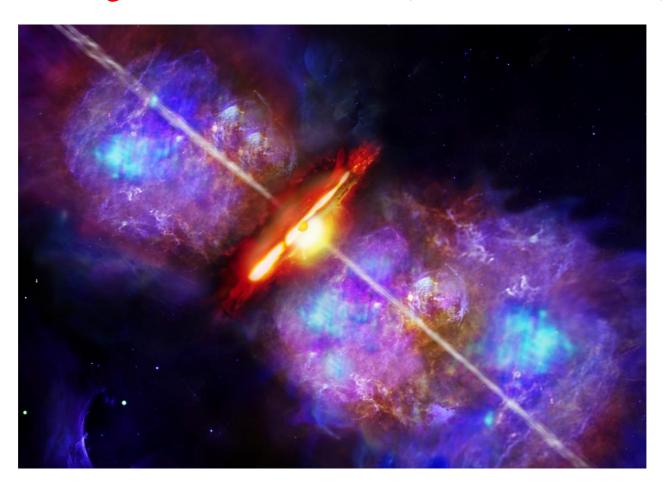
I dischi e la formazione delle stelle OB

Scheda DJHM (R. Cesaroni) Scheda figlia SF-JWST@INAF (A. Caratti o Garatti)



OA Arcetri:

R. Cesaroni, M.T. Beltrán single-dish, interferometria radio

D. Galli teoria

L. Moscadelli interferometria radio, VLBI

IRA (ALMA Regional Center):

J. Brand single-dish, interferometria radio

OA Capodimonte:

A. Caratti o Garatti imaging+spettroscopia IR

IAPS:

D. Elia, A. Traficante imaging IR, radio

OA Cagliari:

A. Sanna interferometria radio, VLBI

+ varie collaborazioni (IRAM, MPIfA, UNAM, NRAO, ecc.)

Grande massa VS piccola massa

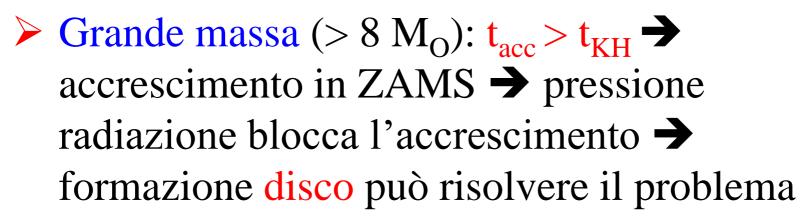
Formazione stella: collasso inside-out su nucleo

Due tempi scala:

accrescimento
$$\rightarrow t_{acc} = M_*/(dM/dt)$$

contrazione $\rightarrow t_{KH} = GM_*^2/R_*L_*$

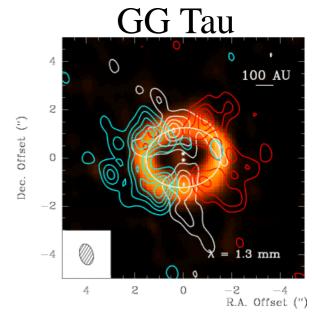


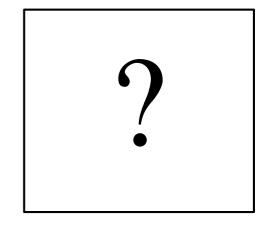


Antefatto

Situazione fino metà anni '90:

- Evidenza crescente di dischi attorno a stelle di tipo solare da HST (proplyds; O'Dell et al. 1993) e interferometria mm (e.g. GG Tau; Dutrey et al. 1994, Simon et al. 2000)
- Quasi nessuna evidenza di dischi attorno a stelle OB (Orione; Plambeck et al. 1990): assenti oppure non rivelati?





Problemi osservativi

- Rarità stelle OB → grandi distanze (kpc)
- Brevità fase pre-ZAMS (10⁴-10⁵ yr)
- Formazione in ammassi → confusione
- Formazione in nubi opache (A_V fino a 1000 mag)
- → Necessità osservazioni radio-IR con risoluzione < 1 arcsec (interferometria, ottica adattiva)

La ricerca dei dischi

Target:

- Luminosità (IRAS) > $10^3 L_0$ > stelle di grande massa
- Associazione con outflow → paradigma disco+outflow
- Presenza di nucleo molecolare massiccio (> 10 M_{0}) e compatto (< 0.1 pc) \rightarrow deeply embedded (young)
- Presenza maser e/o regioni HII compatte → stelle OB giovani

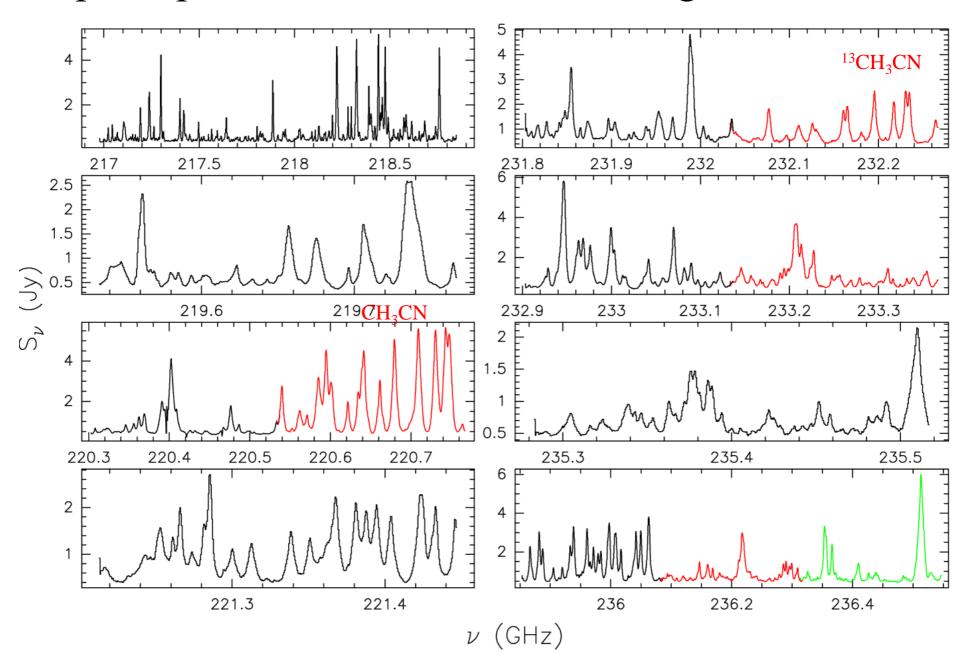
Tracciante:

- Righe termiche di molecule rare (es. $CH_3CN) \rightarrow$ gas denso
- Righe maser (H_2O , CH_3OH , OH, SiO) \rightarrow VLBI (1 mas)
- Continuo (sub)mm → massa disco
- continuo/righe IR → jet e silhouette disco
- continuo cm e RRL \rightarrow accrescimento gas ionizzato e radio jet

Osservazioni (Radio→NIR) JVLA, OVRO, SMA, PdBI, ALMA, VLBI, Subaru, LBT

- Mini-survey (decina di oggetti) con singolo strumento → identificazione candidati promettenti
- Osservazioni multi-banda di oggetti selezionati
 → descrizione dettagliata disco+jet+inviluppo da 1 pc a decine di au

Tipico spettro ALMA: "foresta" di righe molecolari!

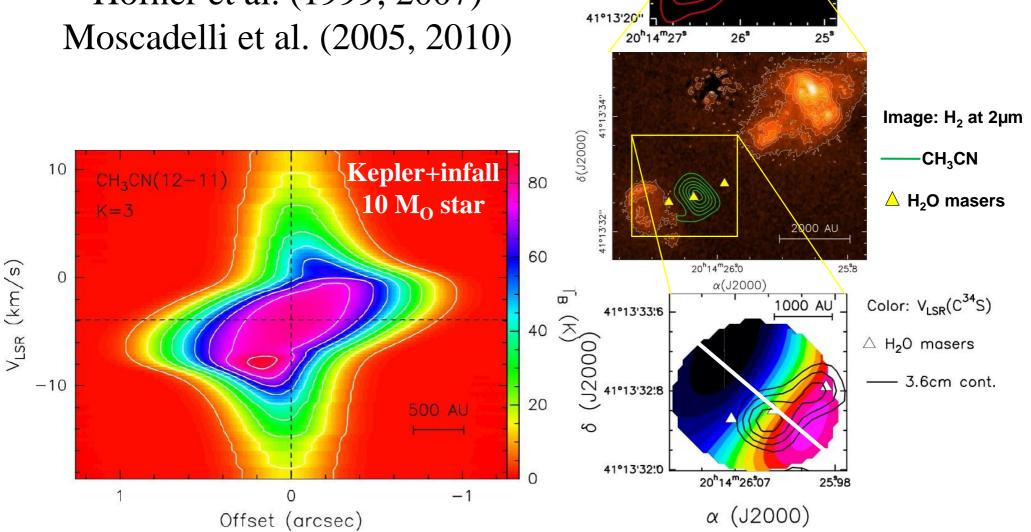


Risultati: Oggetto di tipo B IRAS 20126+4104 $10^4 L_0$ $10 M_0$

1.6 kpc

IRAS 20126+4104

Cesaroni et al. (1997, 1999, 2005, 2013, 2014) Hofner et al. (1999, 2007)



IRAS 20126+4104

0.05 pc

41°13'40"

41°13'30"

(12000)

Image: H_2 v=1-0 S(1)

 $HCO^{+}(1-0)$ blue

 $HCO^{+}(1-0)$ red

 \triangle H₂O masers

Risultati:

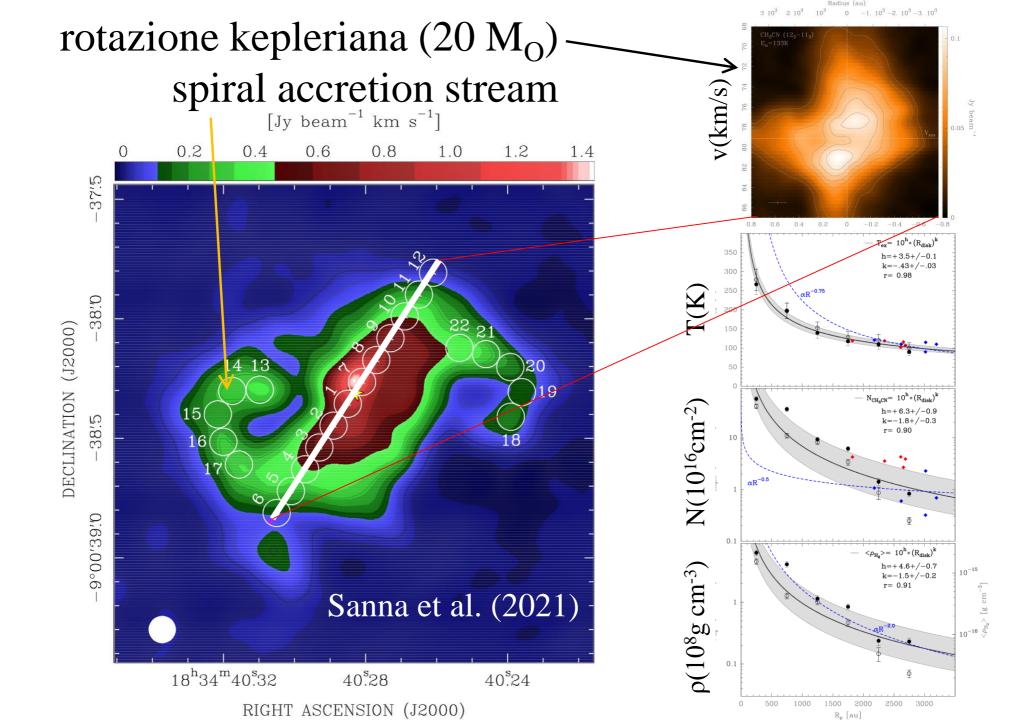
Oggetto di tipo late-O

G23.01-0.41

 $4 \ 10^4 \ L_{\rm O}$

 $20 M_{\rm O}$

4.6 kpc



Dischi

- $M < alcune 10 M_{\mathbf{0}}$
- $R \sim 1000 AU$

$$L \sim 10^4 L_O \rightarrow B$$
, late O

- grande t_{acc}/t_{rot}
- → strutture in equilibrio

$$\frac{t_{ff}}{t_{rot}} = \sqrt{\frac{M_{star} + M_{gas}}{32 M_{gas}}}$$

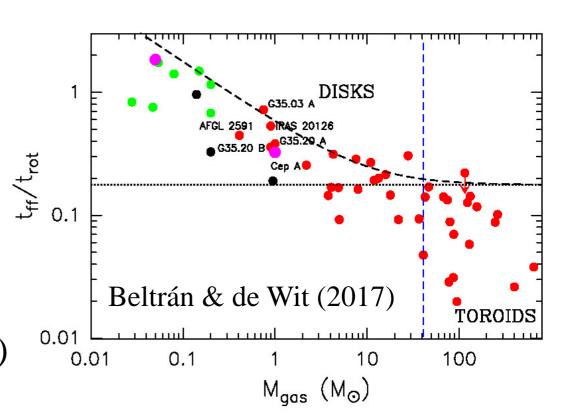
Beltrán et al. (2010, 2014) Sánchez-Monge et al. (2014)

Toroidi

- $M > 100 M_{\odot}$
- R ~ 10000 AU

$$L > 10^5 L_0 \rightarrow early O$$

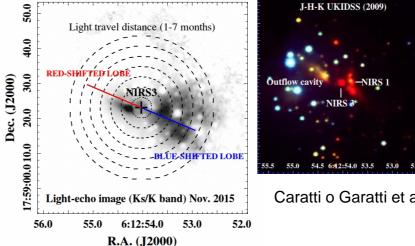
- piccolo t_{acc}/t_{rot}
- → strutture transienti

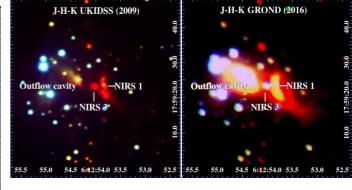


Risultati: Accrescimento "episodico" **S255 NIRS3** 1.8 kpc disco attorno a (proto)stella di 20 M_O

Burst di accrescimento

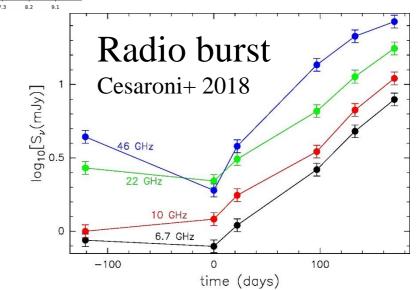
- Accrescimento "episodico" in protostelle massicce → processo comune nella formazione di tutte le stelle
- Novità per stelle massicce: solo 3
 oggetti studiati ad oggi





Caratti o Garatti et al. 2017, Nature Phys.

- Maggior energia rispetto alla piccola massa: aumento luminosità di 10⁵ L_O
 → 5 10⁻³ M_O/yr
- Impatto su chimica/struttura protostella
- Origine dubbia: instabilità gravitazionali nel disco?



Progetto: Star & Planet Formation with JWST @ INAF Coordinatore: A. Caratti o Garatti (OANa)

7 istituti INAF (22 ricercatori)

- Progetti JWST (con P.I. o col INAF) sulla formazione di stelle e pianeti:
- 3 proposte GO di ciclo 1 come P.I. & 3 come coI; partecipazione in 5 GTO & 1 ERS
- Studio della formazione stellare di piccola e grande massa (struttura, dischi, outflow, ecc..)
- Rivelazione e monitoraggio di burst di accrescimento in protostelle massicce (NIR-dark Accretion Outbursts from Massive Young stellar objects with JWST-P.I. Caratti o Garatti)

NIRspec + MIRI-MRS IFUs 3-28 μm (R~4000, 0.1" res.)

Presente e futuro

- 65 articoli con referee, come P.I. (3 su Nature)
- Dati (ALMA, JVLA, VLBI, LBT, ecc.) acquisiti come P.I. analizzati solo in parte. E.g. 14 proposte ALMA già osservate, solo come P.I.
- Partecipazioni a Large Program: CORE (PdBI, P.I. Beuther), ALMAGAL (ALMA, P.I. Molinari), VOLS (JVLA, P.I. G. Busquet)
- 3 proposte JWST (accettate: 2 GO e 1 GTO)
- 1 proposta ALMA (submitted): ricerca dischi con risol. 50 mas in 40 oggetti selezionati in ALMAGAL

Criticità

- Finanziamenti: FFO + 2 PRIN-INAF (2006, 2008)
- Mancanza forza lavoro per riduzione e analisi dati → post-doc + staff giovane!
- Mancanza esperto simulazioni numeriche
- Necessità incremento potenza di calcolo per elaborazione dati e simulazioni
- Sinergia con università (studenti)