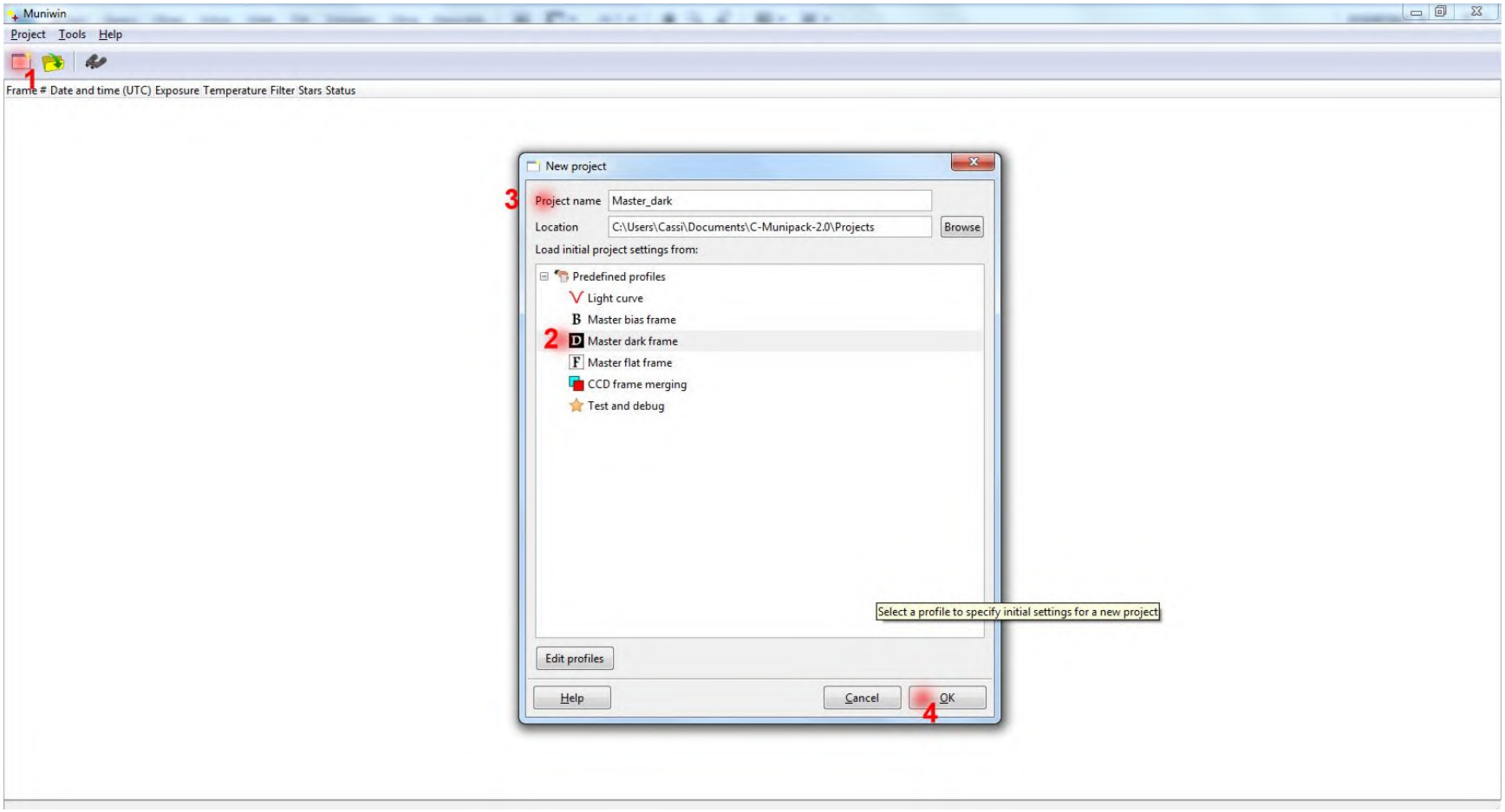
Návod na zpracování fotometrických dat v programu C-Munipack krok za krokem

Martin Mašek
cassi@astronomie.cz
Sekce proměnných hvězd a exoplanet

C-Munipack

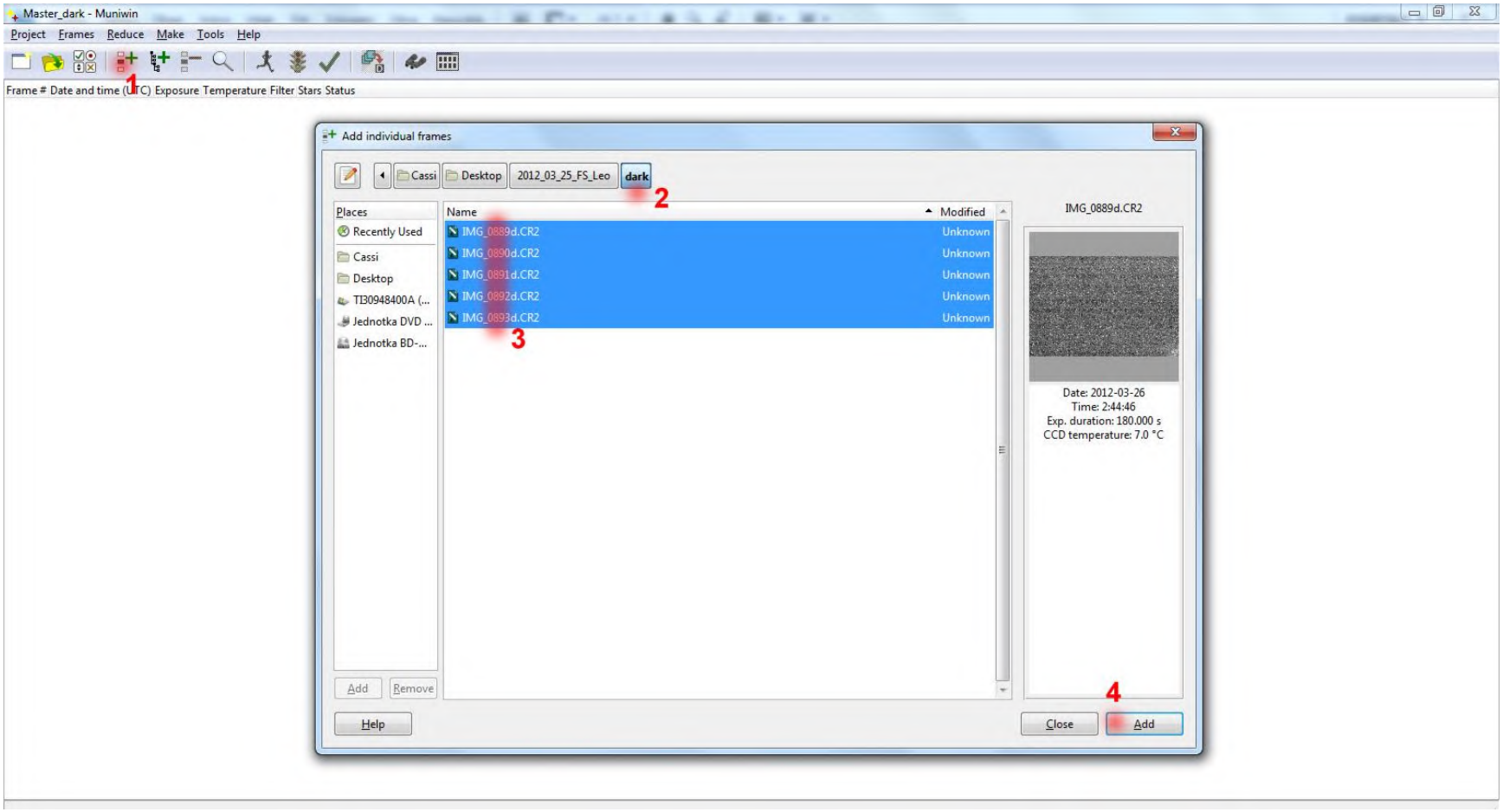
C-Munipack je program určený k fotometrii (měření jasnosti) proměnných hvězd na CCD snímcích. Autorem tohoto programového balíku je Ing. David Motl.
Z vývojových důvodů existují tři odlišné varianty (1.1.x, 1.2.x a 2.0.x), které se dále dělí na jednotlivé verze. V poslední variantě 2.0.x je zahrnuto zpracování i CCD snímků z digitálních zrcadlovek (DSLR) a proto je tento návod určen pro verzi 2.0.x, kterou si můžete stáhnout na webové adrese http://c-munipack.sourceforge.net/
Varianta 2.0.x se odlišuje od předchozích vývojově starší variant vytvářením pracovních projektů.

Mezi hlavní kroky zpracování patří:
1) kalibrace CCD snímků (dark frame, flat field)
2) detekce hvězd na CCD snímcích
2) astrometrie hvězd (měření pozic hvězd)
3) ztotožnění pozic hvězd na vybraném snímku s pozicemi na referenčním snímku
3) diferenciální aperturní (neboli clonková) fotometrie (porovnání jasností dvou a více hvězd)
4) uložení mapky a fotometrického výstupu do textového souboru

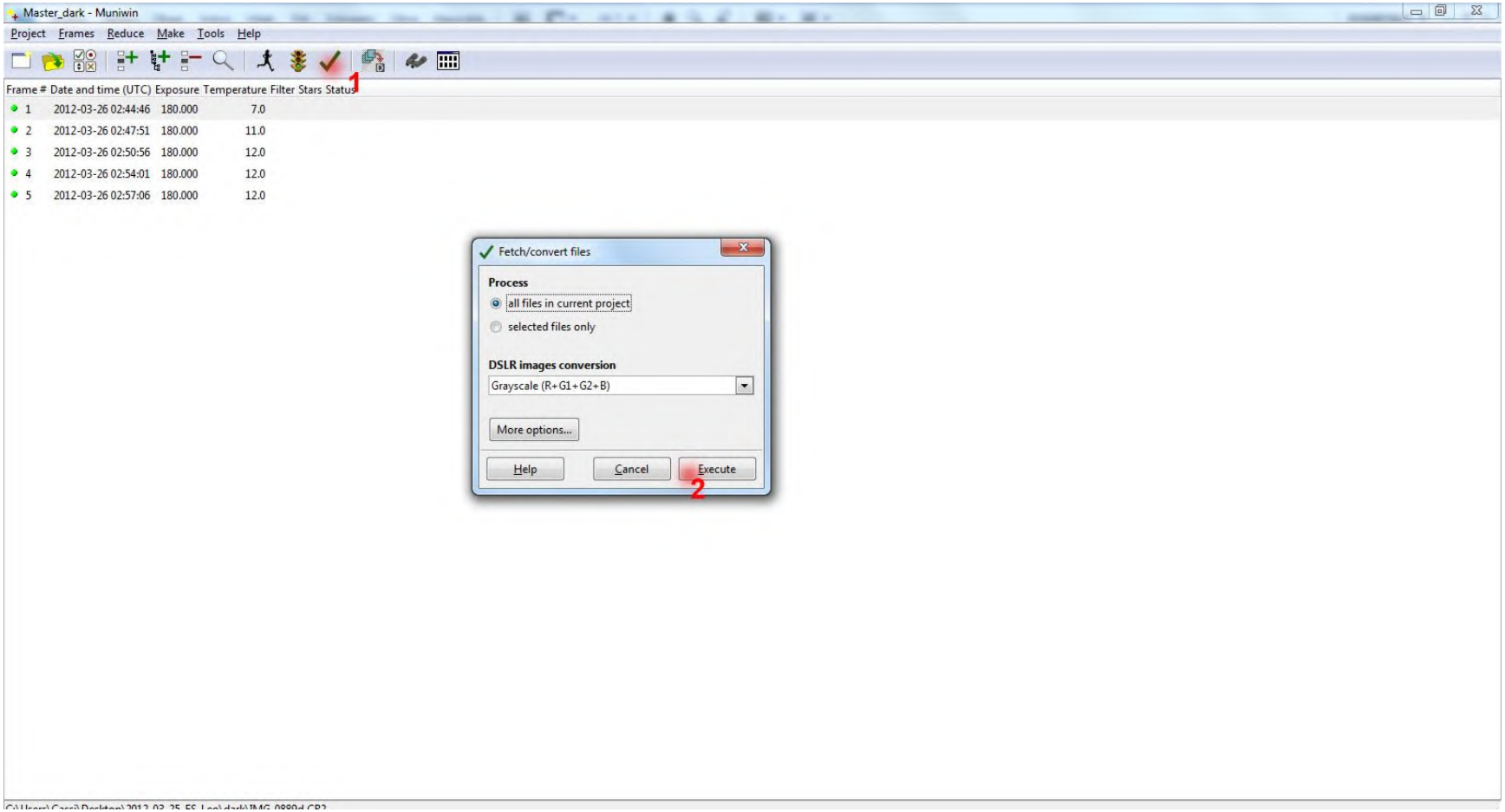


Pokud zpracováváme zcela nové pozorování, často je potřebné mít aktuální kalibrační snímky (masterdark a masterflat). Proto než začneme přímo pracovat se snímky měřeného hvězdného pole, tak si nejprve vytvoříme ony kalibrační snímky.

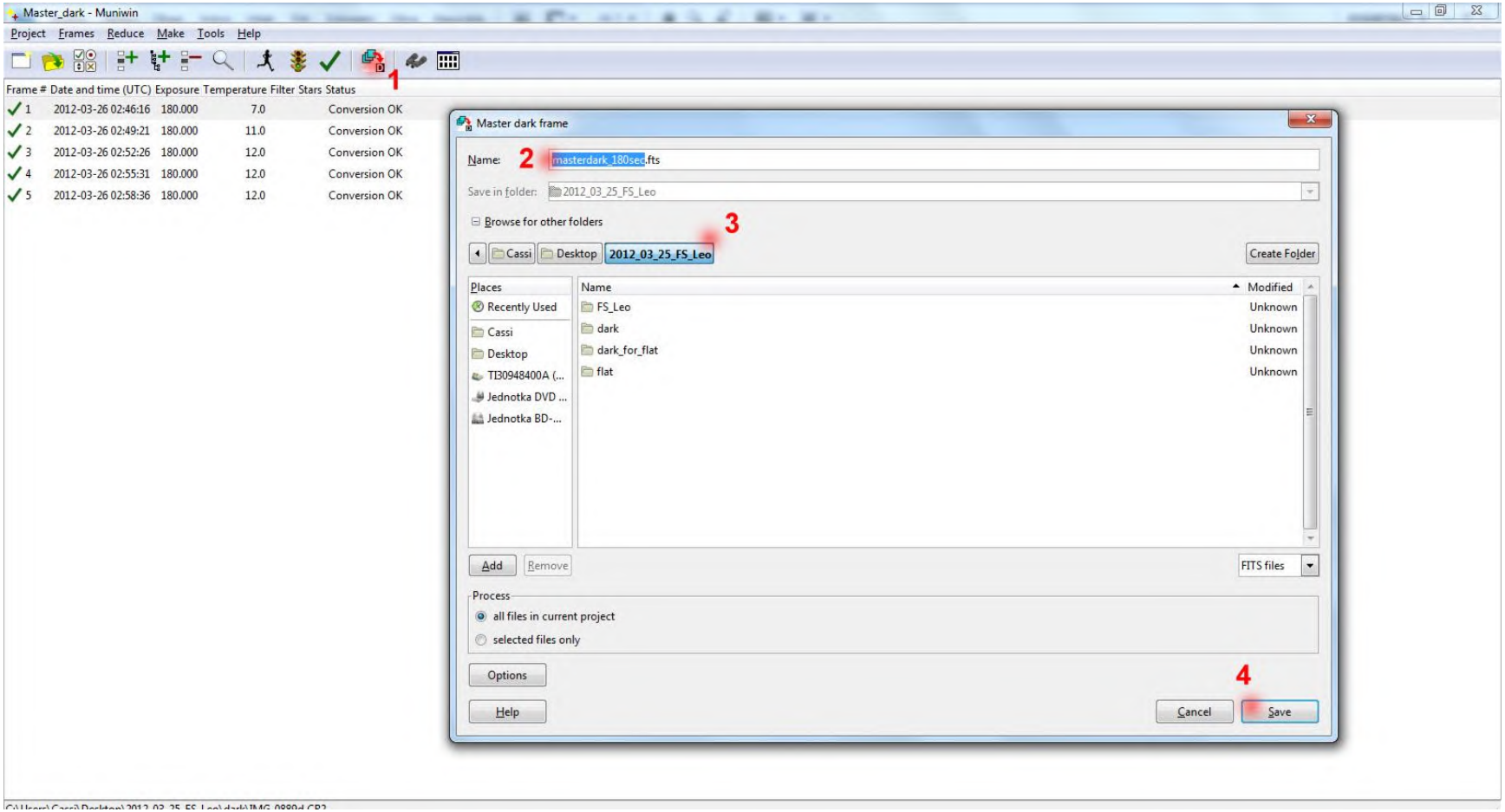
Přes (1) založit nový projekt, (2) vybrat typ projektu – master dark frame, (3) pojmenovat projekt, (4) potvrdit založení nového projektu.



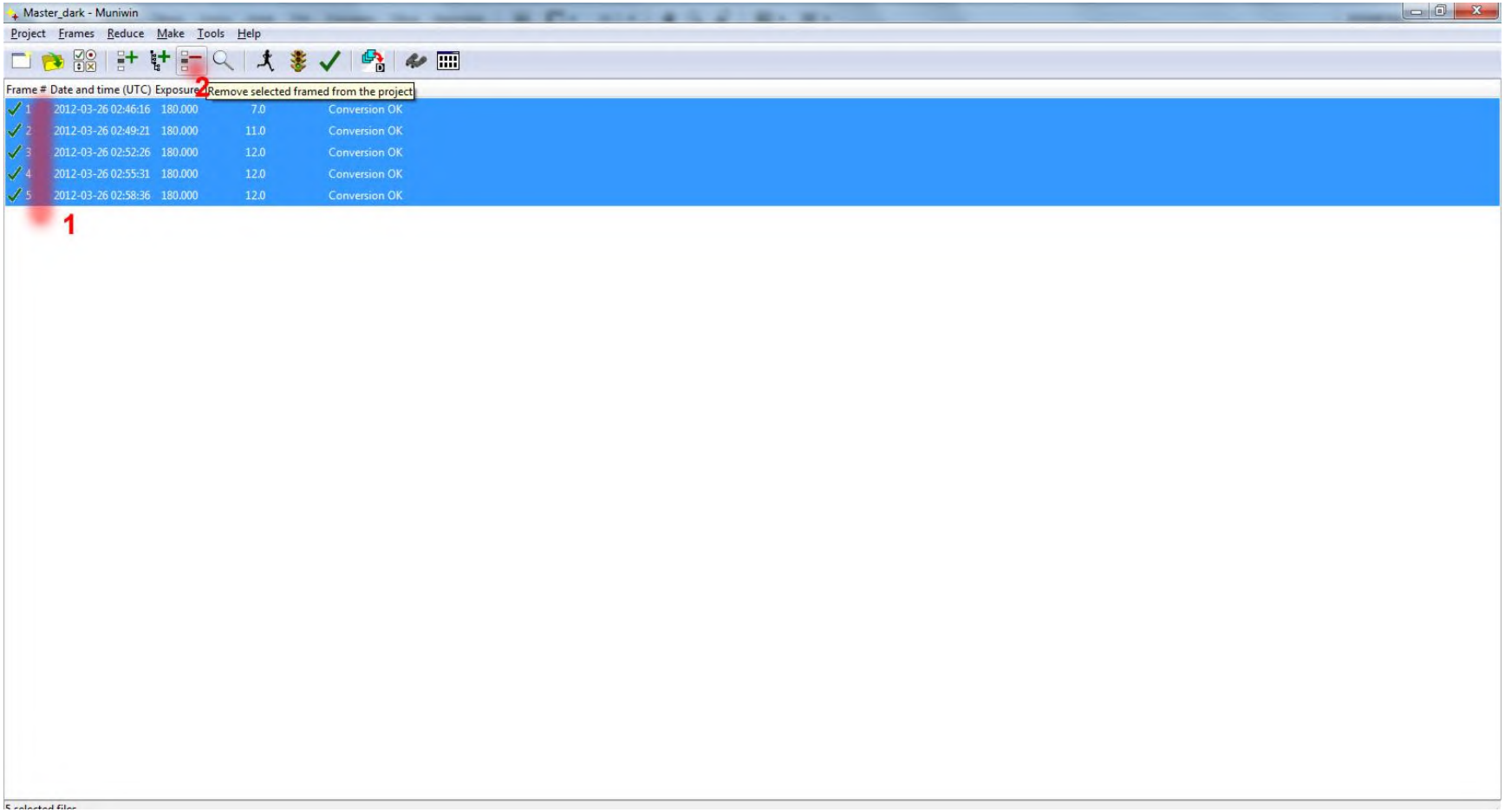
Přes (1) otevřít okno pro přidání snímků, přes (2) najít vhodný adresář a vybrat darkframe snímky (3) a přidat je do C-Munipacku (4).



Přidané snímky je nutné zkonvertovat do pracovního formátu, přes zelenou ikonku (1), konverze se provede po kliknutí na tlačítko Execute (2).

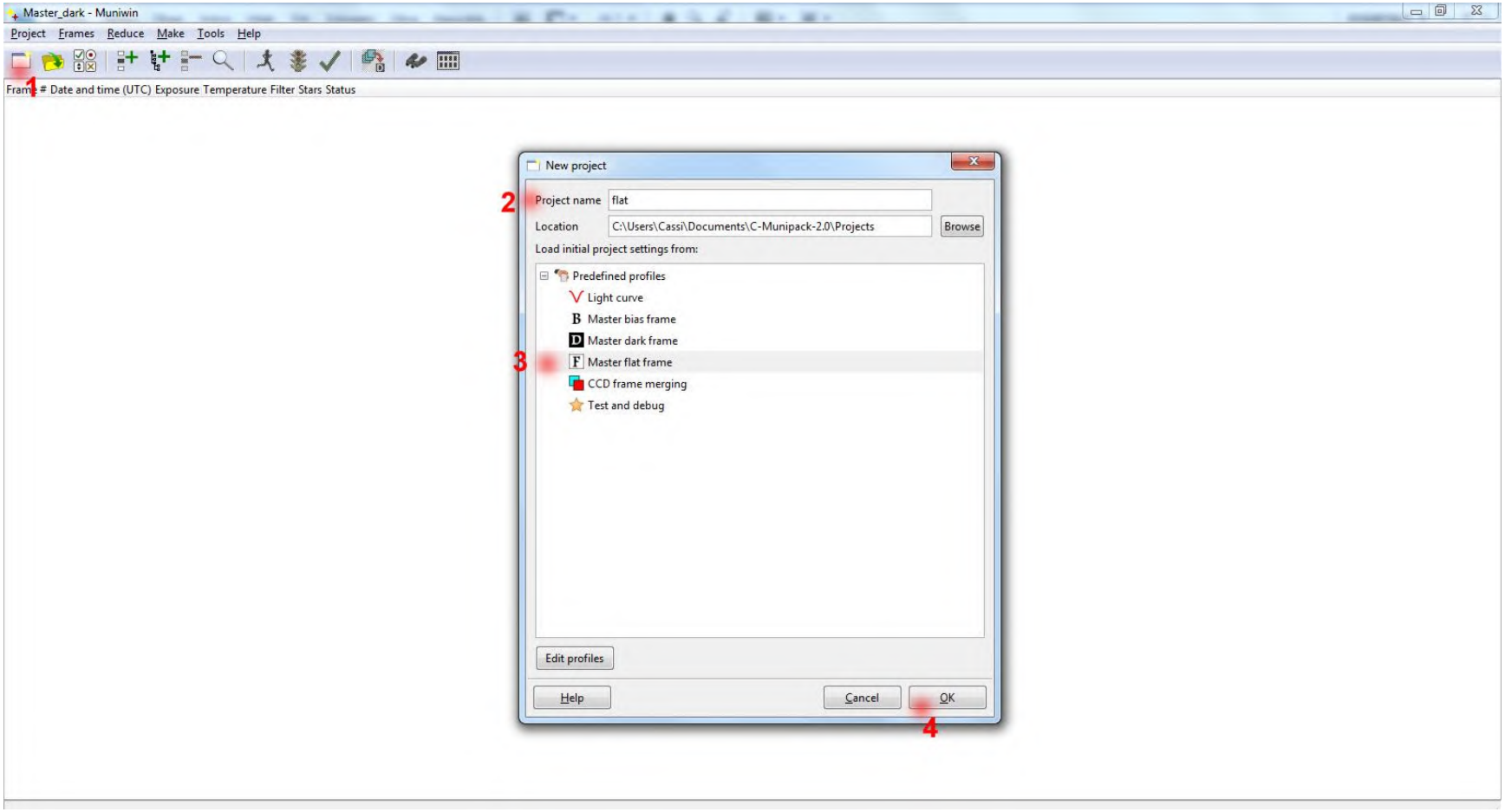


Nyní vytvoříme masterdark, přes funkci, která je na to určena (1), vhodně jej nazveme, Např. masterdark_180sec, tedy podle délky expozice, kterou jsme snímali hvězdné pole. Nalezneme vhodný adresář, kam chceme snímky uložit a po kliknutí na tlačítko Save (4) se v příslušném adresáři vytvoří masterdark.

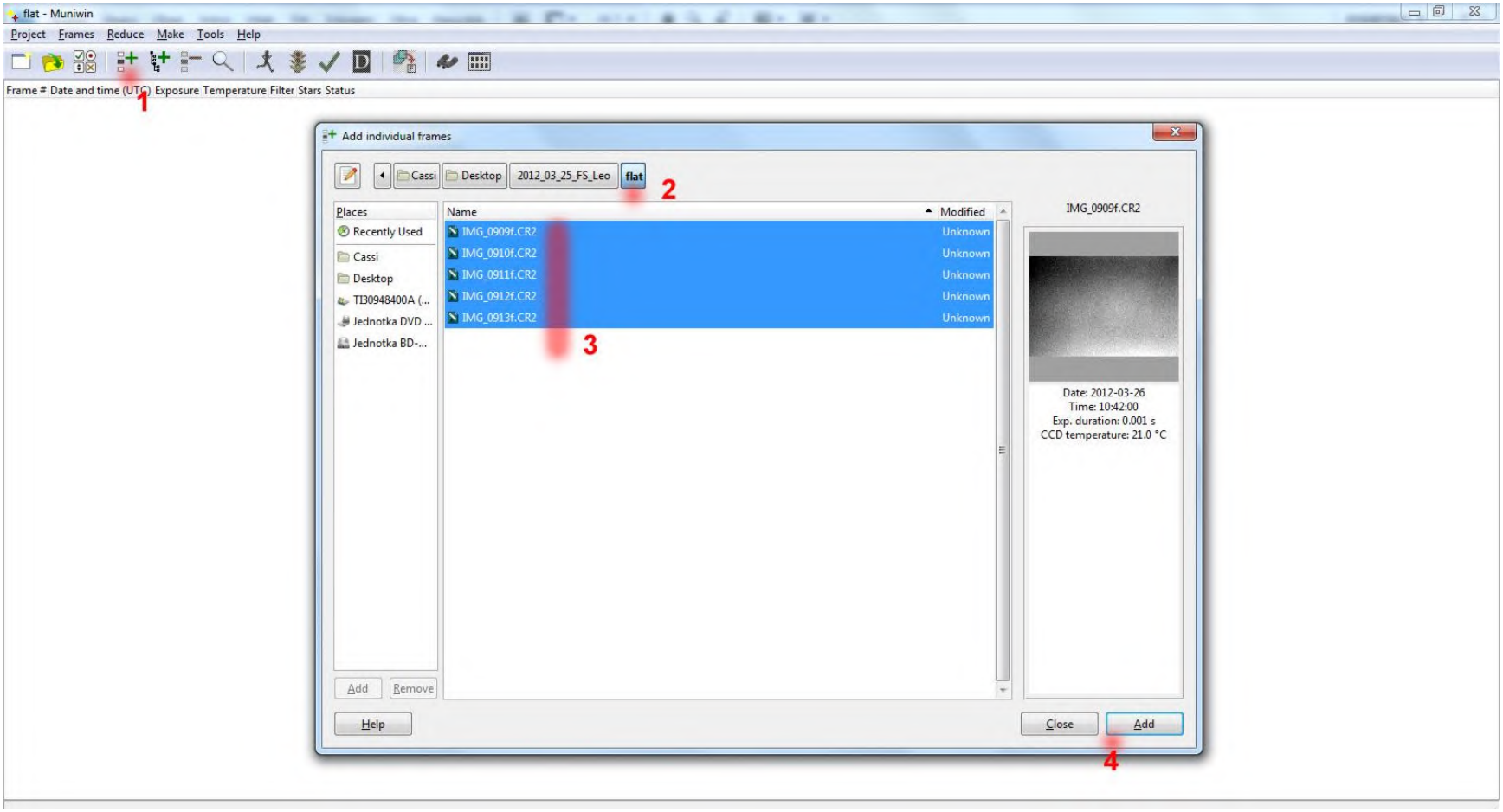


Hlavní masterdark s dlouhou expozicí (pro hvězdné pole) je hotov. Snímky ze seznamu v C-Munipacku můžeme smazat vybráním všech snímků (1) a následným kliknutím na příslušnou funkci (2).

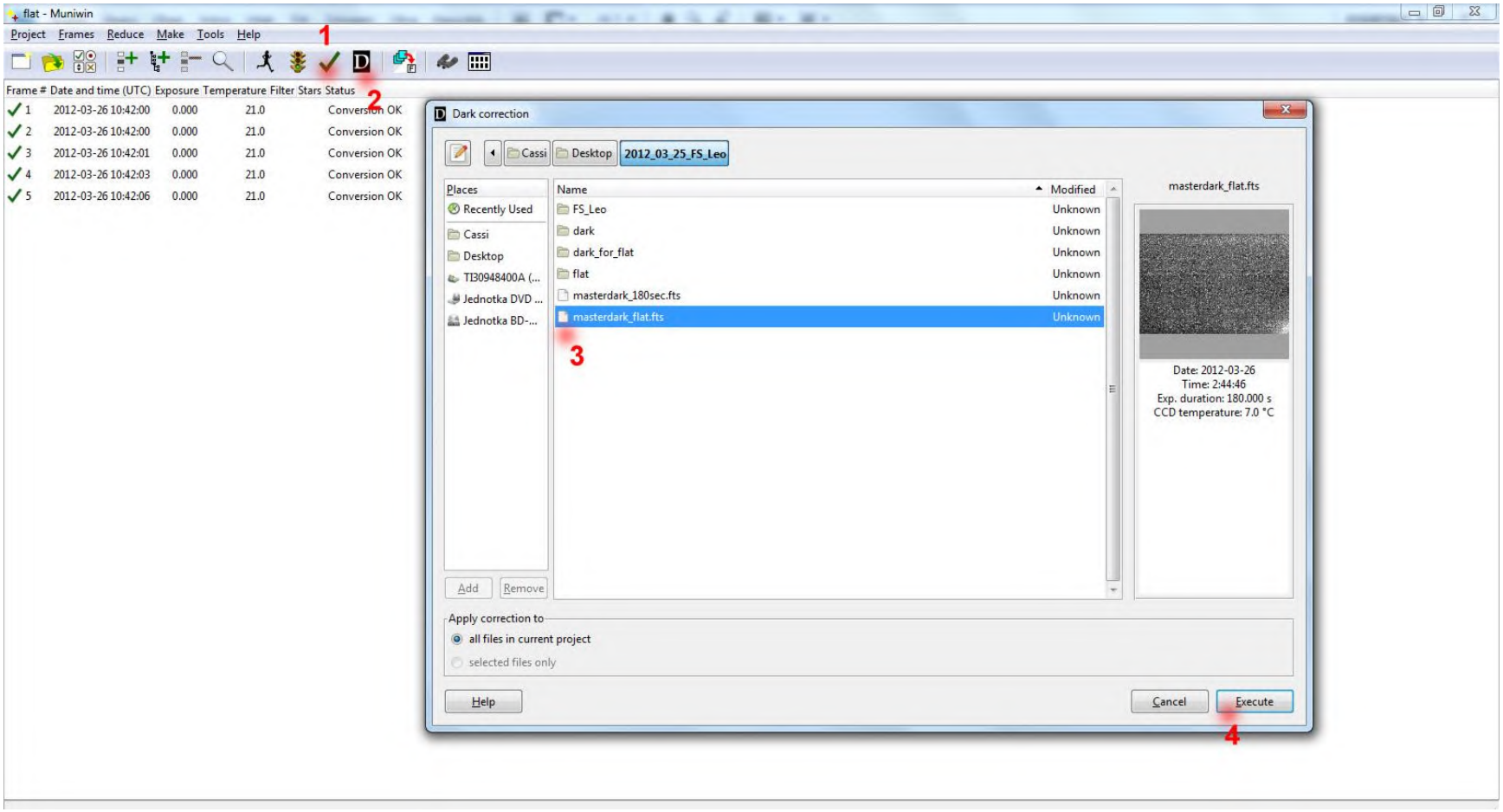
A podle stejného postupu lze takto vytvořit další masterdark, např. s kratšími expozicemi, které využijeme pro flatfield.



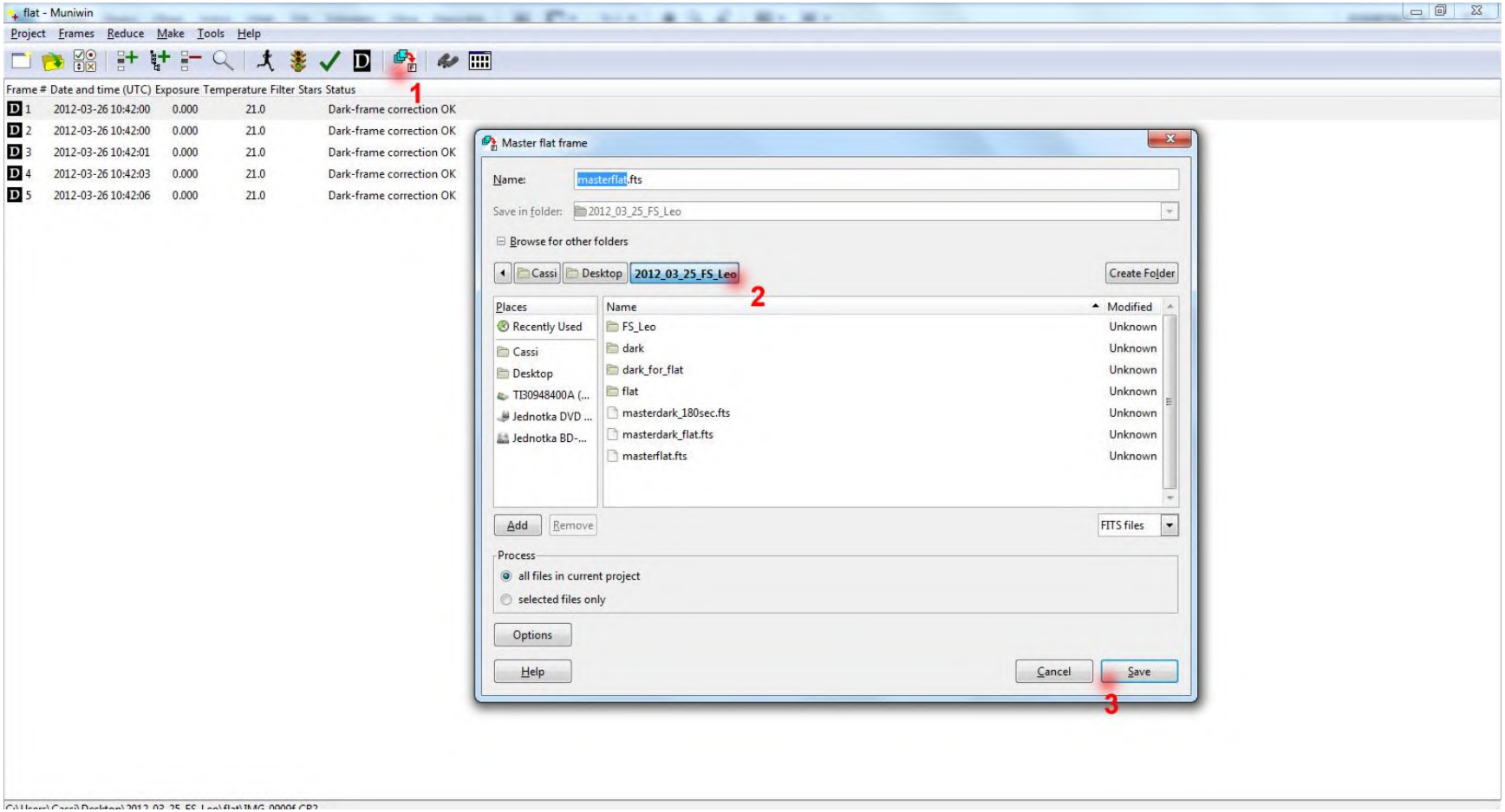
Kalibrační snímky jsou pro přesnou fotometrii důležité. Podobně, jako masterdark se vytváří masterflat. Založit nový projekt (1), pojmenovat projekt (2), vybrat vhodný typ projektu - master flat frame (3) a potvrdit (4).



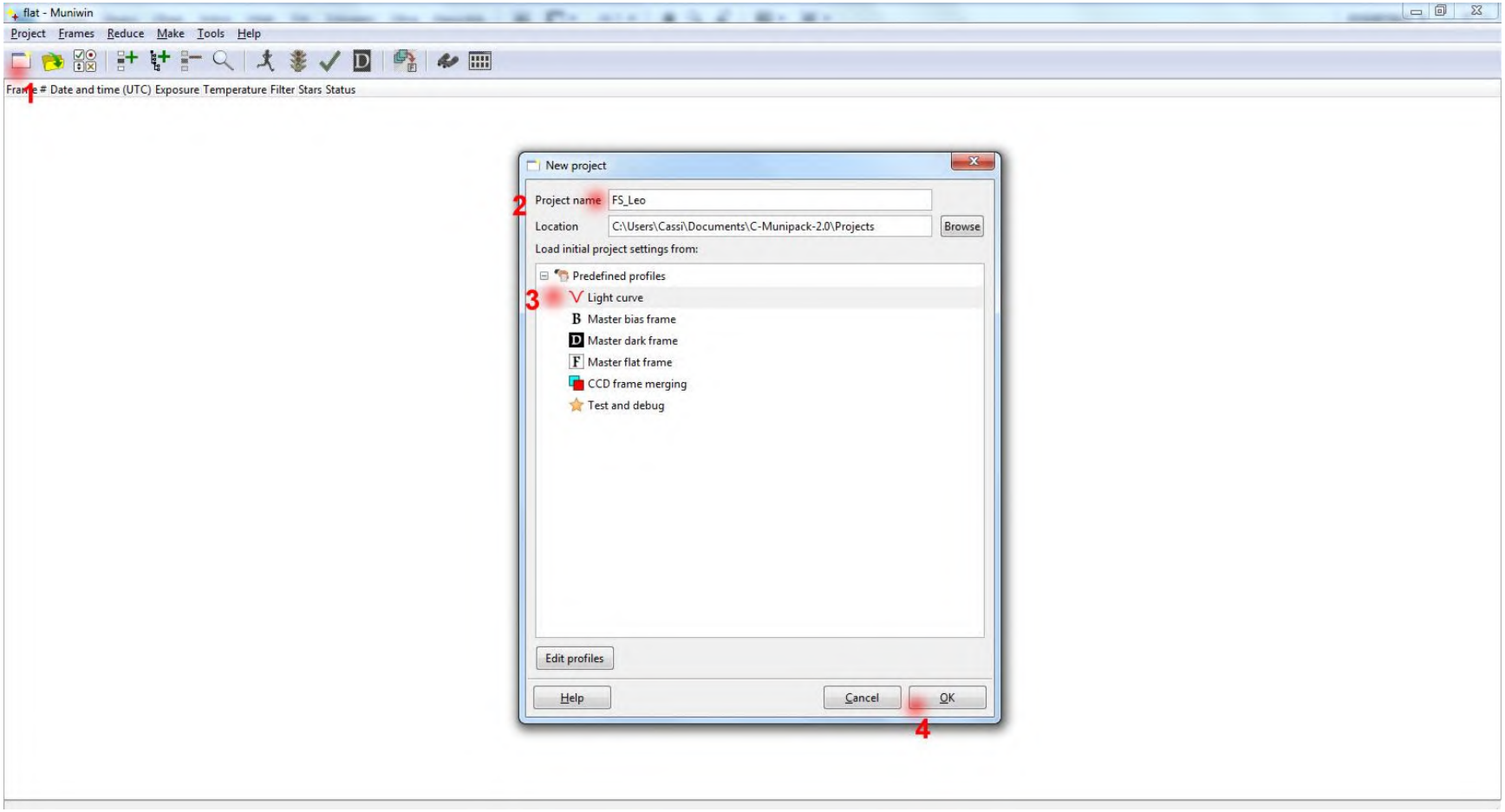
Přes (1) otevřít okno pro přidání snímků, přes (2) najít vhodný adresář a vybrat flatfield snímky (3) a přidat je do C-Munipacku (4).



Nové přidané snímky je opět potřeba zkonvertovat do pracovního formátu (1), dále je nutné aplikovat masterdark, který byl vytvořen z krátkých expozic se stejnou expozicí, jako byly pořízeny flatfield snímky (3) a (4). Výhoda C-Munipacku je v tom, že si program pamatuje adresář, kam se ukládal masterdark (není nutné jej dohledávat).

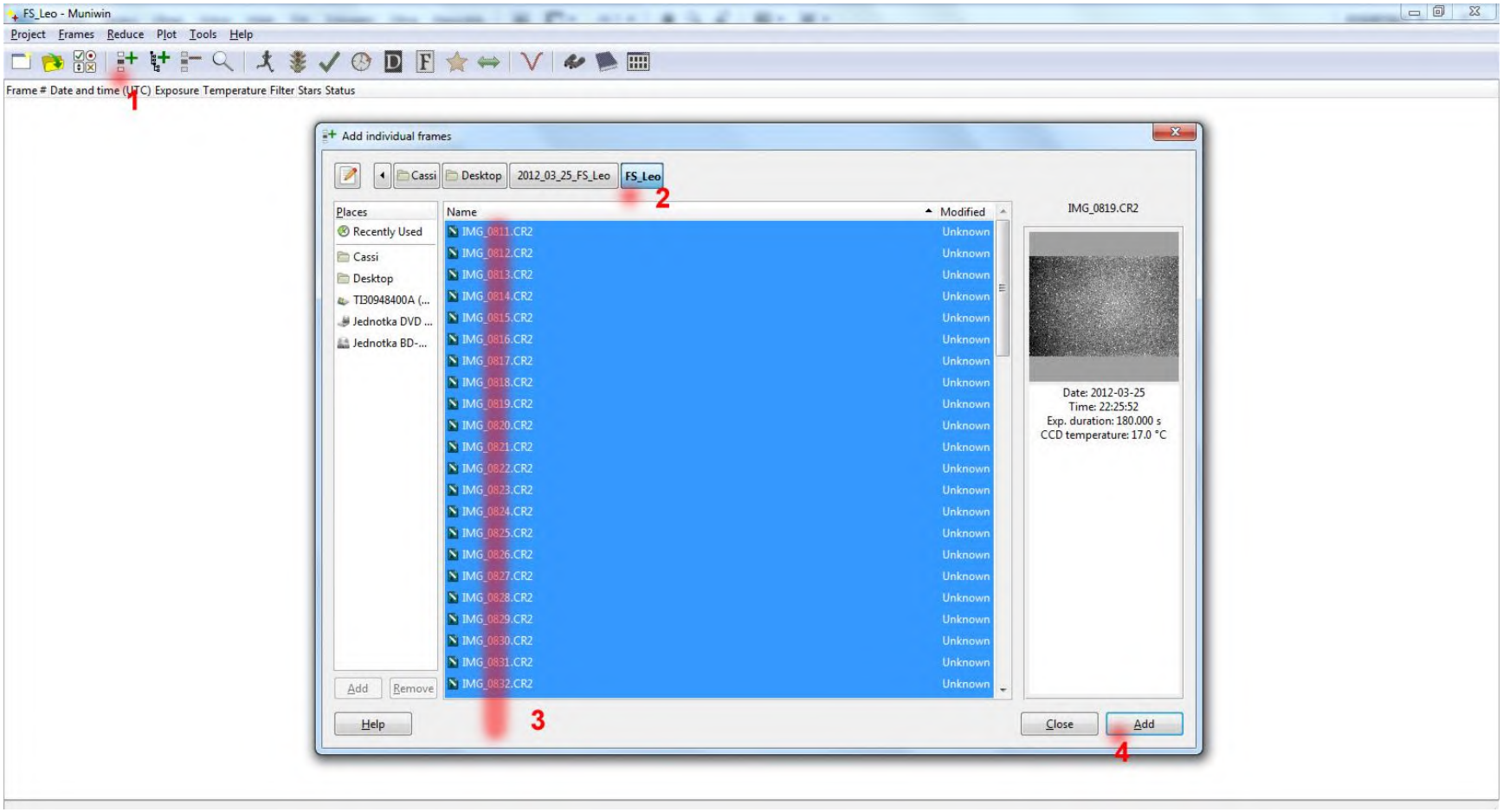


Po aplikaci masterdarku na flatfieldy se může přejít k samotnému vytváření masterflatu, přes funkci na to určenou (1), opět jako u vytvoření masterdarku vybrat vhodný adresář (2), a uložit masterflat přes tlačítko Save (3).

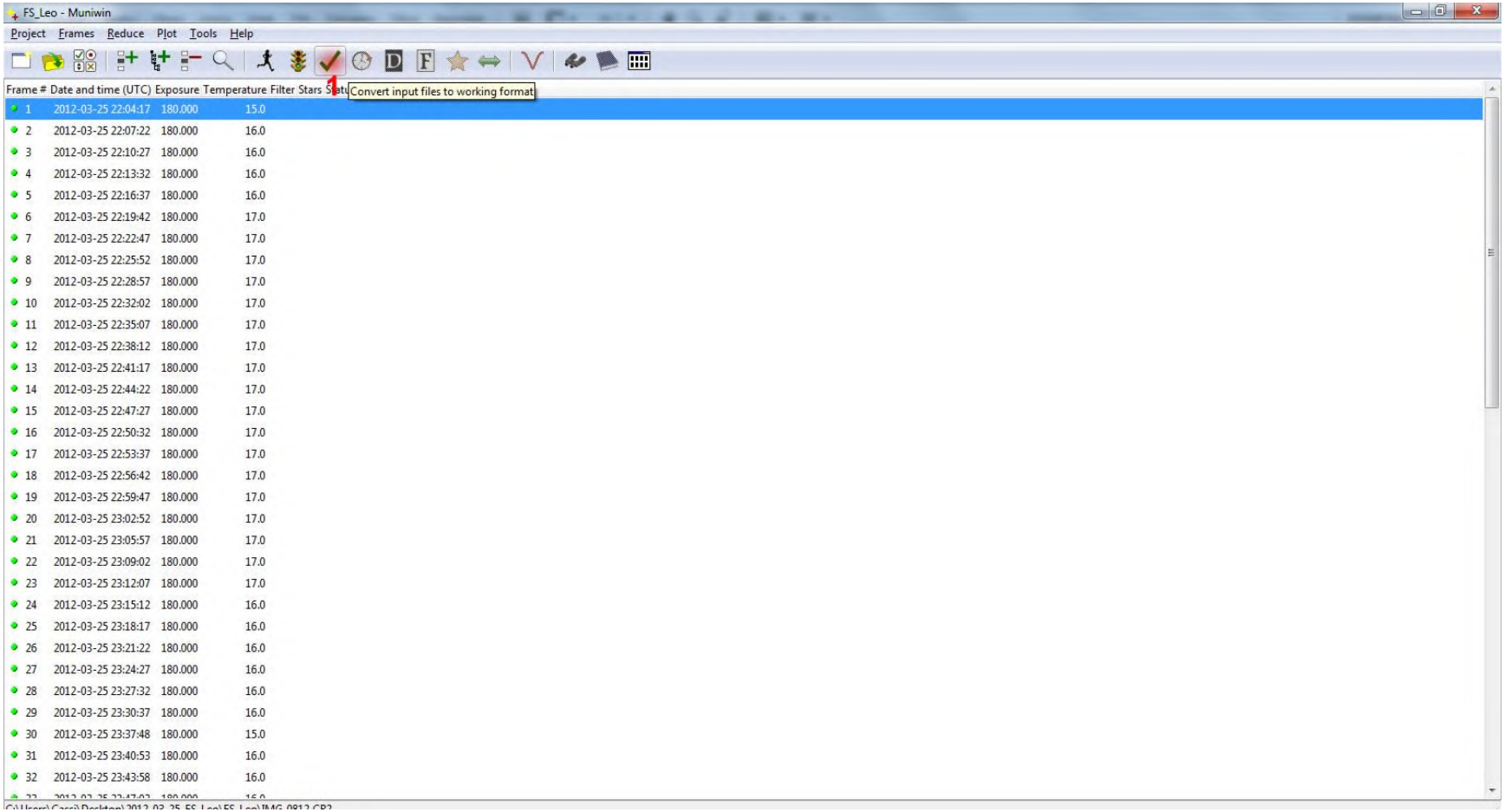


Po vytvoření kalibračních snímků lze přejít ke zpracování snímků s hvězdným polem.

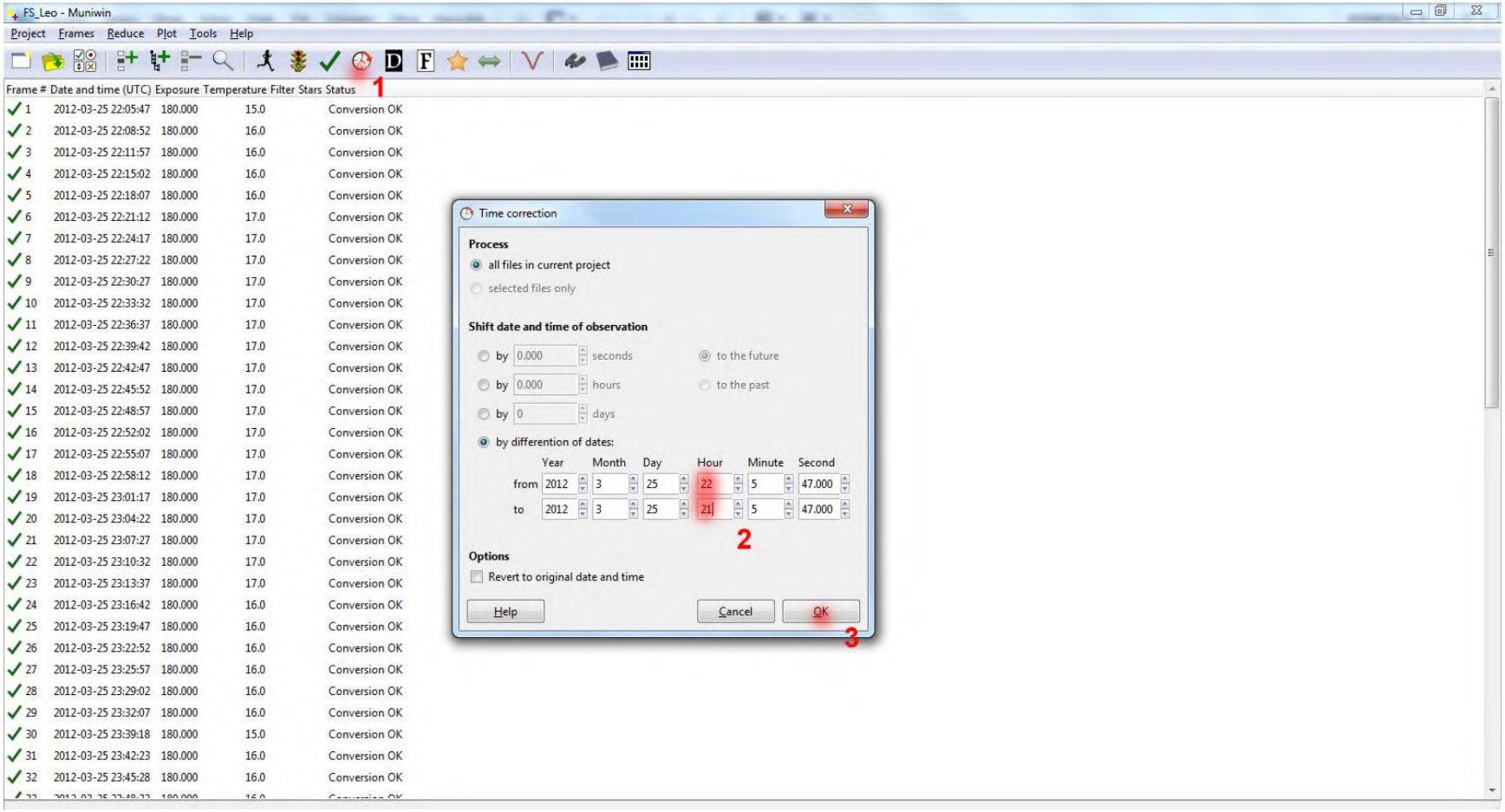
Opět vytvořit nový projekt (1), vhodně nazvat projekt, např. podle názvu proměnné hvězdy (2), typ projektu – Light curve, tlačítkem OK (4) je projekt vytvořen.



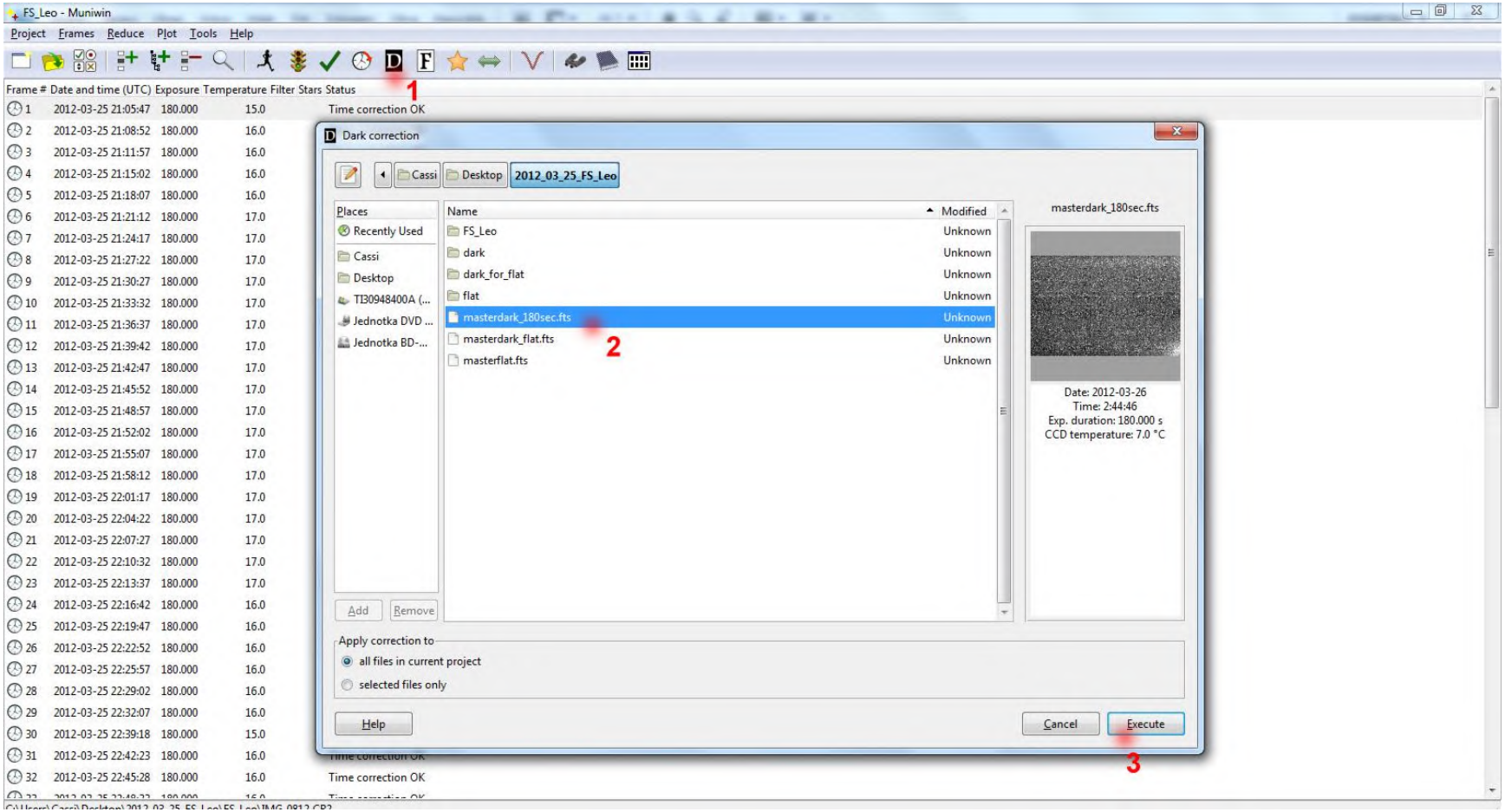
Přidání snímků hvězdného pole do prostřední C-Munipacku (1 až 4).



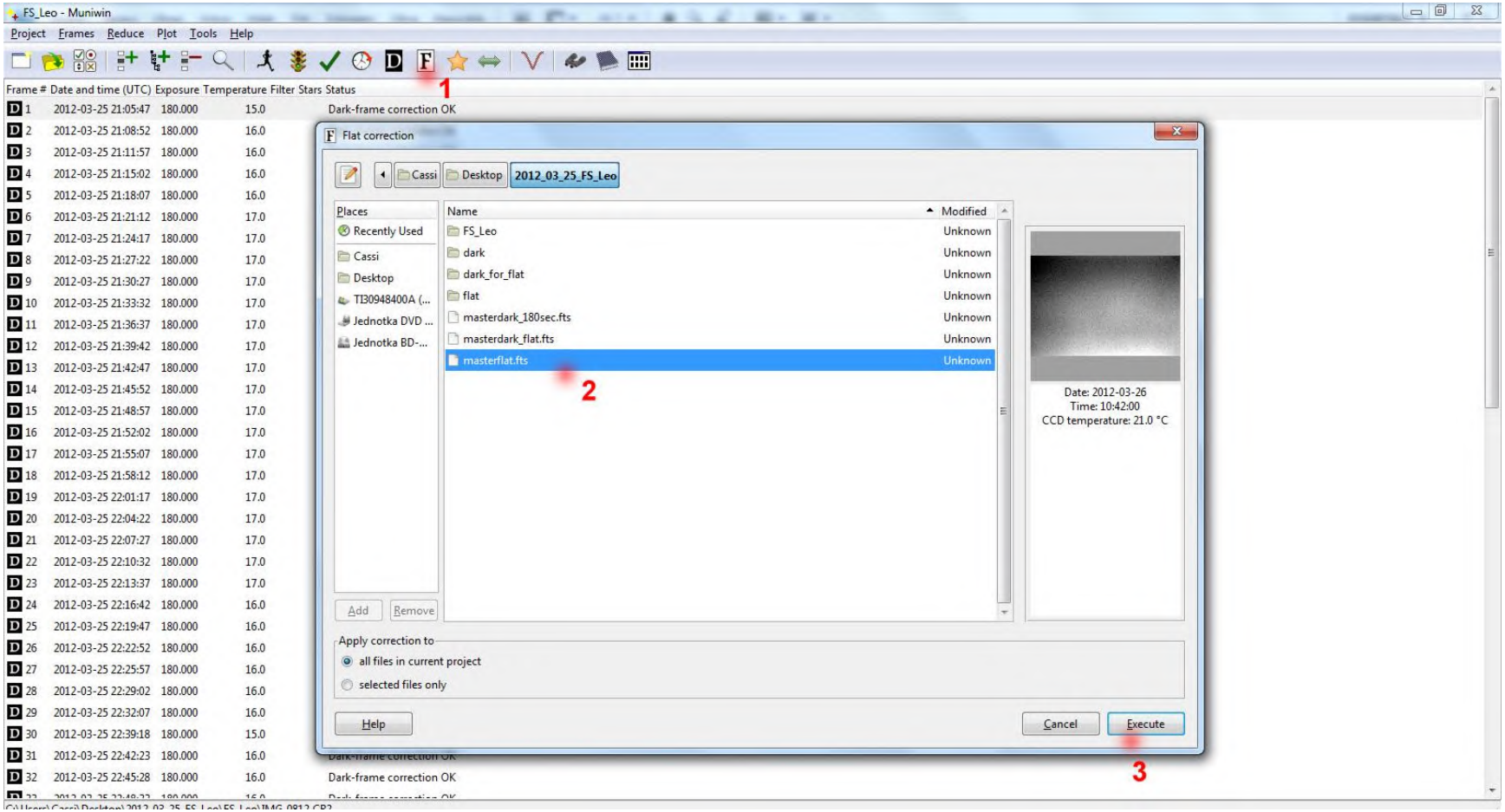
Opět je potřeba zkonvertovat snímky do pracovního formátu (1).



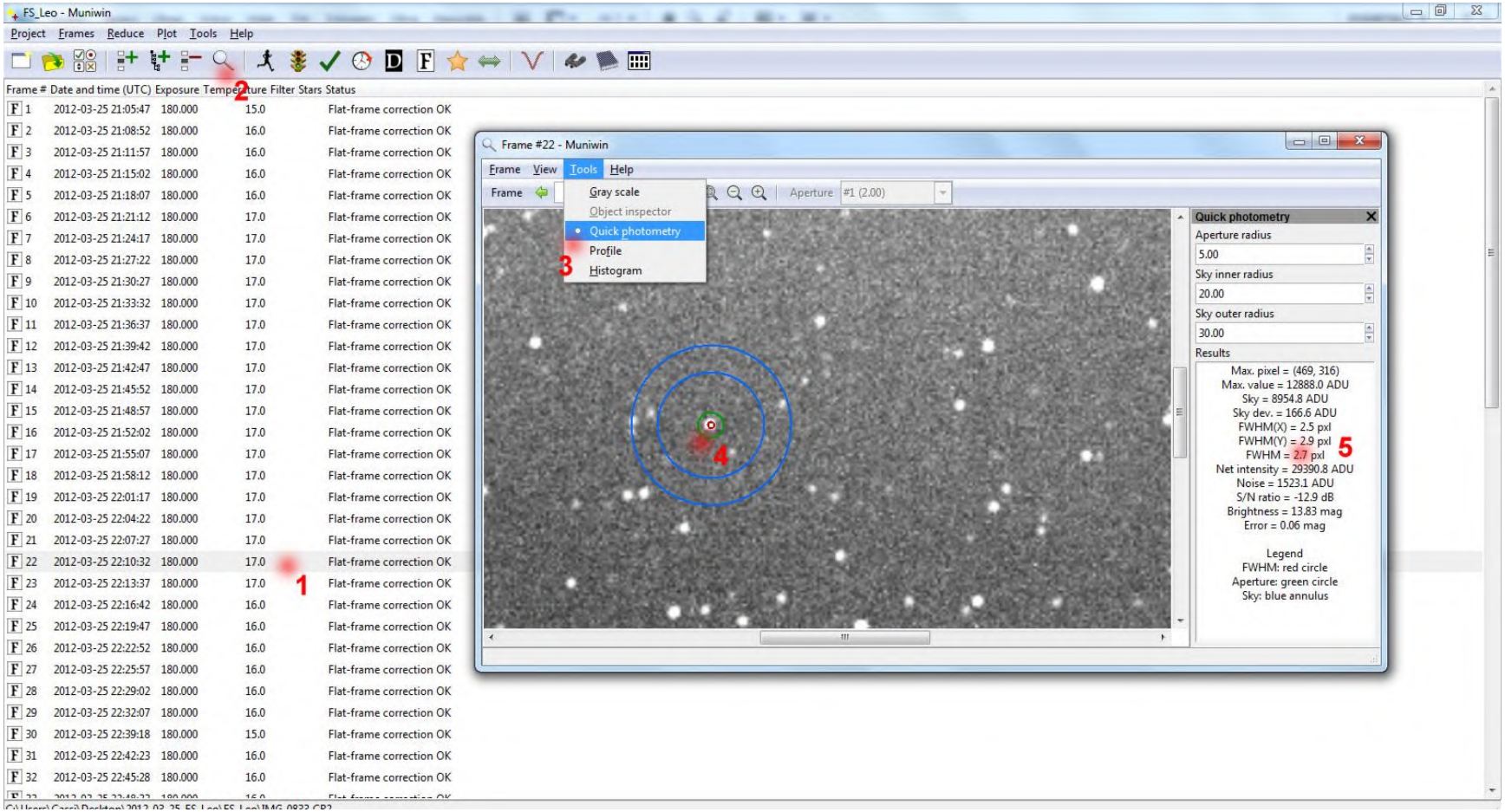
C-Munipack má možnost korekce času. Fotometrický výstup musí být vždy ve světovém čase (UT)! Pokud je ve fotoaparátu např. SEČ, SELČ, případně jiný posun v čase (čas ve fotoaparátu se může časem opožďovat či předcházet), lze provést příslušnou korekci.



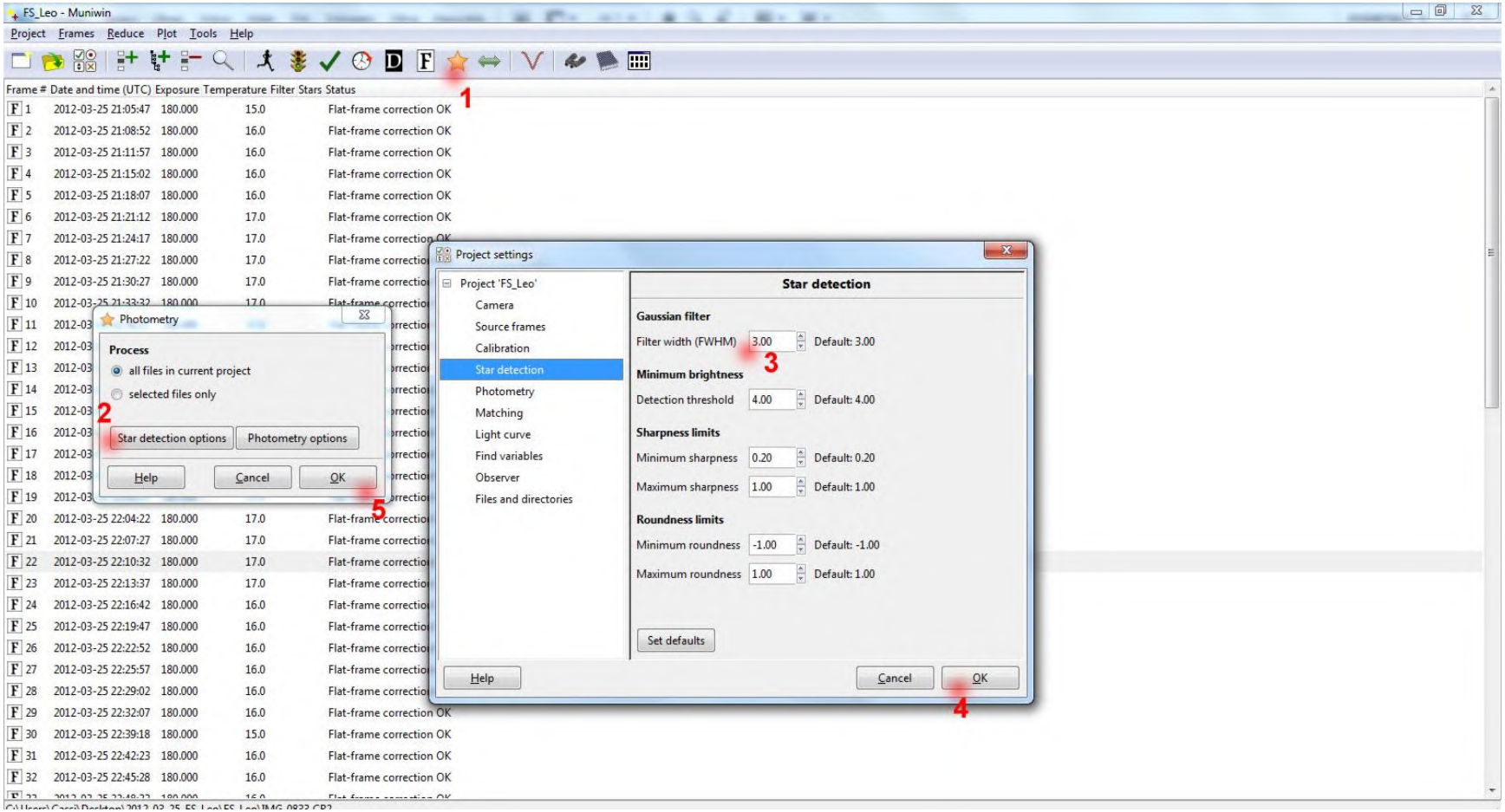
Na snímky hvězdné oblohy aplikovat masterdark přes funkci s ikonkou „D“ (1), vybrat vhodný masterdark (máme dva – „krátký“ pro flatfield a „dlouhý“pro snímky hvězdného nebe).



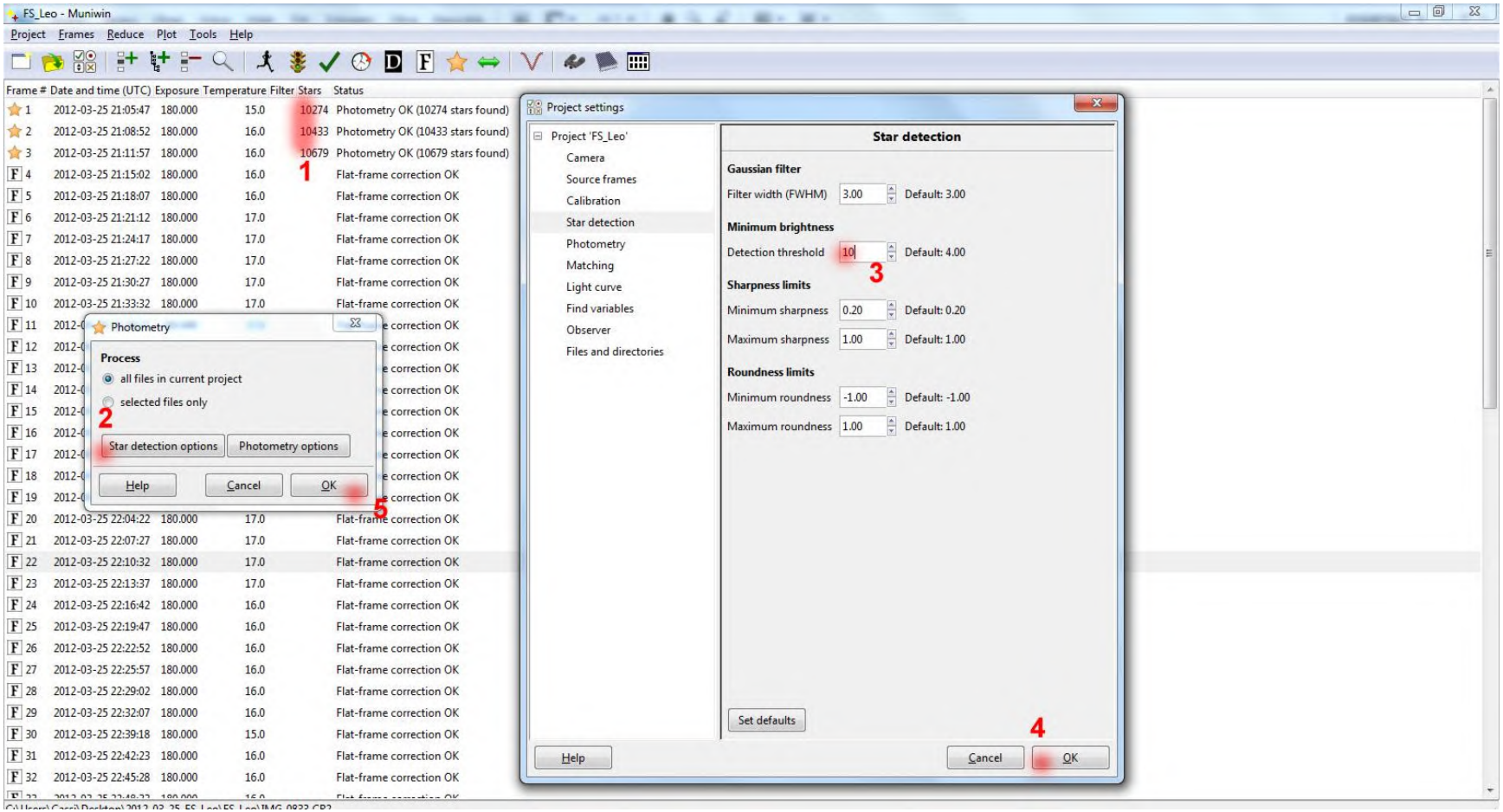
Podobně jako masterdark se na snímky hvězdného pole aplikuje masterflat, přes funkci s ikonkou „F“ (1).



Aby program C-Munipack mohl zpracovat fotometrii hvězd z kalibrovaných snímků, musí nejdříve detekovat hvězdy. Před samotnou detekcí hvězd je potřeba zjistit FWHM (Full Width at Half Maximum, parametr udávající rozměrem hvězdy na snímku) hvězd.
Lze vybrat náhodný snímek načtený v programu (1), otevřít ho (2) a přes funkci „Quick photometry“ (3) a klikáním na náhodně vybrané hvězdy ve snímku (4) lze zjistit přibližnou hodnotu FWHM (5).

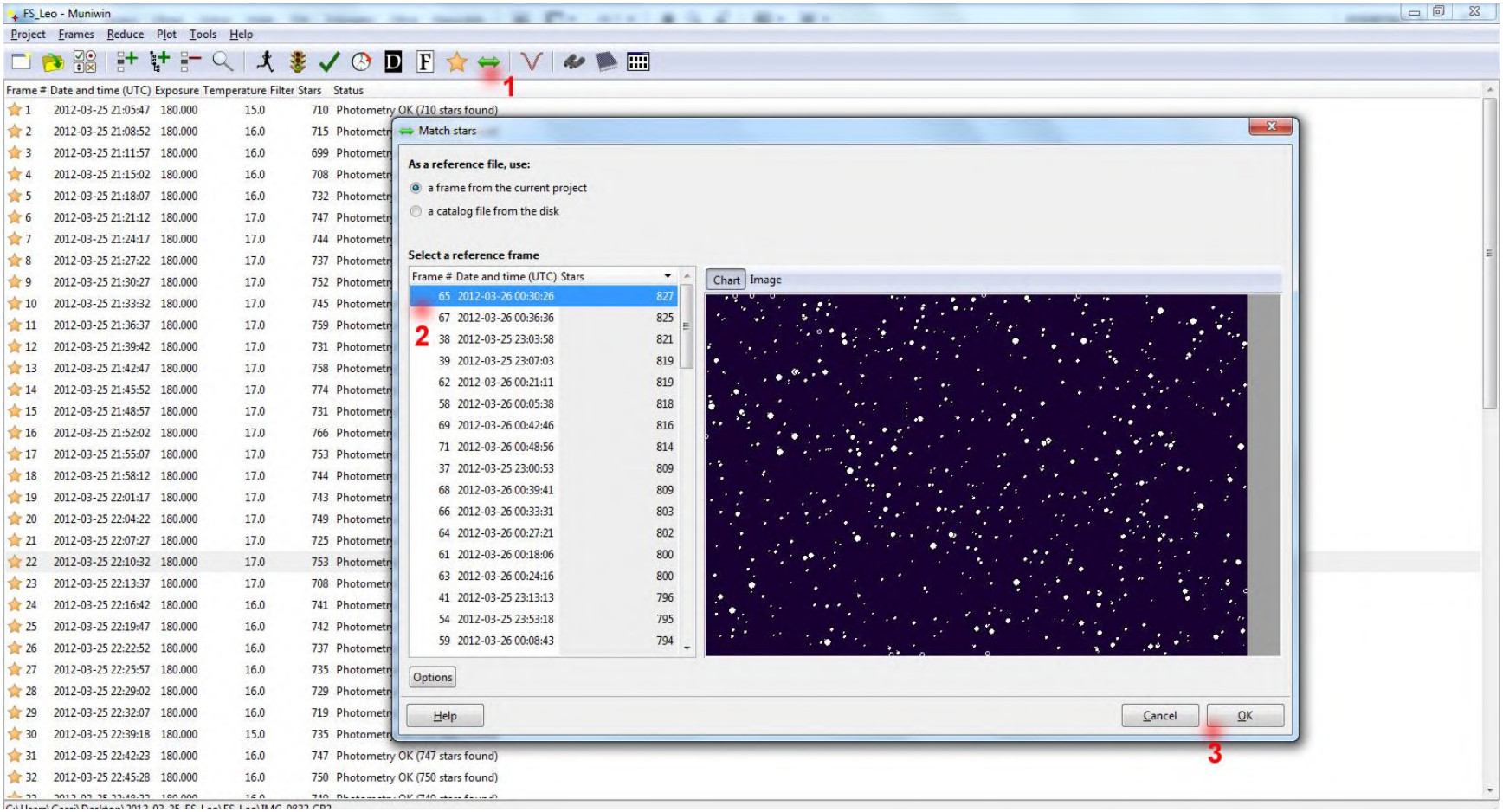


K detekci a měření jasnosti hvězd slouží funkce „Photometry“ – ikonka hvězdičky (1). Ještě před samotným spuštěním detekce hvězd a fotometrie (5) je potřeba nastavit přibližnou FWHM hodnotu (3), která byla zjištěna přes Quick photometry.

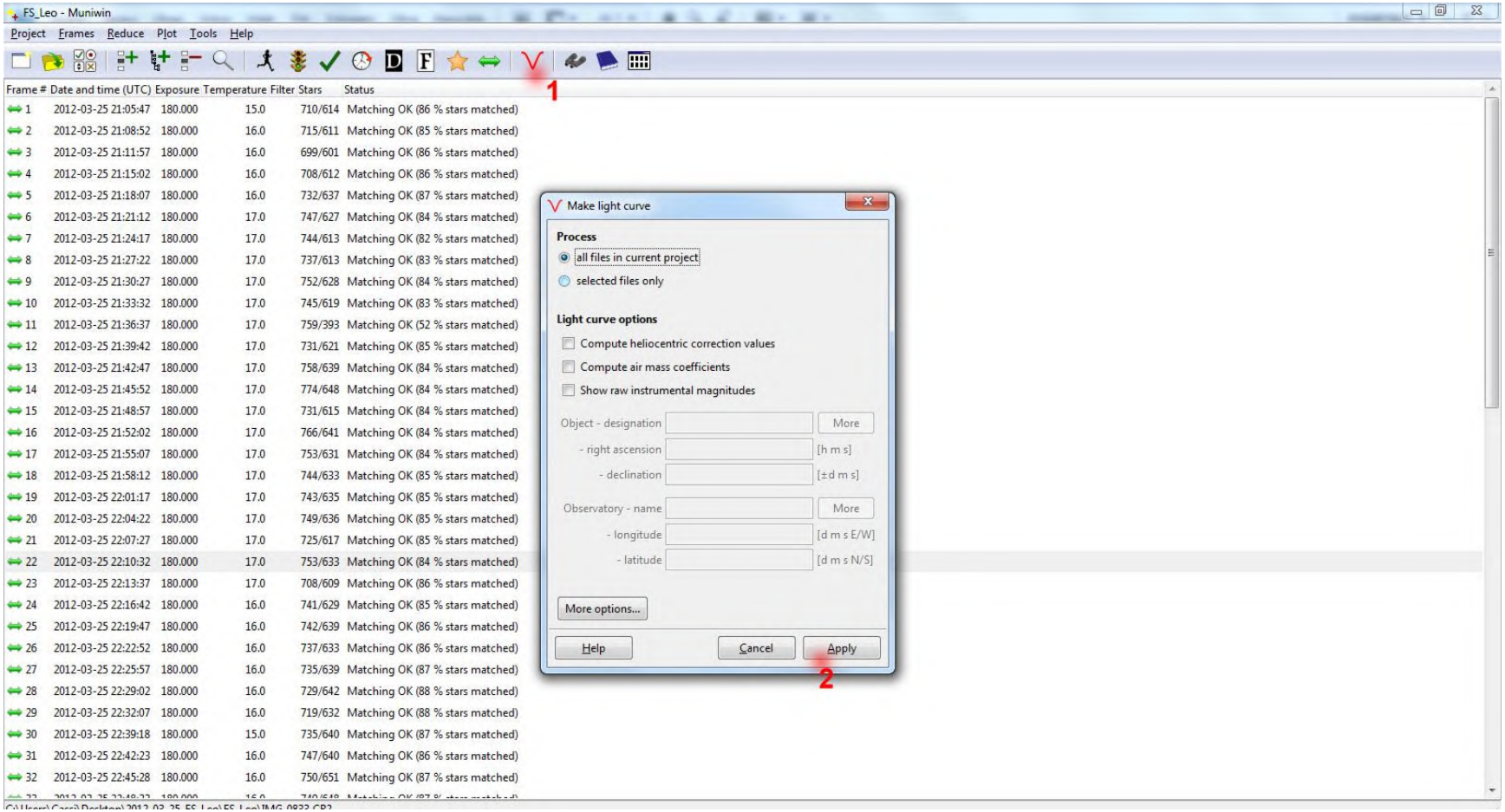


Po spuštění detekce hvězd je vhodné zkontrolovat položku „Stars“ (1). Pokud jsou na snímcích hvězdného pole řádově stovky hvězd a C-Munipack detekuje tisíce či desetitisíce hvězd, tak program zjevně detekuje krom hvězd i šum. Je potřeba proces zastavit a změnit nastavení u „Detection threshold“ (3).

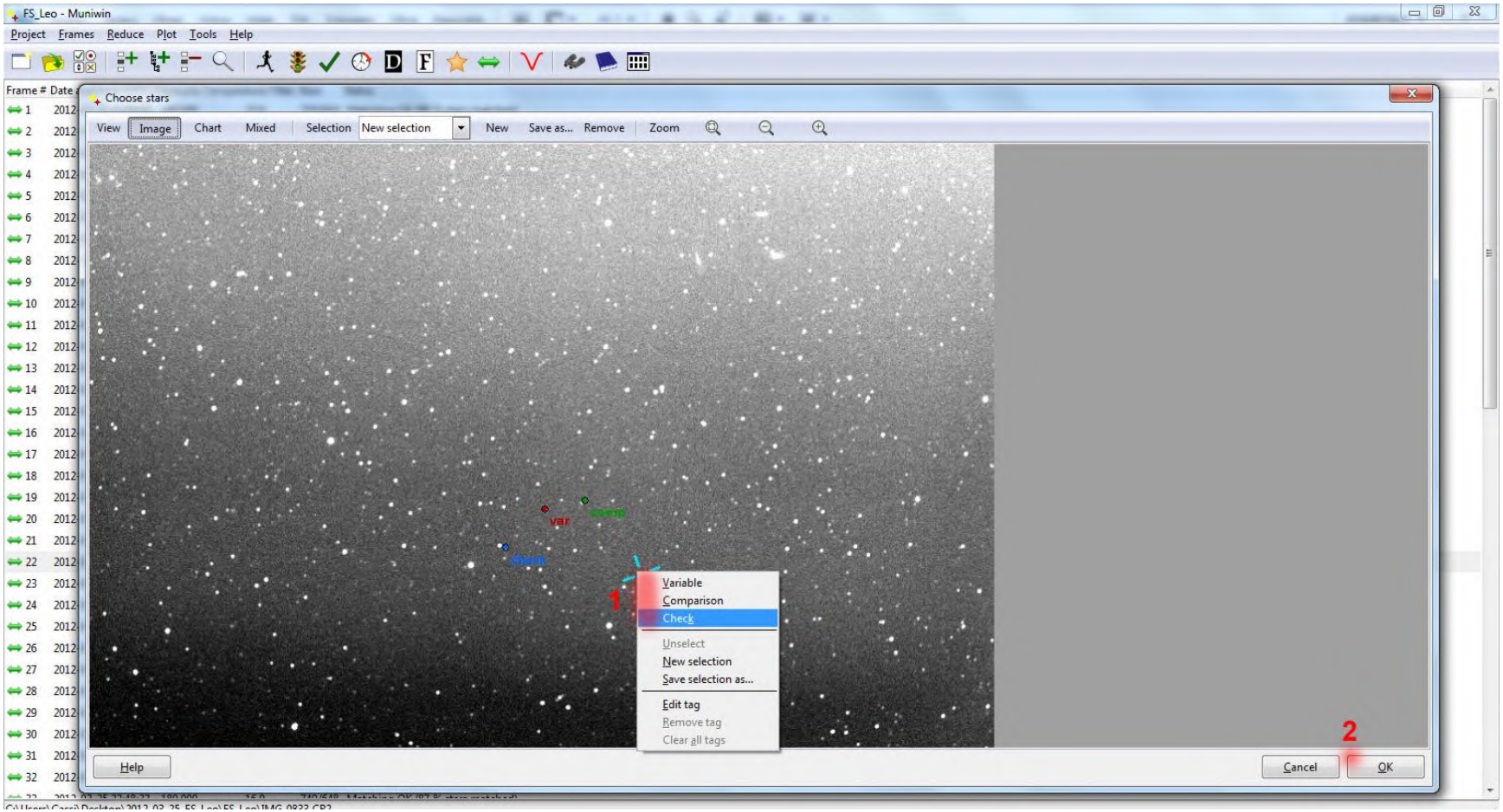
Pokud program detekuje mnohonásobně více hvězd, než je skutečně na snímcích, je potřeba hodnotu detection threshold zvýšit. Naopak pokud je detekováno méně hvězd, než je na snímcích, je vhodné hodnotu snížit. Poté lze znovu pustit fotometrii (4) a (5).



Po dokončení procesu fotometrie a detekce hvězd je potřeba, aby program sesadil jednotlivé snímky. To se provede přes funkci „Match stars“ (1).
Vybere se jeden referenční snímek, ideálně ten s větším počtem detekovaných hvězd (2).
Přes tlačítko OK (3) se rozběhne proces.

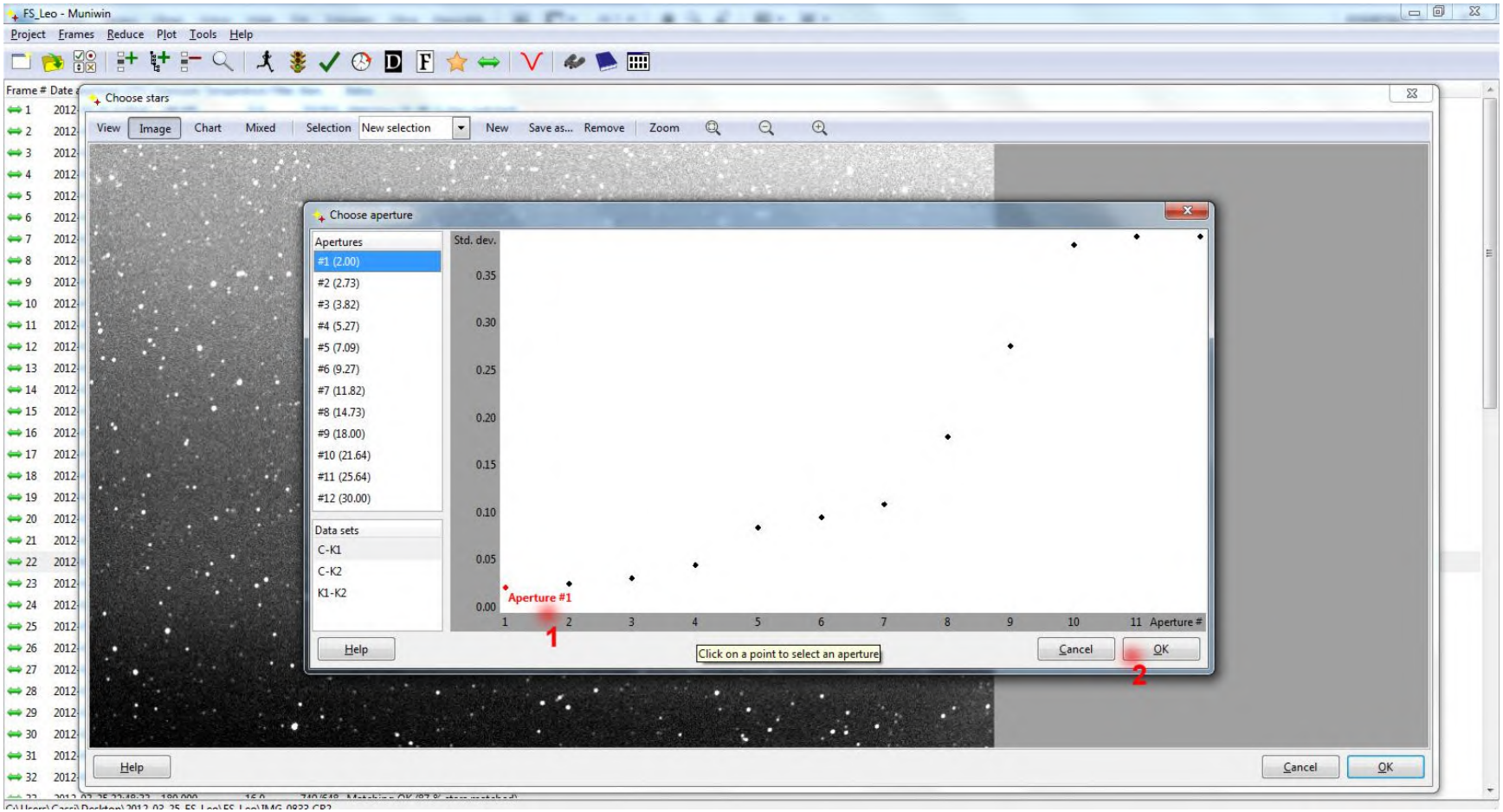


Po dokončení procesu procesu sesazení hvězd lze hvězd lze přistoupit k vytvoření světelné křivky pozorované proměnné hvězdy – funkce „Make light curve“ (1).

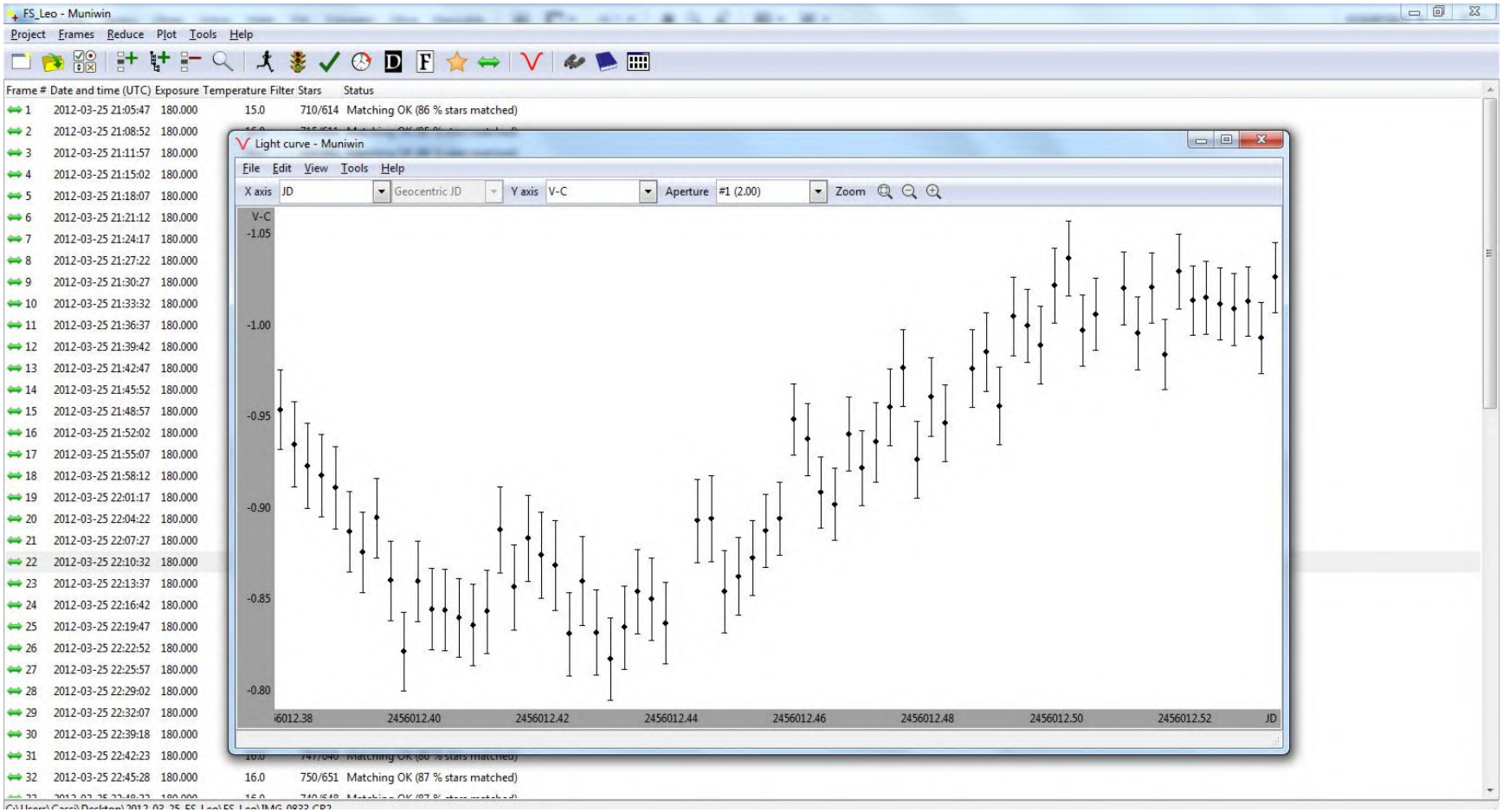


Je potřeba vybrat proměnnou hvězdu, dále neproměnné srovnávací a kontrolní hvězdy (pravé tlačítko myši), poté výběr (1).

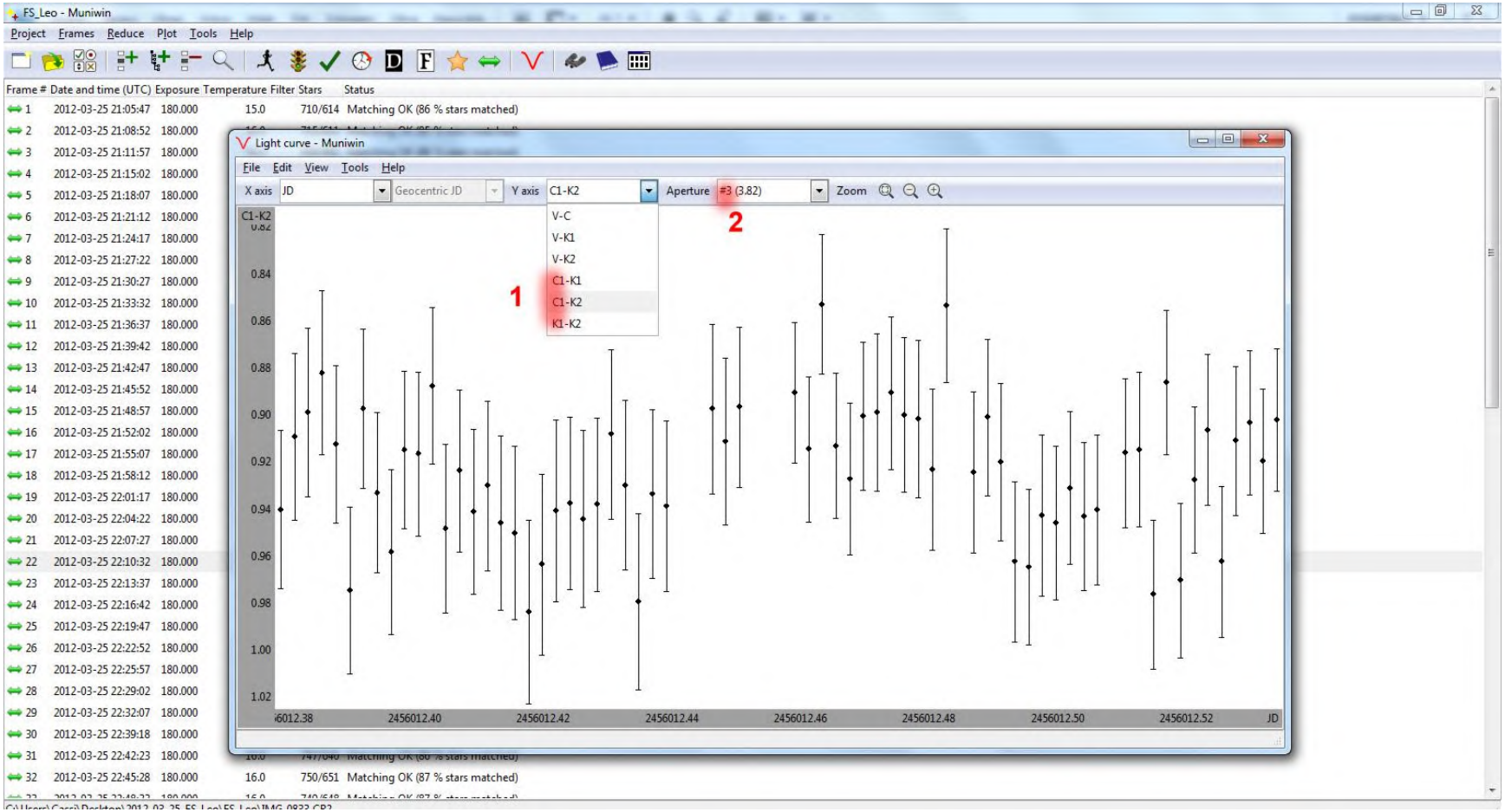
Srovnávací a kontrolní hvězdy by měly být zhruba podobně jasné, jako proměnná hvězda a měly by mít aspoň přibližný spektrální typ. Ideální případ je ten, kdy jsou hvězdy na snímku k sobě co nejblíže.



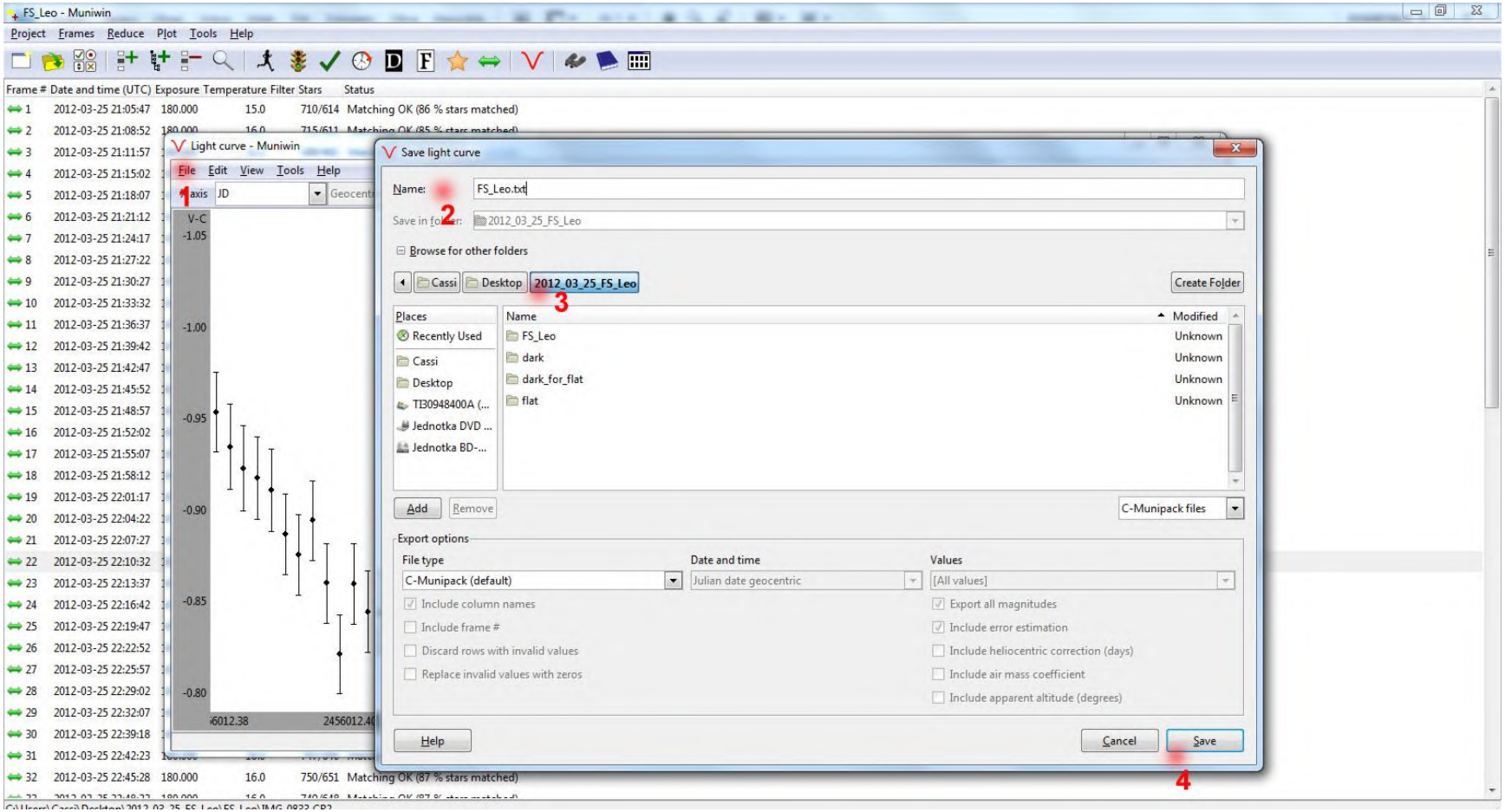
Tento mezikrok pomůže vybrat vhodnou velikost fotometrické clonky (oblast, ve které se měří jasnost hvězdy). Obvykle je nejvhodnější ta clonka, která má bod na grafu nejníže (1). Je vhodné ověřit i okolní velikosti clonek.



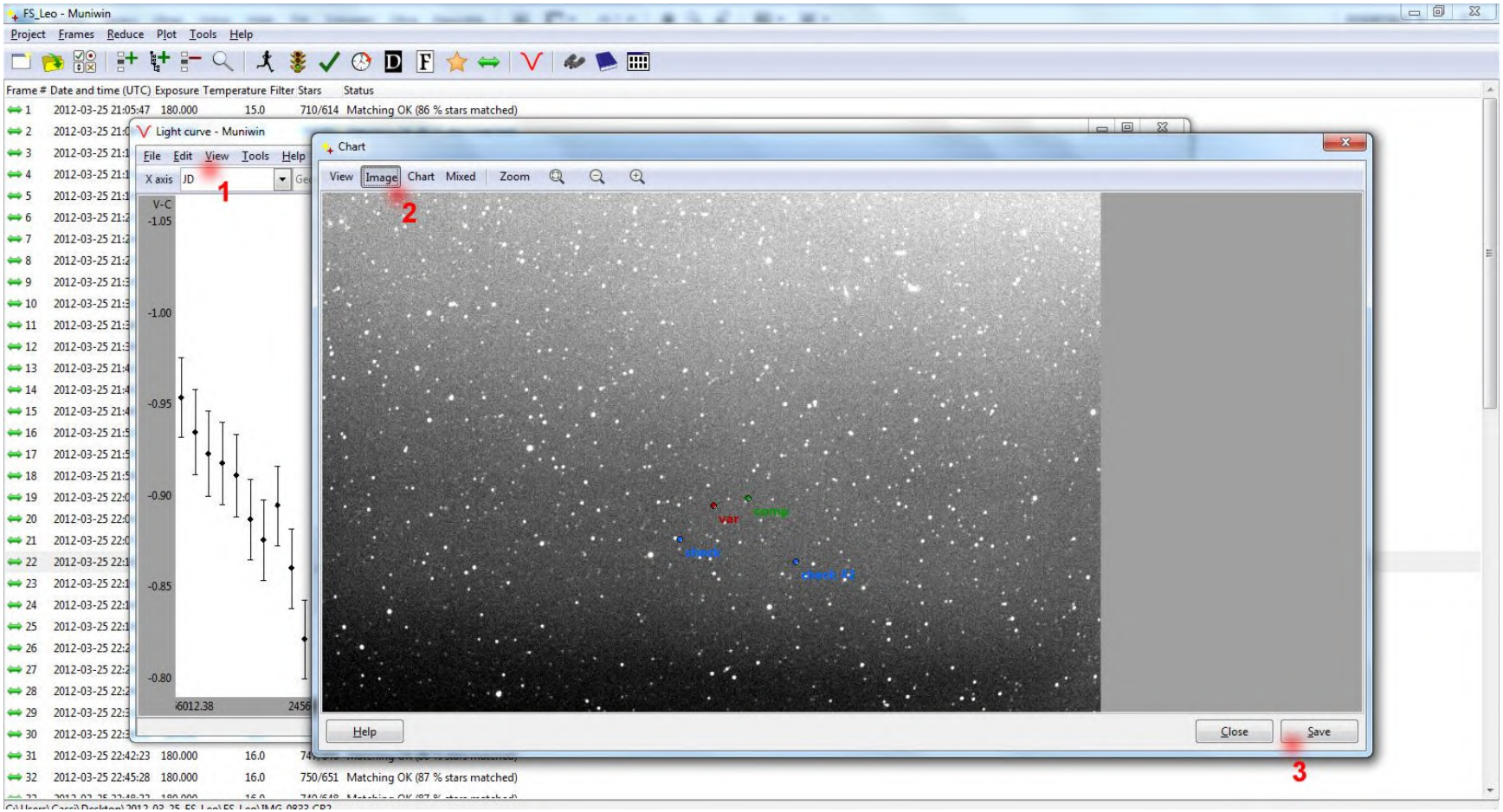
Takto může vypadat výsledná světelná křivka zákrytové proměnné hvězdy. Jeden bod na křivce odpovídá jednomu snímku hvězdného pole.



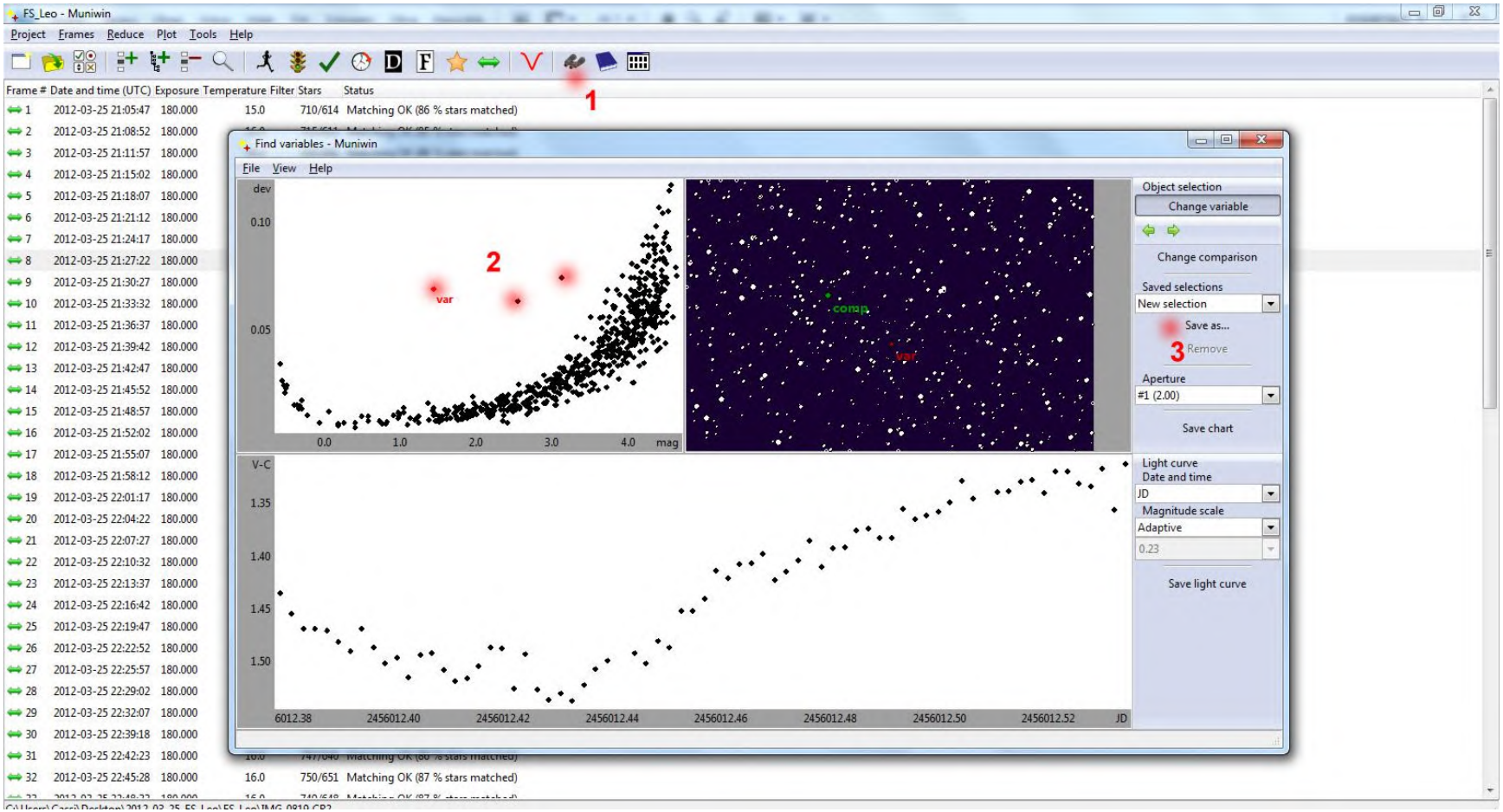
Světelnou křivku je vhodné překontrolovat změnou srovnávací hvězdy a kontrolních hvězd (V-C, V-K1, V-K2 atd.) a změnou clonky (2).
Vhodné je mezi sebou zkontrolovat srovnávací a kontrolní hvězdy (1). Pokud byly kontrolní a srovnávací hvězdy neproměnné, měly by být tyto křivky víceméně „rovné“, bez viditelných změn jasnosti. V případě, že se srovnávací či kontrolní hvězda výrazněji mění, je nutné změnit tuto hvězdu za jinou.



Světelnou křivku, resp. fotometrická data lze uložit v textovém formátu.
Mezi důležité informace, které mohou být v názvu souboru, patří jméno hvězdy, použitý filtr, datum a podobně.



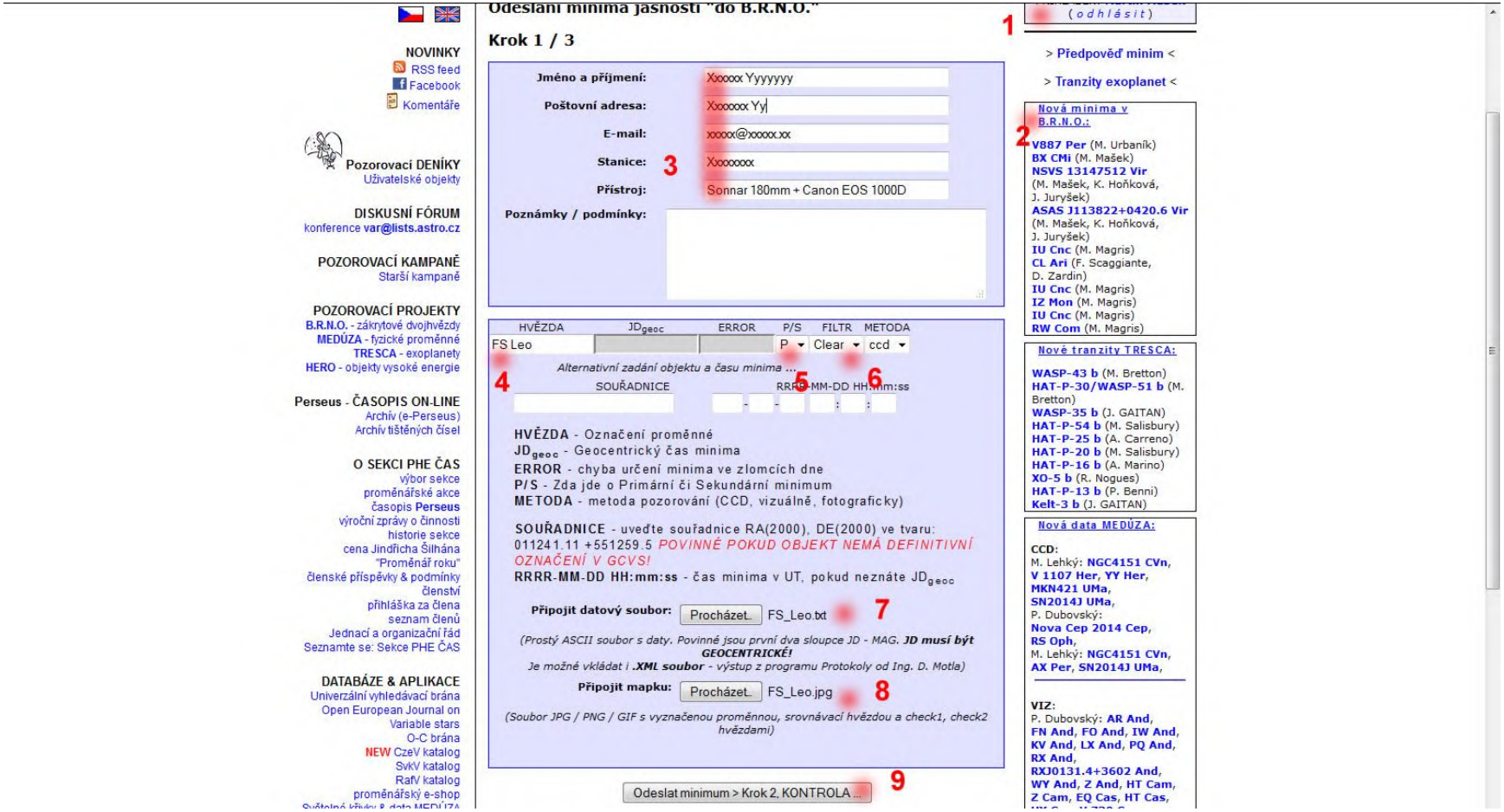
K tomu je potřeba uložit i identifikační mapku, ze které je zřejmé, jaká hvězda byla vybrána jako proměnná, jaká je srovnávací a které hvězdy byly kontrolní.



C-Munipack obsahuje užitečnou funkci „Find variable“ (1). Tato funkce upozorní na objekty, které mění výrazně svoji jasnost (2). Tyto objekty jsou v grafu poněkud odchýleny od ostatních bodů (hvězd). Takto se dají objevit i zcela nové, doposud neobjevené proměnné hvězdy!

Výběr hvězd (proměnná a srovnávací) se dá uložit (3) – při vytváření světelné křivky v „Make light curve“ si bude program tento výběr pamatovat.

Kam s pozorováním?



Minimum zákrytové proměnné hvězdy se dá po registraci na **var.astro.cz** (1) vložit přes formulář do databáze minim B.R.N.O. (2). Zaslaná minima budou publikována v odborném žurnálu.

Z pořízených dat se do formuláře vkládají fotometrická data v textovém formátu (7) a identifikační mapka (8).