

# *Amanyetik Nova-gibi sistemlerin X-ışını Gözlemleri*

*Şölen Balman*

*Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Turkey*

*Patrick Godon, Edward M. Sion*

*Villanova University, PA, ABD*

# ***Kataklismik Değişkenler (KD) ve Amanyetik Sistemler***

- **Amanyetik Kataklismik Değişkenler**

Beyaz cüce, Roche Lobe doldurmuş Geç-tip anakol yıldızından madde aktarımı yapar – Etrafında beyaz cüceye kadar ulaşan bir madde aktarım diski oluşur

- **Cüce Novalar**

Madde sürekli veya düzensiz aktarım oranlarında beyaz cüceye aktarılır. Bu madde aktarımı bir kaç hafta veya aylık aralıklarla yoğun madde aktarımı (cüce nova patlaması) olaylarıyla bölünür ( $10^{39}$ - $10^{40}$  erk,  $\Delta m=2-6$  ).

- **Nova-gibi Değişkenler**

- **Klasik ve Tekrarlayan Novalar** ( $10^{43}$ - $10^{46}$  erk)

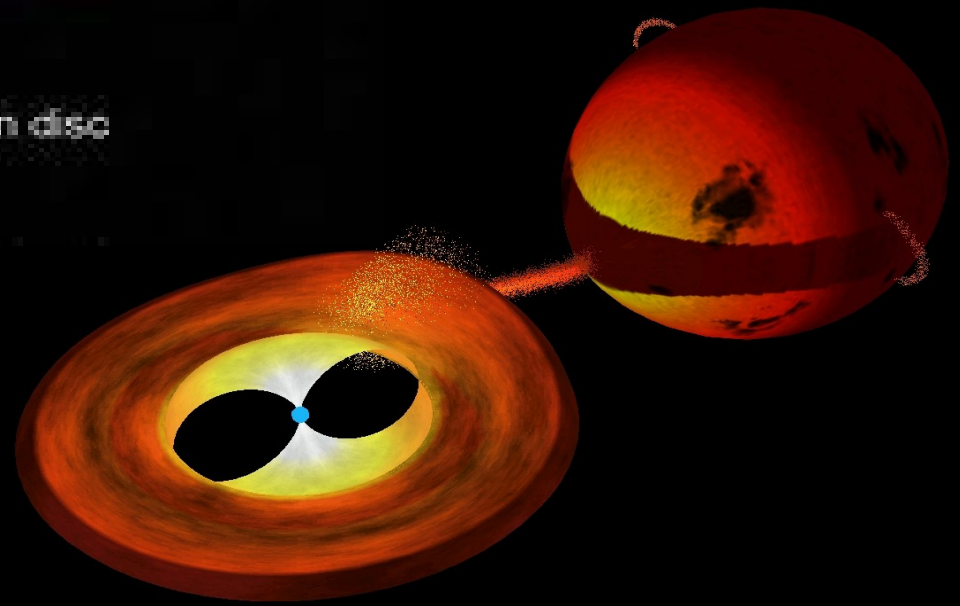
Secondary

$L_1$

Primary

Hot spot

Accretion disc



# Amanyetik KD'lerde X-ışını Emisyonu

Sınır Katmanı (SK)

$$L_{SK} \approx L_{disk} = GM_{wd} \dot{M}_{acc} / 2R_{wd} = L_{acc} / 2$$

Madde Kepler hızlarından yavaş dönen beyaz cüce hızlarına yavaşlar  $L_{SK} \approx L_x$

**Optik-kalın SK**

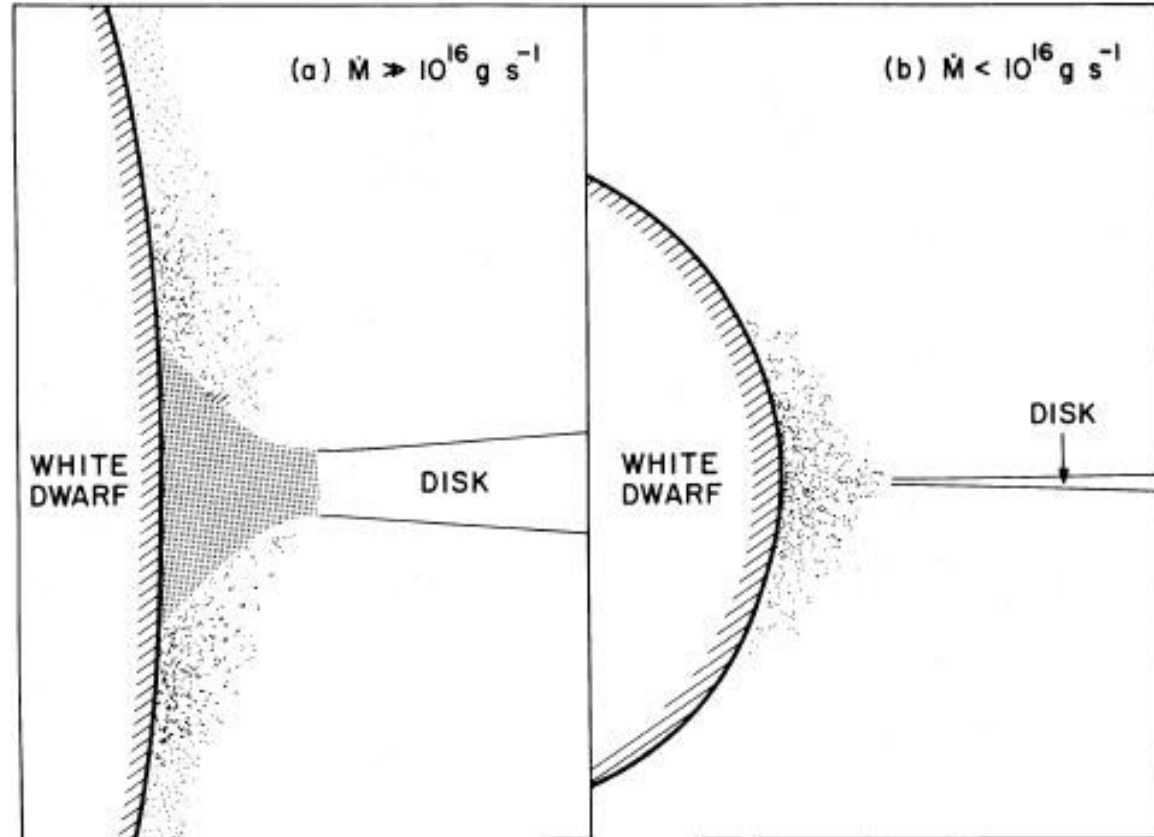
→ Yumuşak X-ışınları  $\sim 10^5$  K

$$\dot{M} > 10^{-9} M_{\odot} / \text{yıl}$$

**Optik-ince SK**

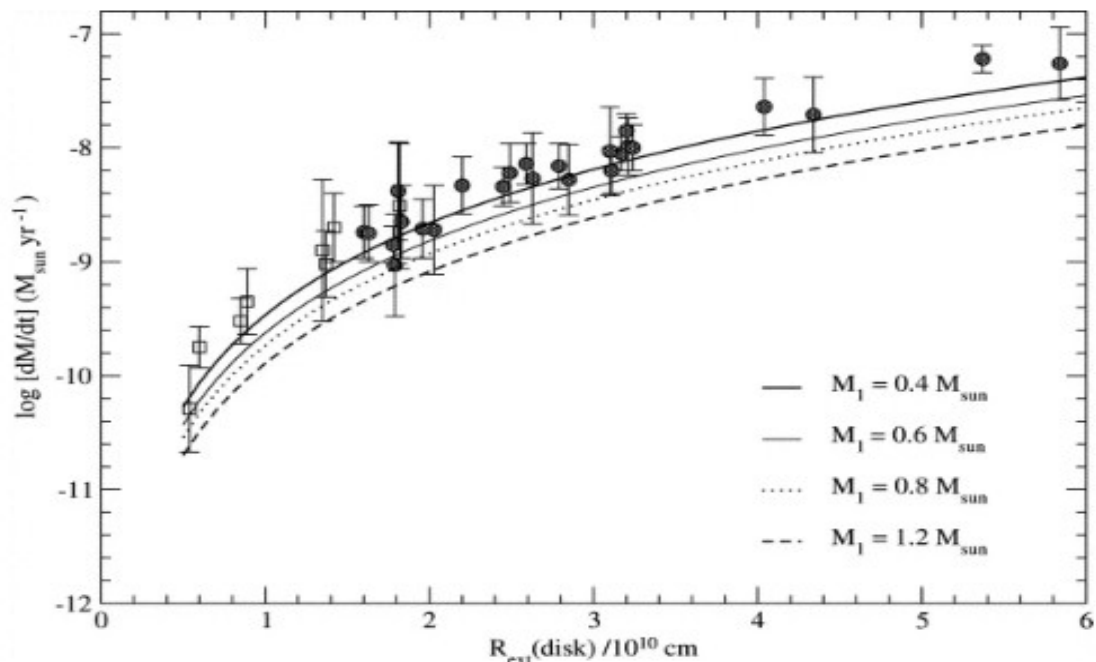
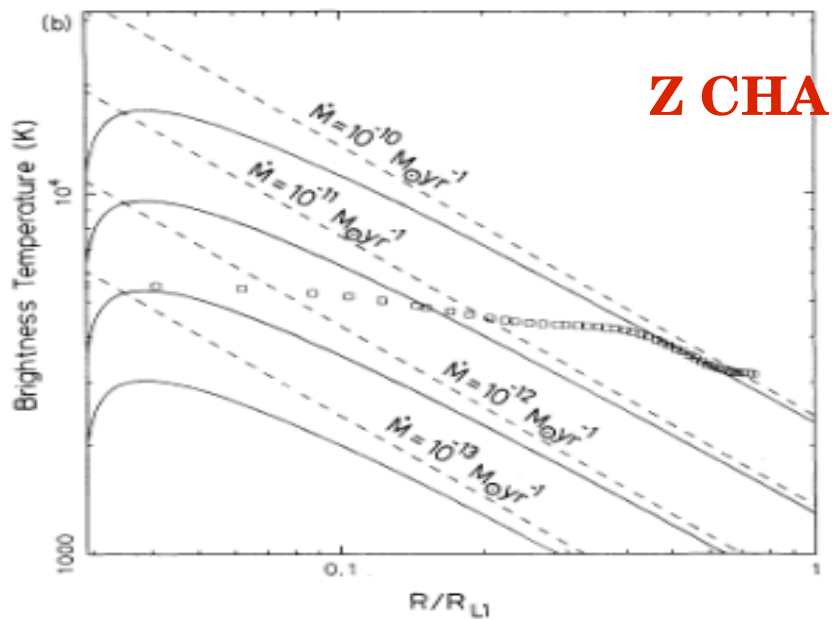
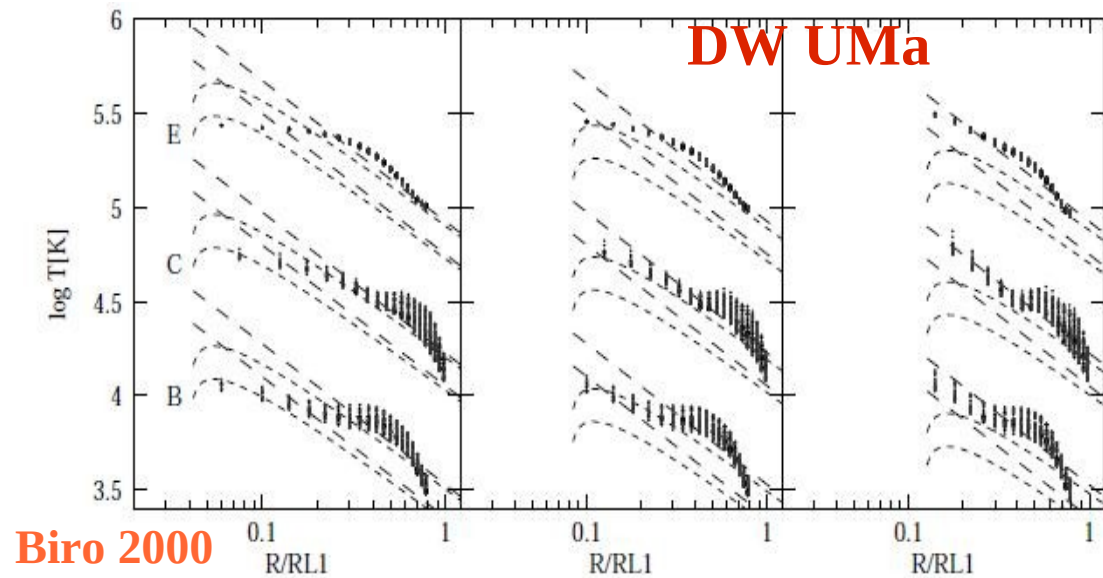
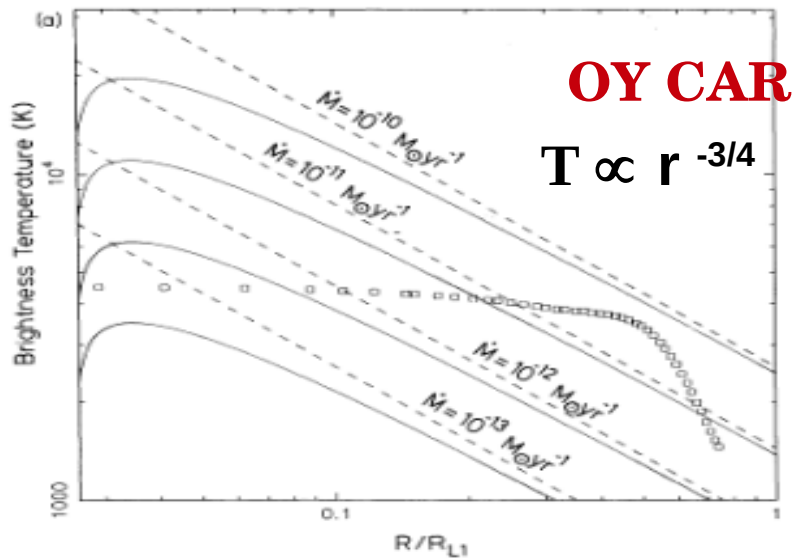
→ Sert X-ışınları  $\sim 10^8$  K

$$\dot{M} < 10^{-9} M_{\odot} / \text{yıl}$$



# Cüce Novalarda X-ışını Emisyonu

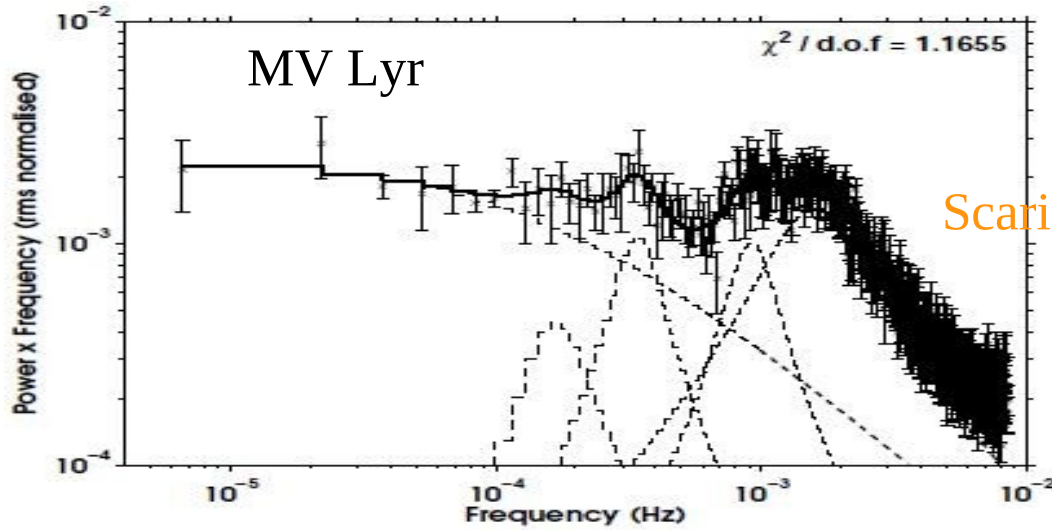
- Durgun Faz: düşük madde aktarımı, SK → optik-ince standard SK ► sert X-ışını emisyonu (Narayan ve Popham 1993; Popham 1999).
- Dar salma çizgileri,  $\dot{M}_{acc} = 10^{-12} - 10^{-10} M_{\odot} / \text{yıl}$ , yakın güneş bollukları, beyaz cüceden yansıma (6.4 keV), çoklu-sıcaklık eş-basınçlı soğuyan akışkan modeli plasma emisyonu with  $T_{max} = 9-55 \text{ keV}$   $L_x = 10^{30-32} \text{ erk/sn}$  and Kepler-altı hızlar (see Kuulkers+ 2006 ; Pandel+ 2005, Rana+ 2006, Singh+ 2006, Balman+ 2011)
- Parlama/patlama Fazı: Optik-kalın SK,  $10^5 - 10^6 \text{ K}$  yumuşak X-ışını emisyonu ( $kT \sim 5-30 \text{ eV}$  kara cisim model ışıma; 5 kaynak), (Mauche+1995; Long +1996, Mauche ve Raymond 2000, Byckling+ 2009)
- Bastırılmış (düşük-akı) sert X-ışını emisyonu –optik parlak (maximum) fazlarda (MacGowen+ 2004, Wheatley+ 2003, Collins ve Wheatley 2010, Fertig+ 2011) .
- Bazı sistemler U Gem (Güver+ 2006) GW Lib (Byckling+ 2009) patlama fazında daha yüksek öz-ışıma göstermiştir  $L_x \sim 10^{31-33} \text{ erk/sn}$  .



**Woods et al. 1990**

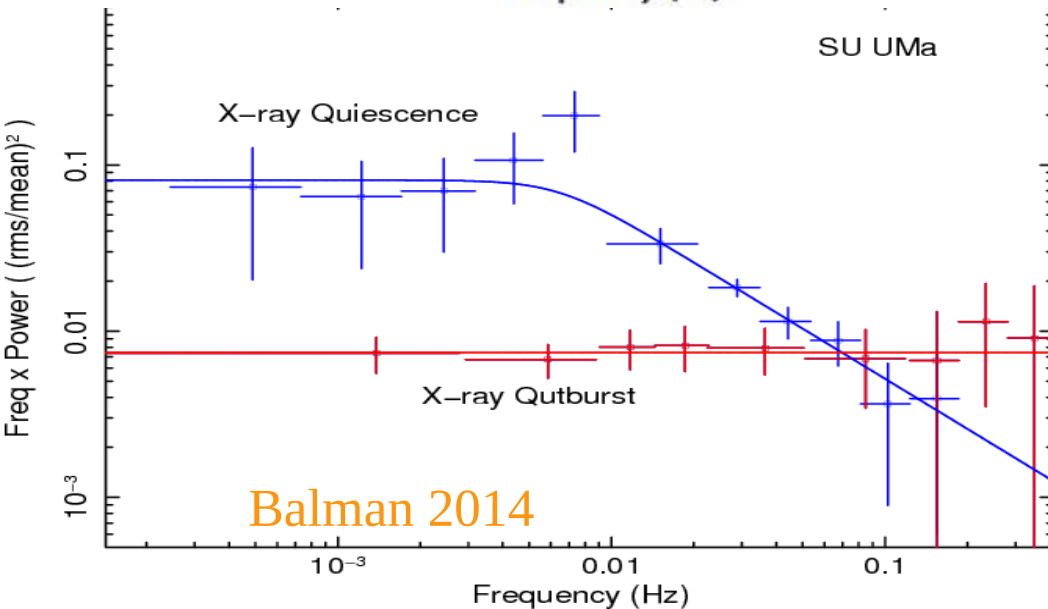
**Puebla et al. 2007**

# Geniş-band Gürültü ve İç Disk Deseni

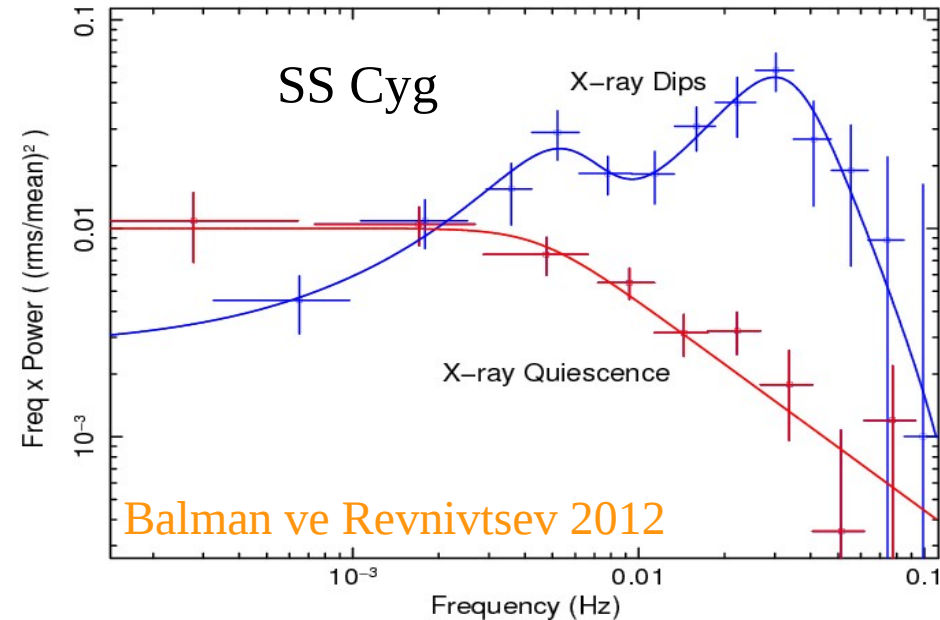


Scaringi+ 2012

Yayılan dalgalanmalar  
modeli (propagating  
fluctuations model)



Balman 2014

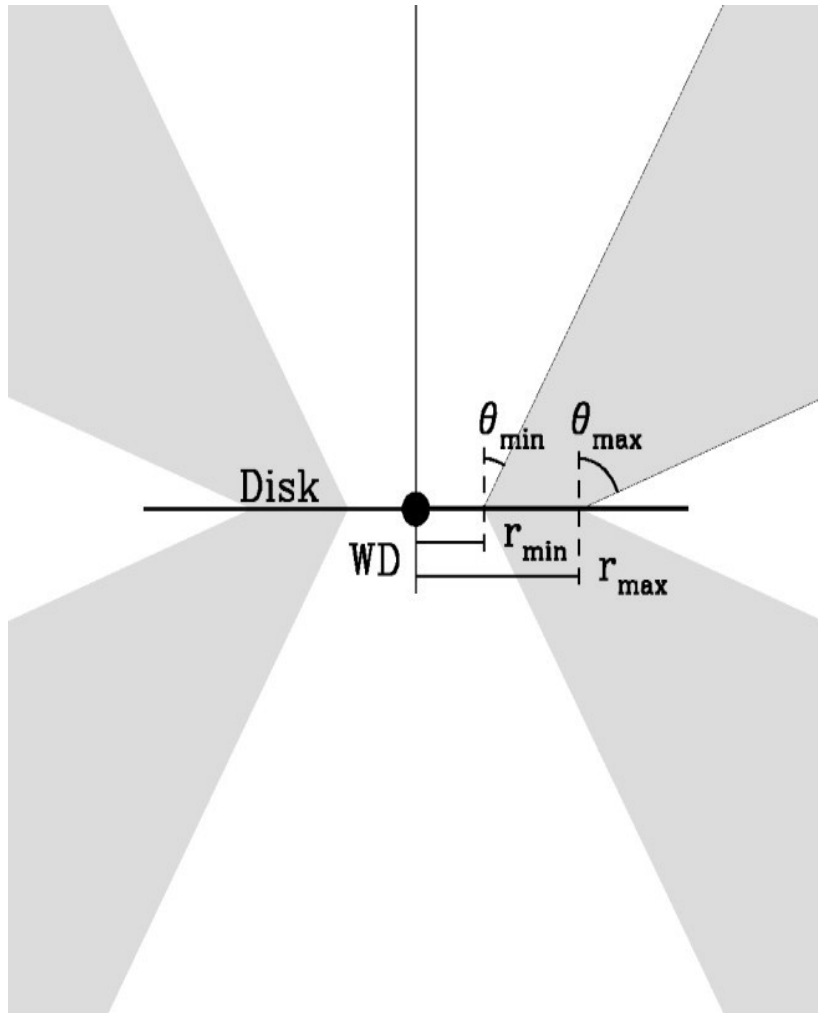


Balman ve Revnivtsev 2012

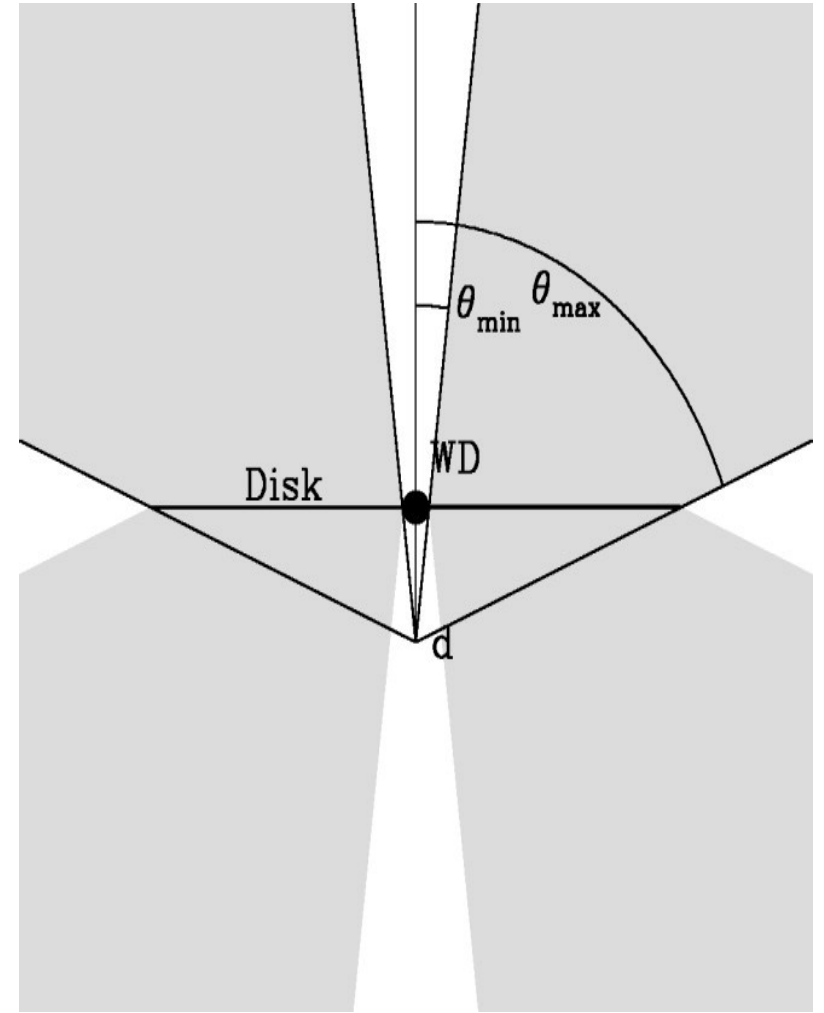
# *Nova-gibi KD'lerin Özellikleri*

- Amanyetik Nova-gibi sistemler (NG) yüksek madde aktarım fazında bulunurlar  $\dot{M}_{acc} = \text{birkaç} \times 10^{-9} - 10^{-8} M_{\odot} / \text{yıl}$  , ve en iyi FUV de gözlenip standard disk modelleriyle uyumlanabilirler.
- VY Scl-tipler optik ışık eğrilerinde sürekli yüksek madde aktarım fazı ve az da olsa bazen de düşük fazda görülürler. UX Uma-tipleri de sürekli yüksek fazda gözlemlenirler (Warner 1995). Bütün NG'ler salma çizgileri gösterirler, UX UMA yıldızları optik ve UV dalgaboylarında geniş soğurma çizgileri gösterirler.
- Bipolar rüzgarlar ve dış-akışlar yada rotatasyonal simetrik rüzgarlar gösterirler. Bunlar en iyi FUV bandında rezonans çifte çizgisi CIV ' nin P Cygni profilinden gözlemlenir (Sion 1985). Bu sistemlerdeki rüzgar ve dış-akışlarla madde kaybı  $< \% 1$  (yaklaşık) ve rüzgar hızları 200-5000 km/s (tekrar makaleleri: Kafka ve Honeycutt 2004, Long ve Knigge 2002).





*Bikonik disk rüzgarı*



*Simetrik disk rüzgarı*

# *X-ışınları ve Nova-gibi sistemler*

- Yüksek madde aktarım fazı KD'lerin sınır katmanları ilk olarak Einstein IPC (0.2-4 keV, Patterson ve Raymond 1985) ve ROSAT (15 NG; 0.1-2.4 keV) ile gözlenmiştir. Bu sistemlerden beklenen optik-kalın yumuşak X-ışın bileşenleri bulunmamış, onun yerine sadece sıcak optik-ince X-ışın kaynakları bulunmuştur. X-ışın öz-ışıması  $L_x < \text{birkaç } 10^{32} \text{ erk/sn}$  (see van Teeseling+ 1996, Schlegel ve Singh 1995, Greiner 1998).
- Daha sonraları NG ler ASCA (TT Ari, KT Aur), XMM-Newton ve RXTE ile birkaç tane ve beş tane kadar da Swift ile gözlemlendiler. X-ışın tayfları çift MEKAL modelleri veya/ek olarak çoklu-sıcaklık plasma modelleri ile açıklanmakta. X-ışın öz-ışıması  $L_x < \text{birkaç } 10^{32} \text{ erk/sn}$  (Mauche ve Mukai 2002, Pratt+ 2004, Balman+ 2014, Page+ 2014, Zemko+ 2014).
- NG lerin UV spektroskopisi (33 KDs) bu sistemlerin diskleri standard disk (SS) modellerinden özellikle iç diskte ayırmaya başladığını göstermektedir. (Puebla+ 2007, Linell+ 2005, Hoard+ 2009) (genişlemiş optik-ince disk rüzgarı, korona/kromosfer

# *MV Lyr, BZ Cam, V592 Cas*

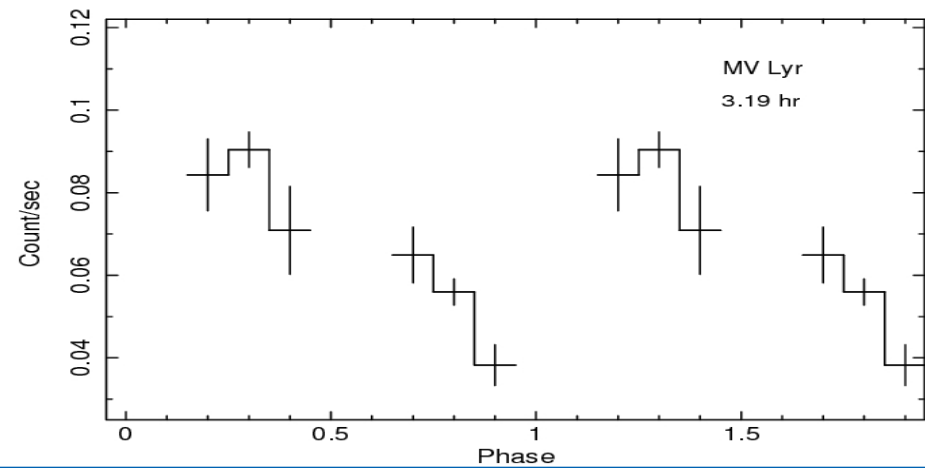
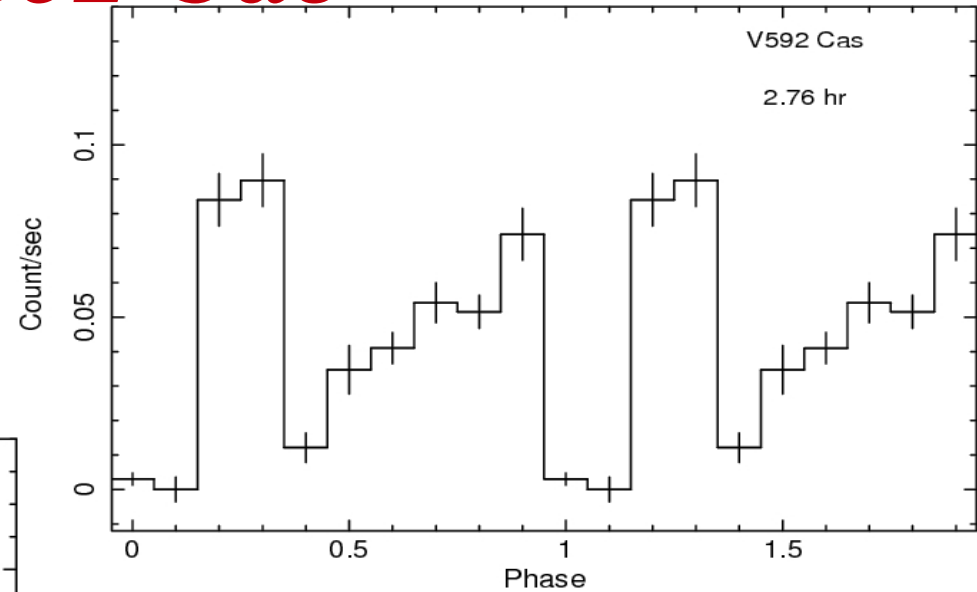
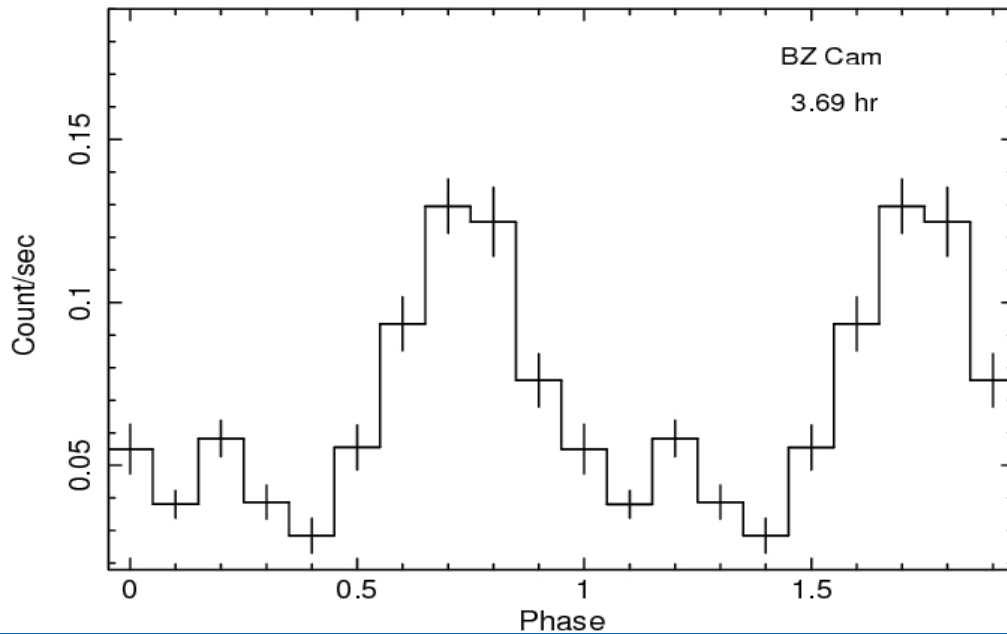
Table 1. System Parameters

Parameter	units	MV Lyr	BZ Cam	V592 Cas
$M_{wd}$	$M_{\odot}$	0.73-0.8 <sup>(1,2)</sup>		0.75 <sup>(11)</sup>
$R_{wd}$	$km$	7,440 <sup>(3)</sup>		7,378 <sup>(11)</sup>
$M_{2nd}$	$M_{\odot}$	0.3 <sup>(2)</sup>		0.21 <sup>(11)</sup>
$i$	$deg$	10±3 <sup>(4,5,6)</sup>	12-40 <sup>(13,14)</sup>	28±10 <sup>(10)</sup>
$P$	$hr$	3.19 <sup>(5)</sup>	3.69 <sup>(9,17,18)</sup>	2.76 <sup>(8)</sup>
$d$	$pc$	505 ± 30 <sup>(1,2)</sup>	830±160 <sup>(13)</sup>	330 <sup>(10)</sup> -360 <sup>(11)</sup>
$T_{wd}$	$K$	44,000 ± 3000 <sup>(1,2)</sup>		45,000 <sup>(11)</sup>
$\dot{M}_{high}$	$M_{\odot}/yr$	$3 \times 10^{-9}$ <sup>(1,6)</sup>	$\geq 3 \times 10^{-9}$ <sup>(18)</sup>	$\sim 1.3 \times 10^{-8}$ <sup>(11)</sup>
$V$	min-max	17.7-12.1	14.3-12.5	12.9-12.5
$L_{disk}$	$erg\ s^{-1}$	$\sim 2.7 \times 10^{34}$	$\geq 3 \times 10^{34}$	$\sim 1.2 \times 10^{35}$
$\Omega_*$	$\Omega_K$	$\sim 0.28$ <sup>(1)</sup>		

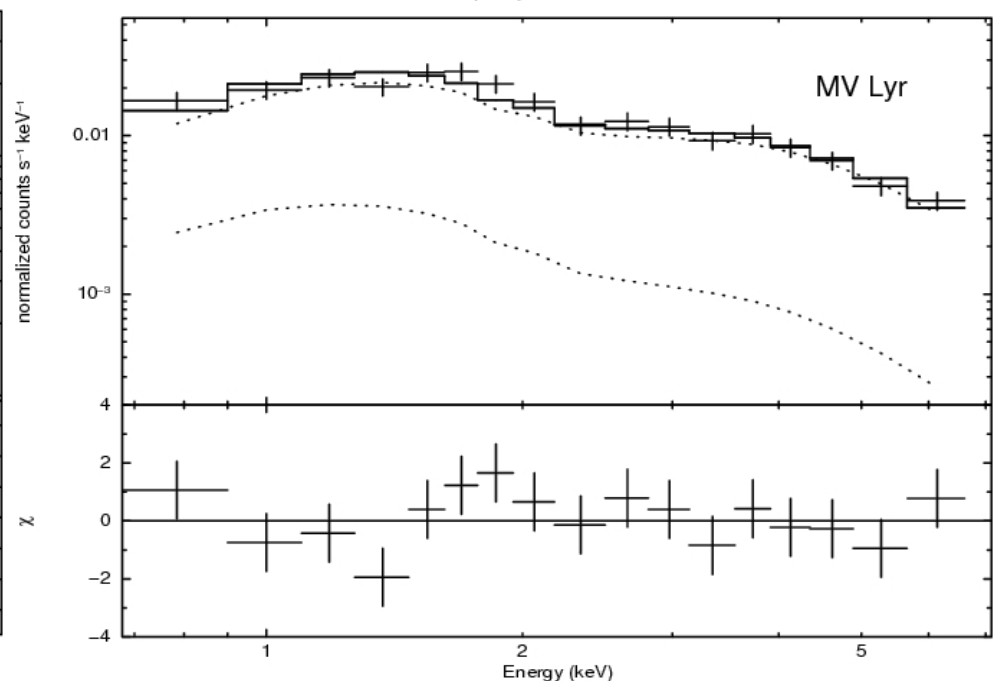
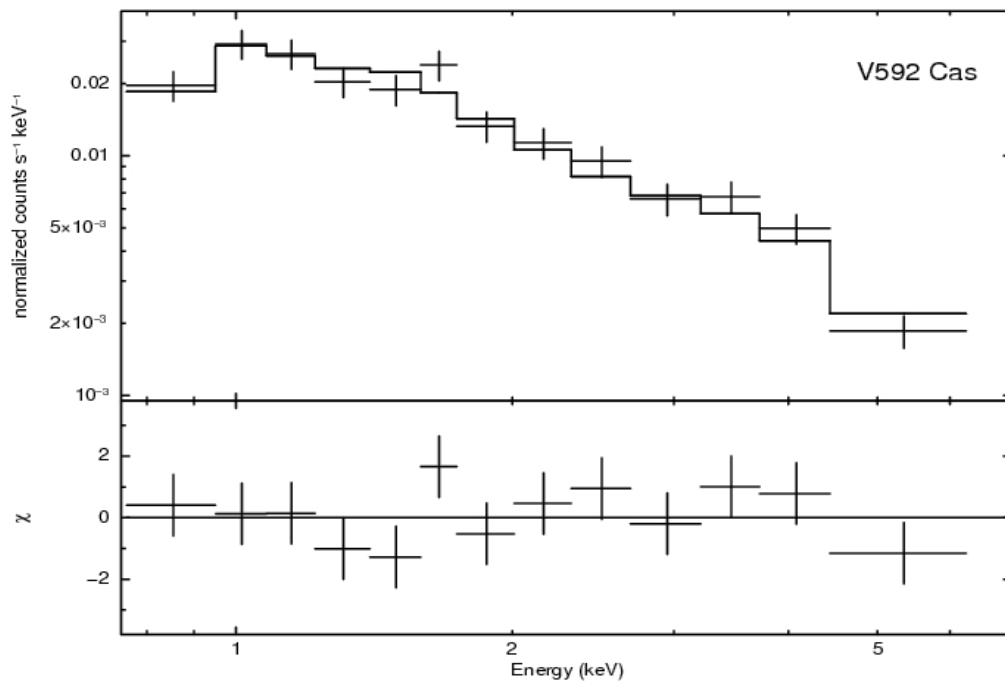
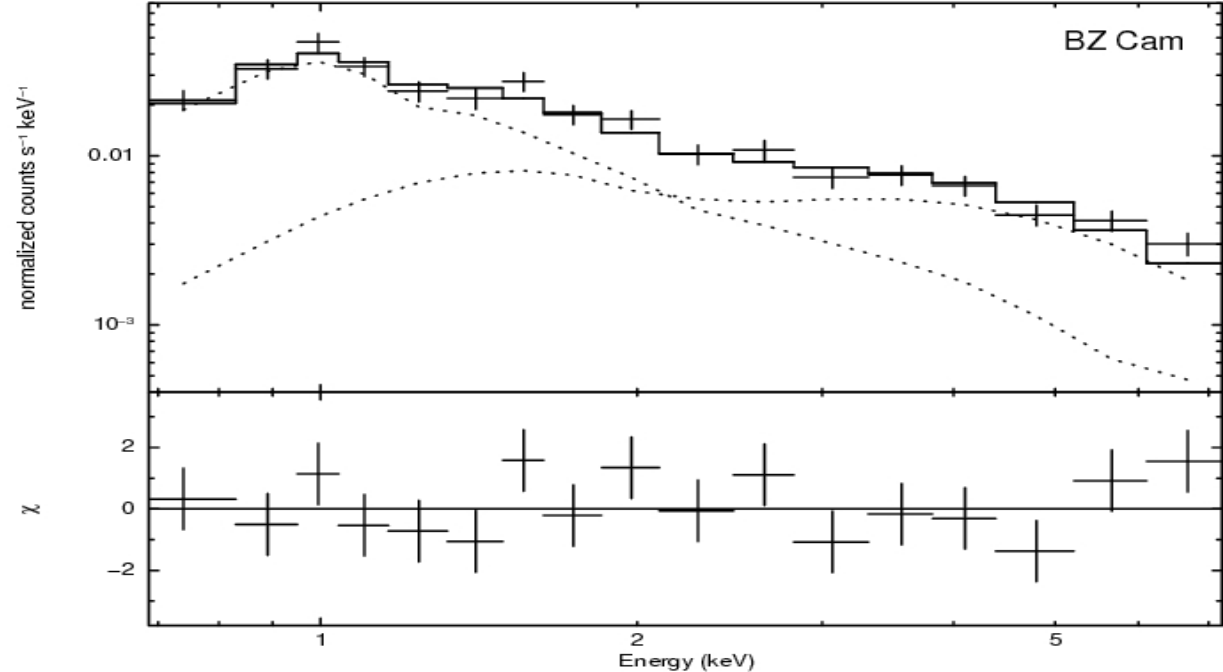
**References:** (1) Godon et al. (2012); (2) Hoard et al. (2004); (3) Wood (1995); (4) Schneider et al. (1981); (5) Skillman et al. (1995); (6) Linnell et al. (2005); (7) Bruch & Engel (1994); (8) Taylor et al. (1998); (9) Patterson et al. (1996); (10) Huber et al. (1998); (11) Hoard et al. (2009); (12) Cardelli et al. (1989); (13) Ringwald & Naylor (1998); (14) la Dous (1991); (16) Prinja et al. (2000); (17) Honeycutt et al. (2013); (18) Thorstensen et al. (1993); (19) Ballouz & Sion (2009).

# *Swift XRT Gözlemleri: MV Lyr, BZ Cam, V592 Cas*

PC Modu 15 ksn 3 adet gözlem  
UV grizmasıyla da gözlem yapıldı



# 0.3-8.0 keV Swift XRT X-ışını Spektrumları



# Swift Spectral ve Temporal Analiz Sonuçları

Model	Parameter	MV Lyr	BZ Cam	V592 Cas
CEVMKL	$N_H$ ( $10^{22}$ atoms $\text{cm}^{-2}$ )	$0.13^{+0.12}_{-0.06}$	$0.30^{+0.07}_{-0.07}$	$0.3^{+0.2}_{-0.2}$
	$\alpha$	$1.6^{+2.7}_{-0.4}$	$0.13^{+0.16}_{-0.06}$	$0.6^{+0.7}_{-0.3}$
	$T_{max}$ (keV)	$>21^\dagger$	$33.0^{+16.0}_{-14.0}$	$35.5^{+19.7}_{-10.9}$
	$K_{CEVMKL}$	$9.2^{+7.0}_{-4.8} \times 10^{-4}$	$6.7^{+2.8}_{-1.0} \times 10^{-4}$	$2.3^{+1.1}_{-1.0} \times 10^{-3}$
Power law	PhoIndex <sub>powerlaw</sub>	$0.82^{+0.07}_{-0.07}$	$0.40^{+0.1}_{-0.3}$	$< 1.0$
	$K_{powerlaw}$	$2.4^{+1.3}_{-0.20} \times 10^{-4}$	$8.8^{+1.3}_{-4.4} \times 10^{-5}$	$< 7.0 \times 10^{-5}$
	$\chi^2_\nu(\nu)$	1.17 (11)	1.22 (10)	1.17 (9)
	Flux ( $10^{-12}$ erg $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	5.4	5.8	3.4
	Luminosity ( $10^{32}$ erg $\text{s}^{-1}$ )	1.7	4.6	0.5
	Flux <sub>cevmkl</sub> ( $10^{-12}$ erg $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	0.66	2.3	3.4
	L <sub>cevmkl</sub> ( $10^{32}$ erg $\text{s}^{-1}$ )	0.2	1.9	0.5
	Flux <sub>powerlaw</sub> ( $10^{-12}$ erg $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	4.8	2.9	$< 1.3$
	L <sub>powerlaw</sub> ( $10^{32}$ erg $\text{s}^{-1}$ )	1.5	2.4	$< 0.2$

**Notes.**  $N_H$  is the absorbing column,  $\alpha$  is the index of the power-law emissivity function ( $dEM = (T/T_{max})^{\alpha-1} dT/T_{max}$ ),  $T_{max}$  is the maximum temperature for the CEVMKL

# *Sıcaklık, Öz-ışınım verimliliği ve ADAF-benzer Özellikler*

- X-ışını gözlemleri NG lerin SK sıcaklıkları, Öz-ışınması, madde aktarım oranı ve aktarım geometrisini çalışmak için önemli. Anlamlı bir SK ve disk modeli ancak X-ışını ve UV gözlemlerini kullanarak beklenebilir.
- X-ışını tayfları (0.3-8.0 keV arasında *Swift* XRT bandında) çoklu-sıcaklık plasma emisyonu ile modellenenmektedir. Sıcaklık dağılımı güç kanununa dayalıdır. Karakteristik yüksek sıcaklıklar 21-50 keV. Bu sıcaklıklar KD disklerindeki viryal sıcaklıklara benzemektedir (10-45 keV).
- Çoklu-sıcaklık eş-basınçlı soğuyan akışkan (multi-temperature isobaric cooling flow) modellerinin sıcaklık güç kanunu indeksi 1.0 den farklılaşmaktadır.
- $L_x/L_{\text{disk}} \sim 0.01-0.001$ -- Emisyon verimsizliği (0.1-50 keV) – ADAF-benzeri akışkanlar (RIAF)-- ADAF geometrisi
- Karacisim ışıması yok. *ROSAT* sıcaklık limitleri  $kT_{\text{bb}} < 7\text{eV}$

# *Sonuçlar ve Beklentiler*

- NG Sınır Katmanları  $\rightarrow$  Beyaz cüce yakınında optik-ince sert X-ışını yayan ADAF-benzeri akışkanlarla bütünleşmiş bölgeler yada iç diskte X-ışını Koronal bölgeleri
- Güç kanunu ışınması BZ Cam, MV Lyr (thermal Comptonizasyon ???)
- Beyaz Cüce sıcaklıkları NG lerde  $\sim 50$  kK (Polarlarda  $\sim 16$  kK)  $\epsilon_{adv} \sim 0.01$
- Positif Bernoulli parametresi-- hizalanmış dış-akışlar (collimated outflows) bu rüzgarı oluşturmaya giden enerji  $\epsilon_{wind} \sim 0.01-0.1$
- Yeni Yüksek çözünürlüklü ve/veya Geniş-band yüksek enerji X-ışın tayfları ve ışık eğrilerinin analizleri gerekli
- NG lerde artık IR ve Radyo ışınması
- KD disklerinde standard olmayan ADAF-benzer ışınmasız akışkanların olduğu SK+disk modelleri..... KD  $\blacktriangleright$  XRB AGN