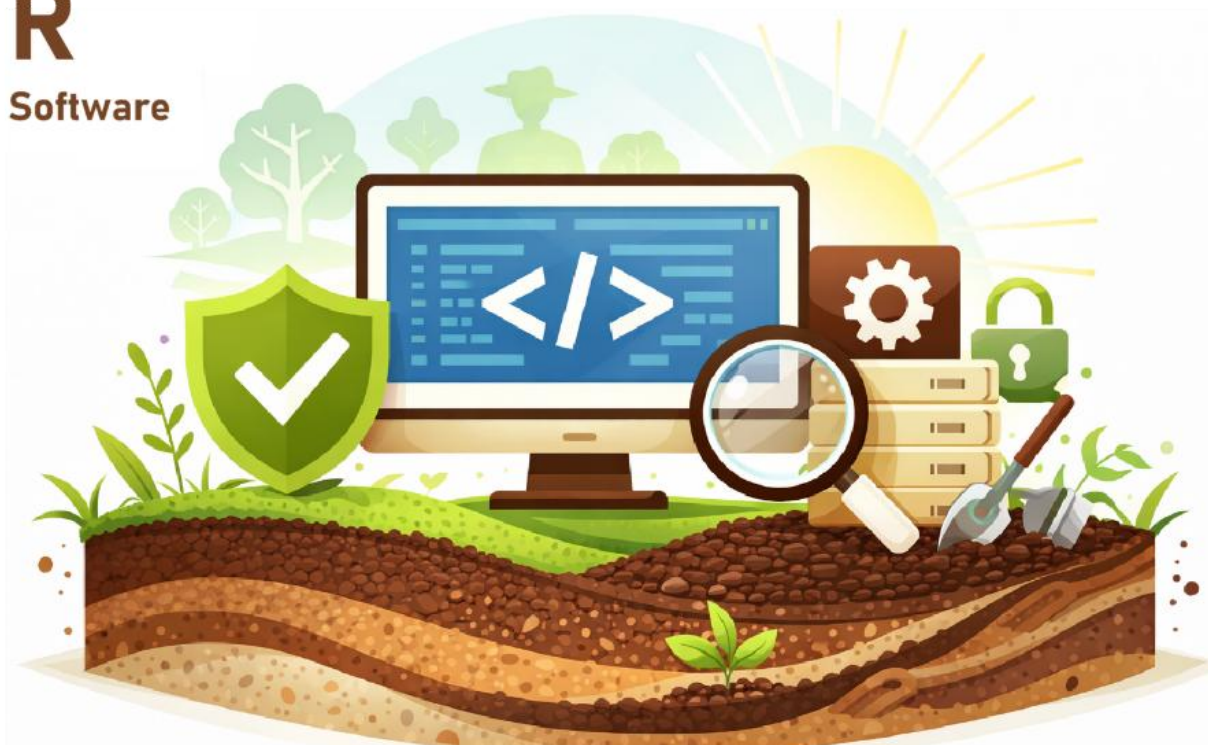


T A
Č R

R

Software



Návrh pásového střídání plodin

Modul PSP (MoPSP)

2025

Návrh pásového střídání plodin

Zásuvný modul s názvem Návrh pásového střídání plodin, zkráceně MoPSP, usnadňuje návrh projektů podporujících pásové střídání plodin a umožňuje ověřovat projekty. Součástí pluginu je nástroj Svahová dostupnost, který na základě digitálního modelu terénu DMR5G (rastr 2 m) provádí orientační kontrolu bezpečnosti a vhodnosti tras, zohledňuje příčný a podélný sklon, tvar terénu a další kritéria relevantní pro provoz zemědělské techniky, čímž pomáhá eliminovat nevhodné návrhy již při tvorbě projektu.

Strip Cropping Design

The plugin Strip Cropping Design, abbreviated as MoPSP, facilitates the design of projects supporting strip cropping and allows for the verification of projects. The plugin includes the Slope Accessibility tool, which, based on the DMR5G digital terrain model (2 m raster), performs a preliminary assessment of the safety and suitability of routes. It takes into account transverse and longitudinal slopes, terrain shape, and other criteria relevant to the operation of agricultural machinery, helping to eliminate unsuitable proposals already during the project design phase.

Autorský kolektiv

Výzkumný ústav monitoringu a ochrany půdy, v. v. i.

Ing. Tomáš Princ, Ph.D.

Mgr. Daniel Žížala, Ph.D.

Ing. Michal Pochop

Vysoké učení technické v Brně

prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.

Univerzita Palackého v Olomouci

prof. Dr. Ing. Bořivoj Šarapatka, CSc.

Ing. Marek Bednář, Ph.D.

Rostěnice, a.s.

Ing. Michal Kraus

Dedikace

Software Návrh pásového střídání plodin byl vytvořen se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR v rámci programu Prostředí pro život. Jedná se o projekt SS06010290 - „Pásové střídání plodin, jako adaptační opatření k optimalizaci vodního hospodářství krajiny“.

Obsah

1	ÚVOD	4
2	POPIS PLUGINU	5
2.1	HLAVNÍ FUNKCE SOFTWARE	5
2.2	ŘEŠENÝ PROBLÉM V OBLASTI ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	5
2.3	FUNKČNÍ POŽADAVKY	5
3	UŽIVATELSKÁ DOKUMENTACE	6
3.1	POŽADAVKY	6
3.2	NÁVOD NA INSTALACI A SPUŠTĚNÍ	6
3.3	PŘÍKLAD POUŽITÍ – TVORBA NÁVRHU	8
3.3.1	TVORBA PÁSŮ A HLAVNÍCH TRAJEKTORIÍ	8
4	TECHNICKÝ POPIS	15
4.1	ARCHITEKTURA	15
4.1.0	PO SPUŠTĚNÍ	15
4.1.1	TRAJEKTORIE A PÁSY	16
4.1.2	VÝPOČET SKLONŮ TRAJEKTORIÍ	17
4.1.3	PROJEKT	20
4.1.4	OVĚŘENÍ PROJEKTU	20
4.1.5	SVAHOVÁ DOSTUPNOST	20
4.2	PROGRAMÁTORSKÁ DOKUMENTACE	21
5	POPIS OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI	23

1 Úvod

Pásové střídání plodin je moderní zemědělská metoda, která získává stále větší pozornost díky svým přínosům pro krajinu a půdu. Tento přístup kombinuje střídání různých plodin v pravidelných pásích s využitím vrstevnicového obdělávání a vegetačního krytu, což pomáhá chránit půdu před erozí, zlepšuje zadržování vody a podporuje biodiverzitu.

Metoda funguje tak, že produkční plochy střídají stabilizační pásy, které zachycují vodu odtékající z produkčních polí i srážky dopadající přímo na ochranné pásy. Díky tomu je možné optimalizovat využití vody v krajině a zároveň snižovat riziko poškození půdy a jejích ekologických funkcí.

Pásové střídání plodin je zatím v Česku využíváno spíše omezeně, ale jeho širší zavedení může přinést významné environmentální i produkční výhody. Širšímu zavedení pásového střídání plodin může významně pomoci navržený plugin, který usnadňuje tvorbu projektů tím, že automaticky kontroluje a optimalizuje různé aspekty návrhu. Plugin pomáhá odhalit potenciální problémy už při plánování, což umožňuje zemědělcům a projektantům vytvářet efektivnější a bezpečnější návrhy s minimálním rizikem chyb.

2 Popis pluginu

2.1 Hlavní funkce softwaru

Software slouží k návrhu pásů a trajektorií pojezdu zemědělské techniky pro pásové střídání plodin (PSP) na základě prostorových dat. Umožňuje uživateli vytvářet a upravovat návrh osevních pásů v návaznosti na tvar pozemků a orientaci pojezdu. Součástí nástroje je také kontrola splnění vybraných legislativních podmínek, na jejichž základě lze ověřit, zda je navržené řešení uznatelné v rámci platných pravidel hospodaření.

Nástroj byl navržen tak, aby jeho použití vyžadovalo pouze základní znalost prostředí QGIS. Pro usnadnění práce jsou uživatelům k dispozici také podrobný návod a videonávody.

2.2 Řešený problém v oblasti životního prostředí

Řešený nástroj se zaměřuje na podporu návrhu plánu osevu pro PSP, které představuje environmentálně šetrný způsob hospodaření na zemědělské půdě. Pásové střídání plodin přispívá ke snížení vodní a větrné eroze, zlepšení struktury půdy a omezení negativních dopadů intenzivního zemědělství na krajinu. Nástroj zjednodušuje plánování tohoto typu osevu s využitím prostorových dat, čímž usnadňuje jeho praktické uplatnění a podporuje udržitelné využívání půdy a ochranu životního prostředí.

2.3 Funkční požadavky

- **Načtení vstupních dat**

Plugin umožňuje načtení vstupních dat v prostředí QGIS, a to jak ve formě vektorových, tak rastrových vrstev. Uživatel může zadávat parametry potřebné pro analýzu prostřednictvím uživatelského rozhraní. Konkrétně se jedná o číselné hodnoty zadávané ručně, hodnoty nastavované pomocí prvků typu spinbox a volby realizované pomocí zaškrťávacích polí (checkboxů). Zadané hodnoty jsou ukládány pro další spuštění.

- **Zpracování**

Plugin provádí výpočty nad vstupními daty na základě zadaných parametrů a implementovaných algoritmů. V průběhu zpracování jsou vytvářeny kopie vstupních vrstev, aby nedocházelo k jejich přímé modifikaci.

- **Zobrazení výsledků**

Výsledky analýzy jsou zobrazeny v prostředí QGIS, zpravidla ve formě nové vrstvy. Současně mohou být v uživatelsky definovaných složkách vytvářeny další výstupní soubory v závislosti na splnění zadaných podmínek a konfiguraci analýzy.

- **Export výsledků**

V případě splnění definovaných podmínek je vytvořena výstupní složka obsahující všechny relevantní vrstvy a doprovodnou dokumentaci ve formátu PDF.

3 Uživatelská dokumentace

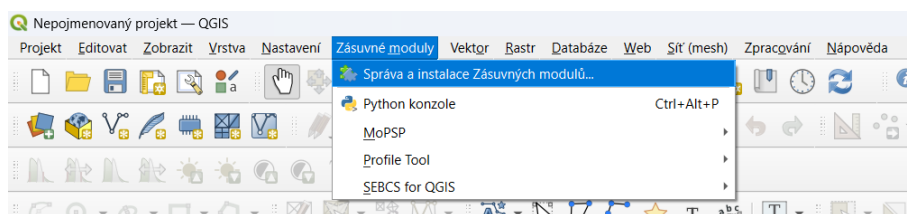
3.1 Požadavky

Software je určen pro operační systém Microsoft Windows. Funkčnost na jiných operačních systémech (např. macOS, Linux apod.) nelze garantovat ani zajistit. Aplikace byla testována na systému Windows 11, kde byla její funkčnost ověřena. Pro práci byly použity novější verze QGIS nad 3.24.

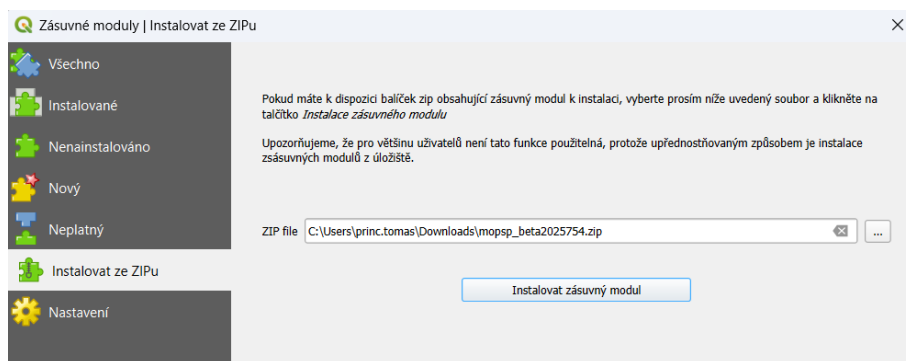
3.2 Návod na instalaci a spuštění

Pro funkčnost modulu je nejdříve potřeba stáhnout a instalovat serverové certifikáty. Ty jsou nutné pro správnou funkčnost WFS služeb, které jsou pro fungování modulu nezbytné. Informace o nutných certifikátech jsou k nalezení na stránce, kde se nachází také modul (<https://www.spucr.cz/pudni-sluzba/pasove-stridani-plodin/zasuvny-modul-mosp/ke-stazeni>). Poté lze stáhnout také zásuvný modul, který je ve formátu zipu. Instalaci do QGISu lze provést dvěma způsoby.

V prvním případě je nutno přes Zásuvné moduly kliknout na Správa a instalace Zásuvných modulů (Obrázek 1). Zde se v levé části vybere kolonka Instalovat ze ZIPU a po vyplnění cesty ke staženému modulu dojde k instalaci pluginu do QGISu (Obrázek 2).



Obrázek 1: Zásuvné moduly na hlavní liště

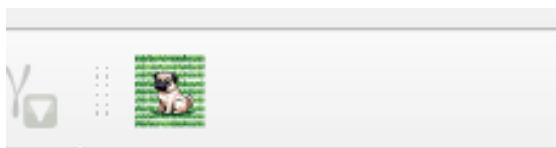


Obrázek 2: Instalování ze ZIPu

Ve druhém případě lze umístit již rozbalenou složku (s názvem mosp) do lokace pro pluginy. Tato cesta by pravděpodobně měla být nastavena takto (pozn.: AppData často patří pod skryté položky):

`C:\Users\<jméno>\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\<profil,default>\python\plugins`

Po instalaci může být nutné QGIS vypnout a znovu zapnout, měla by se objevit nástrojová lišta s ikonou zásuvného modulu MoPSP.



Obrázek 3: Ikona pluginu

3.3 Příklad použití – tvorba návrhu

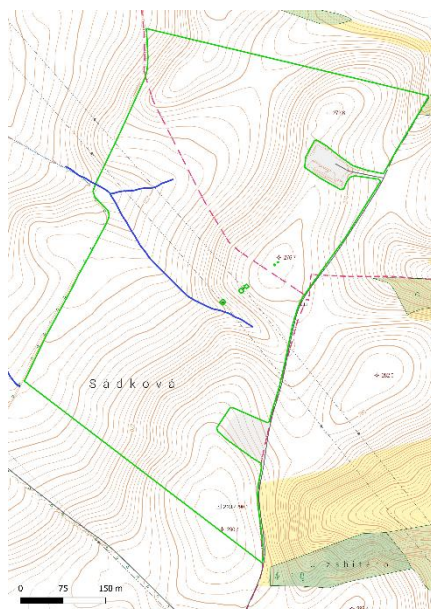
Pro zajištění bezproblémového fungování doporučujeme nastavit souřadnicový systém projektu na EPSG kód 5514, a zajistit, aby všechny vrstvy byly ve stejném souřadnicovém systému. Při návrhu se postupuje tak, že nejprve jsou řešeny jednotlivé díly půdních bloků (DPB) a v jejich rámci následně souvislé celky (SC). Poloha souvislých celků vychází z topografie terénu; obecně je vhodné umístit jejich hranici do míst, kde vrstevnice výrazně mění směr.

V každém souvislém celku je definována hlavní linie, podle níž jsou vytvářeny pásy a trajektorie. Ty představují hlavní vstup pro výpočet sklonů trajektorií. Dalším důležitým vstupem je umístění stabilizačních ploch (StP). Ty se povinně navrhují zejména podél okrajů DPB, krajinných prvků nebo drah soustředěného odtoku (DSO). Stabilizační plochy lze rovněž umístit v místech, kde by nebylo možné využívat zemědělskou techniku nebo která výrazně nevyhovují provozním podmínkám (např. plochy se sklonem nad 20 %).

Pro ukázkou byla využita speciální funkcionální pluginu. Předpokládá se totiž, že návrh PSP může být vytvářen také pro DPB, které dosud nejsou účinné. Proto je možné aktivovat volbu, která zohledňování účinnosti DPB vypne. V našem příkladu bude tato možnost využita k vytvoření modelového, náhodně generovaného DPB.

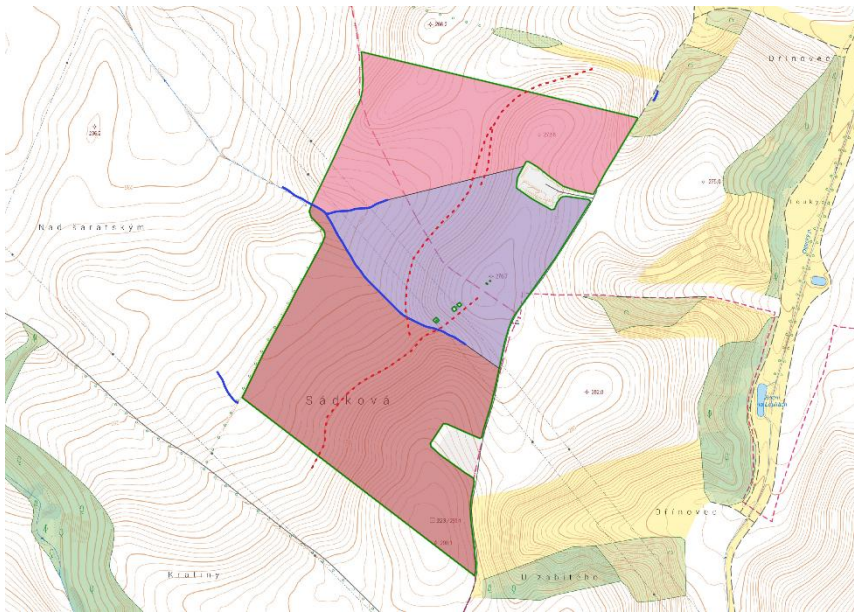
3.3.1 Tvorba pásů a hlavních trajektorií

Na Obrázku 4 je znázorněn řešený příklad. Pomocí pluginu je možné zobrazit dráhy soustředěného odtoku s přispívající plochou větší než 5 ha. Vzhledem k tomu, že tyto dráhy zasahují poměrně hluboko do řešeného území a musí být obklopeny stabilizační plochou, nabízí se rozdělení souvislých celků právě podél těchto údolnic. V těchto místech navíc dochází k výrazné změně směru vrstevnic, což prakticky znemožňuje vedení trajektorií po vrstevnicích.



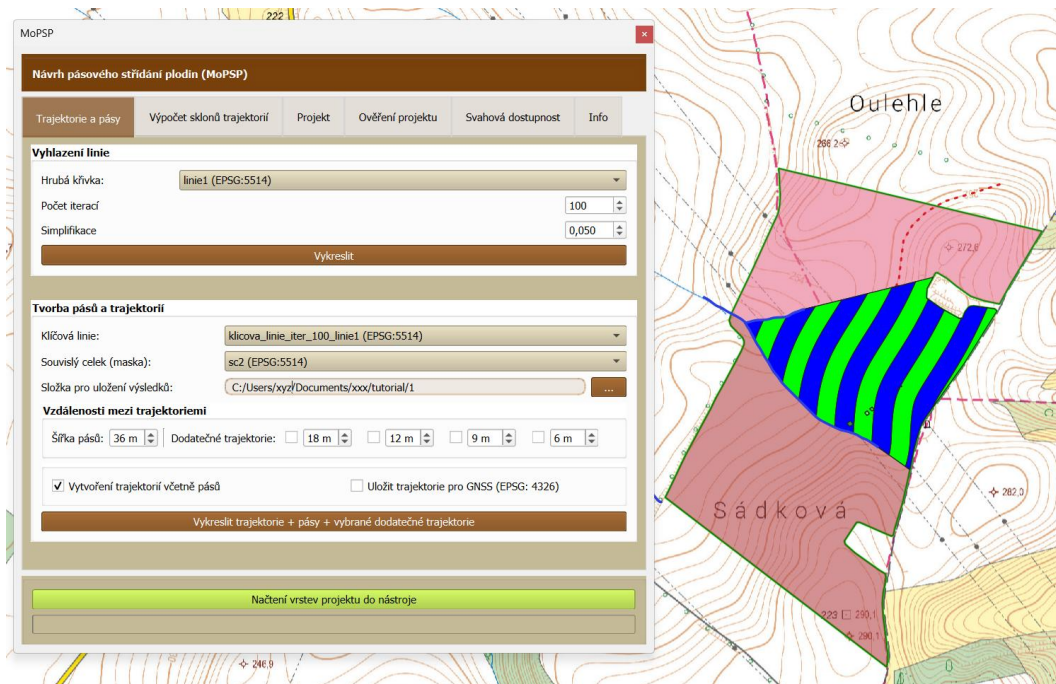
Obrázek 4: Poloha DPB (zelená) s vyznačeným DSO (modře)

Na dalším obrázku jsou znázorněny vytvořené souvislé celky. Uvnitř každého celku je vyznačena linie, na jejímž základě je následně vytvořena klíčová linie. Tyto linie byly zakresleny ručně přibližně podél vrstevnic. V této fázi je již možné využít modul MoPSP a v záložce *Trajektorie a pásy* se zaměřit na vyhlazení linie. Postup spočívá v postupném řešení jednotlivých souvislých celků.



Obrázek 5: Souvislé celky vzniklé prodloužením DSO a příslušné hrubé linie (čárkované červené linie) pro vytvoření klíčových linií

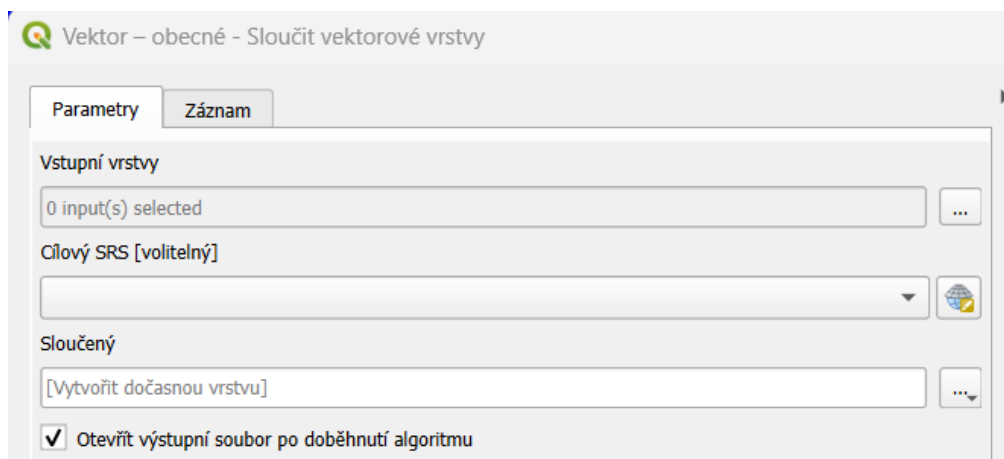
V dalším kroku je nutné pro každý souvislý celek (SC) vytvořit trajektorie a pásy. Na Obrázku 5 je zobrazena hrubá křivka po vyhlazení spolu s vytvořenými pásy a hlavními trajektoriemi. Označení pásů A a B slouží pouze jako pomůcka pro další práci a z technického hlediska nemá na výpočet žádný vliv. Hlavní trajektorie představují důležitý vstup pro další zpracování. Současně je možné vytvořit i dodatečné trajektorie s různými šířkami záběru, které lze následně exportovat v souřadnicovém systému a využít v navigačních systémech zemědělské techniky. Na obrázku lze také pozorovat, že se ve východní části souvislého celku nachází vrchol. Teoreticky by se mohlo jednat o místo vhodné pro vymezení nového souvislého celku. V této fázi však není nutné tuto skutečnost řešit; nejprve je vhodné vyhodnotit výsledky návrhu v aktuálním uspořádání.



Obrázek 6: Vytvoření pásů a trajektorií v jednom souvislém celku

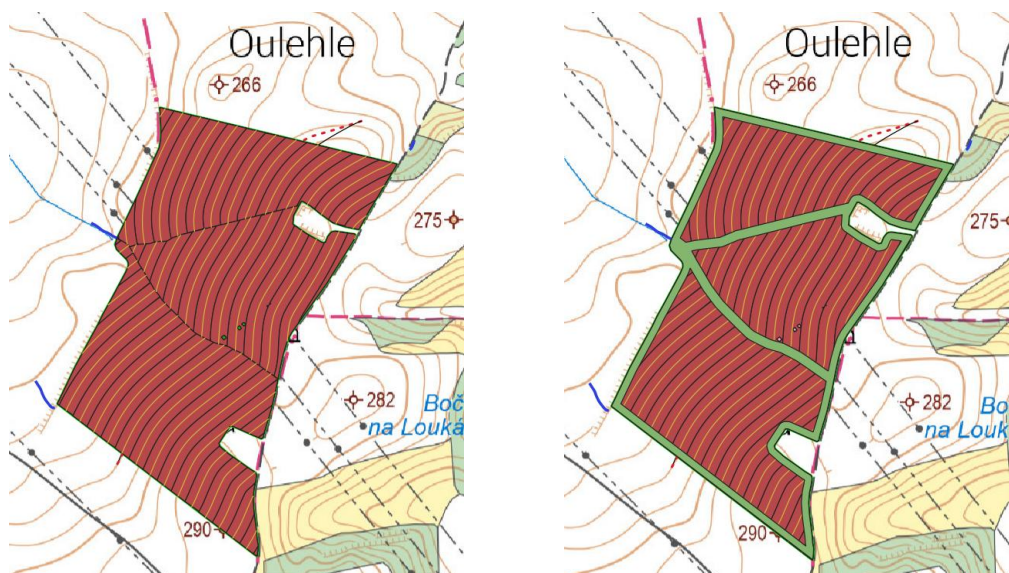
Je nutné průběžně posuzovat, zda jsou vzniklé trajektorie a pásy realizovatelné v praxi. V některých případech může docházet k nežádoucímu zalamování trajektorií nebo k výskytu jiných anomálií. V takových situacích je třeba upravit buď klíčovou (hrubou) linii, nebo vymezení souvislých celků.

Výsledné pásy (obě varianty) i trajektorie jsou uloženy do zadané složky. Po přípravě pásů a trajektorií pro všechny souvislé celky uvnitř DPB je potřeba vytvořit jednu vrstvu pro pásy a jednu vrstvu pro trajektorie (tato sjednocená vrstva může být součástí více DPB). Postup může být takový, že využijeme nástroj Sloučit vektorové vrstvy (mergevectorlayers).



Obrázek 7: Nástroj pro sloučení vektorových vrstev

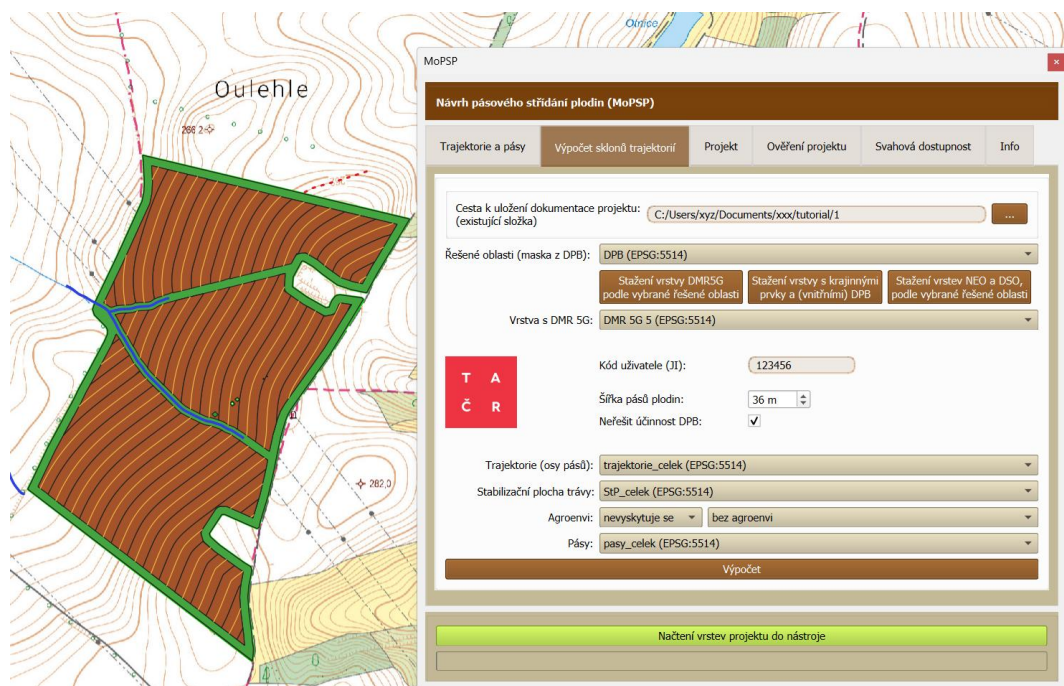
Po kliknutí na tlačítko „...“ lze vybrat vrstvy, které chceme sloučit. Ideálně takovým způsobem, že příslušnou vrstvu chytíme a potáhneme ji do seznam vstupních vrstev, abychom se vyhnuli problémům s vrstvami, co mají shodné jméno. Alternativně je možné v Panelu vrstev odstranit ty vrstvy, které nebudou při operaci využity; tím se rovněž eliminuje případný problém se shodnými názvy vrstev.



Obrázek 8: Sjednocené trajektorie a pásy v rámci jednoho DPB (vlevo). Řešený DPB včetně stabilizačních ploch (vpravo)

V této fázi je již možné spustit výpočet, který ověří, zda jsou splněny podmínky pro podélné sklony trajektorií a další související požadavky. V našem případě však máme poměrně jasnou představu o umístění stabilizačních ploch, proto je vytvoříme již v této fázi. Jednoduchý postup pro vytvoření stabilizačních ploch podél hranice DPB spočívá nejprve v odstranění děr v polygonu DPB (nástroj *Smazat díry*). Následně se použije nástroj multi-ring buffer se zápornou hodnotou a s požadovanou

šířkou stabilizační plochy. Na Obrázku 8 je zobrazen připravený pozemek určený pro následné vyhodnocení.



Obrázek 9: Vyplněný modul pro výpočet podélných sklonů trajektorií

Na Obrázku 9 je zobrazen ideální stav. Je zde vyplněna cesta pro uložení projektové dokumentace. Je však třeba dbát na to, aby tato cesta nebyla příliš dlouhá, protože operační systém Windows omezuje maximální délku souborové cesty. Vzhledem k tomu, že generované soubory mají poměrně dlouhé názvy, může v některých případech dojít k překročení tohoto limitu; modul by na tuto skutečnost měl uživatele upozornit. Problémy se mohou objevit také v případě, že se v názvu cesty nebo souborů vyskytují české znaky. Z tohoto důvodu modul na jejich použití rovněž upozorňuje. Dále jsou vyplněny vstupní vrstvy. Povinnými vrstvami jsou DMR5G a Trajektorie. Ostatní vrstvy nejsou povinné, avšak bez jejich zadání není možné provést kompletní vyhodnocení. Po vyplnění všech požadovaných vrstev se spustí výpočet stisknutím tlačítka *Výpočet*. Pokud byly některé vrstvy do projektu přidány až dodatečně, lze pomocí tlačítka *Načtení vrstev projektu do nástroje* zajistit jejich zobrazení v příslušných výběrech.

V tomto případě byla navíc – jak již bylo zmíněno dříve – aktivována volba, která vypíná kontrolu účinnosti DPB.

Po provedení výpočtu se vytvoří a zobrazí několik výsledných vrstev. Vrstva `Limit30p_<ID projektu>` zobrazuje místa, kde byl překročen podélný sklon trajektorií (přičemž sklon v daném místě zároveň přesahuje hodnotu 3 %). Barva této vrstvy indikuje, zda je v daném DPB splněna stanovená podmínka. V atributové tabulce je dále uvedena informace o tom, na jakém procentu plochy DPB se sklonem nad 3 % byl podélný sklon překročen. Další důležitou vrstvou je `DPB_stav_návrhu_<ID projektu>`, která poskytuje podrobnější informace o splnění jednotlivých podmínek v rámci DPB. V této fázi se však nejedná o kompletní kontrolu, a proto zde nejsou vyhodnocovány všechny podmínky.

V ukázkovém příkladu byla například vytvořena také vrstva upozorňující na trajektorie, které pravděpodobně neprocházejí osou pásu. Při bližším zkoumání je patrné, že tomu tak skutečně je. Řešením tohoto problému je v daném místě vymezit nový souvislý celek.



Obrázek 10: Vyhodnocení podélného sklonu trajektorií a DPB. Zelená barva prozrazuje, že podmínky jako podélný sklon a DSO ležící uvnitř stabilizačních ploch byly splněny, nicméně červené linie označují trajektorie, které neleží v osách pásů

Po úpravě souvislého celku a vytvoření nové klíčové linie, která lépe odpovídá převládajícímu směru v novém souvislém celku (SC), byly znovu spočteny výsledky, zobrazené na Obrázku 11. Velmi důležitou vrstvou, která byla vytvořena, je kostra_plodin_<ID projektu>. Tato „kostra plodin“ slouží jako vstup pro celkové ověření návrhu. V atributové tabulce jsou předvyplněna ID plodin pro stabilizační plochy (StP) či další speciální prvky, nicméně je potřeba doplnit ID plodin pro všechny pásy. Jako pomůcka může sloužit sloupec SCHEMA, kde jsou vyznačeny hodnoty A a B; jeho použití však není povinné. Je také možné vyplnit stejné plodiny v sousedících pásích, čímž vzniknou širší či spojené pásy, které se v návrhu mohou vyskytnout, ale pouze na místech označených jako NEO. Při vyplňování lze rovněž zohlednit, že malé plochy není účelné řešit samostatně; tyto lze přidat ke stabilizačním plochám přiřazením hodnoty 471 do pole PLOD_ID. Doporučuje se také seřadit plochy v kostře plodin podle výměry, protože plochy menší než 50 m² nelze prakticky využít (opět je lze případně připojit k StP vyplněním hodnoty 471 do pole PLOD_ID).



Obrázek 11 Vstupní vrstvě po úpravě, kdy byl souvislý celek na severu rozdělen na dvě části (vlevo). Výsledek vyhodnocení po úpravě (vpravo)

V záložce Projekt se jako pomůcka nachází tlačítko Číselník plodin, které otevře stránku s aktuálním číselníkem plodin. Pro vyhodnocení projektu je potřeba použít celou složku, do které byly ukládány výsledky. Cesta k této složce by měla obsahovat zakončení:

xxx/ Dokumentace_psp_<ID projektu>\Test_psp_<ID projektu>.

Test_psp se zde vyskytuje z toho důvodu, že nebyla řešena účinnost DPB, jinak by se složka jmenovala Navrh_psp_<ID projektu>. Výsledek vyhodnocení se objeví v nově vytvořené složce Test_prjekt_psp_<ID projektu>. Výsledkem je Dokumentace_<ID projektu> s několika stránkami (3 pro každý DPB). Vždy první stránka informuje o výsledku vyhodnocení (viz Obrázek 10), v případě, že je použita varianta bez řešení účinnosti DPB tak vyhodnocení DPB vyjde jako NESPLNĚNO. Lze také použít záložku Svahová dostupnost. Po zadání trajektorií a DMR5G, rozchodu kol stroje a povoleného příčného sklonu dojde k výpočtu, na kterých místech je příčný sklon překročen. Výsledek je zobrazen na Obrázku 13.

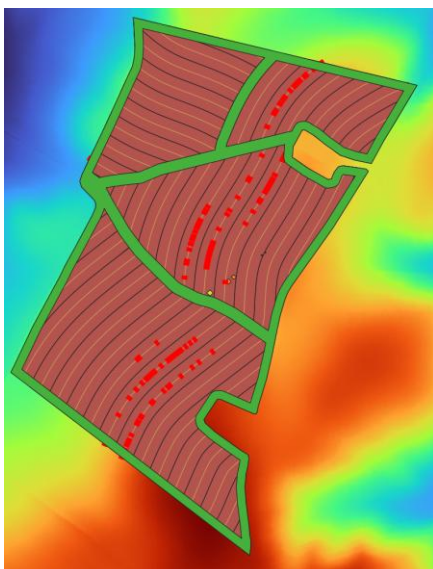
Vyhodnocení projektu PSP

Vytlačeno dne [redacted] ID procesu [redacted]
 ID uživatele [redacted]
 Výměra DPB: 31.9260 ha
 EPSG: 5514
 Šířka pásů: 36 m

ZKOD.
 ČÁST 1

Splnění všech podmínek.	NESPLNĚNO
DPB v Projektu musí být účinný v době podání Projektu k ověření na SPU, hodnoty atributů ZKOD a CTVEREC v souboru „plan_osevu_psp“ musí být platné. Kultura DPB musí být R (orná půda).	NEŘEŠENO
Kódy plodin v atributu PLOD_ID v souboru Projektu s názvem „plan_osevu_psp“ musí odpovídat platnému centrálnímu číselníku plodin MZe.	SPLNĚNO
Celková výměra zákresů s plodinami na DPB musí být shodná s výměrou příslušného DPB v Projektu. Míra shody bude nejméně 99,99 % výměry zákresů s plodinami budou vypočítány z jejich geometrie s přesností na čtyři desetinná místa. Jejich hodnoty budou přiřazeny každému polygonu vsouboru Projektu „plan_osevu_psp“ v atributu VYMZAKRES.	SPLNĚNO
Atribut ZAKRES_ID v souboru Projektu s názvem „plan_osevu_psp“ bude obsahovat jedinečné číselné identifikátory (a bude vyplněn).	SPLNĚNO
Hodnoty atributu SIRKA_PASU v souboru Projektu s názvem „trajektorie“ musí být celé číslo. Šířka pásů v Projektu bude v metrech a bude odpovídat kolmé vzdálenosti vzájemně sousedících paralelních trajektorií v souvislém celku. Hodnoty atributu budou přiřazeny každému prvku v souboru „trajektorie“.	SPLNĚNO
Velikost výměry DPB v Projektu bude nejméně 4 ha. Navíc plocha žádné zemědělské parcely není menší než 50 m ² .	SPLNĚNO
Celková výměra částí plochy DPB se skloností menší než 3 procenta bude maximálně 25% výměry DPB. (Parametr bude povinný pro Projekty podávané v JŽ od roku 2026.)	SPLNĚNO
Trajektorie musí pokrývat celý DPB v Projektu, jak je uvedeno v tomto metodickém postupu. Trajektorie v každém souvislém celku DPB musí být paralelní.	SPLNĚNO
Trajektorie v každém souvislém celku musí mít vzájemně stejnou vzdálenost v celém Projektu.	SPLNĚNO
Trajektorie musí procházet osami všech příslušných pásů na každém DPB v Projektu.	SPLNĚNO
Procentuální podíl výměry celkové plochy segmentů pásů, jejichž podélný sklon je větší nebo je roven polovině sklonu terénu, případně je větší než 7 %, nesmí být větší než 30 % výměry celkové plochy se skloností větší než 3 % na DPB.	SPLNĚNO
Souvislé plochy s výměrou nad 1 ha a s podélným sklonem nad 7 % (ZEOP) nesmí být větší než 2 ha a jejich celková výměra na DPB nesmí překročit 10 % výměry celkové plochy se skloností větší než 3 % na DPB.	SPLNĚNO
Maximální celková výměra spojených pásů a pásů s nadlimitní šířkou na každém DPB v Projektu nesmí být větší než 10 % z výměry DPB.	SPLNĚNO
Každá souvislá plocha spojených pásů musí ležet alespoň osmdesát procenty své výměry na částech DPB s erozní ohrožeností kategorie NEO.	SPLNĚNO
Procentuální podíl výměry stabilizačních ploch musí být minimálně 5 % a maximálně 30 % z výměry DPB.	SPLNĚNO
Konce pásů se musí vždy napojovat na stabilizační plochu.	SPLNĚNO
Okolo hranice DPB a krajinných prvků musí být stabilizační plocha v rozsahu obalové zóny o šíři nejméně 15 m. Osu obalové zóny tvoří hranice DPB nebo krajinných prvků. Na DSO musí být navrženy stabilizační plochy nejméně v rozsahu obalové vrstvy okolo každé osy DSO o šíři minimálně 7,5 m.	SPLNĚNO
Každá stabilizační plocha v Projektu musí obsahovat spojovací i bezzásahovou část.	SPLNĚNO
Na dílu půdního bloku jsou pěstovány plodiny náležející do různých čeledí rostlin podle definice botanického systému klasifikace plodin s výjimkou kukuřice a čiroku, které lze pravidelně střídát v pásech s ostatními plodinami z čeledi lipnicovitě (Poaceae).	SPLNĚNO
Na dílu půdního bloku nejsou pravidelně střídány výhradně plodiny s nízkou ochrannou funkcí uvedené v § 8 odst. 1 písm. c) nařízení vlády upravujícího pravidla podmíněnosti plateb zemědělcům nebo mák setý.	SPLNĚNO
Na díle půdního bloku se nevyskytují brambory či batáty.	SPLNĚNO
Krajinné prvky na DPB musí odpovídat zákresu v LPIS.	SPLNĚNO

Obrázek 12: Vyhodnocení projektu



Obrázek 13: Překročený podélný sklon (červeně vyznačené čáry)

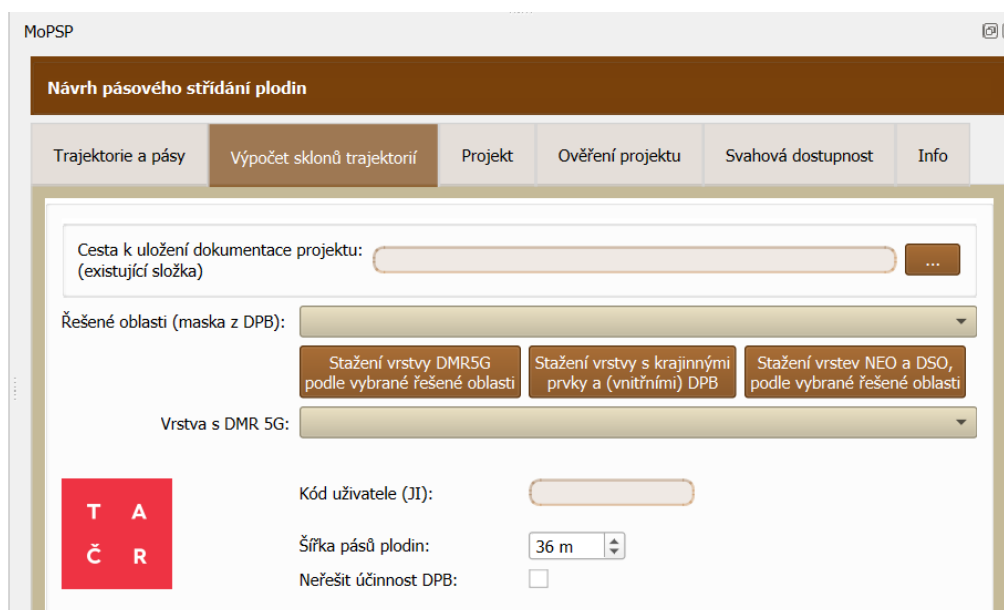
4 Technický popis

Software je implementován jako plugin pro prostředí QGIS Desktop. Plugin je vyvíjen v jazyce Python a využívá rozhraní PyQGIS (QGIS Python API) pro práci s vektorovými a rastrovými daty, správu projektů a integraci do Processing frameworku. Při vývoji byl kladen důraz na využití výhradně nástrojů dostupných v QGISu.

4.1 Architektura

Plugin lze v zásadě rozdělit do několika hlavních skupin, které odpovídají záložkám zobrazeným v nástroji, a na část kódu, která se vykonává přímo po jeho spuštění.

Nástroj je určen pro Českou republiku, takže projekt je vždy automaticky nastaven na souřadnicový systém EPSG:5514. Všechny vstupní vrstvy jsou zkopírovány a převedeny do stejného systému, přesto je doporučeno mít vrstvy již připravené ve správném souřadnicovém systému. Plugin pracuje pouze s kopii vrstev, takže původní data zůstávají nedotčená, a to i v případě, že nedošlo k převodu souřadnicového systému.



Obrázek 14: Ukázka záložek v okně aplikace

4.1.0 Po spuštění

Po spuštění pluginu se zkontroluje verze, která je dostupná na webu SPÚ. Pokud se liší od verze, která je vepsaná v současném pluginu, je uživatel upozorněn, aby si stáhl verzi novou.

Do všech comboboxů (rozbalovacích seznamů) jsou načteny příslušné vrstvy dostupné v aktuálním projektu, přičemž každý combobox má určeno, zda je určen pro rastrovou, polygonovou, nebo liniovou vrstvu. Do spinboxů (číselných polí s krokováním) jsou načteny hodnoty z předchozí práce, které jsou uloženy v nastavení aplikace.



Obrázek 15: Diagram pro proces po spuštění aplikace

4.1.1 Trajektorie a pásy

Tato záložka obsahuje moduly důležité pro samotné vytvoření návrhu. Uživatel zadá křivku, která by měla reprezentovat klíčovou linii pro daný souvislý celek. Tato linie by měla mít přibližně směr vrstevnic, a případně ji lze ještě vyhladit. Paralelně se vytvoří další trajektorie a odpovídající pásy pro plodiny.

4.1.1.1 Vyhlazení linie

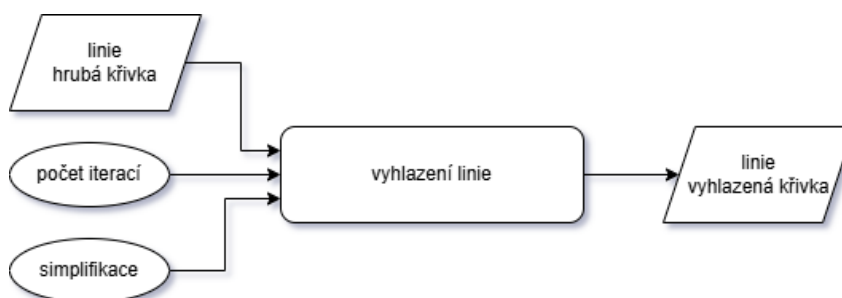
Slouží pro vyhlazení hrubé křivky, která má sloužit jako klíčová linie pro tvorbu trajektorií a pásů. Tato hrubá křivka může být vytvořena naklikáním přibližné linie podél vrstevnic, takovým způsobem, aby trajektorie byla přijatelná pro vozidla.

Vyhlazení linie

Hrubá křivka:

Počet iterací:

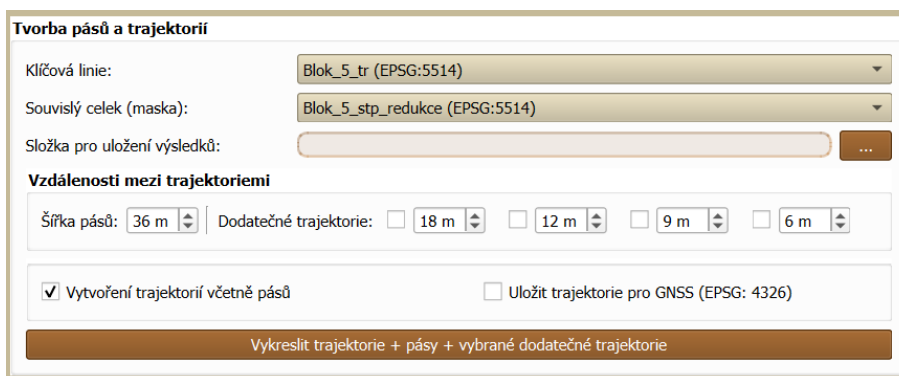
Simplifikace:



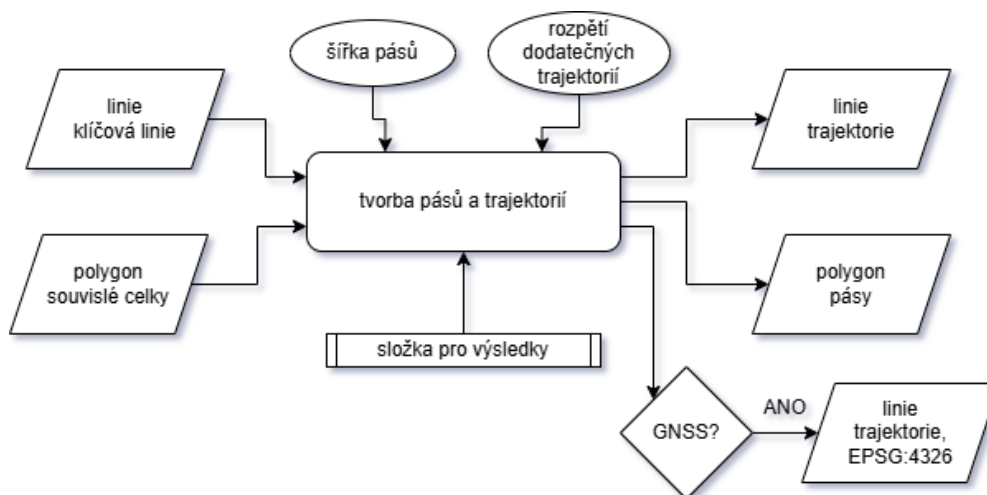
Obrázek 16: Ukázka části okna aplikace a diagramu pro vyhlazení linie

4.1.1.2 Tvorba pásů a trajektorií

Kolem klíčové linie se vytvoří pásy a trajektorie, které vyplní celý souvislý celek. Lze také vytvořit další trajektorie pro různé šířky nástrojů. Trajektorie lze také uložit pro navigační systémy (GNSS).



Obrázek 17: Ukázka části aplikace pro tvorbu trajektorií a pásů, je zde více políček k zaškrtnutí, proto se text v tlačítku mění podle situace a popisuje co bude vytvořeno



Obrázek 18: Diagram pro tvorbu trajektorií a pásů

Pokud se bude dále mluvit o trajektoriích, jedná se vždy o ty trajektorie, které odpovídají osám pásů.

4.1.2 Výpočet sklonů trajektorií

V tomto modulu probíhá první část výpočtů, zda návrh vyhovuje podmínkám. Výpočty probíhají pro každý jednotlivý DPB odděleně.

Mimo jiné lze s pomocí tlačítek stáhnout DMR5G ve správném formátu s ořezem kolem řešené oblasti, vrstvy s krajinnými prvky či vrstvy s DSO (dráhy soustředěného odtoku pro sběrnou plochu od 5 ha) a NEO (erozně neohrožené plochy). Všechny tyto vrstvy pomáhají s vytvářením návrhu.

Cesta k uložení dokumentace projektu: (existující složka) ...

Řešené oblasti (maska z DPB):

Vrstva s DMR 5G:

Kód uživatele (JI):

Šířka pásů plodin:

Neřešit účinnost DPB:

Trajektorie (osy pásů):

Stabilizační plocha trávy:

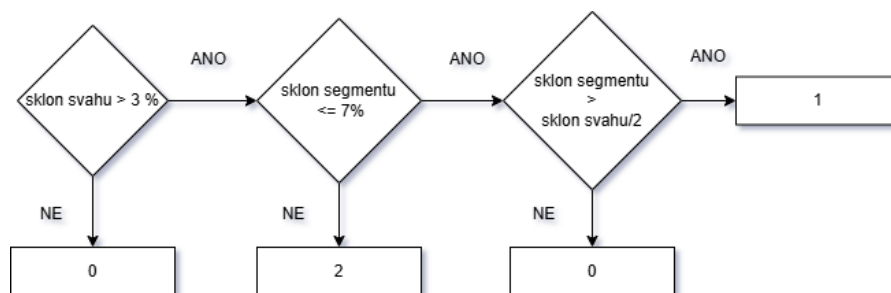
Agroenvi:

Pásy:

Obrázek 19: Ukázka části aplikace pro výpočet sklonů trajektorie.

Vypočítá se plocha, kde sklon překračuje 3 %. Trajektorie je rozdělena na segmenty o délce 10 m pomocí vlastní funkce, která zajišťuje, že dělení začíná od konce s nižší hodnotou souřadnice X. To zaručuje konzistentní a opakovatelné dělení segmentů. Pro tyto segmenty jsou vypočteny podélné sklony, jako podíl rozdílu nadmořských výšek v pixelech, ve kterých leží konce segmentů, a délky segmentu. Segmenty byly zvoleny s délkou pětinasobku velikosti pixelu, aby výpočty podélného sklonu byly dostatečně přesné.

Kolem těchto segmentů jsou vytvořeny buffery s tím, že vzdálenost se rovná polovině šířky pásu. Uvnitř bufferů je vypočten průměrný sklon v procentech. Porovnáním podélného sklonu segmentu s průměrným sklonem svahu v jeho okolí (definovaném bufferem) se vyhodnotí charakter konkrétní plošky, jak je zobrazeno na diagramu.



Obrázek 20: Diagram vyhodnocení třídy sklonu

Tímto je vytvořena vrstva limit 30p, která v tomto kroku obsahuje důležité vyhodnocení. Dále je vytvořena vrstva ZEOP (značně erozí ohrožené plochy). Pokud se někde nachází souvislá plocha se třídou 2, to znamená, že sklon trajektorie je v rámci celé této plochy vyšší než 7 %, která má výměru nad 1 ha, pak tato plocha patří pod ZEOP.

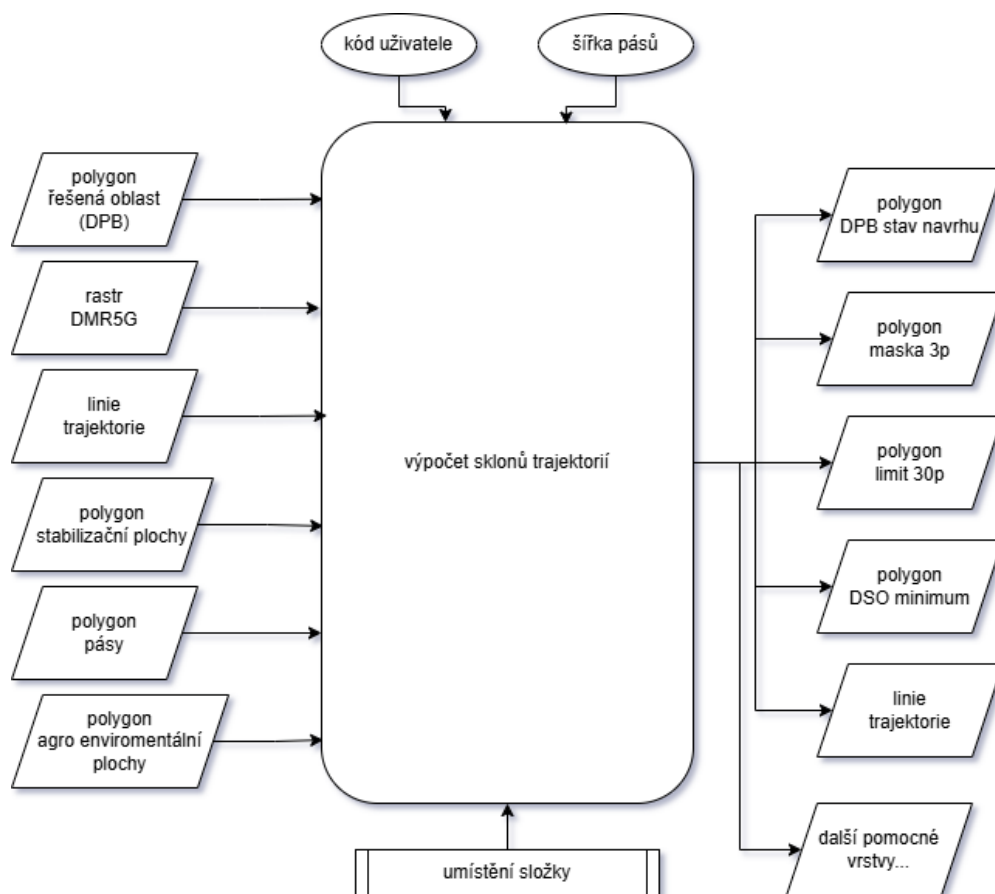
Dále se vyhledají široké/spojené pásy. Jedná se o pásy, jejichž šířka překračuje 43 m. Tyto širší pásy se mohou v projektu vyskytovat, musí ale platit, že minimálně 80 % výměry těchto pásů musí ležet na ploše označené jako NEO.

Také se kontroluje, zda jsou stabilizační plochy lokalizovány na místech kde se musí povinně vyskytovat. Jedná se o okolí DSO, okraje DPB či okraje krajinných prvků.

Dále je kontrolována šířka pásů. To se provádí tak, že se kolem trajektorií vytváří buffery, pokaždé s větší šířkou. Tím jsou vytvářeny pásy od šířky 1 m do 43 m. Pro každou šířku se vyhodnocuje, jaká je plocha překryvů mezi různými buffery. Pro tuto funkci vzájemného překrytí je vypočtena druhá derivace, která má výrazný pík při šířce pásu, která je skutečně použita, případně při násobcích skutečné šířky. Pro nalezení píku je použito z-skóre.

Další kontrola se týká toho, zda se trajektorie nachází v ose pásů. Tato kontrola se provádí přes buffer pásů, který míří dovnitř. Tímto vznikne plocha kolem osy pásu o šířce 2 m. Uvnitř této plochy musí ležet trajektorie, existuje zde tedy jistá tolerance, která je akceptovatelná. V kódu je zajištěno, aby díry v DPB a vnitřní prvky, jako jsou například krajinné prvky uvnitř DPB, neovlivňovaly výsledek.

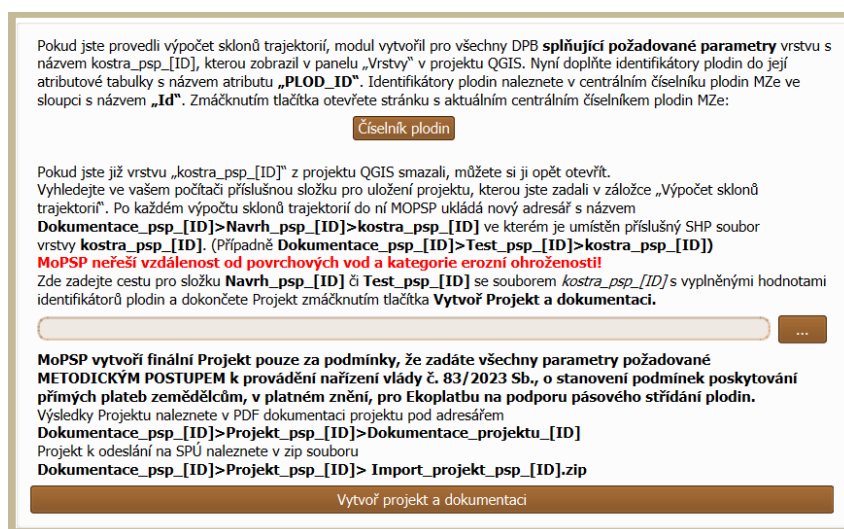
Řešený DPB je poté porovnán s účinným DPB. Zde lze zmínit pár poznámek. Pro ulehčení práce lze zaškrtnout, že se neřeší účinnost DPB. Toto slouží pro případ, kdy uživatel očekává změnu DPB a chce připravit plán osevu s PSP, nicméně tato změna zatím není v LPIS přítomna. Další poznámka se týká toho, že do tohoto modulu není nutné vkládat všechny vrstvy, nicméně v takovém případě jsou počítány pouze výsledky, které jsou smysluplné pro zadané vrstvy. Pouze v případě, že jsou všechny vrstvy vloženy a jsou splněny všechny podmínky, dochází k vytvoření kostry plodin pro daný DPB. Tato kostra obsahuje informace přebrané z DPB, kód uživatele a jsou vytvořeny atributy pro plodiny, které je před další práci nutno vyplnit. Pro stabilizační plochy, Agro environmentální plochy a krajinné prvky je ID plodin vyplněno automaticky.



Obrázek 21: Diagram pro Výpočet sklonů trajektorií

4.1.3 Projekt

V této části se předpokládá, že máme vrstvu kostry plodin, která byla uživatelem vyplněna. Cílem v této části je provést kontroly všech podmínek a vytisknout zprávu s vyhodnocením.

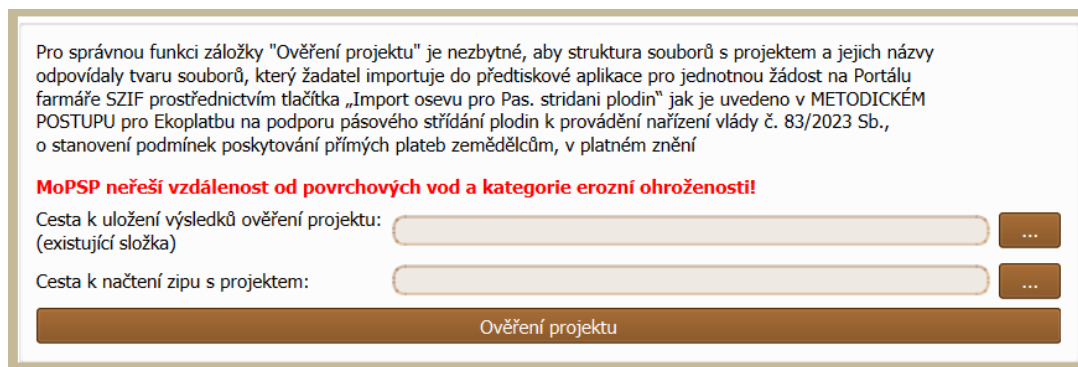


Obrázek 22: Část aplikace pro řešení projektu

Pro přehled, jaké kontroly jsou prováděny se lze podívat na Obrázek 12.

4.1.4 Ověření projektu

Ověření projektu odpovídá spojení modulů Výpočet sklonů trajektorií a Projekt. Zde se jako vstup vloží složka s projektem a ten je vyhodnocen.



Obrázek 23: Záložka Ověření projektu

4.1.5 Svahová dostupnost

Tento modul nesouvisí přímo s PSP, ale slouží jako pomůcka pro reálné vyhodnocení sjízdnosti trajektorií. V modulu se počítá sklon, který je kolmý na trajektorii. K tomu se vytvoří transekt (kolmice na trajektorii) s rozstupem 10 m a šířkou odpovídající zadanému rozchodu kol. V koncových bodech transektu se s pomocí bikubické interpolace (výpočet může trvat relativně dlouho) vypočtou hodnoty nadmořských výšek. Z rozdílu výšek a rozchodu kol lze zjistit příčný sklon, který se porovná s maximálním povoleným příčným sklonem, který je součástí zadání. Je však nutné mít na paměti, že rozchody kol jsou řádově srovnatelné s velikostí rastru (2 m), a výsledky proto nevyhnutelně vycházejí z interpolovaných hodnot, které se mohou od skutečnosti lišit. I přesto lze nalézt místa, která by mohla

být výrazněji problematická z pohledu sjízdnosti. Transekty kde je sklon překročen jsou vyznačeny ve výsledku červeně. Zde lze vložit jakékoliv trajektorie, nejen ty hlavní.

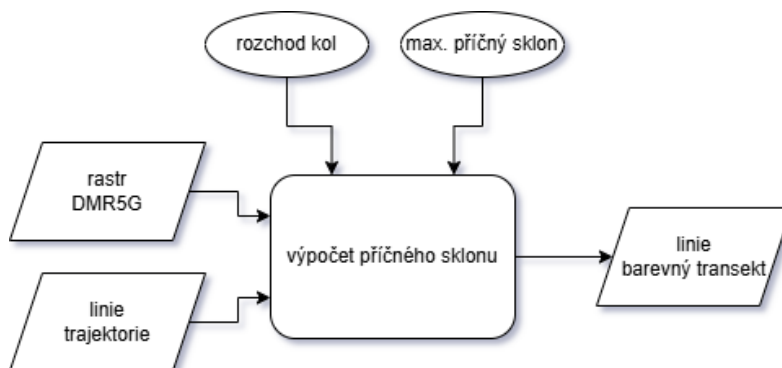
Trajektorie (EPSG 4326):

Vrstva s DMR:

Pro výpočet svahové dostupnosti je použita bikubická interpolace

Rozchod kol stroje: m

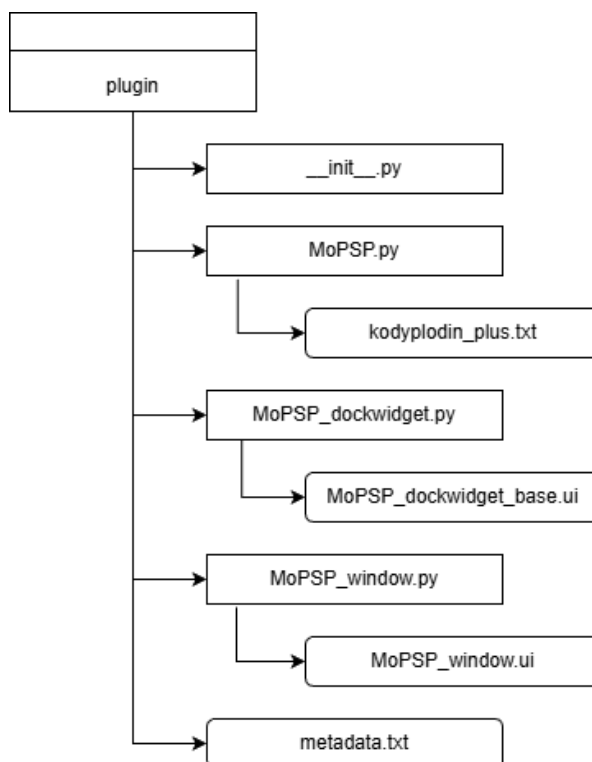
Maximální povolený příčný sklon stroje: °



Obrázek 24: Záložka a diagram pro Svahovou dostupnost

4.2 Programátorská dokumentace

Na Obrázku 25 je schéma pluginu.



Obrázek 25: Schéma pluginu

Soubor `__init__.py` slouží k inicializaci pluginu. Soubory s názvem `MoPSP_dockwidget` zajišťují vzhled a funkčnost hlavního okna pluginu. Soubory s názvem `MoPSP_window` definují vzhled okna, které informuje o nevalidních geometriích ve vstupních datech.

Soubor `MoPSP.py` obsahuje jádro pluginu. Dá se v něm vybrat několik hlavních funkcí:

- **nacitani_vrstev_s_textem**
Slouží k načtení vrstev do rozbalovacích seznamů (comboboxů) a to v závislosti na tom, jestli se jedná o polygony, linie anebo rastry. Ke jménu vrstvy se připisuje příslušné EPSG
- **vyhlazeni_linii**
Slouží k vyhlazení hrubé linie
- **vykresleni_linii**
Z klíčové linie a souvislého celku vytvoří trajektorie a pásy uvnitř daného souvislého celku
- **zmena_textu_tlacitko**
Funkce, která způsobuje změnu textu na tlačítku pro vykreslení linií, podle toho, jaké varianty byly zaškrtnuty. Hlavní funkcí je, aby bylo bez nejasností evidentní, která varianta je vybrána.
- **spusteni_vypoctu**
Probíhá kontrola vstupů pro výpočet podélných sklonů, například se jedná o ověření, že se ve jménu uživatele nevyskytuje diakritika, což způsobovalo problémy
- **vypocet_sklonu**
Probíhá výpočet podélných sklonů trajektorií, určení míst, kde je podélný sklon překročen, nalezení ploch ZEOP, kontrola, zda DSO leží v StP
- **webciselnik**
Funkce na tlačítku, která otevře web s číselníkem plodin
- **import_kostry**
Funkce ověří vstupy. Vyhodnocuje se kostra plodin a je z ní vytvořen plán osevu. Pokud je všechno v pořádku dojde ke spuštění funkce `tisk_reportu`
- **tisk_reportu**
Funkce přebere vrstvy vytvořené při kontrole podélného sklonu. Znovu zkontroluje všechny související podmínky, a navíc zkontroluje vše co je potřeba. Výsledkem je soubor PDF s informacemi o splnění podmínek v jednotlivých DPB a ZIP soubor obsahující nejdůležitější vrstvy.
- **kontrola_projektu_prep**
Probíhá kontrola vstupů pro kontrolu
- **kontrola_projektu**
Kontrola všech podmínek, přičemž vstupem je zazipovaná složka vzniklá při tisku reportu.
- **vypocet_dostupnosti**
Tato funkce rozdělí trajektorie a vytvoří transekty o délce, která byla zadaná (celková délka se rovná zadanému rozchodu kol). S pomocí interpolace jsou dopočteny výšky na koncích transektu a jsou vypočteny příčné sklony a je vyhodnoceno překročení zadaného povoleného sklonu.
- **select_tiskdir, select_cestalinie, select_cestakostraxlsx**
Funkce pro vkládání složek
- **odstraneni_vrstvy**
Tato funkce způsobuje, že v okamžiku, kdy je nějaká vrstva odstraněna, tak dojde k načtení vrstev. Tímto by mělo být zabráněno tomu, aby byla vybrána vrstva, která již v projektu neexistuje

5 Popis ověření funkčnosti

Kontrola pluginu probíhala zejména ve spolupráci se zemědělským spolkem Rostěnice a.s., přičemž Michal Kraus zajišťoval komunikaci s dalšími zemědělskými objekty. Díky tomu bylo možné průběžně odhalovat a opravovat chyby, které se v pluginu objevovaly.

Současně byly navrhovány úpravy zlepšující uživatelskou přívětivost, od uspořádání grafického rozhraní až po funkční prvky, například přidání upozornění informujícího o spuštění výpočtu, což zajišťuje, že uživatel má jistotu, že výpočet byl spuštěn.