

# TOC - Kritický řetězec

Skorkovský  
KPH-ESF-MU



# TOC v kostce I

- původ : E.M.Goldratt, Jeruzalém
- nákladový svět versus průtokový svět
- analogie váha řetězu – pevnost řetězu
- jak najít kritické místo (omezení) ?
- nástroje TOC – stromové struktury
- CRT – EC – TT – PT – FRT (zapeklité zkratky viz dále)
- Current Reality Tree - Evaporating Cloud Tree – Transition Tree -  
- Prequisite Tree – Future Reality Tree



# TOC v kostce II

- kritickým místem neboli omezením při řízení projektů je kritická cesta (VIZ VYSVĚTLENÍ POZDĚJI)
- zjištění kritického místa není jednoduché a výsledky nemusí být jednoznačné
- všichni o TOC ví a přitom málokdo ví jak se tato teorie uvádí do praxe – což opět omezení (Achillova šlacha od paty až k zátylku)

•



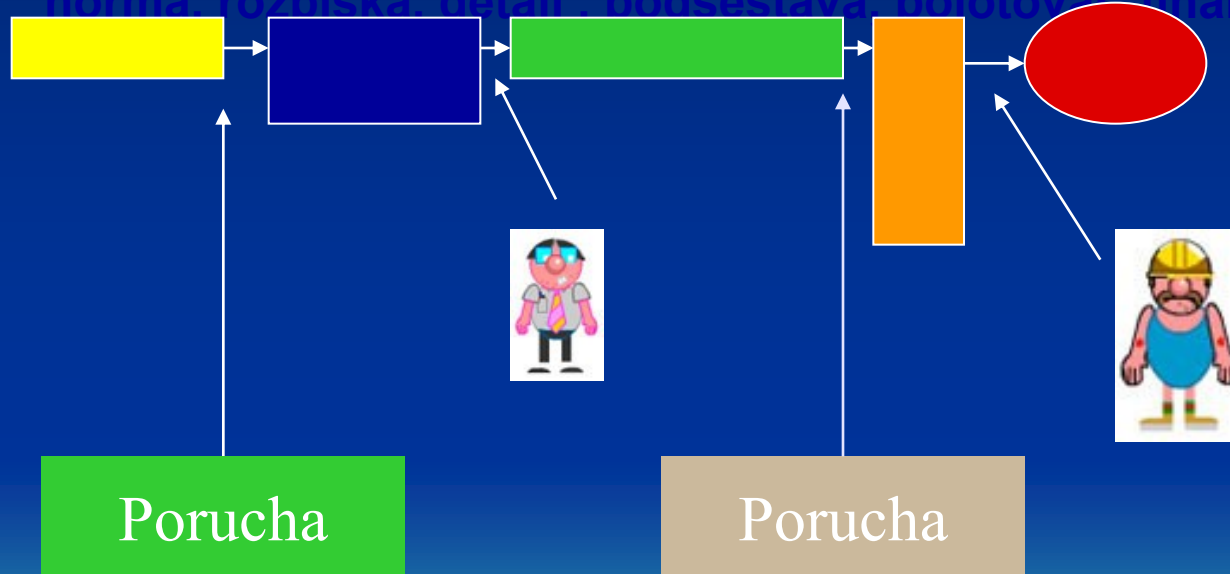
# Princip pěti kroků TOC- shrnutí

1. Identifikace omezení
2. Maximální využití daného omezení
3. Podřízení všeho v systému tomuto omezení
4. Odstranění omezení
5. Jestliže bylo omezení odstraněno, cyklus se opakuje návratem k zásadě uvedené v 1.kroku

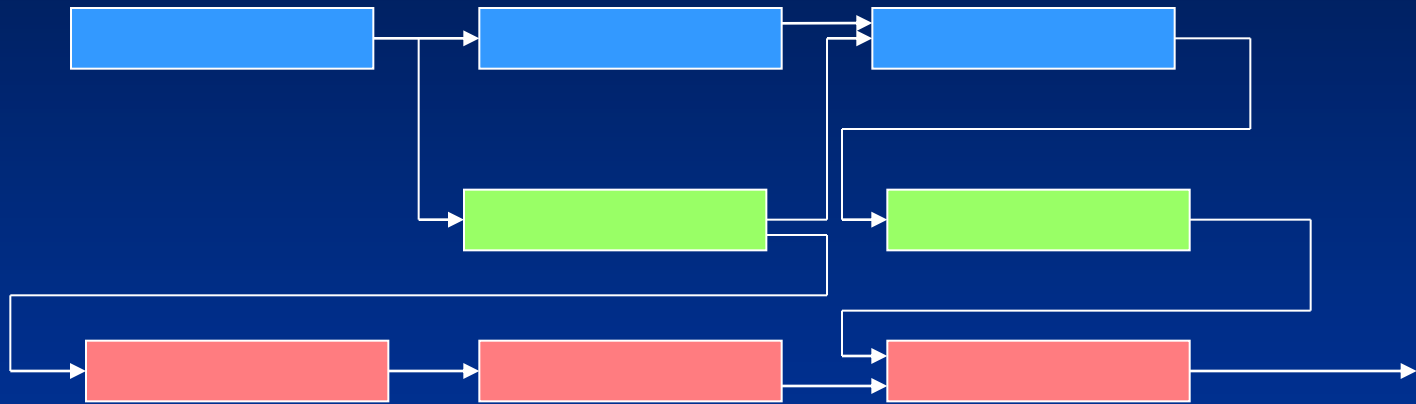


# Lineární představa projektu

- aktivity – úsečky – Ganttův graf
- neustále se měnící podmínky (Parkinson, Murphy, studentský syndrom, zákaznické „vrtochy“, ... .. )  
norma, rozpis, detail, podsestava, polotovar, finál, ....



# Paralelní představa projektu



# PlannerOne Scheduler

The screenshot displays the PlannerOne Scheduler interface within a Windows browser window. The main view is a Gantt chart for the production of 'Touring Bicycle' (WO 10108410000). The chart shows a sequence of tasks across several departments, including Final assembly, Wheel assembly, Packing department, and Machine department. The tasks are color-coded and include start and end times. A left-hand navigation pane lists various departments and functions, with 'Manufacturing' selected. The top of the interface includes a menu bar and a search bar.

Kód skupiny	Kód zdroje	Název zdroje	Typ zdroje
100	130	Linda Mitchel	
200	210	Packing table 1	
200	220	Packing table 2	
200	230	Packing Machine	
300	310	Painting Cabin	
300	320	Painting Robot	
300	330	Drying Cabin	
300	340	Painting inspection	
400	410	Drilling machine	
400	420	CNC machine	
400	430	Machine deburr	
400	440	Machine inspection	
700	700	Uncoiler_Recoller	

# PlannerOne Resource Planner

View - PlannerOne Resource Planner - Microsoft Dynamics NAV

CRONUS International Ltd. ▶ Departments ▶ Resource Planning ▶ PlannerOne ▶ PlannerOne Resource Planner

Search (Ctrl+F3)

Departments

- Financial Management
- Sales & Marketing
- Purchase
- Warehouse
- Manufacturing
- Jobs
- Resource Planning
- Service
- Human Resources
- Administration

Plánování | Zobrazit | Akce | Filtr

Dnes | Předchozí období | Počátek plánování | Vybrat datum | Následující období | Konec plánování | Přejít na

Týden | Den | Měsíc | Pokročilé | Časové měřítko | Skrytí nepracovní doby | Zvětšit aktivity

Aktivita barvy | Výška řádku | Štítky aktivit | Popisky aktivit | Uživatelské úpravy

Zvětšení | Zmenšení | Zrušit | Zoom

Automatické obnovení | Obnovení | Obnovit výchozí | Zobrazit

Resource Gantt chart | Job Gantt chart | Load Chart | Resource Sequence | Calendar view | Job planner

SO000013 Service Order for Planner...  
SO000013 Service Order for Planner...

SO000015 Servis order for our priority... +

Přehled

- Oblíbené (4)
- Plánováno v poslední době
- Pouze částečně naplánováno (12)
- Plně naplánováno (11)
- Překročení rozpočtu (7)
- Dokončeno (2)

★ Oblíbené (4)

Task Name	Company	Days	Progress	Completion
LONDON, 10 WP Setting up 10 Wc	Deerfield Graphics Company	114 dny	100 %	Dokončeno: 0 %
SERVICE ORDER 1 Service Order 1	The Cannon Group PLC	137 dny	100 %	Dokončeno: 66,67 %
SO000013 Service Order for Plann	The Cannon Group PLC	před 63 dny	100 %	Dokončeno: 51,22 %
SO000015 Servis order for our pric	The Cannon Group PLC	před 63 dny	100 %	Dokončeno: 0 %



# Projekt a jeho rozpočet

- cena projektu – rozpočet (náklady projektu)
- délka projektu – (milníky)
- délka jednotlivých aktivit
- zdroje přidělené na aktivity, jejich kapacity a přiřazené náklady a výnosy
- časové rezervy a jejich odhad (Buffers)
- nepříznivé vlivy (viz Murphyho zákony - <http://murphy.euweb.cz>, atd.)



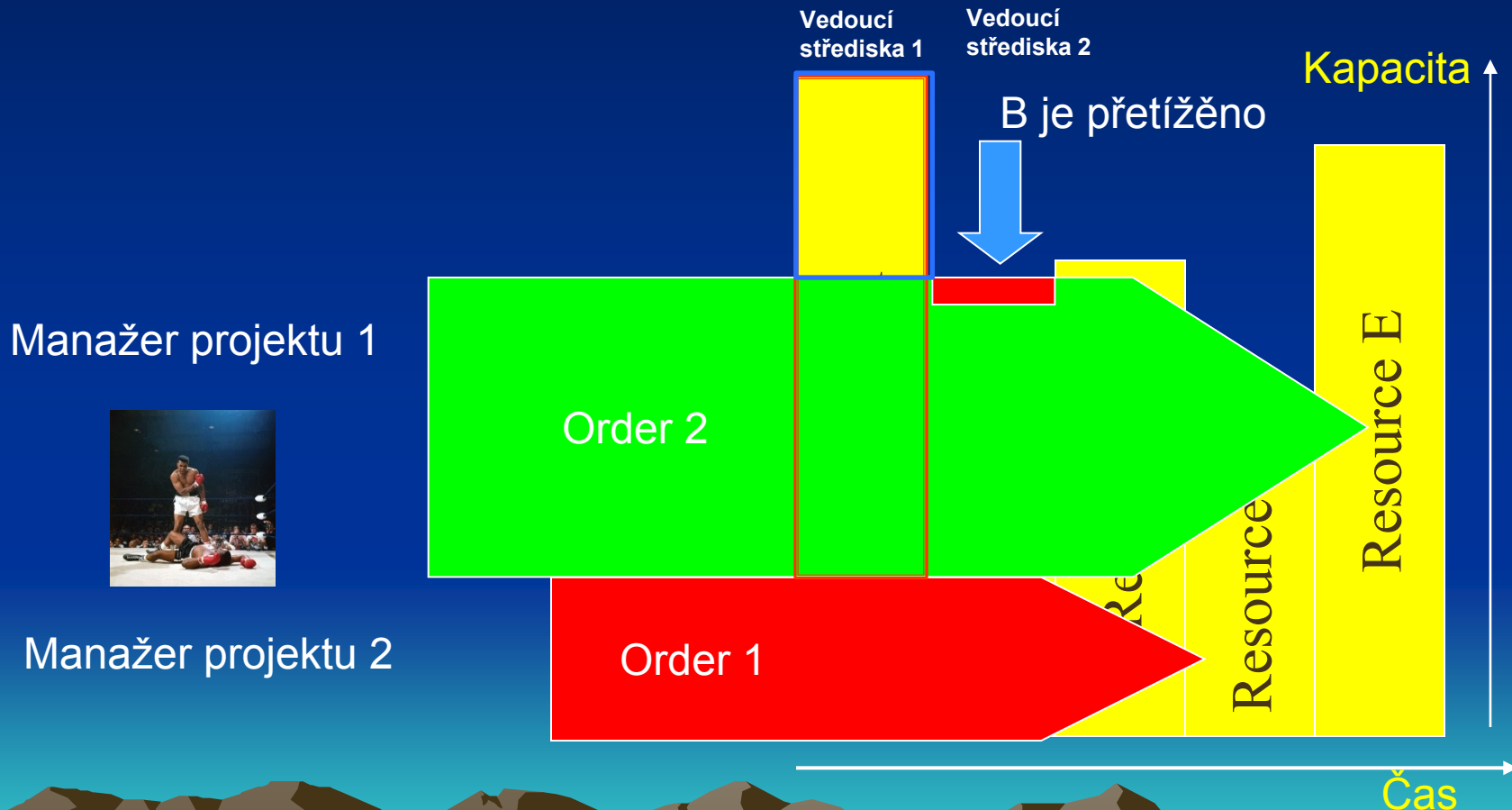
# Vybrané Murphyho zákony

- Plánovač je uvědomen o nezbytnosti modifikace plánu přesně ve chvíli, kdy je plán hotov (vzpomněli jsme si právě včas)
- Každý úkol, který by se měl splnit, se měl splnit už včera
- Na vykonání  $n+1$  prkotin se spotřebuje dvojnásobné množství času, než na vykonání  $n$  prkotin- zákon 99 %.



# Zdoje a zakázky

Maticová struktura multi-projektového prostředí- odpovědnost projektových manažerů není v souladu s jejich pravomocemi. Vládu nad kapacitami zdrojů mají vedoucí oddělení



# Doba dílčí aktivity projektu (zdroj-MPM)

## Variabilita reálné doby trvání činnosti

**Pravděpodobnost – medián** prvek statistického souboru, který se po jeho seřazení vyskytuje uprostřed; prostřední hodnota uspořádané řady hodnot. Medián množiny (1,5,2,2,1) je 2

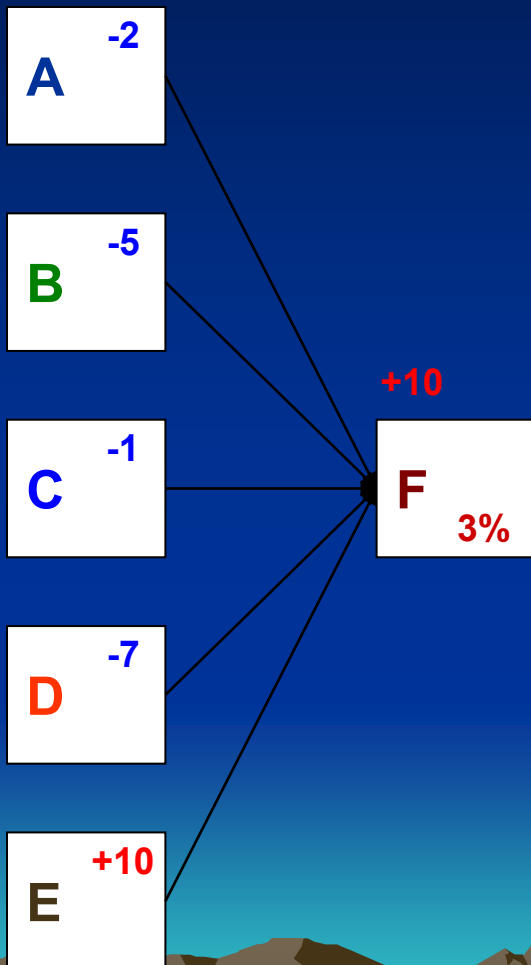


*Máte za sebou 100 „5-ti“ minutových schůzek s kolegou. Kolikrát schůzka trvala 5 minut?*

**Kolega vás požádal o rychlou schůzku: „Určitě to nezabere více než 5 minut!“.**

***Jak dlouho tato schůzka průměrně trvá?***

# Projektové prostředí je složité protože projekty obsahují integrační vazby.



Pravděpodobnost ukončení úkolů A až E včas je 50%. ( $50 * 50 * \dots * 50 = 3,125\%$ )

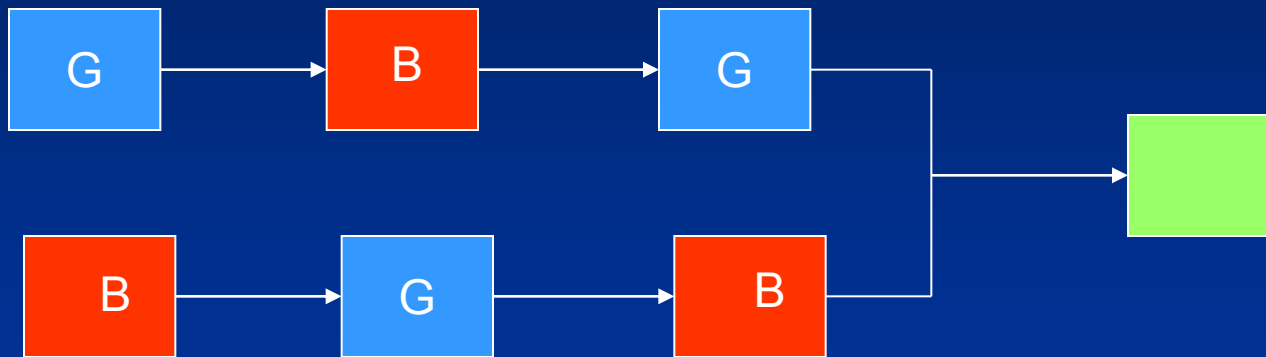
Jaká je pravděpodobnost, že úkol F začne včas?

Jak se projeví včasnost dokončení na integračním bodě?

a) úspory se promrhají

b) zdržení v jednom kroku se okamžitě přenesou na další krok

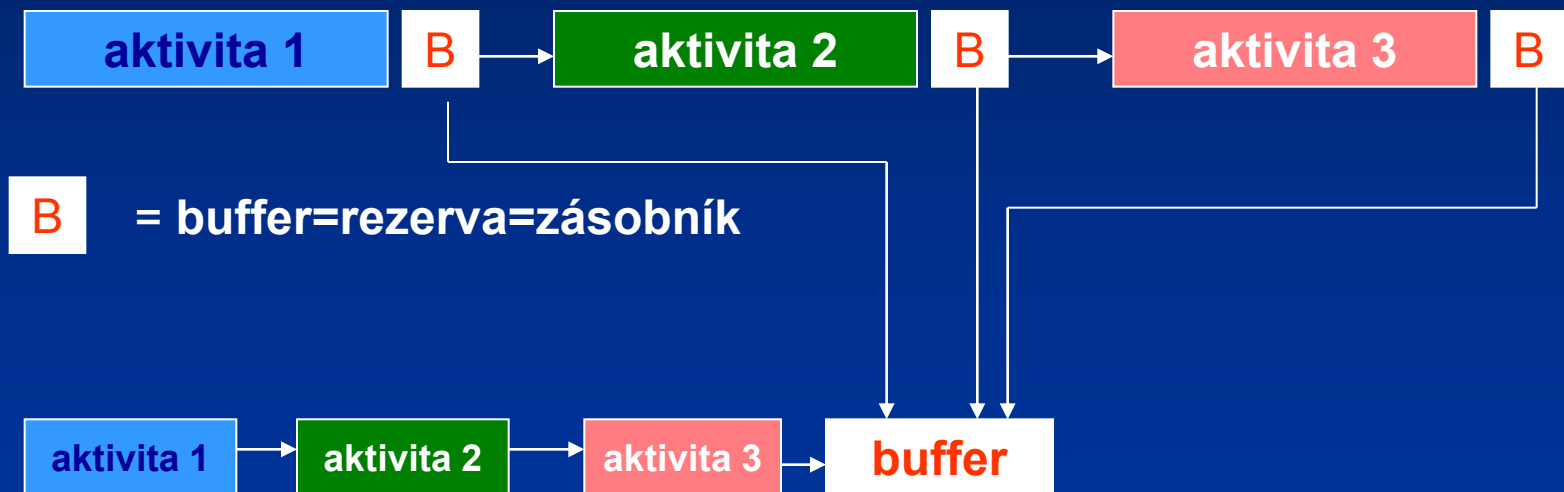
# Projektové prostředí – zdrojové závislosti



Aby byla zahájena v horní větvi činnost B, musí se napřed skončit G a taky B v dolní větvi. Pravděpodobnost, že B začne včas je ještě o cca 50 % horší než na předchozím snímku.

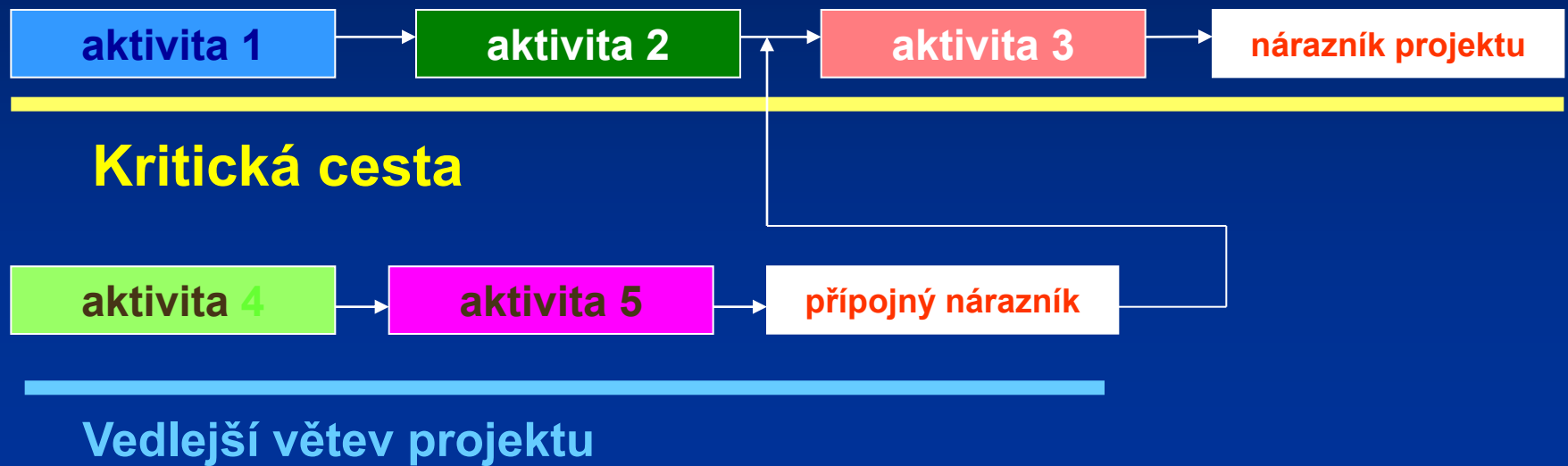
# Ochrana projektu před poruchami

Standardní odhad s ochrannými zásobníky na jednotlivé aktivity



Aktivity se zkrátí o 50 % a **buffer** kritické cesty na konci projektu bude 50 % z původního ušetřeného času v důsledku zkrácení dílčích aktivit

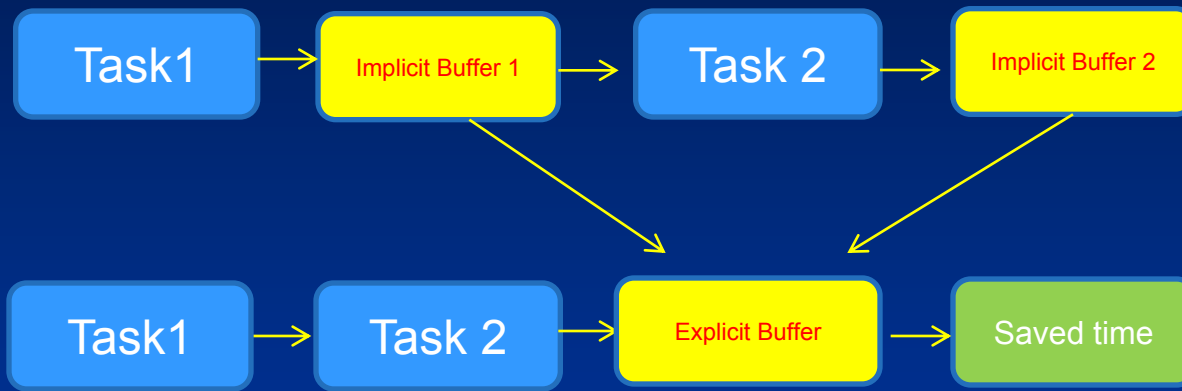
# Kritická cesta, vedlejší větve projektu a přípojný nárazníky (PN)



Zásobník-buffer slouží jako pojistka pro kumulaci důsledků očekávaných skluzů



# Simplified scenario CPM and CCPM



CPM

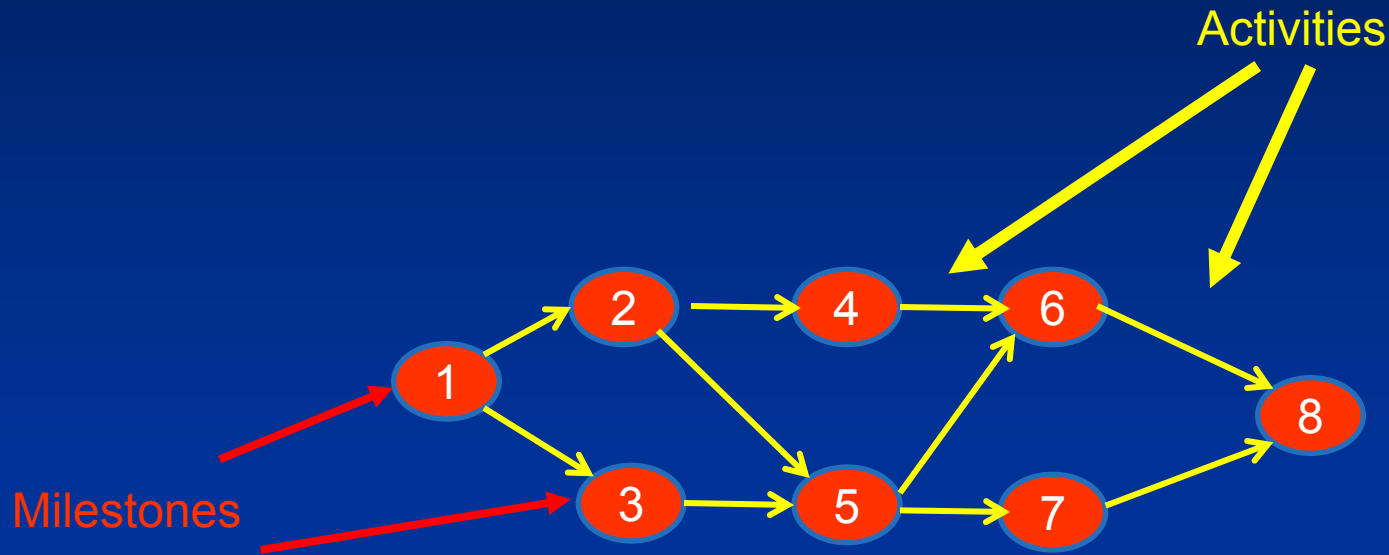
CCPM

# Definice kritické cesty

- Kritická cesta je ta cesta od začátku do konce projektu, kdy jakékoliv prodloužení některé z aktivit na této cestě prodlouží trvání celého projektu. Kritická cesta reprezentuje technologické návaznosti a stanovenou dobu trvání aktivit na této cestě, včetně podmínek splnění předcházejících aktivit v rámci tzv. bodů sloučení (viz zdrojové závislosti)

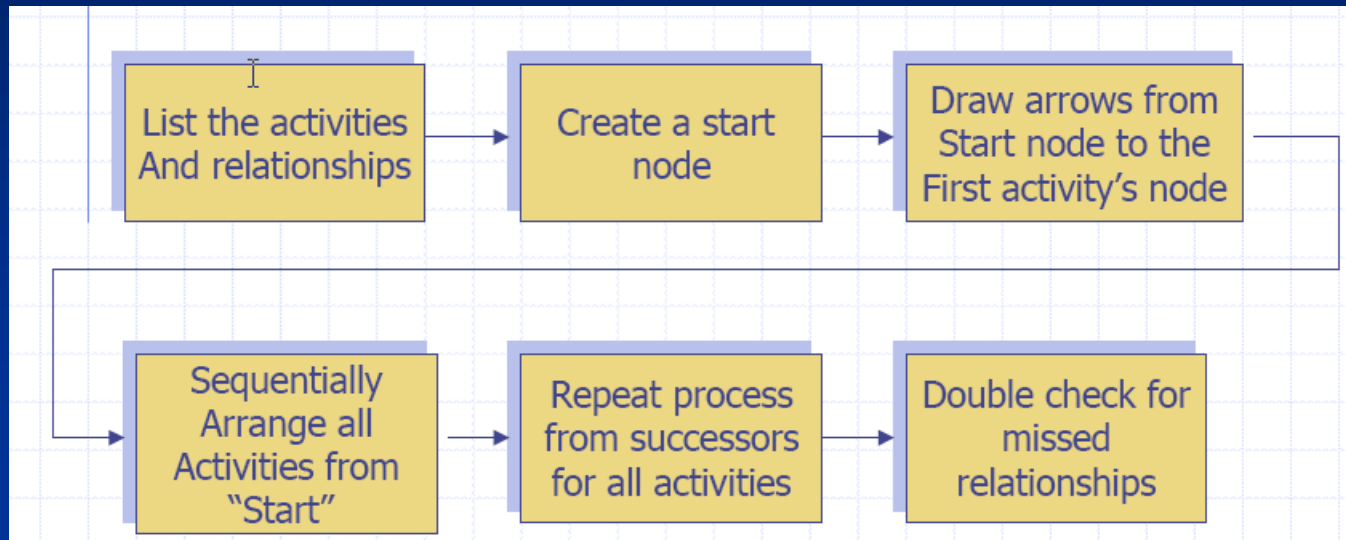
# Critical Path (CPM)

Relations between nodes represent Activities of the project.  
Milestones represent time (start and end times)



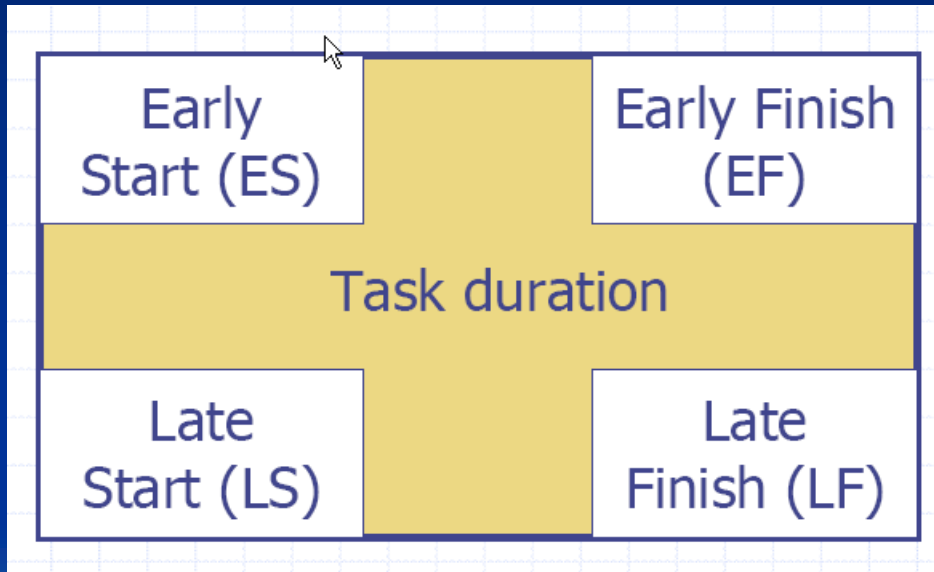
# Critical Path (CPM)

## Building a diagram 1



# Critical Path (CPM)

Building a diagram 2



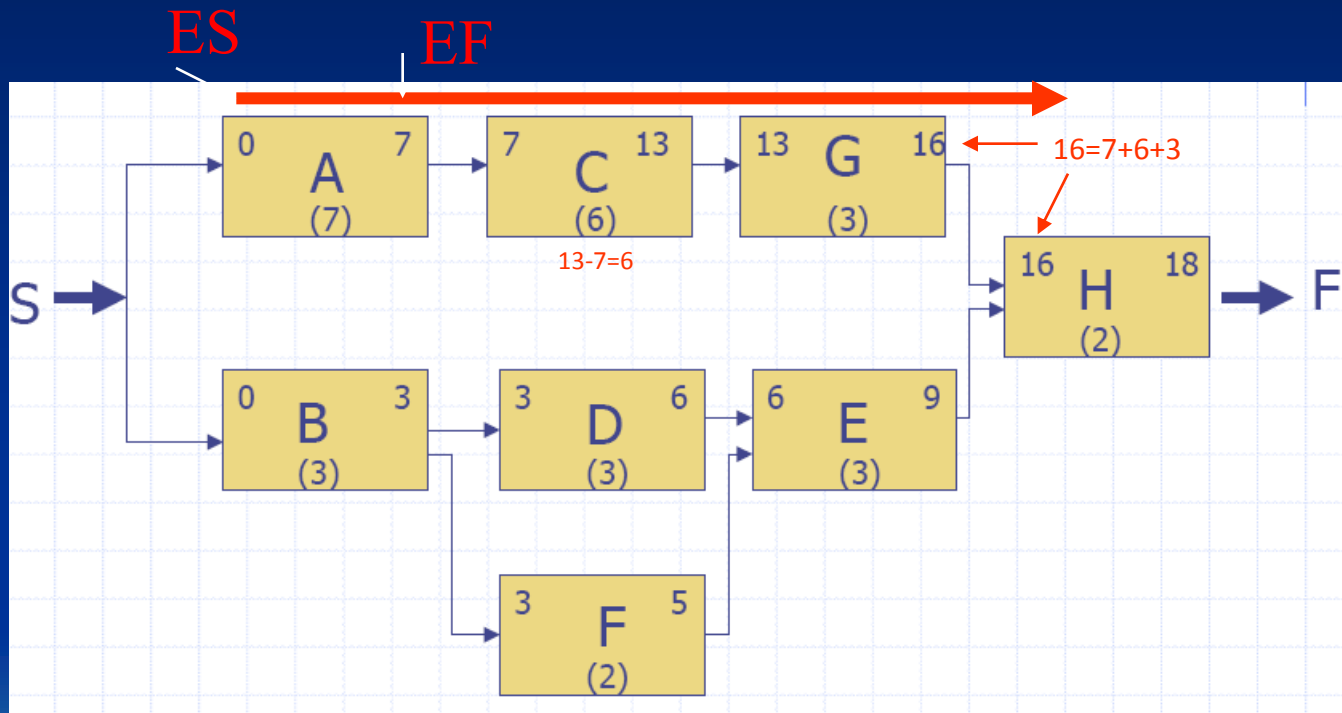
# Critical Path (CPM)

Building a diagram 3

<i>Task ID</i>	<i>Duration</i>	<i>Dependency</i>
A	7	
B	3	
C	6	A
D	3	B
E	3	D,F
F	2	B
G	3	C
H	2	E,G

# Critical Path (CPM)

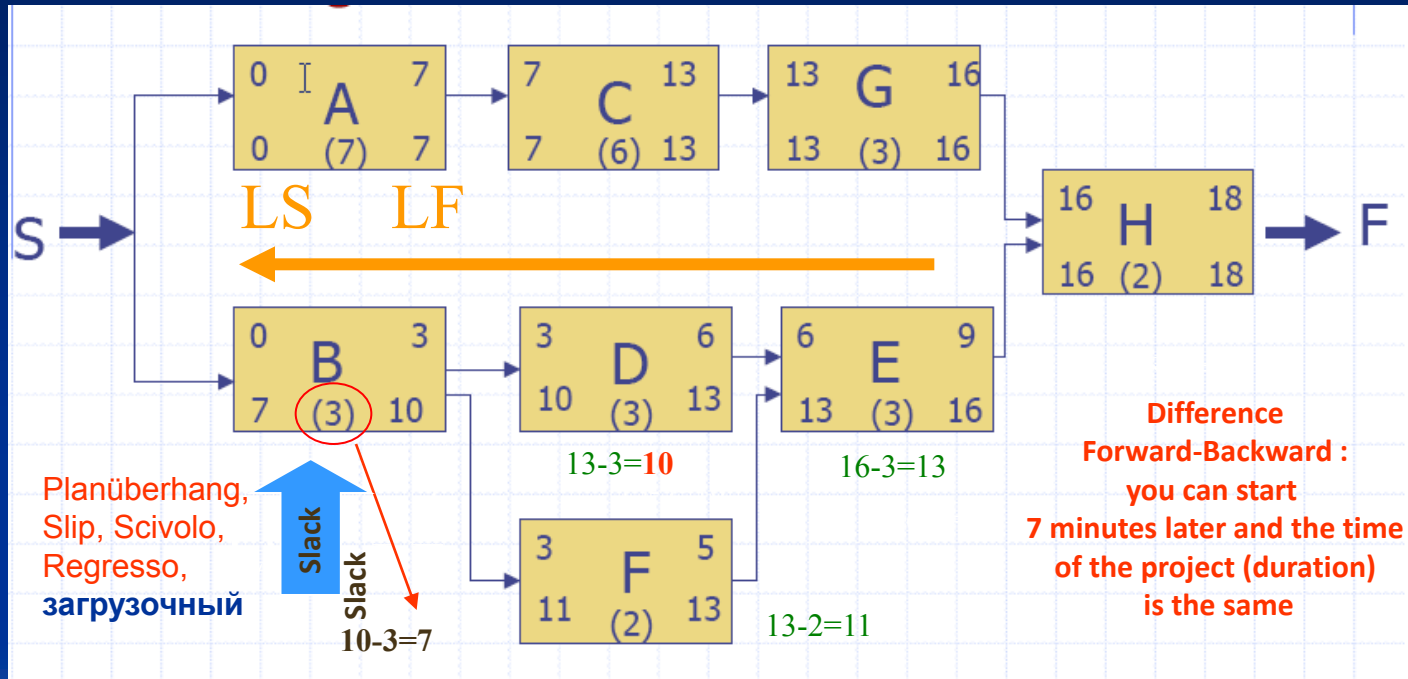
Building a diagram 4 – calculating the **FORWARD PASS**



Early Starts and Early finishes dates are calculated by means of **Forward Pass**

# Critical Path (CP)

Building a diagram 5 – calculating the **BACKWARD PASS**

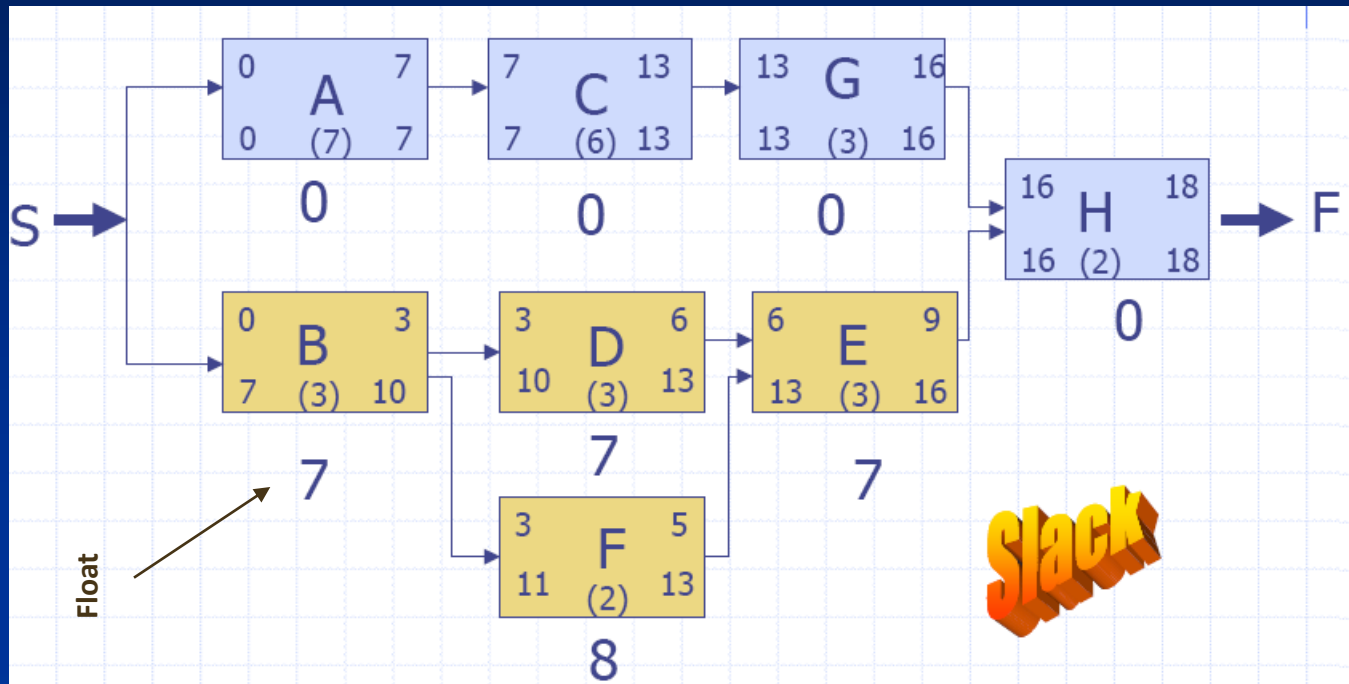


Late Starts and Late Finishes dates are calculated by means of Backward Pass



# Critical Path (CPM)

Building a diagram 6 – calculating the **FLOAT** on CPM



**Free Float:** Amount of time a single task **can be delayed** **without** delaying the early start of any successor task =  $LS - ES$  or  $LF - EF$   
 $B(7) = 10 - 3, D(7) = 13 - 6, F(8) = 13 - 5, E(7) = 16 - 9 \dots$  (Float = časová rezerva)

# Critical Path (CPM)

CPM is helpful in :

- Project Planning and control.
- Time-cost trade-offs.
- Cost-benefit analysis.
- Reducing risk.



# Critical Path (CP)

## Limitation of CPM :

- Does not consider resource capacities.
- Less efficient use of buffer time.
- Less focus on non critical tasks that can cause risk.
- Based on only deterministic task duration.
- Critical Path can change during execution.





# Charakteristika multitaskingu

- lidé nadhodnocují délku svých aktivit
- obchodníci nabízejí nerealizovatelné termíny
- boj o rezervy vede k tomu, že se tyto rezervy následně promrhají (Studentský syndrom)
- rezervy jsou špatně využity
- špatně využívané rezervy se projeví v nedostatku jasných priorit
- nejasné priority vedou ke špatnému multitaskingu
- špatný multitasking prodlužuje doby trvání všech činností a tím i všech projektů

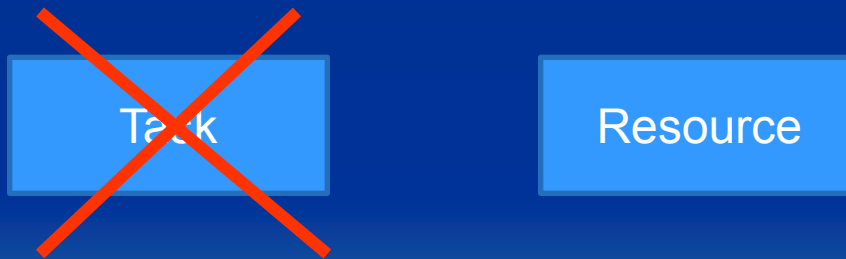
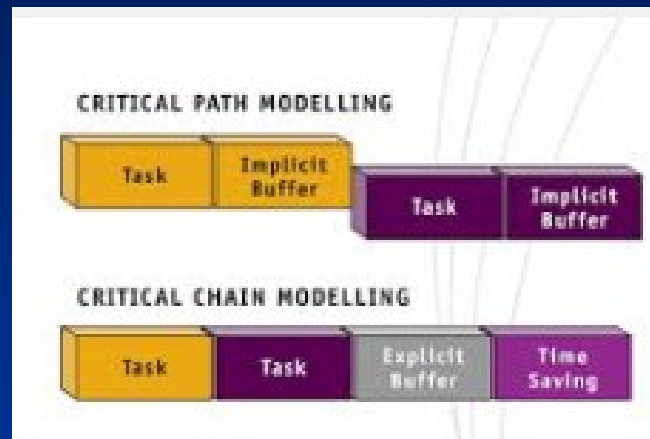


# Definice kritického řetězu

V teorii omezení jde o nejdelší cestu v síti projektu (v Ganttově grafu), která bere do úvahy jak technologické návaznosti a délku jednotlivých aktivit, tak i **kapacity zdrojů**. Pokud by neexistovala žádná omezení zdrojů, pak by byl kritický řetěz totožný s kritickou cestou

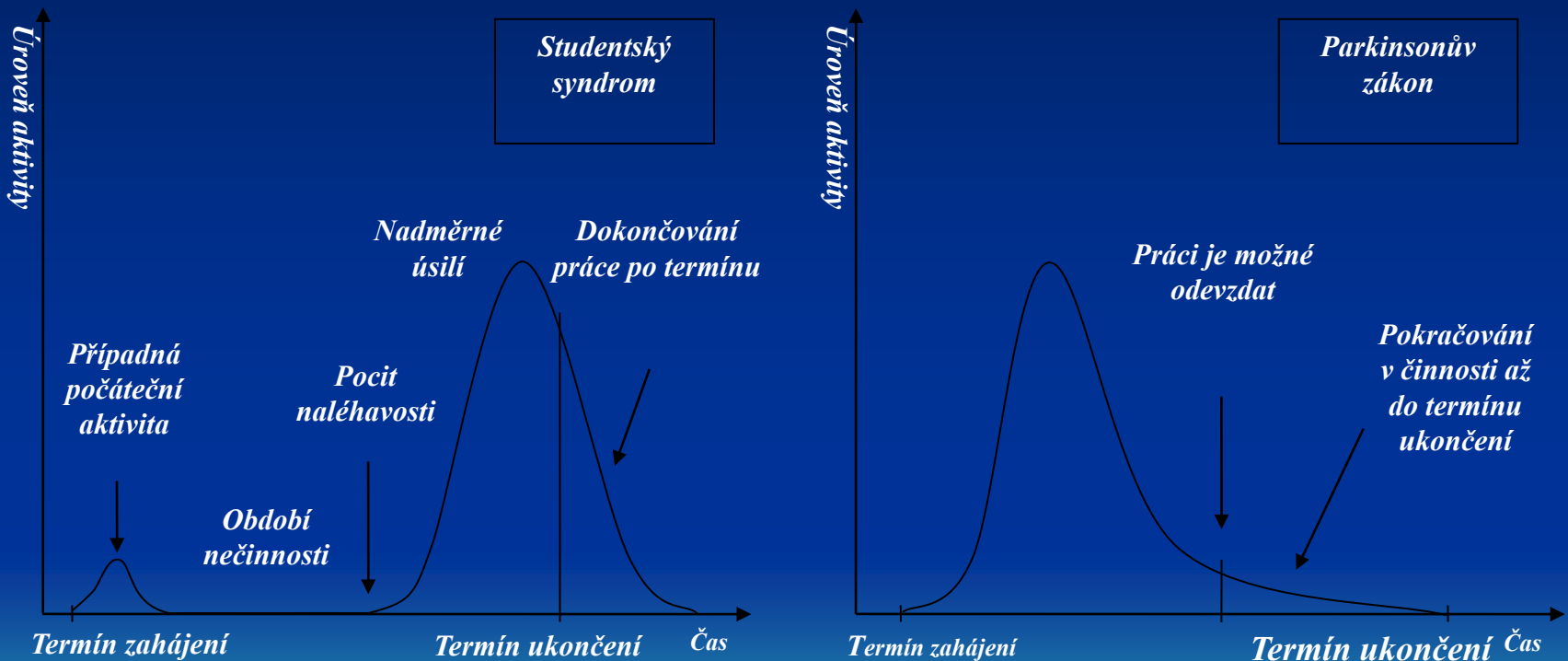


# Critical chain (CCPM)



Bylo už jednou prezentováno v jiné formě

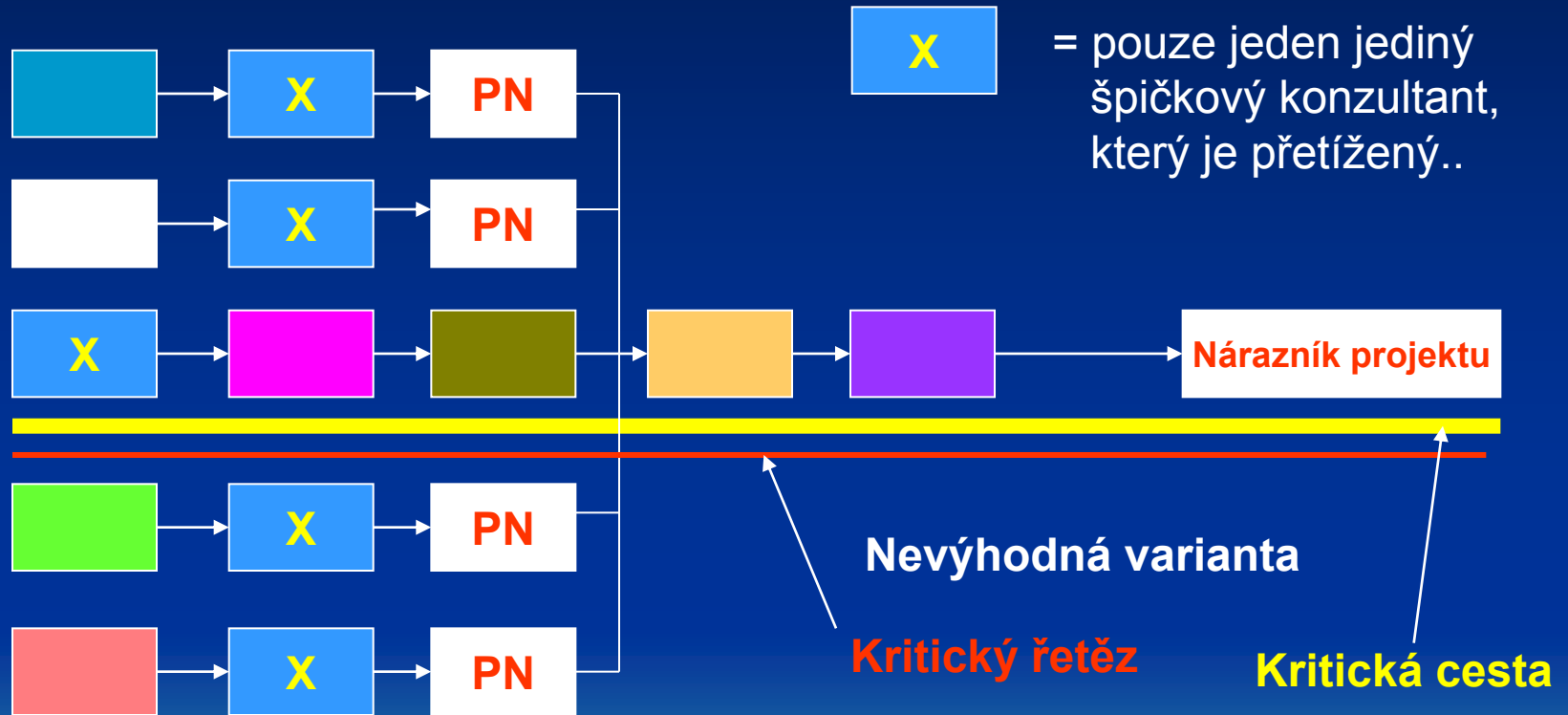
# CCPM –studentský syndrom-Parkinsonův zákon



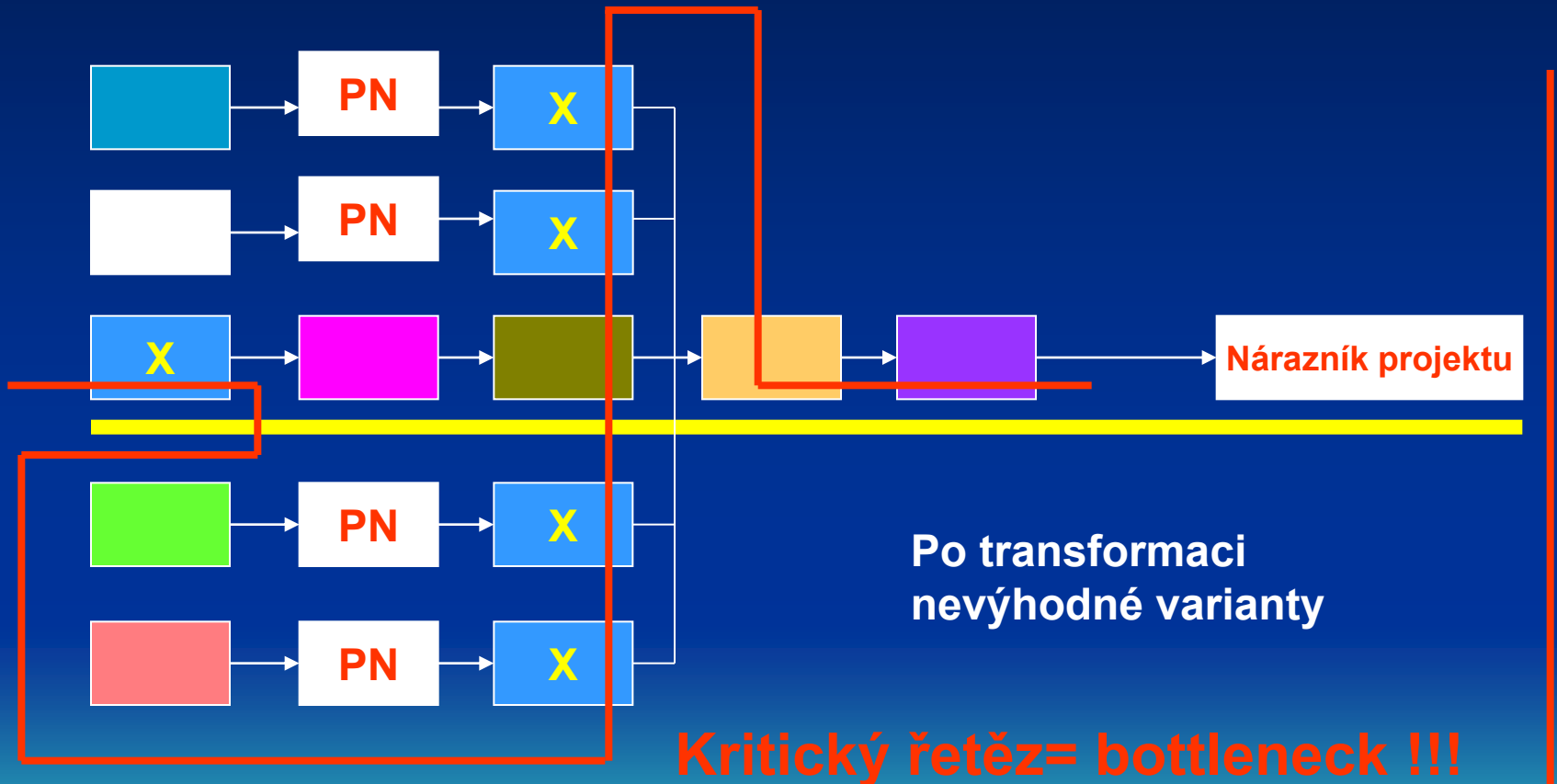
Zdroj: DP R.Jurka (2006), původně z CONSTRAINTS MANAGEMENT GROUP (2003), s. 7



# Multiprojektové řízení a kritické zdroje využívané ve více větvích



# Multiprojektové řízení a kritické zdroje využívané ve více větvích



# Řízení projektů na základě zbytkových časů v náraznících – **Buffer Management**

- Nárazník se používá jako včasné varování před budoucími problémy s termíny projektu a jako vodítko pro zaměření nápravných opatření



# Základní ukazatelé stavu projektu

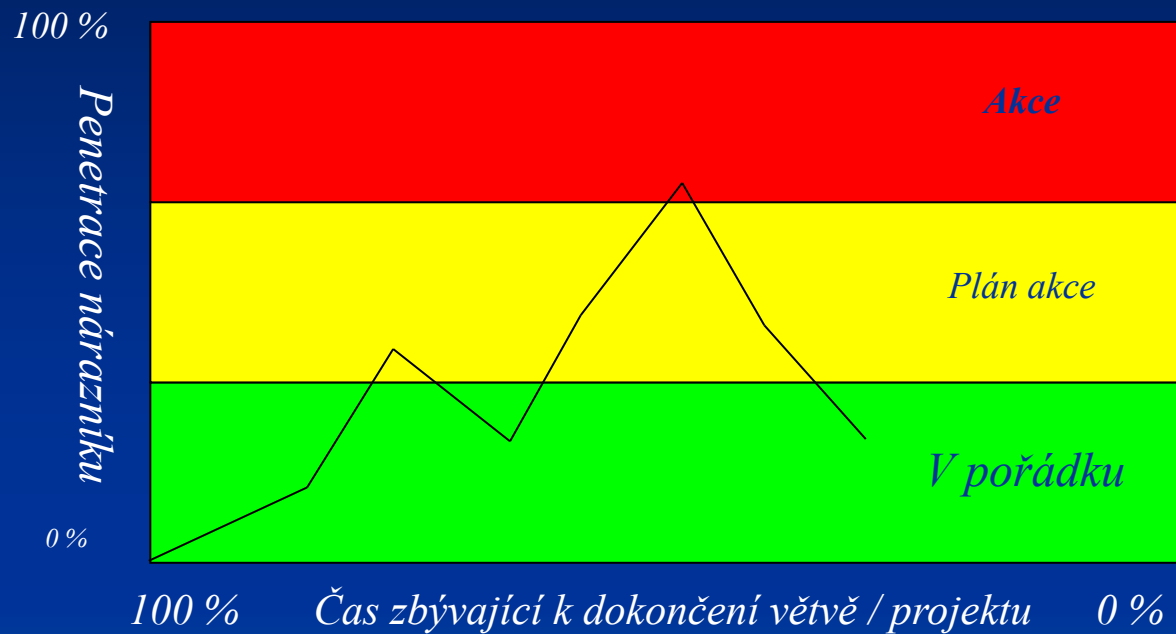
- Jaká část kritického řetězu je splněna ve dnech (v %)
- Kolik projektového nárazníku nás to stálo ?
- Jaký je trend vývoje projektu (graf čerpání nárazníku)
- Jakou jsme spotřebovali část finančního nárazníku
- Jaké jsou priority – čím vyšší penetrace zdroje do nárazníku, tím vyšší bude jeho priorita
- Vedlejší větve mají vždy nižší prioritu
- Nesmí dojít ke špatnému multitaskingu



# Trend vývoje projektu



# Trend vývoje projektu – jiný pohled

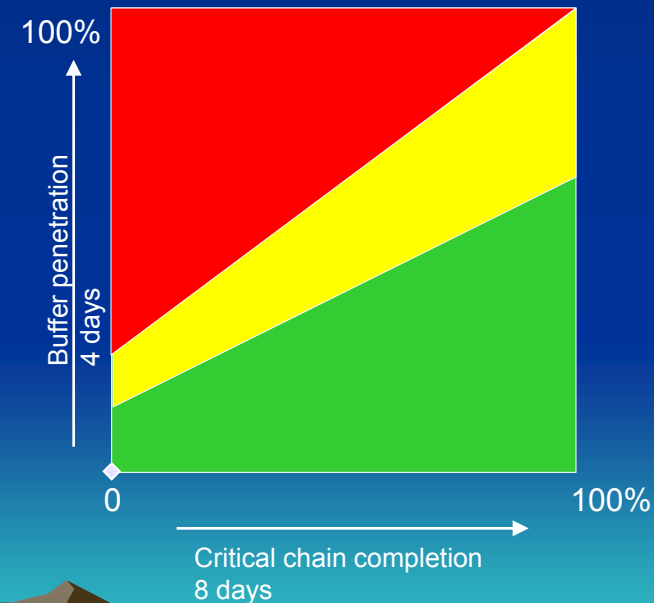
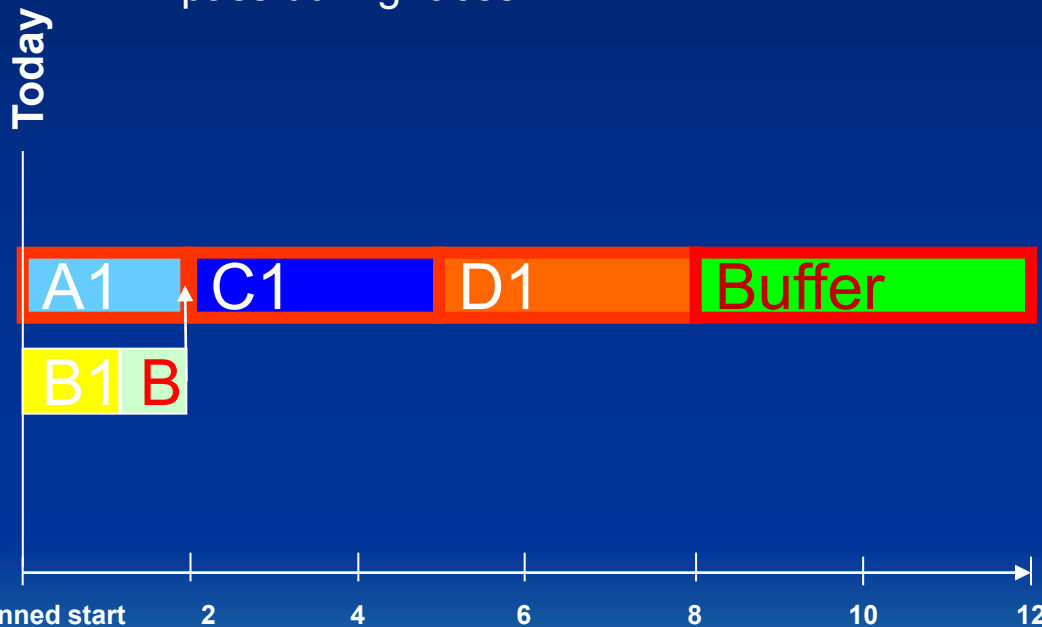


Zdroj: DP R.Jurka (2006); vychází z LEACH, L., P. (2004), s. 12.

# Planning - principles

We are working with plan , which takes into account different times of tasks :

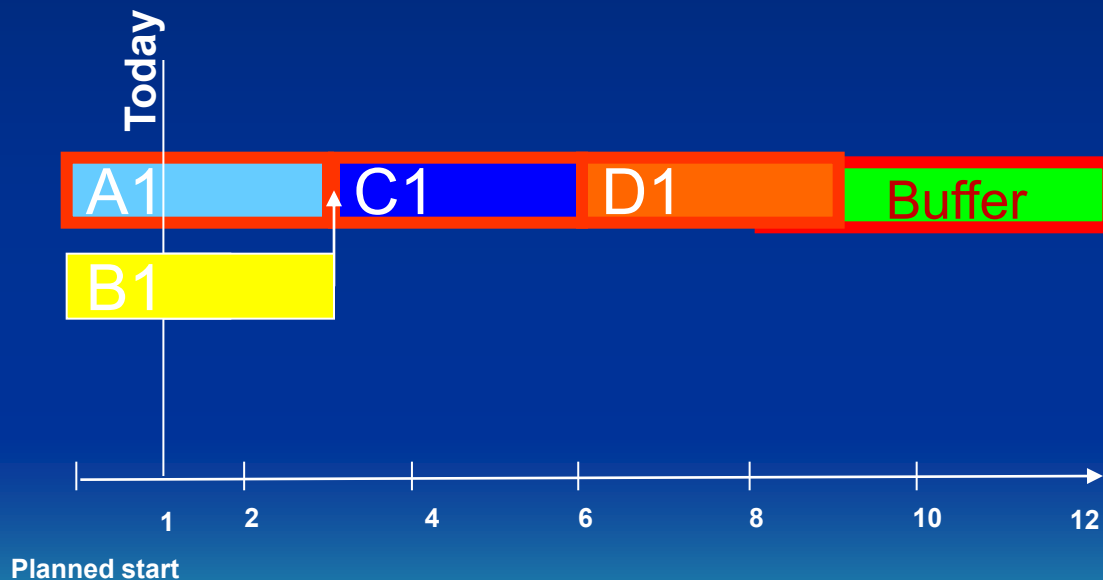
- start of the tasks are changed based on termination of preceding tasks
- you have to react in project in such a way , that handover is done as a baton pass during races



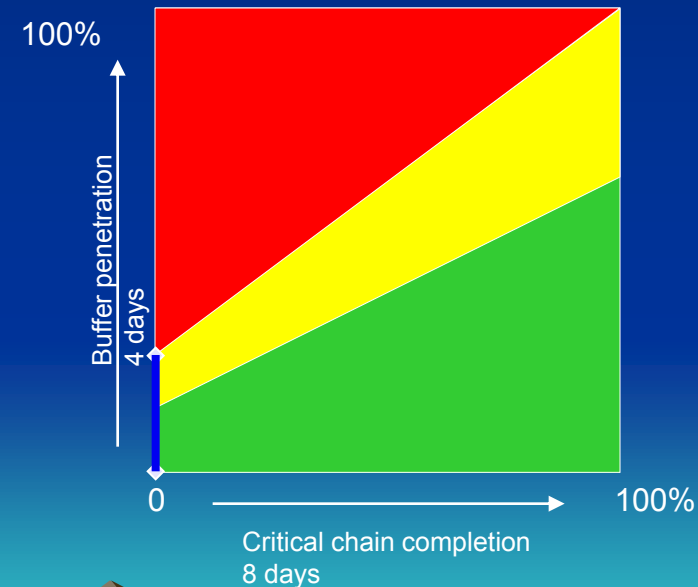
Plan with sharp deadlines with buffers 50% ( $2+3+3=8$   $8+4=12$ )

# Planning - principles

A1 did not start yet, because this A1 resource is still working on another order (task), which may be part of another project  
B1 already started and for completion will need another two days



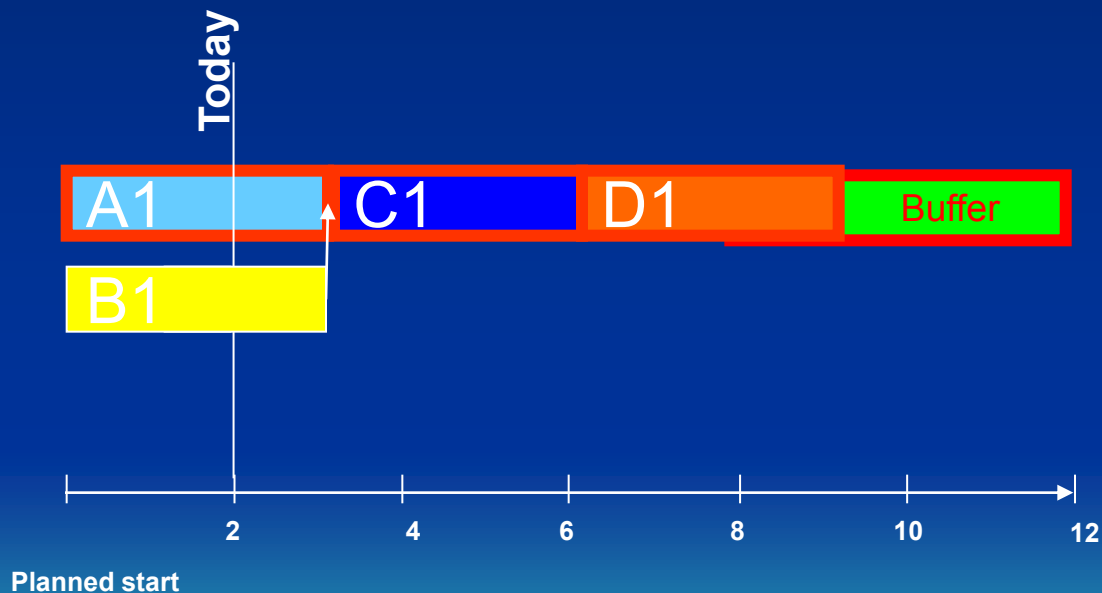
Plan with sharp deadlines with buffers 50% ( $2+3+3=8$   $8+4=12$ )



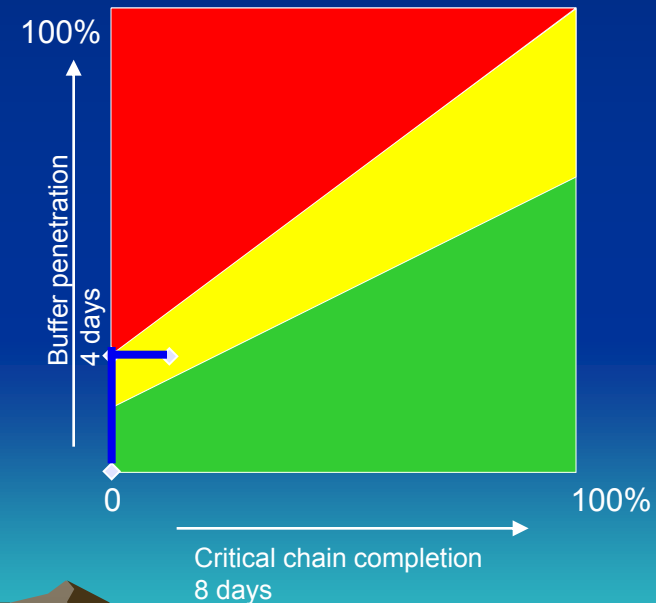


# Plan 2nd day after start

A1 started and will be finished (completed) tomorrow.  
B1 will be finished (completed) tomorrow

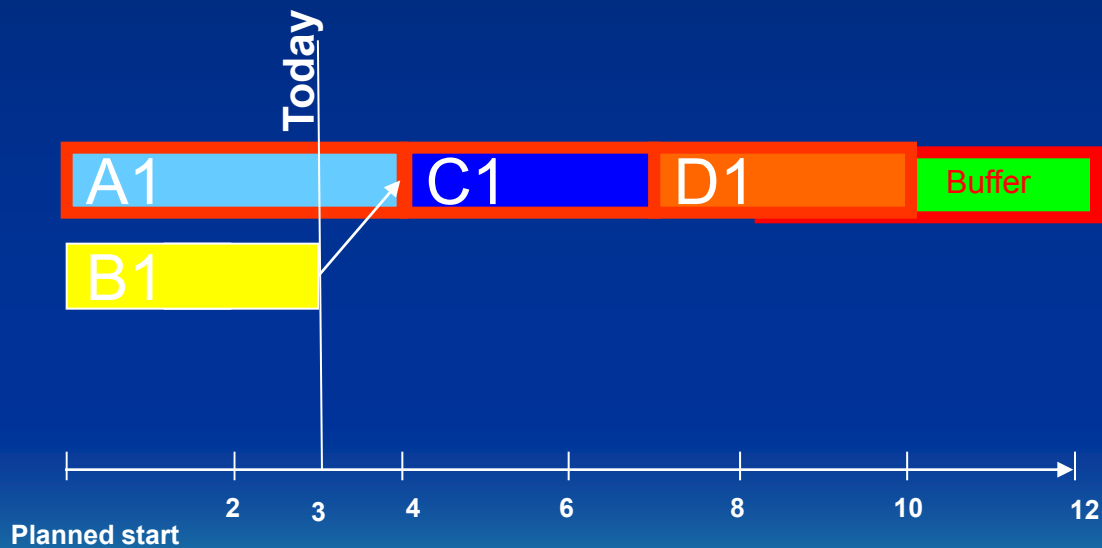


Plan with sharp deadlines with buffers 50% ( $2+3+3=8$   $8+4=12$ )

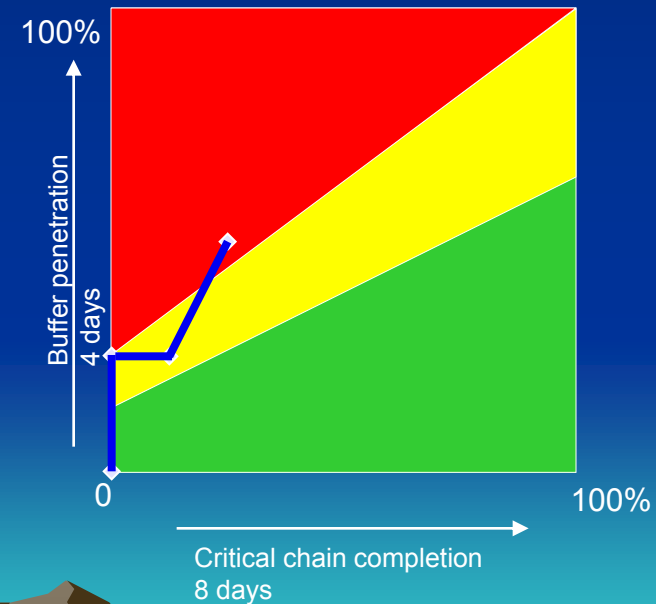


# Plan 3rd day after start

A1 despite all efforts resource A1 needs another day to complete.  
B1 has completed his work with 2 days delay

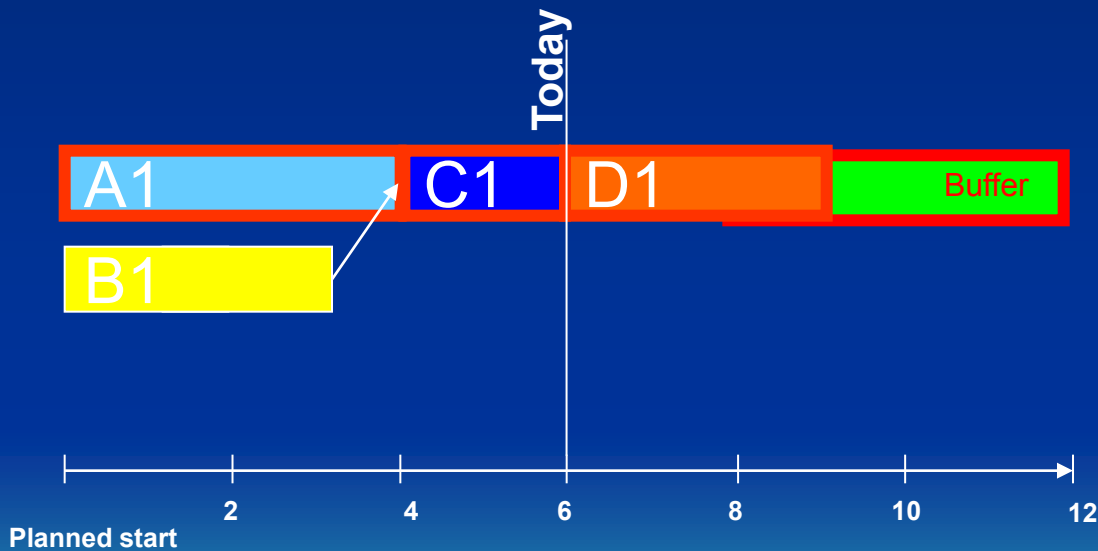


Plan with sharp deadlines with buffers 50% ( $2+3+3=8$   $8+4=12$ )

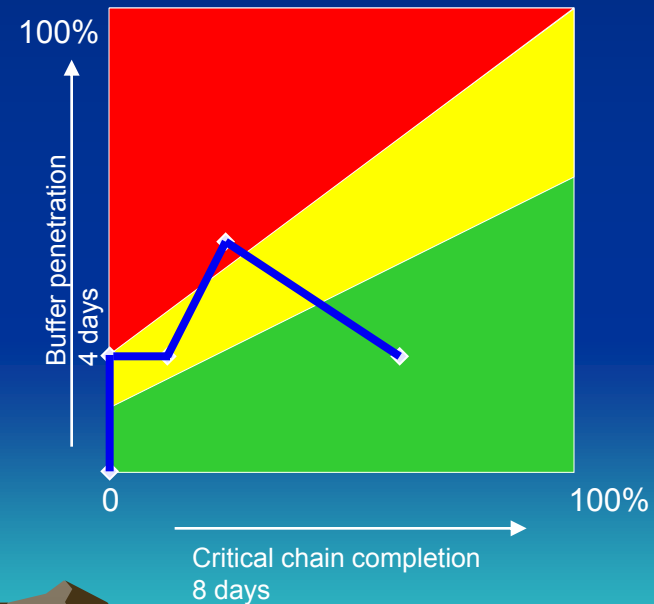


# Plan 6 day after start

- A1 completed his task with 2 days delay
- B1 completed his task with 2 days delay
- C1 completed his task 1 day earlier than expected (planned)
- D1 will start to work tomorrow



Plan with sharp deadlines with buffers 50% ( $2+3+3=8$   $8+4=12$ )



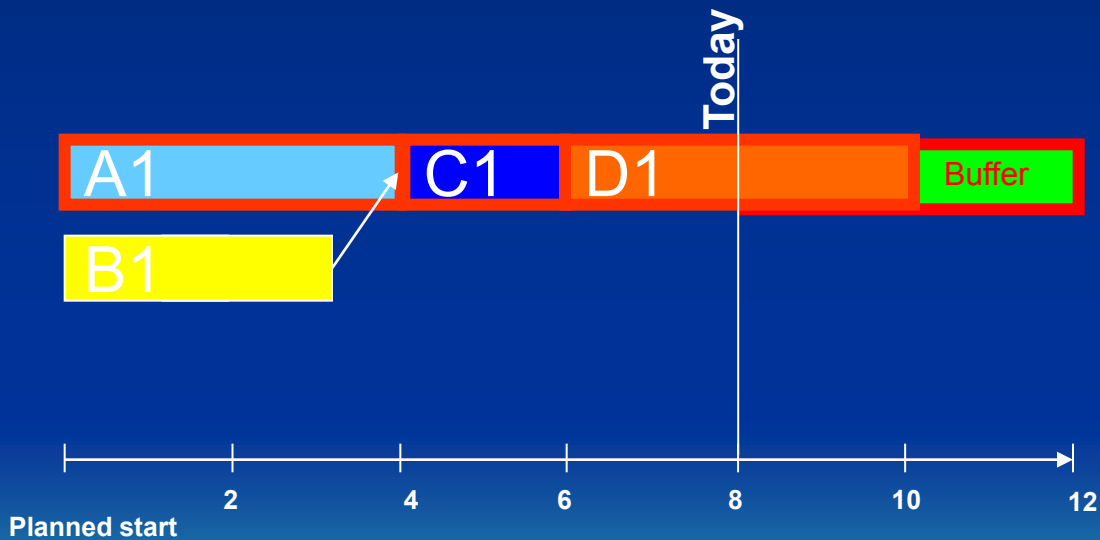
# Plan 8 day after start

A1 completed his task with 2 days delay

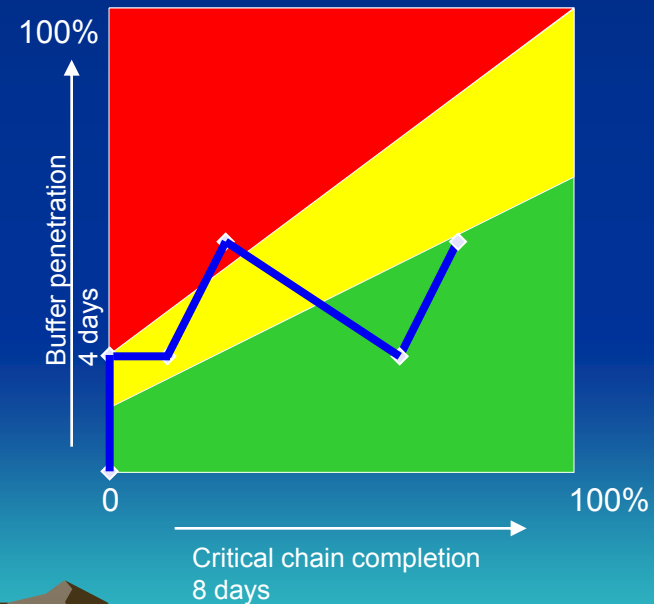
B1 completed his task with 2 days delay

C1 completed his task 1 day earlier than expected (planned)

D1 needs one day more to complete

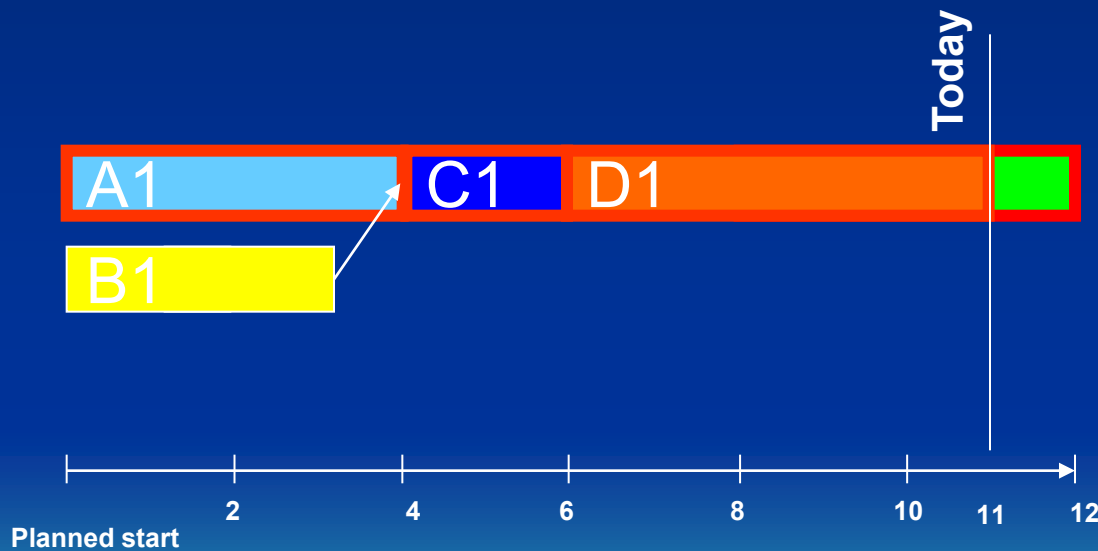


Plan with sharp deadlines with buffers 50% ( $2+3+3=8$   $8+4=12$ )

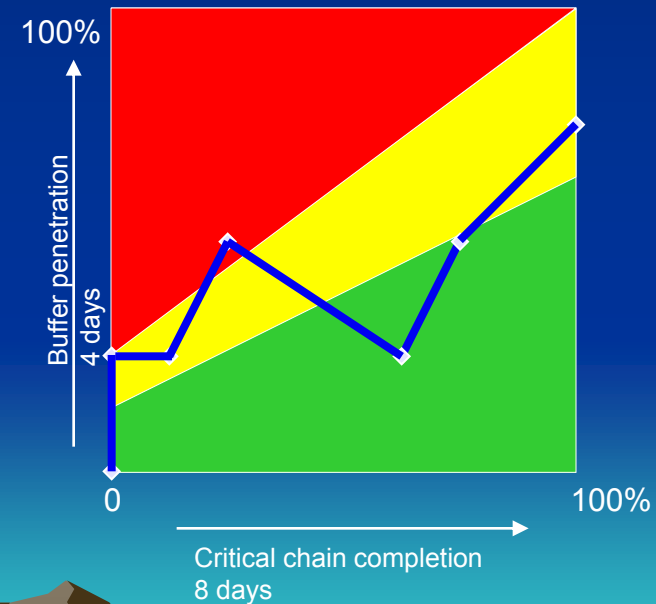


# Plan 11 day after start

- A1 completed his task with 2 days delay
- B1 completed his task with 2 days delay
- C1 completed his task 1 day earlier than expected (planned)
- D1 completed his task with 2 days delay



Plan with sharp deadlines with buffers 50% ( $2+3+3=8$   $8+4=12$ )



# Project Quick, resources **A-E** and activities **X,Y,Z,V**, and **W**

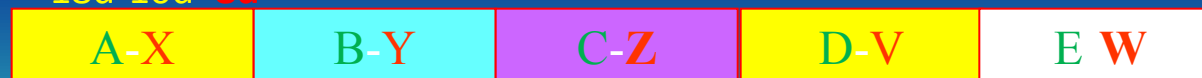
Resource and activity	Median of the required time
<b>A-X</b>	<b>10 days</b>

**Activity=Task**

**A (John)-X (ERP Training)**

You can say, that 50 % of any activities finish earlier, and other **50 %** will be delayed, meaning, that **10 days** represents **50 %** of the estimated time for chosen activity

Project managers decided, that activity ends if **90 %** of estimated time will be consumed. It means, that they add a time buffer of **8 days** (for the safety reasons). 10 d= 50%, 20d=100%, 2d=10%, 20d-2d=18d (**90 %=100%-10%**), 18d-10d=**8d**



(A) training->(B)hands on->  
->(C)additional training->  
->(D)mock finals->(E) exams

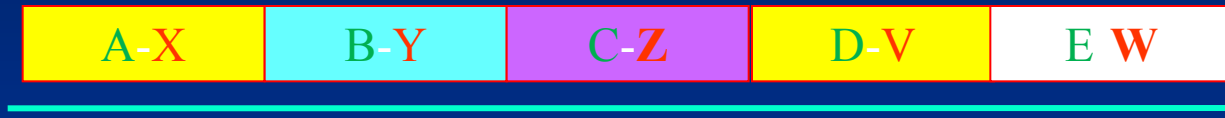
**5 x 10 days=50 days**

# Time distribution



## Five activities (tasks) and applied modifications

- If we consider for every activity time buffer 8 days we will get :



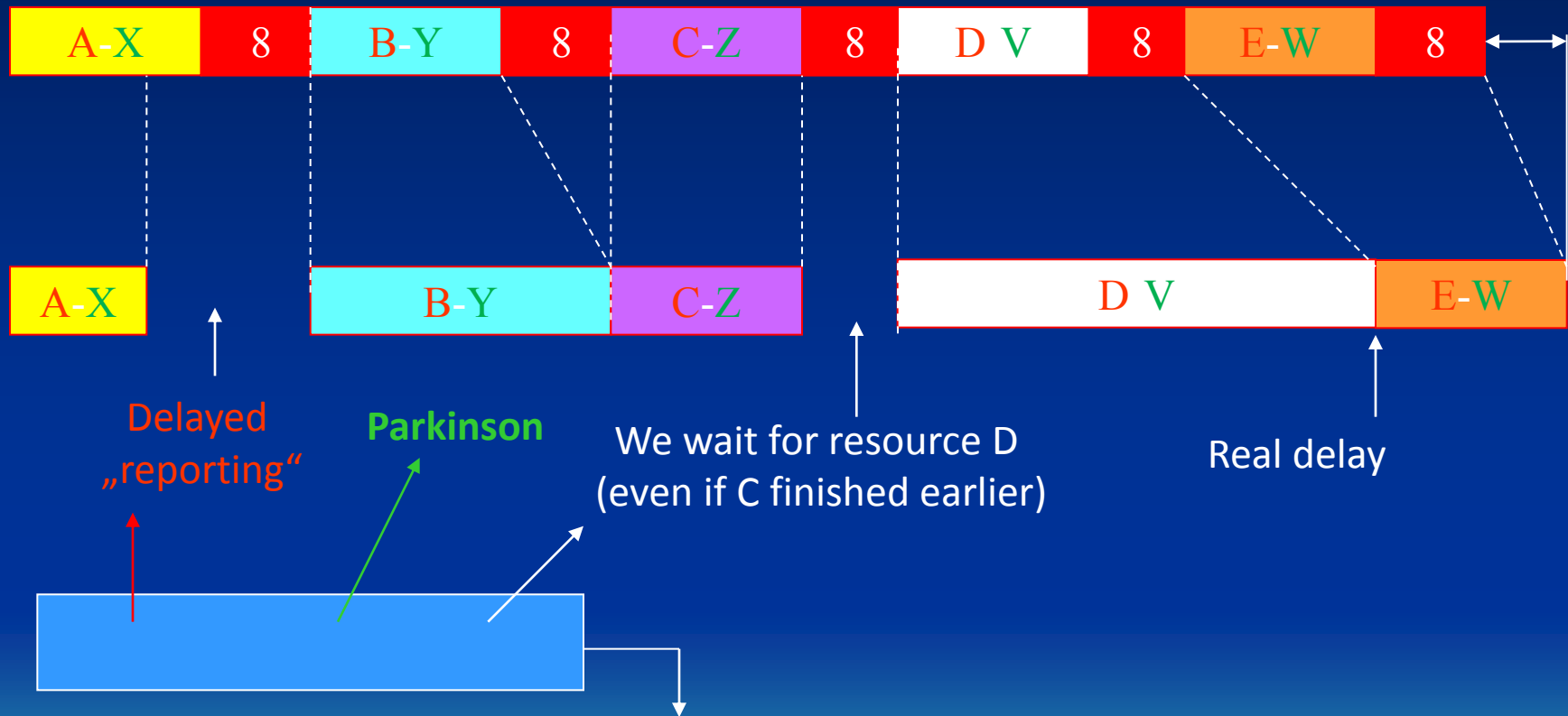
5 x 10 days = 50 days



5 x 18 days = 90 days



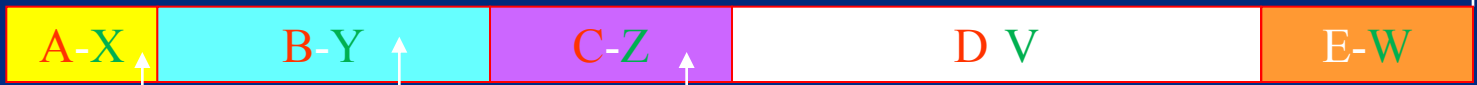
# Five activities and modifications (added buffers) and three types of troubles



No one trouble causes project delay taking into consideration planned delivery date (agreed date of the project).

Dissipation of acquired time reserves was caused by company strategy saying strictly stick to the planned project schedule (example of rigid management)

# Five activities after modification (buffers united to one and placed to the end of the project)



Parkinson

Little bit longer than 20 days median but shorter than 18 days

Earlier end of activity A



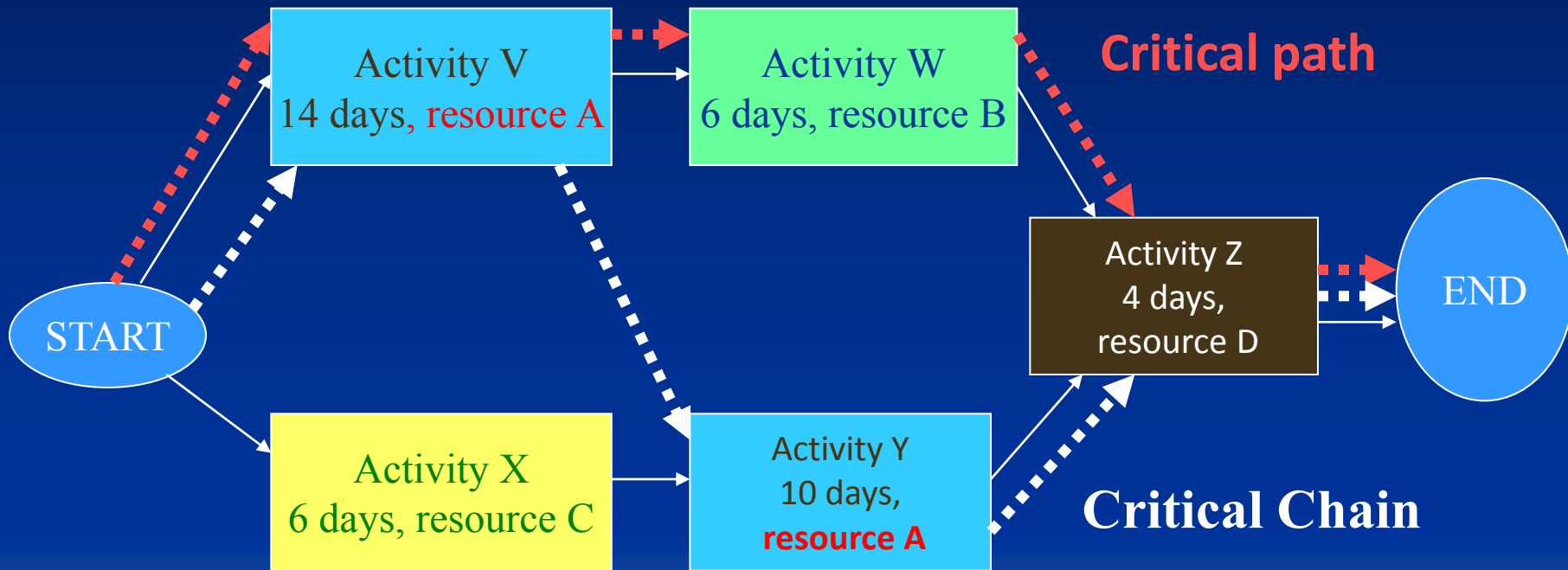
= CPB = Current Project Buffer = 40 days



= New buffer = 50 % out of CPB, which makes CPB/2



# Critical path (CPM)- Critical chain (CCPM)



Project is considered as successful if is finished in expected time and financial budget is not exceeded

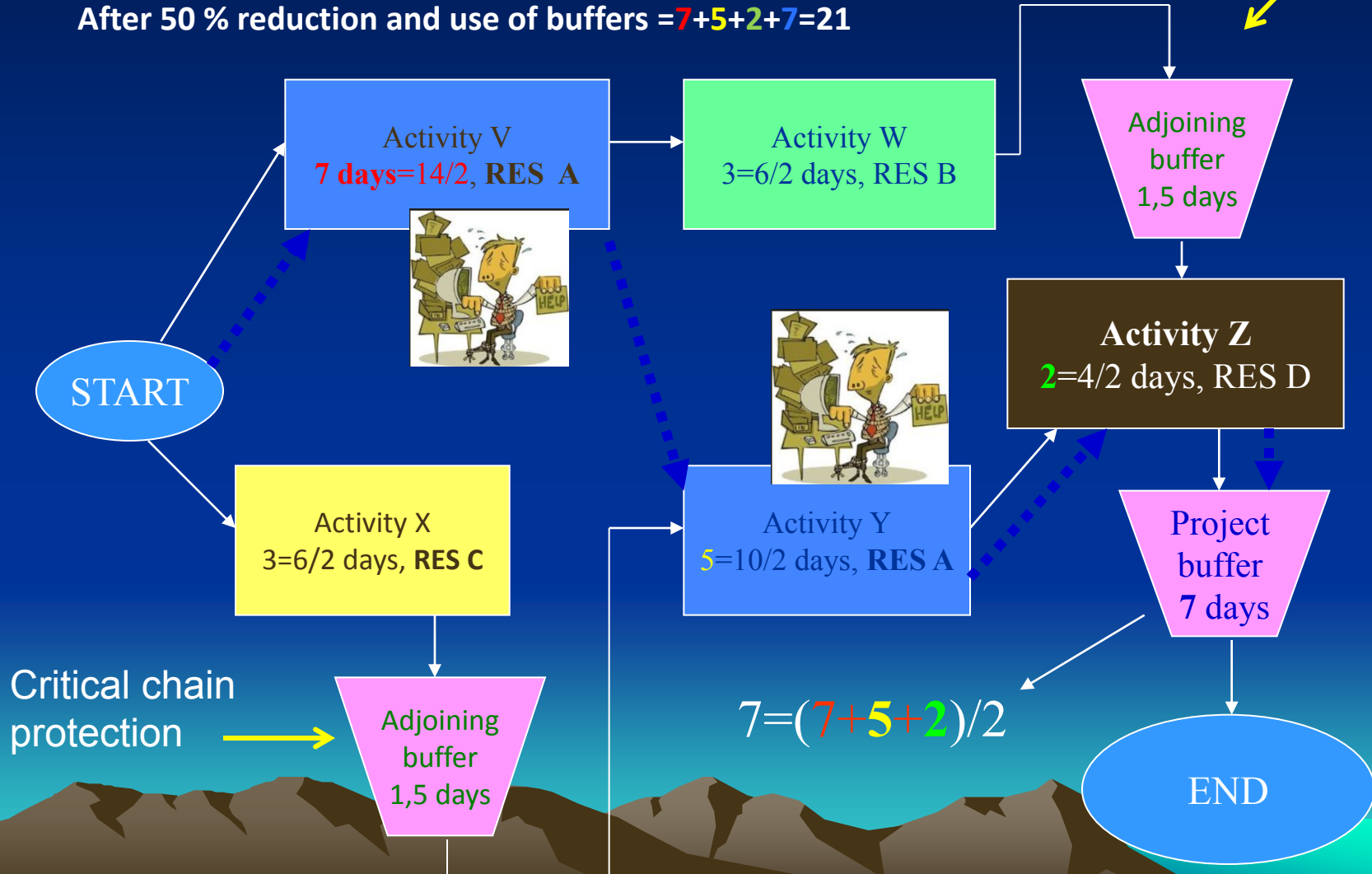
# Critical chain with buffers

Length of the Critical Chain:  $14+10+4=28$  -> see also previous slide  
and

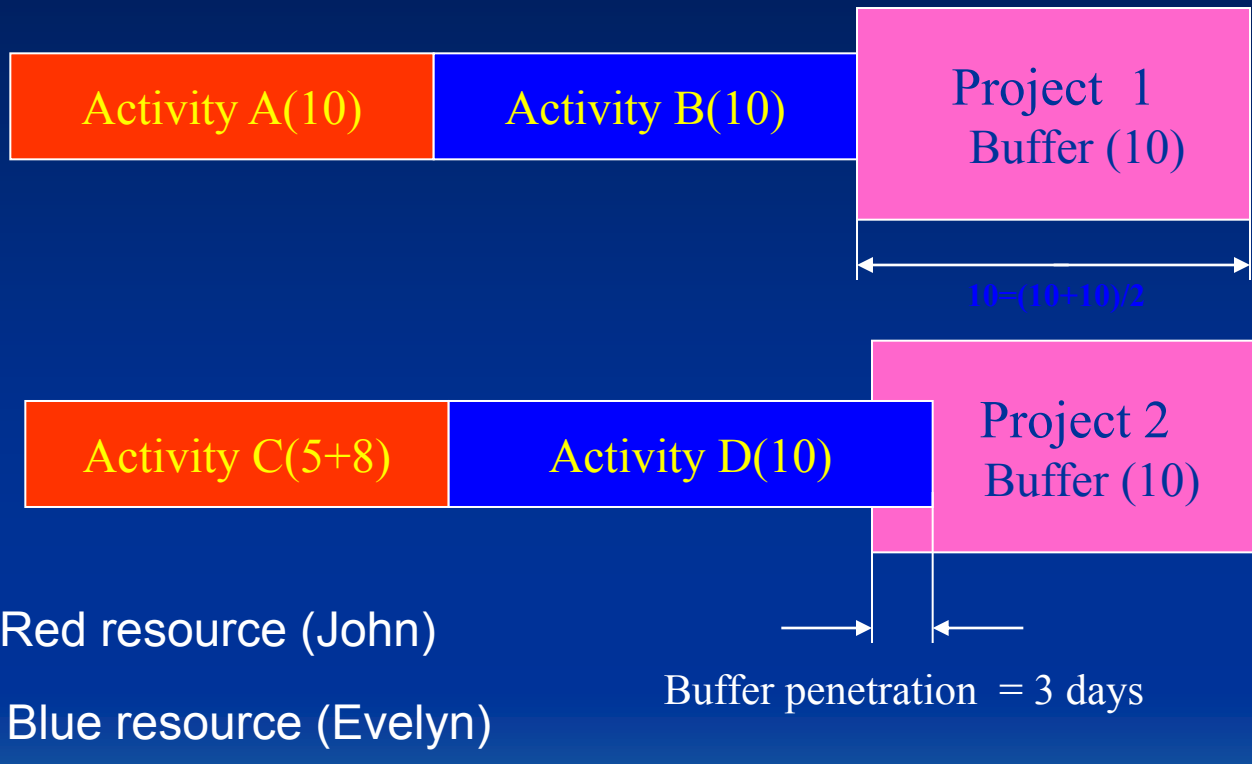
CP was all in all 24 days =  $14+6+4$  -> see previous slide

After 50 % reduction and use of buffers =  $7+5+2+7=21$

Critical chain protection




# Buffer consumption

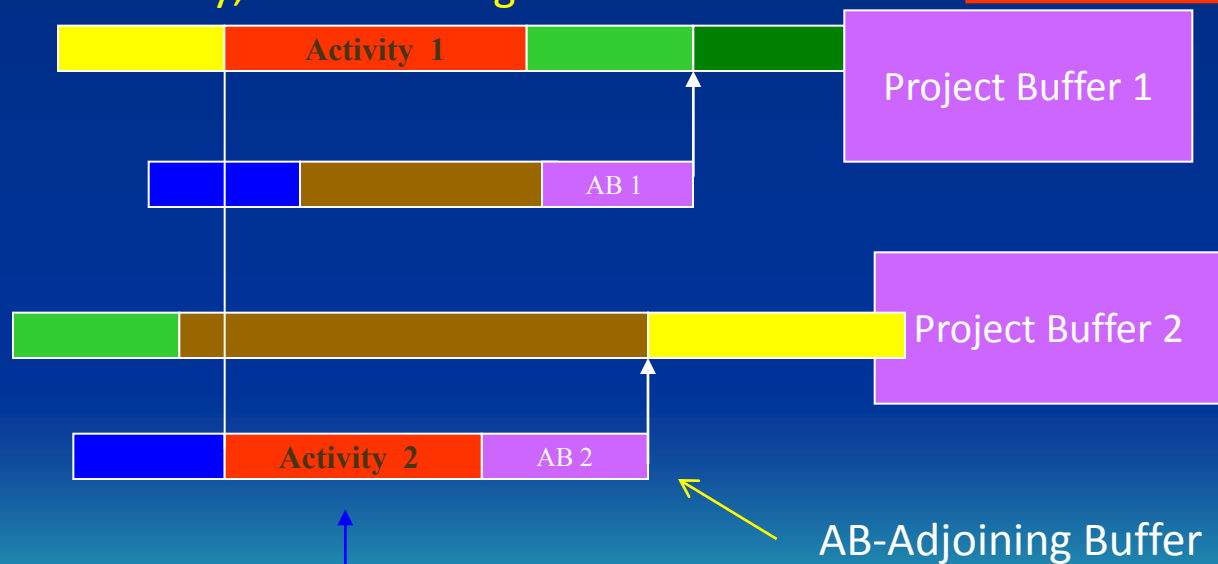


**Rate of penetration** is used to assign priorities to the partial activities and Evelyn assigned on both projects will start firstly activity D



# Priorities assigned to resources

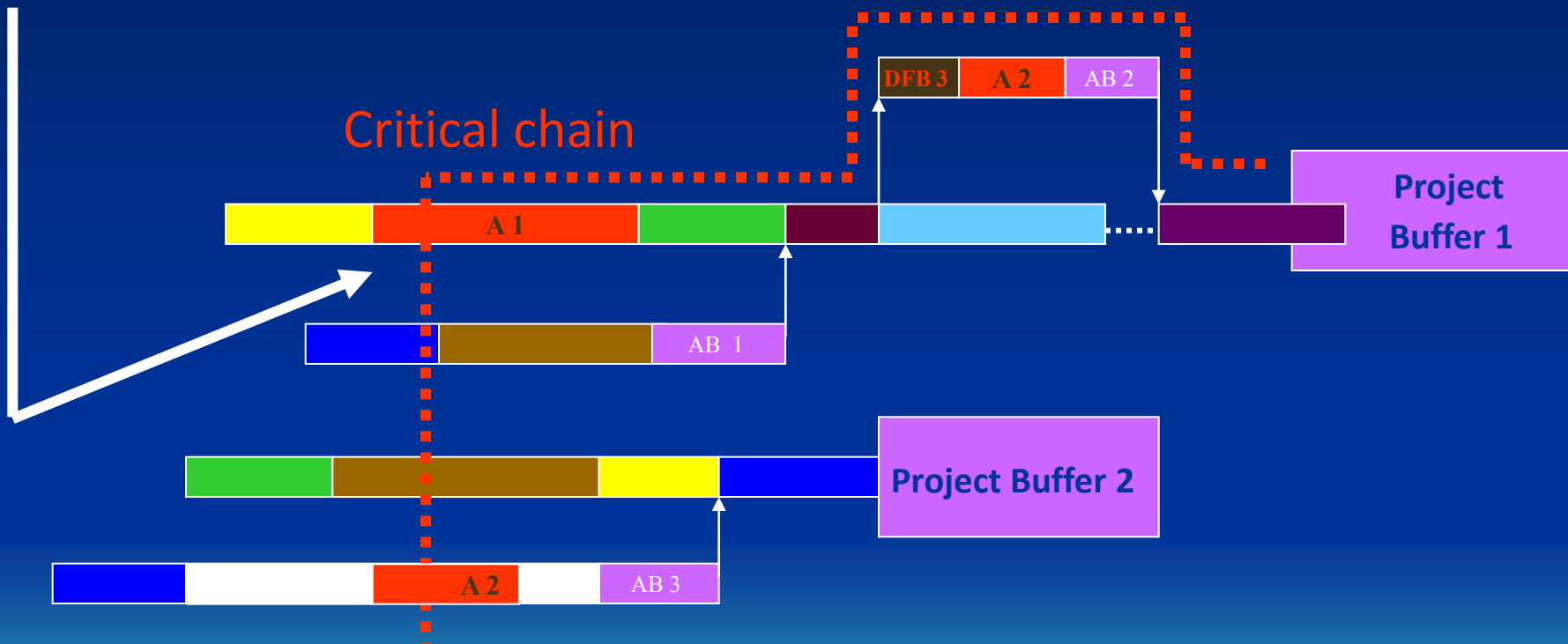
- If one resource (**RED ONE**) have to be assigned to two activities starting ((A1 na A2) in the same moment so the first activity (A2) which will start is the one belonging to the project with bigger project buffer penetration
- If none of all project buffers were penetrated with previous activities, so the first starts this activity, which belongs to the critical chain. 



A2 starts first because PB 2 is partially consumed (penetrated)

# Priorities assigned to resources

Activity A1 (**red resource**) starts first, because it is a part of the Critical chain and Project Buffer 1 is penetrated



# Doporučení- shrnutí

- Zkrácení odhadů na polovinu (tedy o celou bezpečnostní rezervu)
- Nekritické činnosti startovat systémem ALAP (nejpozději možný termín) – „As Late As Possible“
- Začít pracovat na úkolu okamžitě po jeho předání předchůdcem (ASAP) – „As Soon As Possible“
- Princip štafetového běžce (předat práci dál ihned po jejím ukončení)
- Žádný multitasking (100% času věnovat jenom zadanému úkolu)



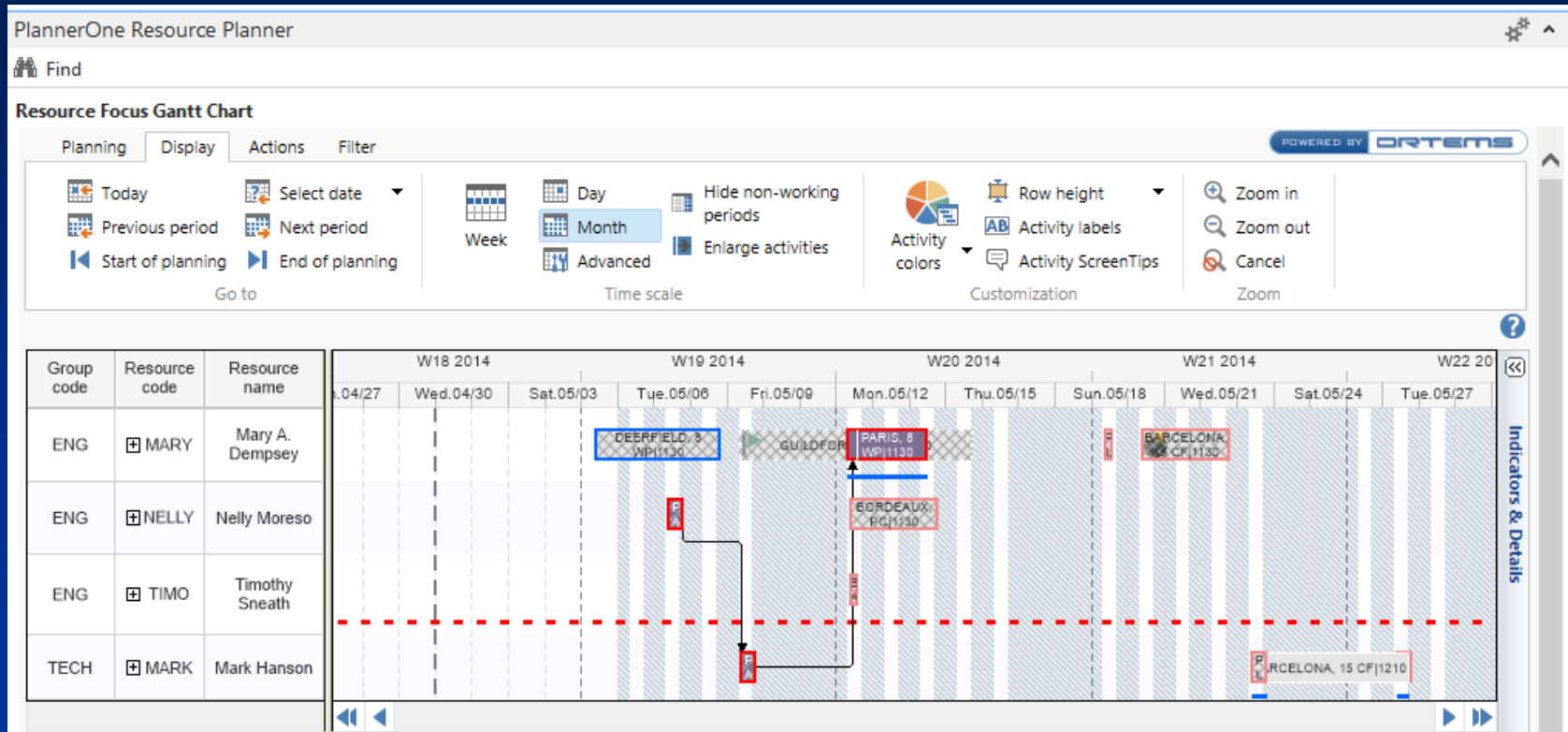


# MS Dynamics NAV 2015 –project setup

The screenshot displays the MS Dynamics NAV 2015 interface. The breadcrumb path is CRONUS International Ltd. > Departments > Jobs > Jobs. The ribbon includes tabs for HOME, ACTIONS, NAVIGATE, and REPORT. The ACTIONS tab is active, showing various icons for document management and reporting. The left-hand navigation pane shows the 'Departments' tree with 'Jobs' selected under 'Manufacturing'. A large black arrow points from the 'Jobs' label in the tree to the main data table. The table lists various jobs with columns for No., Description, Bill-to Custom..., Status, Search Description, Plan in R..., and Planning Group. The 'BRASILIA, 3 WC' job is highlighted.

No.	Description	Bill-to Custom...	Status	Search Description	Plan in R...	Planning Group
BARCELONA, 15 CF	Setting up Ten Conference ...	50000	Planning	SETTING U...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
BOLOGNA, 15 CF	Setting up Ten Conference ...	50000	Completed	SETTING U...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
BORDEAUX, PC	Setting up Ten Conference ...	62000	Planning	SETTING U...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
BRASILIA, 3 WC	Setting up 12 Work Confere...	40000	Planning	SETTING U...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
DEERFIELD, 8 WP	Setting up Eight Work Areas	40000	Order	SETTING U...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
GUILDFORD, 10 CR	Setting up Ten Conference ...	50000	Order	SETTING U...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
LONDON, 10 WP	Setting up 10 Work Confere...	40000	Planning	SETTING U...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
LUZERN	LUZERN, 2 CR	20000	Order	LUZERN, 2 ...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
LYON, 12 PC	Installer 10 Salles de Confér...	50000	Planning	INSTALLER...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
MARTIN_TEST	Testovací projekt	10000	Order	TESTOVAC...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
P1PROJECT	Transmise Martin 1	20000	Planning	TRANSMIS...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
PARIS, 8 WP	Setting up 10 Work Confere...	40000	Planning	SETTING U...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
PLANNERONE PROJ...	Metodology PlanenrOne	20000	Completed	METODOL...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
PLANNERONE PROJ...	Metodology PlanenrOne	20000	Planning	METODOL...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1
STUTTART, 15 WS	Setting up 10 Work Confere...	40000	Planning	SETTING U...	<input checked="" type="checkbox"/>	MILAN1

# MS Dynamics NAV 2015 –project setup



# MS Dynamics NAV 2015 –project setup

Job Task Lines ▾

Type to filter (F3) | Job Task No. ▾ | → ▾

Filter: PARIS, 8 WP

Job Task No.	Description	Job Task Type	Totaling	Job Posting Group	WIP-Total	WIP Method	Start Date	End Date	Schedule (Total Cost)
<b>1000</b>	<b>Setting up Eight Work Areas</b>	Begin-Total							
<b>1100</b>	<b>Preliminary Services</b>	Begin-Total							
1110	Determining Specifications	Posting		SETTING UP			1/1/2014	1/1/2014	431.20
1120	Selecting Furnishings	Posting		SETTING UP			1/15/2014	1/15/2014	431.20
1130	Obtaining Customer Approval	Posting		SETTING UP			1/19/2014	1/15/2015	3,018.40
<b>1190</b>	<b>Total Preliminary Services</b>	End-Total	1100..1190						3,880.80
<b>1200</b>	<b>Assembling the Furniture etc.</b>	Begin-Total							
1210	Assembling the Furniture etc.	Posting		SETTING UP			2/16/2014	1/21/2015	12,276.10
<b>1290</b>	<b>Total Asembling the Furniture</b>	End-Total	1200..1290						12,276.10
<b>1300</b>	<b>Closing the Job</b>	Begin-Total							
1310	Meeting with the Customer	Posting		SETTING UP			2/28/2014	1/31/2015	862.40
<b>1390</b>	<b>Total Closing the Job</b>	End-Total	1300..1390						862.40
<b>9990</b>	<b>Total Setting up Eight Work Areas</b>	End-Total	1000..9990						17,019.30

# MS Dynamics NAV 2015 –project setup

## Job Analysis

1 of 1 100% Find | Next

### Job Analysis

CRONUS International Ltd.

March 12, 2015

Page 1

NVRPLANNERDEMO2\DEMO

Job: No.: PLANNERONE PROJECT

PLANNERON Metodology PlanenrOne

Job Task No.	Description	Sch. Price \GBP	Inv. Price \GBP	Sch. Profit \GBP	Inv. Profit \GBP	Contract Cost\GBP
<b>1000</b>	<b>PlannerOne Project</b>					
1001	Analysis	3,656.00		3,104.80		
1002	Fob Merge	100.00		49.60		
1003	PlannerOne Installation	440.00		240.00		
1004	Data Quality	4,800.00		4,800.00		
1005	Final Validation	856.00		424.80		
1006	End User trainings	864.00		353.60		
1007	Go Live	432.00		176.80		
<b>2000</b>	<b>PlannerOne project End</b>	<b>11,148.00</b>		<b>9,149.60</b>		