

10.4 Použití filtrů při větrání nebytových budov dle ČSN EN

13779 : 2010

Úvodní doporučení a použití tříd filtrů - závisí na kvalitě venkovního ovzduší a požadavcích na kvalitu vnitřního ovzduší.

Kvalita venkovního ovzduší - 3 třídy:

- ODA 1 - čistý vzduch, který může být pouze dočasně znečištěn prachem, např. pylkem
- ODA 2 - znečištěný vzduch (obsahuje vysoké koncentrace prachu nebo plynajících Z.L.)
- ODA 3 - velmi znečištěný vzduch (velmi vysoké koncentrace prachu n. plynajících Z.L.)

Zatřídění - podle hodnot faktorů Z.L. $f_{ZL} \approx \frac{C_{ZL}}{C_{ZL,lim}}$

Znečišťující látka	SO ₂	O ₃	NO ₂	PM ₁₀
limitní hodnota koncentrace	24h _{lim} 125 µg/m ³	8h _{lim} 120 µg/m ³	1h _{lim} 200 µg/m ³	24h _{lim} = 50 µg/m ³ n _{lim} = 35
skutečná hodnota koncentrace	24h _{max}	8h _{max}	1h _{max}	počet překročení n
faktor f _{ZL}	24h _{max} /24h _{lim}	8h _{max} /8h _{lim}	1h _{max} /1h _{lim}	n/n _{lim}

ODA 1 - $f_{ZL,max}$ ze všech hodnot < 1

ODA 2 - $f_{ZL,max} < 1,5$

ODA 3 - $f_{ZL,max} > 1,5$

1.4. a vyžadování znečištění v ČR

zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší

- SO₂ - 24 h lim = 125 µg/m³, četnost překročení 3x za rok
- O₃ - 8 h lim = 120 µg/m³ - " - 25x
- NO₂ - 1 h lim = 200 µg/m³ - " - 18x
- PM₁₀ - 24 h lim = 50 µg/m³ - " - 35x SHODNĚ

- Vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší
- členění území do zón a aglomerací (území vyčleněné za účelem sledování a řízení kvality ovzduší)

OR - 3 aglomerace - Praha
Brno
Ostava / Karviná / Frýdek - Místek

7 zón - Střední Čechy, Jihozápad, Severozápad, Severovýchod,
Jihovýchod, Střední Morava, Moravskoslezsko

- Požadavky MŽP

Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí

- Zařazením do kategorií IDA 1 - IDA 4
 - IDA 1 - velmi vysoká kvalita vnitřního prostředí
 - IDA 2 - střední
 - IDA 3 - průměrná
 - IDA 4 - nízká
 - Doporučení pro použití filtrů při větrání nebytových prostor dle ČSN EN 13779:2010 - dle kvality venkovního ovzduší (ODA) a požadavků na kvalitu vnitřního prostředí (IDA)
- Min. třída filtrů:

Kvalita venkovního ovzduší ODA	Kvalita vnitřního prostředí IDA			
	IDA 1 velmi vysoká	IDA 2 střední	IDA 3 průměrná	IDA 4 nízká
ODA 1 (čistý vzduch)	F9	F8	F7	M F5
ODA 2 (zaprášený vzduch)	F7 + F9	M F6 + F8	M F5 + F7	M F5 + F6
ODA 3 (velmi zneč. vzduch)	F7 + GF + F9	F7 + GF + F9	M F5 + F7	M F5 + F6

Poznámka: GF - uhlíkový nebo chemický filtr

U větracích systémů v oblasti velmi znečištěného vzduchu (ODA 3) se doporučuje použití **uhlíkových filtrů (GF)**. Tyto filtry se rovněž doporučují i v oblastech ODA 2 s výskytem plynných ZL. Aby se zabránilo vlhnutí filtrů, doporučuje se jejich použití pro filtraci vzduchu s maximální relativní vlhkostí 80 %. V oblastech s velmi znečištěným vzduchem (ODA 3) se u některých aplikací doporučuje použití **elektrických filtrů**.

U **nasávání venkovního vzduchu** se z hygienických důvodů doporučuje použít dvoustupňovou filtraci (přinejmenším u IDA 1 a IDA 2). Jako první stupeň by měl být použit filtr ^HF5, přednostně však F7. Jako druhý stupeň by měl být použit přinejmenším filtr F7, přednostně F9. Jestliže se používá pouze jednostupňová filtrace, pak jako minimální požadavek je filtr třídy F7.

Co se týká **oběhového vzduchu**, jako ochrana před kontaminací vzduchotechnického systému by měl být použit přinejmenším filtr ^HF5. Podle možností by měla být použita taková třída filtru, jaká se používá u přívodu venkovního vzduchu.

Pro ochranu **odváděcího a odpadního** vzduchového systému by měly být použity nejméně filtry třídy F5.

Systémy ^H**zpětného získávání tepla** (deskové nebo rotační výměníky) by měly být chráněny přinejmenším filtrem třídy F6.

10.5 Dimenzování filtrů

- Doporučená výroba → třída filtrů, odpovídající jmenovitému průtok a počáteční a doporučenou (max.) tlakovou ztrátu
- Měrný průtok ($m^3/m^2 \cdot h$) = objemový průtok na $1 m^2$ filtrační plochy - odpovídá filtrační rychlosti $v_f (m/s)$
- Velké rozdíly mezi hodnotami měrného průtoku a hodnotami počáteční $\Delta p_{f,0}$ a konečné tl. ztráty $\Delta p_{f,max}$
- Rozsahy veličin u hlavních tříd filtrů (+ pro porovnání E12)

Třída filtru	Měrný průtok ($m^3/m^2 \cdot h$)	Filtrační rychlost $v_f (m/s)$	Počáteční tlaková ztráta $\Delta p_{f,0} (Pa)$	Konečná tlaková ztráta $\Delta p_{f,max} (Pa)$
G2	3600 - 9000	1 - 2,5	10 - 70	80 - 250
G3	1450 - 9000	0,4 - 2,5	20 - 60	120 - 300
G4	1450 - 8000	0,4 - 2,2	25 - 60	200 - 300
H5	700 - 2500	0,2 - 0,7	50 - 80	100 - 450
H6	180 - 800	0,05 - 0,22	55 - 100	250 - 450
F7	180 - 700	0,05 - 0,2	60 - 150	250 - 450
F9	70 - 700	0,02 - 0,2	70 - 190	250 - 450
E12	70 - 250	0,02 - 0,07	150 - 250	500 - 750

11 Čisté prostory

- Pro ochranu výrobních zařízení a produktů, ochranu personálu před pevnými, kapalnými částicemi a mikroorganismy částicemi. Přívod filtrovaného vzduchu, zaplavení vhodného proudění vzduchu v prostoru.

- Mechanické a tlakové oddělení prostoru od okolí

- Uplatnění

1) parametrem počet neživých mikročástic

- výroba mikromechaniků
- elektronika
- optika
- lasery

2) parametrem počet živých mikroorganismů

- biotechnologie
- farmacie
- výroba zdravotních pomůcek
- potravinářství
- zdravotnické prostory

- Čistý prostor - čisté místnosti, čisté stěny, čisté lustry

= "definovaný prostor, kde je koncentrace částic ve vzhledu řízena (regulována) tak, aby byla splněna specifikovaná třída čistoty pro částice ve vzhledu." (ISO standard)

- Řada faktorů z hlediska návrhu a realizace:

- přívod vzduchu
- druh proudění
- tl. difference mezi zónami a mezi ČP a okolím

- pracovné miesto
 - pracovisko
 - prenosťovadný výrobok
 - vlastný výrobný proces
- Z hľadiska vzduchotechniky a filtrácie
- systém usporiadaného prúdenia
 - rýchlosť prúdenia vzduchu
 - vicestupňová filtrácia s využitím VÚ filtra
 - horúce oddelené zóny a ŤP od okolí

Normalizace čistých priestorů

- US norma FED-STD 209 "Airborne particulate cleanliness classes in cleanrooms and clean zones" (Triedy čistoty v čistých miestnostiach a čistých zónach)
- triedy priestorů podľa max. počtu častíc \geq častice veľkosti 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 a 5,0 μ .

Název třídy		Limitní počet částic									
		$\geq 0,1 \mu\text{m}$		$\geq 0,2 \mu\text{m}$		$\geq 0,3 \mu\text{m}$		$\geq 0,5 \mu\text{m}$		$\geq 5,0 \mu\text{m}$	
		objem. jednotka		objem. jednotka		objem. jednotka		objem. jednotka		objem. jednotka	
SI	Angl.	m ³	ft ³	m ³	ft ³	m ³	ft ³	m ³	ft ³	m ³	ft ³
M 1		350	9,91	75,7	2,14	30,9	0,875	10,0	0,283	-	-
M 1,5	1	1 240	35,0	265	7,50	106	3,00	35,3	1,00	-	-
M 2		3 500	99,1	757	21,4	309	8,75	100	2,83	-	-
M 2,5	10	12 400	350	2 650	75,0	1 060	30,0	353	10	-	-
M 3		35 000	991	7 570	214	3 090	87,5	1 000	28,3	-	-
M 3,5	100	-	-	26 500	750	10 600	300	3 530	100	-	-
M 4		-	-	75 700	2 140	30 900	875	10 000	283	-	-
M 4,5	1000	-	-	-	-	-	-	35 300	1000	247	7,0
M 5		-	-	-	-	-	-	100 000	2 830	618	17,5
M 5,5	10000	-	-	-	-	-	-	353 000	10 000	2470	70,0
M 6		-	-	-	-	-	-	1 000 000	28 300	6180	175
M 6,5	100000	-	-	-	-	-	-	3 530 000	100 000	24 700	700
M 7		-	-	-	-	-	-	10 000 000	283 000	61 800	1 750

Triedy priestorů podľa FED-STD-209e

- nový záz oficialne neplatí, ak stále prijímaná a používaná.

Celosvětová norma ISO 14644 „Cleanrooms and associated controlled environments“. V ČR „Čisté prostory a příslušné řízené prostředí.“

ČSN EN ISO 14644-1: Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu, vydána 11.2000

ČSN EN ISO 14644-2: Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 2: Specifikace zkoušení a sledování pro průběžné ověřování shody s ISO 14644-1, vydána 06.2001

ČSN EN ISO 14644-3: Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 3: Zkušební metody, vydána 06.2006

ČSN EN ISO 14644-4: Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 4: Návrh, konstrukce a uvádění do provozu, vydána 12.2001

ČSN EN ISO 14644-5: Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 5: Provozování, vydána 02.2005

ČSN EN ISO 14644-6: Čisté prostory a příslušná řízená prostředí - Část 6: Slovník, vydána 02.2008

ČSN EN ISO 14644-7: Čisté prostory a příslušné řízení prostředí - Část 7: Oddělovací zařízení (boxy s čistým vzduchem, rukávcové boxy, izolátory a zařízení pro miniprostředí), vydána 05.2005

ČSN EN ISO 14644-8: Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 8: Klasifikace molekulárního znečištění vzduchu, vydána 02.2007

ČSN EN ISO 14644-9: Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 9: Třídění čistoty povrchu podle koncentrace částic, vydána 03.2013

note: Čistá místnost je místnost, ve které se řídí (reguluje, kontroluje) koncentrace vznášejících se částic a která je konstrukčně navržena a používána takovým způsobem, že se zde minimalizuje vnášení, vznik a setrvávání částic uvnitř místnosti a ve které jsou podle potřeby řízeny (regulovány, kontrolovány) další odpovídající parametry vzduchu, jako jsou teplota, vlhkost, tlak. Čistá zóna je zde definována stejným způsobem jako čistá místnost, ale pouze s tím rozdílem, že se jedná o určený prostor („space“), kde mají být splněny uvedené podmínky. Čistá zóna pak může být otevřený nebo uzavřený prostor, který může, ale nemusí být uvnitř čisté místnosti.

ISO třída N	Maximální počet částic v 1 m ³ vzduchu pro jednotlivé velikosti částic					
	≥ 0,1 μm	≥ 0,2 μm	≥ 0,3 μm	≥ 0,5 μm	≥ 1,0 μm	≥ 5,0 μm
ISO Class 1	10	2	-	-	-	-
ISO Class 2	100	24	10	4	-	-
ISO Class 3	1 000	237	102	35	8	-
ISO Class 4	10 000	2 370	1 020	352	83	-
ISO Class 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO Class 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO Class 7	-	-	-	352 000	83 200	2 930
ISO Class 8	-	-	-	3 520 000	832 000	29 300
ISO Class 9	-	-	-	35 200 000	8 320 000	293 000

*Třída
prostoru
dle
ČSN-EN ISO
14644-1*

$$C_N = 10^N \left(\frac{0,1}{D}\right)^{2,08}$$

- 7 -

$C_N (1/m^3)$... max. počet částic

$D (\mu m)$... průměr částice

Vzájemně srovnatelné třídy prostorů dk ~~FED~~-STD-209e
a ČSN EN ISO 14644-1

Norma	Vzájemně srovnatelné třídy prostorů					
	M 1,5	M 2,5	M 3,5	M 4,5	M 5,5	M 6,5
FED-STD-209e						
ČSN EN ISO 14644-1	ISO 3	ISO 4	ISO 5	ISO 6	ISO 7	ISO 8

12 Vysoce účinné filtry

12.1 Třídění vysoce účinných filtrů

Norma EN 1822 : 2009 " High efficiency air filters
(EPA, HEPA and ULPA) " z 5 částí

ČSN EN 1822 - převzato v dubnu 2010

ČSN EN 1822-1: Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování, duben 2010,

ČSN EN 1822-2 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 2: Výroba aerosolu, měřicí zařízení, statistické počítání částic, duben 2010,

ČSN EN 1822-3 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 3: Zkušební média plochých filtrů (Pozn. nesprávný překlad jako u původní normy, správně má být Zkoušení plochých filtračních materiálů), duben 2010,

ČSN EN 1822-4 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 4: Stanovení propustnosti filtračních prvků (skenovací metoda), duben 2010,

ČSN EN 1822-5 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 5: Stanovení účinnosti filtračních prvků, duben 2010.

Pozn.: chyba v závorce - chybí EPA

- velká náročnost na přístrojové a exp. vybavení, komplikované
- zptřování odlnuvosti pro částice MPPS - Most Penetrating Particle Size
- ~~filtr~~ kapaln. n. tuhý zkušební aerosol

Postup zatřídění

1) zkoušení plochého filtračního materiálu → MPPS

- 2) zkouška netěsnosti filtru. Zkouška se filtru NaU při zmenovitém průtoku vzduchu.
- 3) zkouška účinnosti filtru. S použitím MPPS aerosolu se stanoví střední hodnota odlučivosti filtru při zmenovitém průtoku vzduchu.

- Filtry z materiálu, který nese el. náboj - zařídění podle hodnot zprůtěrnosti pro el. vodivý materiál
- třídy - E10 ÷ E12 - Efficient Particulate Air Filters
EPA zařídění podle hodnoty celkové odlučivosti
- H13 ÷ H15 - High Efficiency Particulate Air Filter
HEPA zařídění podle hodnoty celk. odlučivosti a měřtus netěsnosti
- U15 ÷ U17 - Ultra Low Penetrating Air Filter
ULPA zařídění dle třídy H

Třída filtru	Označení filtru	Celková hodnota		Přípustná místní netěsnost	
		Odlučivost (%)	Průnik (%)	Odlučivost (%)	Průnik (%)
E - EPA	E10	≥ 85	≤ 15	-	-
	E11	≥ 95	≤ 5	-	-
	E12	≥ 99,5	≤ 0,5	-	-
H - HEPA	H13	≥ 99,95	≤ 0,05	≥ 99,75	≤ 0,25
	H14	≥ 99,995	≤ 0,005	≥ 99,975	≤ 0,025
U - ULPA	U15	≥ 99,9995	≤ 0,0005	≥ 99,9975	≤ 0,0025
	U16	≥ 99,99995	≤ 0,00005	≥ 99,99975	≤ 0,00025
	U17	≥ 99,999995	≤ 0,000005	≥ 99,9999	≤ 0,0001

12.2 Použití vysoce účinných filtrů

EPA filtry - kde jsou vysoké nátoky na čistotu a nelze je započítat filtry třídy F, ale praxí ještě není definován jako čistý. E12 - i jako 3° filtrace u nejméně náročných čistých praxí.

E10 – E11	Všeobecně	Typické příklady použití
- dobře účinné proti všem druhům prachů a aerosolů		- metrologické laboratoře pro kalibraci - laboratoře pro optiku, elektroniku a biologii - dodávka vzduchu pro jaderné elektrárny

E12	Všeobecně	Typické příklady použití
- velmi účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů, včetně virů		- shodné jako pro použití filtrů E10 a E11, pouze pro náročnější aplikace - 3. stupeň filtrace pro ČP třídy ISO 7 a ISO 8

HEPA a ULPA filtry - jako 3° filtrace pro VU filtrace, nutno předřadit G a F filtry.

H13	Všeobecně	Typické příklady použití
- vysoce účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů, včetně virů		- základní filtr pro všechny čisté prostory třídy ISO 5 – ISO 8 a s tím související aplikace v různých oblastech průmyslu, zdravotnictví a výroby léků - odsávací systémy pracující s nebezpečnými aerosoly (JE, zdravotnictví, biologické prostory)

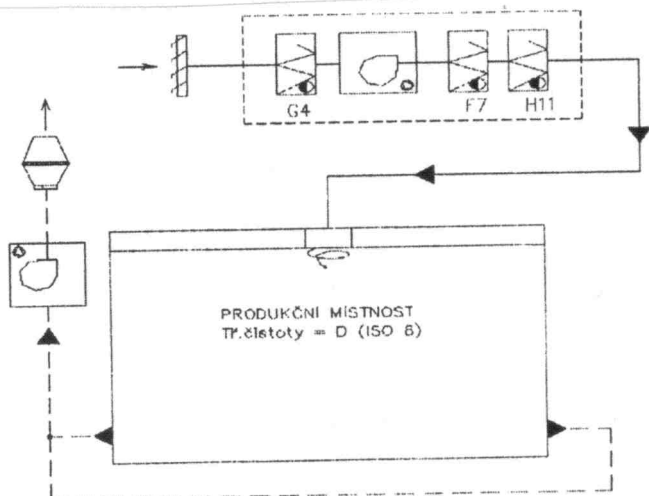
H 14 a vyšší	Všeobecně	Typické příklady použití
- vysoce účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů včetně virů		- filtrace čistých prostorů tříd ISO 4 a lepších - dodávka vzduchu pro biotechnologie

Nátoky na provedení čistých prostorů (dle firmy Block)

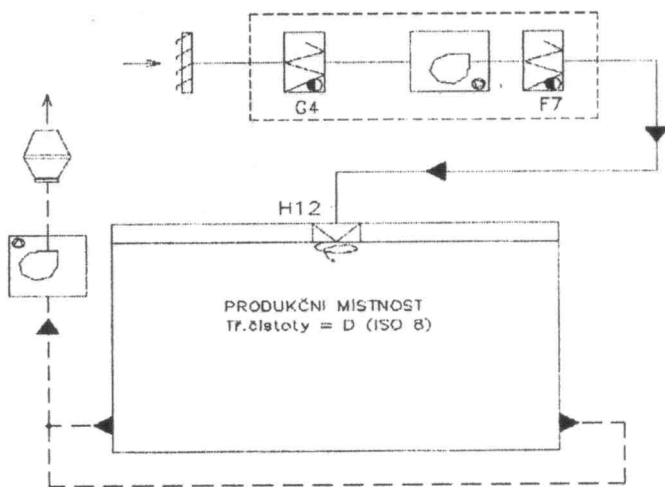
Třída čistoty dle 209e ISO Class dle 14644-1	M 6,5	M 5,5	M 4,5	M 3,5	M 2,5	M 1,5
	8	7	6	5	4	3
Intenzita výměny vzduchu (1/hod)	20 - 25	35 - 60	120 - 300	380 - 580	580 - 640	580 - 640
střední rychlost proudění v prostoru (m/s)			0,1 - 0,2	0,3 - 0,45	0,45 - 0,50	0,45 - 0,50
Druh proudění v prostoru	turbulentní směšovací	turbulentní směšovací	turbulentní směšovací, jednosměrné	turbulentní jednosměrné	turbulentní jednosměrné	turbulentní jednosměrné
Střední rychlost odvodního vzduchu (m/s)	2,5	1 - 2,5	1 - 2,5	0,3 - 0,45	0,45 - 0,50	0,45 - 0,50
Umístění otvoru odvodního vzduchu	ve stěně	ve stěně dole	ve stěně dole nebo podlahou	podlahou nebo ve stěně dole	podlahou	podlahou
Plocha filtrů (% plochy stropu, stěny)	5 - 10	15 - 20	30 - 50	80	90 - 95	90 - 95
1. stupeň filtrace	G4	G4 - F5	F5	F5	F6	F6
2. stupeň filtrace	F7	F7, F8	F8, F9	F9	F9, E10	E10, E11
3. stupeň filtrace	E12	E12, H13	H13, H14	H13, H14	H14, U15	U 15 - U 17
Přetlak (Pa)	5 - 10	> 10	> 10	> 12	> 15	> 15
Kontrola předfiltrů	ročně	pololetně	čtvrtletně	čtvrtletně	měsíčně	měsíčně
Měření částic	ročně	měsíčně	týdně	týdně/ kontinuálně	denně	kontinuálně

* kontinuálně při výrobě dle SVP (GMP) - viz. [SÚKL VYR-32]

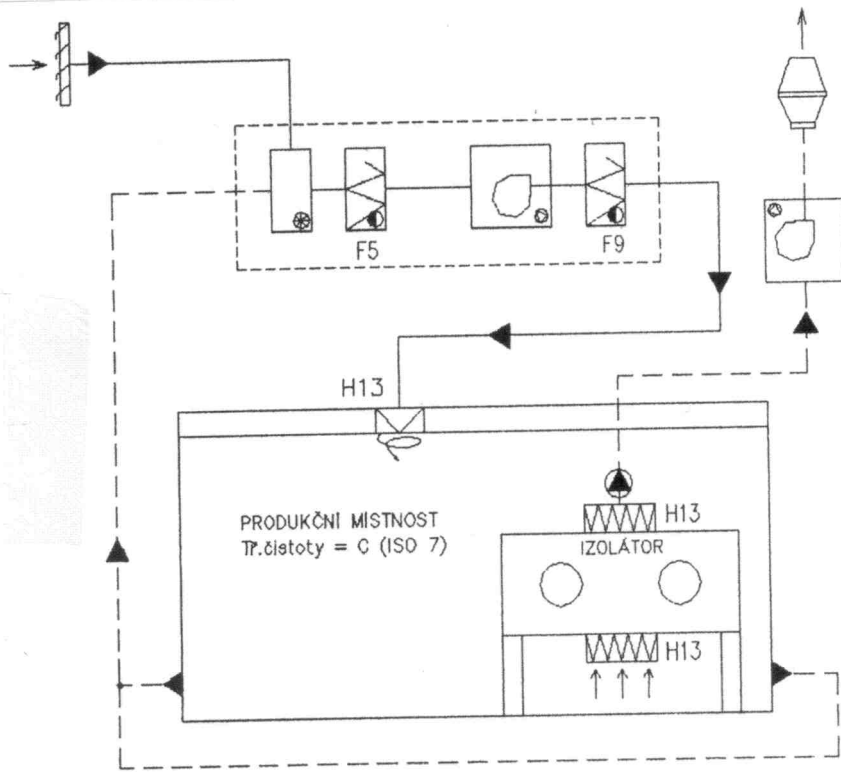
V praxi je skladba zařízení čistých prostorů velmi různorodá dle účelu



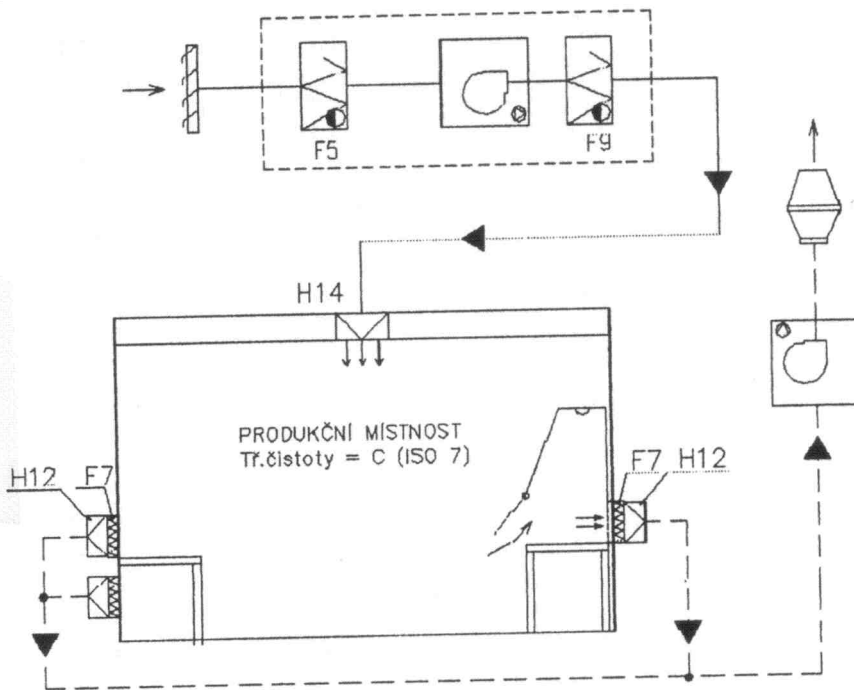
Čisté prostory třídy čistoty D (ISO Class 8), třetí stupeň filtrace je součástí VZT jednotky



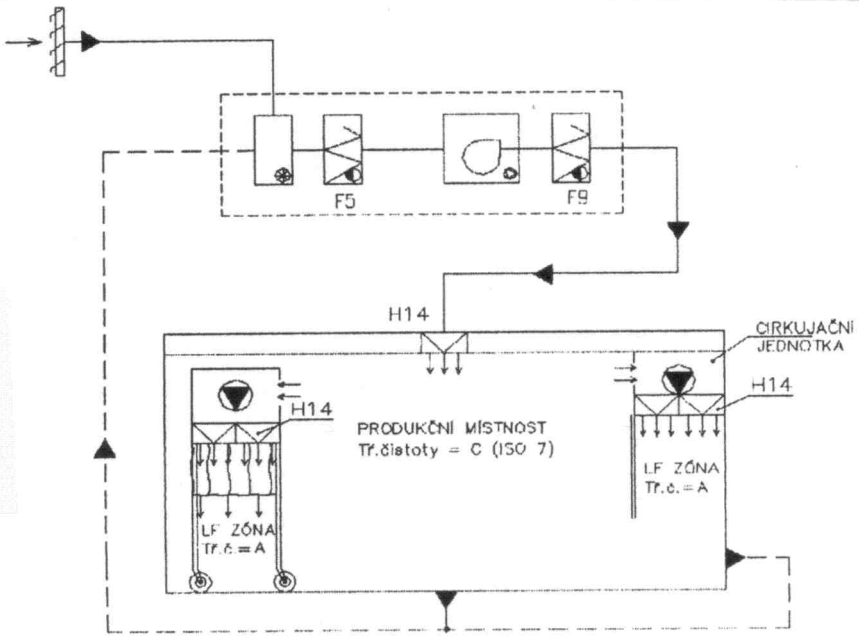
Čisté prostory třídy čistoty D (ISO Class 8), HEPA filtry třetího stupně filtrace jsou umístěny ve stropních filtračních nástavcích (v pohledu jednotlivých místností čistého prostoru)



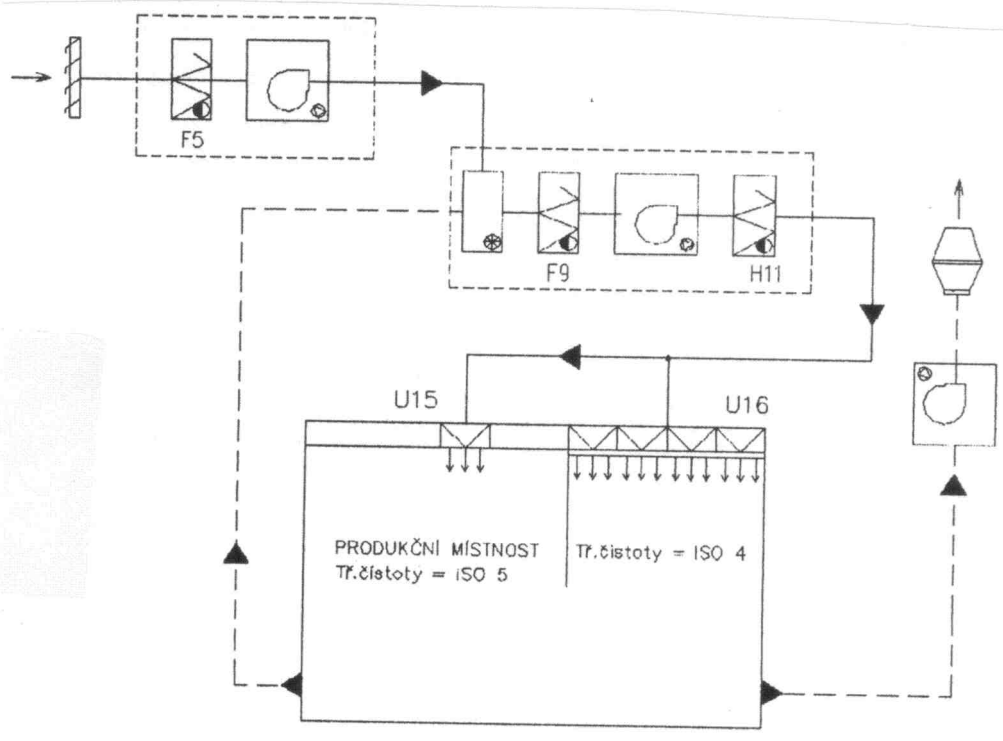
Čisté prostory třídy čistoty C (ISO Class 7) s třetím stupněm filtrace ve stropních nástavcích



Čisté prostory navazování, třídy čistoty C (ISO Class 7) s třetím stupněm filtrace ve stropních nástavcích



Čisté prostory třídy čistoty C (ISO Class 7) s třetím stupněm filtrace ve stropních nástavcích. Prostor je obsluhován VZT systémem pracujícím s oběhovým vzduchem



Produkční čisté prostory v elektrotechnickém průmyslu (výroba polovodičů) osazené stropními ULPA filtry