

LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTRO

**Į S A K Y M A S
DĖL ASBESTO SKAIDULŲ KONCENTRACIJOS ORE MATAVIMO METODINIŲ
NURODYMŲ PATVIRTINIMO**

2006 m. sausio 13 d. Nr. V-34
Vilnius

Vadovaudamasis Darbo su asbestu nuostatų įgyvendinimo priemonių plano, patvirtinto Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro ir Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro 2004 m. liepos 16 d. įsakymu Nr. A1-184/V-546 „Dėl Darbo su asbestu nuostatų patvirtinimo“ (Žin., 2004, Nr. [116-4342](#)) 5 punktu:

1. T v i r t i n u Asbesto skaidulų koncentracijos ore matavimo metodinius nurodymus (pridedama).
2. P a v e d u įsakymo vykdymą kontroliuoti ministerijos sekretoriui pagal administruojamą sritį.

SVEIKATOS APSAUGOS MINISTRAS

ŽILVINAS PADAIGA

**ASBESTO SKAIDULŲ KONCENTRACIJOS ORE MATAVIMO METODINIAI
NURODYMAI****I. TAIKymo SRITIS**

1. Šie metodiniai nurodymai paruošti vadovaujantis PSO rekomenduojamu metodu, ir yra taikomi ore esančių plaušelių koncentracijos nustatymui. Pritaikant metodą stacionariai kontrolei, reikalingi pakeitimai, kurie aprašomi 1 priede. Rezultatų patikimumas priklauso nuo bendrų reikalavimų, keliamų tyrimų laboratorijų kompetencijai pagal LST EN ISO/IEC 17025:2003 „Tyrimų, bandymų ir kalibravimo laboratorijų kompetencija. Bendrieji reikalavimai“. Laboratorija turi dalyvauti tarplaboratoriniuose palyginimuose arba tyrimų kokybės užtikrinimo programose. Šis metodas tinka darbo aplinkos ore esančių visų natūralių ir sintetinių pluoštų, įskaitant įvairias asbesto pluoštų atmainas, kitų natūralių ir sintetinių neorganinių plaušelių koncentracijai įvertinti. Metodas gali būti panaudojamas bandinių paėmimui ar monitoringui, palyginimui su ribinėmis vertėmis darbo vietoje, epidemiologiniams tyrimams. Metodas tinka aukščiau išvardytoms taikymo sritims, jei reikalinga informacija apie ore esančių plaušelių skaitinę koncentraciją ($\text{pl} \times \text{cm}^{-3}$). Gamybinėse patalpose leistinos plaušelių ribinės vertės kai kuriems pluoštams taip pat gali būti reiškiamos masės vienetais ($\text{mg} \times \text{cm}^{-3}$); šiais atvejais masės koncentracijos nustatomos kitais metodais. Skirtingai nuo membraninio filtro metodo, šie masės nustatymo metodai nėra specifiški pluoštams, nes kartu nustatoma ir kitų dalelių bei neskaičiuotinų plaušelių masė. Vadovaujantis šiais metodiniais nurodymais, fazinio kontrasto optinio mikroskopo pagalba matuojama ore esančių plaušelių, apibrėžiamų kaip objektai, kurių ilgis $> 5 \mu\text{m}$, plotis $< 3 \mu\text{m}$, ilgio ir pločio santykis $> 3:1$, koncentracija, išreiškiama $\text{pl} \times \text{cm}^{-3}$. Plaušelių viršutinės pločio ribos nustatymas reiškia, kad kai kurių pluoštų tipų tam tikro pločio plaušeliai nebus skaičiuojami. Visi plaušeliai, atitinkantys nurodytus matmenų kriterijus ir 3.2.3 skyriuje apibrėžtas skaičiavimo taisykles, turi būti suskaičiuoti. Daug plaušelių yra per maži, kad būtų matomi per optinį mikroskopą. Minimalus matomas plotis priklauso nuo optinės sistemos skiriamosios galios, pluošto ir aplinkos terpės lūžio rodiklių skirtumo bei nuo analitiko regėjimo aštrumo. Su geru, teisingai mikroskopu, kuris atitinka šio metodo technines sąlygas, matomumo riba yra apie $0,13\text{--}0,15 \mu\text{m}$. Tačiau praktikoje ploniausi matomi plaušeliai yra $0,2\text{--}0,25 \mu\text{m}$ pločio. Kadangi kai kurių plaušelių įžiūrėti neįmanoma, FKM metodu nustatyti plaušeliai sudaro tik tam tikrą dalį bendro plaušelių skaičiaus (tiksliai dalis nėra pastovi, ji priklauso nuo bandinio tipo ir analitiko). Taigi tyrimo metu gautas skaičius yra tik bendros plaušelių koncentracijos rodiklis, bet ne absoliutus esančių plaušelių matas. Šių metodinių nurodymų taikymas turi kitų apribojimų, kai analizuojami bandiniai, kurių sudėtyje yra plokščių ar į adatą panašių dalelių, taigi metodas turi būti diegiamas tik visapusiškai ištyrus darbo vietos aplinką. Metodas negali nustatyti plaušelių cheminės sudėties ar kristalografinės struktūros, todėl jis negali būti taikomas skirtumams tarp pluoštų tipų nustatyti. Tačiau papildomą informaciją apie plaušelių tipą ar dydį prireikus galima gauti, taikant kitus metodus, pvz., mikroskopiją poliarizuotoje šviesoje, rastrinę elektroninę mikroskopiją, peršviečiamąją elektroninę mikroskopiją. 2 priede nurodoma, kaip ir kam taikomi šie metodai. Tokie metodai gali ypač tikti tuomet, kai toje pačioje darbo vietoje yra skirtingo tipo plaušelių, ir kai ore esančias dulkes sudaro plaušelių ir kitų rūšių dalelių mišinys. Papildomi metodai taip pat naudingi epidemiologiniams tyrimams, kuriems paprastai reikalingas išsamesnis ore esančių teršalų savybių apibūdinimas.

II. METODO PRINCIPAS

2. Bandinys paimamas, žinomą oro tūrį bandinio ėmimo siurbliu įsiurbiant per membraninį filtrą. Filtras daromas permatomu („skaidrinamas“) ir uždedamas ant objektinio stiklo. Išmatuotame plote fazinės kontrastinės optinės mikroskopijos (toliau FKM) pagalba vizualiai skaičiuojamas plaušelių kiekis ir apskaičiuojama šių plaušelių (toliau pl) koncentracija oro tūrio vienetu (cm^3).

3. Bandinių ėmimas. Filtras turi būti iš celiuliozės mišrių esterių ar iš celiuliozės nitrato, akutės dydis 0,8–1,2 mm, filtro skersmuo – 25 mm. Filtro laikiklis turi turėti elektrai laidų gaubtą. Bandiniai turi būti pervežami uždaruose laikikliuose. Srauto greitis turi būti 0,5–16 $\text{litrų} \times \text{min}^{-1}$, ir jis nustatomas taip, kad būtų 100–650 plaušelių $\times \text{mm}^{-2}$. Tuščių bandinių skaičius turi būti 4 % filtrų bendro bandinių skaičiaus; lauke – ≥ 2 % bandinių; laboratorijoje pasirinktinai.

4. Bandinių ruošimas. Bandiniai turi būti ruošiami acetono– triacetino būdu plaušeliams, kurių lūžio rodiklis $> 1,51$, bandiniai patvarūs ≥ 1 metus. Bandiniai turi būti ruošiami acetono/ėsdinimo/vandens būdu plaušeliams, kurių lūžio rodiklis $\leq 1,51$, bandiniai nepatvarūs.

5. Bandinių įvertinimas. Bandiniai turi būti įvertinti fazinio kontrasto optinės mikroskopijos metodu. Mikroskopas turi būti pozityvaus fazinio kontrasto, $\times 40$ objektyvas, didinimas $\times 400$ –600. Walton-Beckett okuliario tinklelis, tipas G-22 (skersmuo $100 \pm 2 \mu\text{m}$). HSE/NPL Mark II kontrolinė plokštelė. Objektiniai mikrometrai (1 mm ilgis, 2 μm padalos). Kalibravimas turi būti atliekamas kontrolinės plokštelės matomumo reikalavimams įvykdyti. Analitė yra plaušeliai. Vizualus skaičiavimas turi būti atliekamas pagal nustatytas skaičiavimo taisykles. Skaičiavimo plotas turi būti pasirinktas atsitiktinis, laikantis nustatytų kriterijų. Skaitusis plaušelis yra ilgesnis nei 5 μm , siauresnis nei 3 μm , ilgio ir pločio santykis $> 3:1$. Plaušeliams taikomos apibrėžtos skaičiavimo taisyklės, kai jie užkloja tinklelio perimetrą ir kai liečiasi su kitais plaušeliais ar kitos rūšies dalelėmis. Aptikimo riba turi būti 10 plaušelių 100 okuliario tinklelio laukų. Poslinkis ir atkuriamumas turi atitikti kriterijus, aprašytus IV ir V skyriuose.

III. PARAMETRŲ TECHNINĖS SĄLYGOS

6. Bandinių ėmimas. Žemiau pateikiamiems metodo parametrų nurodomos rekomenduojamos techninės sąlygos. Kitos techninės sąlygos gali būti taikomos, jei tik vartotojas parodo, kad jomis gaunami rezultatai yra lygiaverčiai gautiems taikant rekomenduotas technines sąlygas.

6.1. Filtras. Membraninis filtras turi būti pagamintas iš celiuliozės mišrių esterių ar celiuliozės nitrato, jo akučių dydis 0,8–1,2 μm , filtro skersmuo – 25 mm. Naudojant filtrus didesnėmis akutėmis, gaunamas mažesnis plaušelių skaičius. Nurodytas akučių dydžio intervalas užtikrina reikiamas filtracijos ir slėgio kritimo savybes; be to, jis leidžia saikingai keisti srauto greitį, kai reikia gauti optimalius plaušelių tankius. Filtrai su akutėmis $< 0,8 \mu\text{m}$ didina pasipriešinimą oro srautui, todėl kai kuriems siurbliams jie gali netikti. Nustatyta, kad 13 mm, 25 mm ir 37 mm skersmens filtrams, bandinio ėmimo metu veikiams to paties priekinio oro srauto greičio, gaunamos palyginamos plaušelių koncentracijos. Tačiau 25 mm skersmens filtrai pranašesni nei 37 mm filtrai, kadangi mažesnis bandinio ėmimo antgalio dydis lengviau pritaikomas imant individualius bandinius, prireikus gali būti paruošiamas visas filtras; 25 mm filtrų laikikliai dabar plačiai naudojami visame pasaulyje. Buvo pranešimų apie nuosėdų netolygumą ant abiejų, 25 mm ir 37 mm, filtrų. Neatsižvelgiant į šią problemą, galimybės keisti filtrų skersmenį, siekiant gauti optimalius plaušelių tankius, pasilieka. Pavyzdžiui, 13 mm filtrai ateityje gali būti dažniau naudojami, nes plaušelių koncentracijos daugelyje darbo vietų nuolat mažinamos. Gali būti naudojami tinklelį turintys filtrai ir filtrai be tinklelio. Spausdinti tinkleliai palengvina tiek mikroskopo fokusavimą į plaušelių plokštumą, tiek padėties nustatymą. Maža to, bet koks filtro tinklelio linijų iškreipimas rodo plaušelių pasiskirstymo pažeidimą, susijusį su filtro neteisingu paruošimu. Kiekvienos filtrų partijos kokybė prieš naudojimą turi būti tikrinama. Turi būti žinomas filtro eksponuojamos dalies skersmuo. Jei keičiamos filtro laikiklio dalys, kurios akivaizdžiai turi įtakos skersmens dydžiui (pvz., žiediniai tarpikliai), efektyvus skersmuo turi būti matuojamas iš naujo. Tinka matavimo būdas, kuomet paimamas tiršto tamsių dulkių debesies bandinys ir filtras ant

objekto stiklo ruošiamas įprastu būdu. Tamsios dangos skersmuo gali būti išmatuotas slankmačiu, tačiau dažniausiai objekto stiklas dedamas ant mikroskopo stalo ir, žiūrint į filtrą prie mažo didinimo, mikroskopo stalas perstumiamas per visą filtro skersmenį. Įveiktas atstumas nustatomas pagal stalo nonijaus skalę. Kiekvieno filtro skersmuo matuojamas dviejose vietose, ir tokiu pat būdu patikrinami trys filtrai, esantys skirtinguose laikikliuose. Jei naudojami skirtingų tipų laikikliai, matavimas kartojamas kiekvienam laikiklio tipui. Jei trijų filtrų skersmenys skiriasi ne daugiau kaip 1 mm, efektyviu skersmeniu laikomas aritmetinis šių skersmenų vidurkis. Jei nustatoma, kad skersmenys skiriasi daugiau nei 1 mm, patikrinamos bandinių ėmimo ir filtro paruošimo metodikos; iš filtro išvaizdos galima spręsti apie filtro laikiklio ar paruošimo procedūros trūkumus (pvz., kiauras filtras ar netolygus padengimas). Efektyvus filtro skersmuo turi būti ne mažesnis negu 20 mm. Yra pranešimų apie adatėlių pavidalo objektų atsiradimą ant membraninių filtrų su bandiniais, kurie būdavo sudrėkinami (ir drėgmės juose šiek tiek likdavo), prieš dedant juos po mikroskopu. Objektai, kurie atsirasdavo praėjus 4 dienoms nuo skaidrinimo ir paruošimo panaudojant acetoną-triacetaną, atitiko skaičiųjų plaušelių apibrėžimą. Taigi filtrai prieš juos skaidrinant ir dedant po mikroskopu turi būti sausi. Tarp filtro ir plaušelių gali pasitaikyti elektrostatinės stūmos atvejų, ypač esant mažam drėgniui. Tokiais atvejais filtras, siekiant pašalinti elektrostatinę krūvį, gali būti iš anksto apdorojamas atitinkama paviršiaus aktyvia medžiaga. Ši medžiaga negali turėti plaušelių. Patikrinimui tiktų metodika, kai filtras įmerkiamas į 0,1 % benzetonio chlorido tirpalą ir per naktį džiovinamas ant sugeriamojo popieriaus lakšto, taip neleidžiama vietomis susidarantiems ploviklio rutuliukams užblokuoti filtro dalį. Individualiam bandinio ėmimui tinkamas filtro laikiklis pateikiamas 3 priede. Gaubtas padeda apsaugoti filtrą nuo atsitiktinio užteršimo ir netyčinio mechaninio sužalojimo bei suteikia plaušeliams galimybę tolygiai nusėsti. Paprastai gaubto ilgis 1,5–3,0 kartus didesnis už efektyvų filtro skersmenį. Galima naudoti trumpesnius gaubtus, jei bus įrodyta, kad gaunami tokie patys rezultatai, kaip ir su ilgais gaubtais. Reikia pasistengti, kad gaubtas būtų gerai įstatytas į kasetę, tik tuomet nutekėjimas yra minimalus.

6.2. Filtro laikiklis. Paprastai turi būti naudojamas filtro laikiklis su atviru priekiu, turintis elektrai laidų gaubtą. Gaubto tvirtinimui prie laikiklio tinka termiškai susitraukianti plėvelė; ji užtikrina sujungimų švarą ir neleidžia teršalams patekti ant filtro, kai filtro laikiklis atidaromas. Turi būti naudojamas elektrai laidus gaubtas, nes tokiu atveju sumažėja plaušelių nuostoliai dėl elektrostatinio krūvio poveikio. Tokį poveikį greičiausiai sąlygoja labai mažas drėgnis ir didelė krūvį turintys pluoštiniai aerozoliai. Skaičiavimui pasirenkami stebėjimo laukai turi būti arčiau filtro centro (vengiant išorinės 4 mm srities nuo filtro skritulio ribos), nes pluoštinės dalelės greičiausiai prarandamos prie filtro krašto, kur kaupiasi statinis krūvis. Siekiant sumažinti skaičiavimo poslinkį, svarbu užtikrinti, kad filtro užpildymas plaušeliais patektų į optimalų plaušelių tankio intervalą, rekomenduojamą šiam metodui. Kartais dėl elektrostatinio krūvio poveikio ar atsitiktinės filtro perkrovos plaušeliai gali nusėsti ant gaubto. Kartais, norint šiuos plaušelius surinkti ir suskaičiuoti, gaubtai yra skalaujami. Galimas daiktas, kad, nuplaunant plaušelius nuo gaubto ir juos nusodinant ant filtro, gali atsirasti skaičiavimo poslinkiai. Dar daugiau, nenaudoti plastikiniai gaubtai gali būti ženkliai užteršti „fono“ plaušeliais (t. y. plastiko dalelėmis), kurie skalaujant atitrūktų. Todėl skaičiuojant ore esančių plaušelių koncentraciją, bet kokie nuo gaubto nuplaunami plaušeliai turi būti atmetami. Numatant iš anksto, kad plaušelių nusėdimas ant gaubto gali būti ryškus, galima naudoti atvirus laikiklius, be gaubto. Jei naudojami žiediniai tarpikliai, jie turi būti pagaminti iš politetrafluoretileno. Filtro laikiklio jungimui prie siurblio naudojamas oro nepraleidžiantis lankstus vamzdis. Teisingai naudojant, filtro laikiklis nukreipiamas žemyn. Individualaus bandinio ėmimui filtro laikiklis turi būti tvirtinamas prie darbuotojo drabužio viršutinio atlapo ar peties, kiek galima arčiau burnos ir nosies, tačiau bet koku atveju ne toliau nei 300 mm. Ten, kur tai įmanoma, ta pati bandinio ėmiklio padėtis nustatoma kiekvienam darbuotojui. Tam tikromis aplinkybėmis, iš vienos darbuotojo pusės koncentracija gali būti didesnė nei iš kitos; bandinių ėmiklis turi būti tvirtinamas toje pusėje, kurioje tikimasi didesnės dalelių koncentracijos. Ateityje vietoj gaubtinio bandinių ėmiklio, kaip labiau tinkama ir tikslesnė plaušelių rinkimo

priemonė, gali būti pasirinktas bandinių ėmiklis, atrenkantis daleles pagal dydį; tai leistų išvengti plaušelių pločio matavimo ir sumažintų fono trikdžius, kuriuos sukelia didelės dalelės.

6.3. Laikymas ir pervežimas. Fiksatoriai neturi būti naudojami. Filtrai turi būti gabenami uždaruose laikikliuose, kurie atidaromi tik prieš pat naudojimą ir iš karto po to uždaromi. Patyrimas parodė, kad plaušelių nebūtina fiksuoti ant filtro paviršiaus su citologijoje naudojamais ar kitokiais fiksatoriais, todėl neturi būti fiksuojama. Pageidautina filtrus pervežti filtrų antgaliuose. Jei tai neįmanoma, filtrus gabenti galima švariose, nuriebalintose skardinėse su gerai užsidarančiais dangčiais arba panašiuose konteineriuose. Filtras už švaraus, imant bandinį nepanaudoto krašto, gali būti tvirtinamas prie skardinės (jei naudojama) su lipnia juosta, po to ji gali būti nuo filtro nupjaunama chirurginiu skalpeliu. Norint apsaugoti nuo gniuždymo ir vibracijos, filtrų laikikliai ar skardinės turi būti sudedami į tvirtą konteinerį, panaudojant pakankamai daug minkštos įpakavimo medžiagos. Konteineriai turi būti pažymėti etiketėmis taip, jų nebūtų įmanoma supainioti, ir būtina užtikrinti, kad filtrai atsitiktinai negalėtų būti panaudojami iš naujo. Pačių filtrų ženklinti nederėtų, nes taip juos galima sugadinti. Dirbant su filtrais, stengiamasi sumažinti elektrostatinio krūvio poveikį. Neturi būti naudojamos dėžutės, išklotos putų polistirenu. Užteršimui sumažinti filtrų laikikliai ir gaubtai prieš naudojimą išplaunami. Filtrai turi būti supakuojami, išpakuojami ir analizuojami vietose, kurios yra kuo mažiau užterštos plaušeliais. Pasirūpinama, kad filtras būtų visuomet imamas tik geros kokybės pincetu ir tik už krašto. Gaubto įleidžiamoji anga prieš gabenimą ir jo metu turi būti uždengta apsauginiu dangčiu ar kamščiu.

6.4. Bandinio ėmimo siurblys. Individualiems bandiniams imti paprastai naudojamas nešiojamasis siurblys su akumuliatoriumi. Akumuliatoriaus talpos turi užtekti, kad jis nuolat veiktų per visą pasirinktą bandinio ėmimo laiką. Kai prie siurblio prijungiamas filtras, srautas neturi pulsuoti. Siurblys turi užtikrinti tolygų srautą, kuris turi būti $\pm 10\%$ reikiamo srauto intervale, kai srauto greitis yra $\leq 2 \text{ litrai} \times \text{min}^{-1}$, ir $\pm 5\%$, kai srauto greitis $\geq 2 \text{ litrai} \times \text{min}^{-1}$. Siurblys turi užtikrinti šį srauto per filtrą greitį, kol imamas bandinys. Į šias leistinas kintamumo ribas įeina bet koks srauto greičio pokytis, kurį gali sukelti pasikeitusi siurblio padėtis. Siurblys turi būti lengvas, kad jį būtų galima nešioti. Gali prireikti diržo jam prilaikyti, jei jis būtų per didelis, kad tilptų darbuotojo kišenėje. Akumuliatorius turi būti pakankamos talpos, kad siurblys galėtų užtikrinti srautą nustatytoje ribose per visą matavimo laiką. Nors siurbliai paprastai turi pulsacijų slopintuvus, tarp siurblio ir filtro gali būti įstatomas išorinis slopintuvas. Atsižvelgiant į siurblio tipą ir aplinkos sąlygas, siurblių gali tekti pašildyti. Tam siurblys per lankstų vamzdį prijungiamas prie laikiklio su įdėtu filtru ir 15 minučių paliekamas dirbti pasirinktu greičiu, kad per šį laiką srauto greitis galėtų nusistovėti (kaip rodo patyrimas, kai kurių tipų stabilizuoto srauto siurblių pašildyti nereikia). Po to filtras išmetamas ir įstatomas naujas filtras bandiniui imti (kai reikia pašildyti kelis siurblius, gali būti naudojamas atskiras filtro laikiklis su įdėtu filtru). Po pašildymo turi būti nustatomas pasirinktas srauto greitis, naudojant etalonuotą oro debitmatį. Pagal vieną iš tinkamų metodikų, etalonuotas debitmatis prijungiamas prie gaubto įėjimo per vamzdį, prakištą per kamštį. Nustatius srautą, siurblys turi būti išjungiamas ir ant gaubto uždedamas įėjimo angai pritaikytas apsauginis dangtis. Siurblio nereikėtų naudoti be įdėto filtro, kad jo nesugadintų dulkės. Bandinio ėmimo sistemos sandarumą galima patikrinti, paleidžiant siurblių su uždarytu filtro-laikiklio bloku ir į liniją įjungtu srauto matavimo įtaisu. Bet koks išmatuotas srautas rodo nutekėjimą, kuris turi būti pašalintas prieš pradedant bandinių ėmimo operaciją.

6.5. Optimalus filtro užpildymas plaušeliais. Ten, kur užteršimas nepluoštinėmis dalelėmis yra mažas, optimalus tikslumas ir preciziškumas pasiekiami, surenkant $100\text{--}650 \text{ plaušelių} \times \text{mm}^{-2}$. Viršutinė tankio intervalo riba gali būti išplėsta iki $1000 \text{ plaušelių} \times \text{mm}^{-2}$, jei yra mažai trukdančių dalelių, tačiau kai yra daug nepluoštinių dalelių ar aglomeratų, ribą gali tekti sumažinti. Tam tikromis aplinkybėmis gali būti sumažinta ir apatinė tankio riba. Poslinkiai vertinant plaušelių koncentraciją, gali atsirasti dėl subjektyvių skirtumų, kai plaušeliai skaičiuojami vizualiai. Dažniausiai, tačiau ne visuomet, plaušelių suskaičiuojama mažiau, jei tankiai dideli, ir suskaičiuojama per daug, kai tankiai maži. Be to, kai tankiai maži, didėja skaičiavimo rezultatų kintamumas. Ir subjektyvūs poslinkiai, ir nuo tankio priklausantis kintamumas sumažėja aukščiau

apibūdintame plaušelių tankio intervale „švariems“ bandiniams. Plaušelių skaičius gali patekti į šį intervalą, tinkamai parinkus srauto greitį, bandinio ėmimo trukmę ir filtro skersmenį. Tais atvejais, kai yra nepluoštinių dalelių ar aglomeratų, plaušelių perdengimo sumažinimui gali tekti mažinti maksimalaus plaušelių skaičiaus ribą. Kai plaušelių skaičius yra mažesnis nei $100 \text{ dalelių} \times \text{mm}^{-2}$, rezultatai linkę turėti didesnę paklaidą ir gali būti šališki. Tokie rezultatai kai kuriomis aplinkybėmis vis dar gali rasti pritaikymą (pvz., jei yra priimtinos koncentracijos vertės, kurių preciziškumas yra mažas), su sąlyga, kad jie viršija žemiausio matuojamo plaušelių tankio vertes.

6.6. Srauto greitis. Imant bandinius, srauto greitis turi būti nuo $0,5$ iki $2,0 \text{ litrų} \times \text{min}^{-1}$, kai lyginamos plaušelių koncentracijos ribinės vertės, nustatytos 4 val. ir 8 val. baziniams periodams. Ten, kur tai įmanoma, srauto greitis turi būti koreguojamas, kad plaušelių tankis patektų į optimalų tikslumo ir preciziškumo atžvilgiu intervalą. Kad būtų galima palyginti su ribinėmis vertėmis, nustatytomis trumpiems periodams (pvz., 10 minučių), srauto greitis gali būti padidintas iki $16 \text{ litrų} \times \text{min}^{-1}$. Nagrinėjamų plaušelių atveju bandinio ėmimo efektyvumas plačiame srauto greičių intervale iš esmės nepriklauso nuo srauto greičio. Tai reiškia, kad srauto greičiai gali būti keičiami, jei tik gaunamas tas pats filtro užpildymas ar gautas filtro užpildymas yra šiam metodui nurodytame optimaliame plaušelių tankio intervale. Mažiausias srauto greitis nurodytame intervale turėtų būti toks, kad kuo mažiau nukentėtų preciziškumas, didžiausias greitis neturi viršyti bandiniams imti naudojamų siurblių, dirbančių normaliomis sąlygomis, našumo. Nurodant aukščiau pateiktus ribinius srauto greičius, atsižvelgta į šiuos faktorius, esant įvairioms sąlygoms. Darbo vietose patogiausia būtų taikyti tą patį srauto greitį; srauto greitis turėtų būti keičiamas tik tose darbo vietose, kur patyrimas ar statistiniai duomenys rodo, kad tinkamam filtro užpildymui reikia kito srauto greičio (ar filtro su kitu skersmeniu). Siurblių reguliuojant pirmą kartą ir srautą tikrinant vėliau, reikalingas etalonuotas darbinis debitmatis. Paprastai tai turėtų būti nešiojamas debitmatis su siaurėjančia anga arba plūdinio tipo debitmatis (t. y. „rotametas“), prieš tai patikrintas pagal etaloninį debitmatį. Pageidautina, kad etaloninis debitmatis būtų susietas su nacionaliniais standartais ir naudojamas kruopščiai laikantis kalibravimo liudijime nurodytų sąlygų. Taip pat gali būti naudojamas „burbuliukų“ debitmatis, kurio grafinis pavaizdavimas pateikiamas 4 priede. Šiuo įtaisų tikrinamas siurblys traukia muilo plėvelę per kalibruotą vamzdį. Fiksuojamas laikas, per kurį plėvelė praeina tarp dviejų padalų, apibrėžiančių žinomą tūrį. Vietoje vamzdžio gali būti 1 litro biuretė. Tūriui tarp padalų nustatyti biuretė užpildoma distiliuotu vandeniu ir, nusistovėjus temperatūrai, vanduo iš pasirinkto tūrio išsiurbiamas ir pasveriamas, atsižvelgiant į tūrio priklausomybę nuo temperatūros. Tinkamas tirpalas burbulams gaminti gaunamas sumaišius vieną dalį koncentruoto detergento, dvi dalis glicerolio ir keturias dalis vandens. Tirpalu turi būti sudrėkinama visa biuretė, ir, kol drėkinamas vamzdis pasidarys pastoviai šlapias, gali prireikti plėvelę per biuretę pertraukti kelis kartus. Kad šis kalibravimas būtų susietas, laiko matavimo prietaisai patikrinami pagal susietą chronometrą, naudojami sertifikuoti svarsčiai. Darbinis debitmatis turi būti pakankamai jautrus, kad srauto greičių $\leq 2 \text{ litrai} \times \text{min}^{-1}$ rodmenis galima būtų gauti $\pm 10\%$ tikslumu, o greičių $> 2 \text{ litrai} \times \text{min}^{-1}$ rodmenis – $\pm 5\%$ tikslumu. Gali būti naudojamas siurblyje įmontuotas debitmatis, jei jis tenkina šį reikalavimą, tačiau jis turi būti kalibruojamas su prijungtu filtro laikikliu bei jame įdėtu filtru, ir rodmenys turi būti nuskaityti vertikalioje padėtyje, jei tai rotometro tipo debitmatis. Jei tarp bandinių ėmimo antgalio ir debitmačio yra kokių nors nutekėjimų, rodmuo bus netikslus. Srauto greitis turi būti tikrinamas bent jau prieš bandinio ėmimą ir po jo. Jei išmatuotas skirtumas tarp rodmenų didesnis nei 10% , bandinys turi būti atmetamas. Etaloninis debitmatis turi būti naudojamas tik darbiniais debitmačiams kalibruoti, o ne kitam tikslui. Etaloninio ir darbinių debitmačių pakartotinio kalibravimo dažnis priklausys nuo to, kaip dažnai ir kokiam reikalui debitmačiai naudojami. Apskritai, etaloninio ir darbinio debitmačių kalibravimas, atitinkamai, turi būti kasmetinis ir mėnesinis, jei dokumentais nebus patvirtinti ilgesni tarpai. Kalbant apie kalibravimo metodiką, reikėtų papildomai pabrėžti tokius punktus.

6.6.1. Darbiniai debitmačiai paprastai turi būti kalibruojami, prijungiant juos nuosekliai etaloniniam debitmačiui.

6.6.2. Žinant paklaidas dėl slėgio kritimo tarp dviejų prietaisų, debitmačius jungiančiojo vamzdžio skersmuo neturi būti mažesnis už debitmačių prijungimo angas, o jo ilgis turi būti kuo mažesnis. Visi sujungimai turi būti sandarūs.

6.6.3. Tarp abiejų debitmačių nstatoma jokių ribotuvų ar vožtuvų.

6.6.4. Pasirinkus etaloninį ir darbinį debitmačius su siaurėjančia anga, etaloninio debitmačio skalės ilgis turi būti lygus darbinio debitmačio skalės ilgiui ar didesnis.

6.6.5. Kalibravimas turi apimti kiekvieno naudojamo debitmačio laukiamą srauto greičių intervalą.

6.7. Darbiniai debitmačiai naudojami įvairiausiomis aplinkos sąlygomis. Visuose su oro bandinių ėmimu susijusiuose matavimuose vartojamas tūrinis srauto greitis (t. y. srauto greitis išmatuotas ir pateiktas vyraujančiomis temperatūros ir slėgio sąlygomis), bet ne masės srauto greitis (t. y. srauto greitis, perskaičiuotas standartinei temperatūrai ir slėgiui). Jei siurblys dirba tokiomis sąlygomis, kurios gerokai skiriasi nuo kalibravimo sąlygų (pvz., aukščių skirtumai), yra būtinas kalibravimas iš naujo ar srauto greičio korekcija. Jei tai įmanoma, kalibravimas turi būti atliekamas bandinio ėmimo vietoje. Jei tai neįmanoma, korekcijos gali prireikti tuo atveju, jei siurblio veikimas kinta, kintant temperatūrai ir slėgiui. Tikrasis srauto greitis skaičiuojamas pagal lygtį:

$$Q_a = Q_c \sqrt{\frac{P_c T_a}{P_a T_c}},$$

kur: Q_a = tikrasis srauto greitis;
 Q_c = kalibruotas srauto greitis (rotometro rodmenų vertė);
 P_c = oro slėgis kalibravimo vietoje;
 P_a = oro slėgis bandinio ėmimo vietoje;
 T_a = temperatūra bandinio ėmimo vietoje;
 T_c = temperatūra kalibravimo vietoje.

Srauto greitis turi būti koreguojamas, jei skirtumai tarp aplinkos temperatūros ar slėgio kalibravimo ir bandinio ėmimo vietose yra didesni nei 5 %. Prieš imant bandinį, nuo filtro laikiklio nuimamas apsauginis dangtis, įjungiamas siurblys ir pasižymimas laikas. Srauto greitis bandinio ėmimo metu turi būti periodiškai (pvz., kas valandą) tikrinamas, naudojant kalibruotą debitmatį, ir pakoreguojamas iki pasirinkto greičio. Vėliau, įgyjus patyrimo, galima pastebėti, kad kai kurių tipų siurbliams to daryti nereikia, tačiau vis dėlto patartina įsitikinti, kad įranga funkcionuoja tinkamai. Baigiant bandinio ėmimą, būtina pasižymėti laiką, patikrinti srauto greitį, išjungti siurblių ir ant filtro laikiklio užmauti apsauginį dangtį.

6.8. Atskiرو bandinio ėmimo trukmė. Pasirenkant kiekvieno bandinio ėmimo trukmę, turi būti atsižvelgiama į 6.5 skyriuje smulkiai išdėstytus samprotavimus apie plaušelių tankius. Kiekvieno bandinio ėmimo trukmę galima nustatyti pagal tokią formulę:

$$t = \frac{A}{a} \times \frac{L}{c_c} \times \frac{1}{r},$$

kur: t = atskiرو ėmimo trukmė (min);
 A = efektyvus filtro plotas (mm²);
 a = okuliario tinklėlio plotas (mm²);
 L = reikiamas uždengimas plaušeliais (plaušeliai/okuliario tinklėlio plotas);
 c_c = vidutinė plaušelių koncentracija (pl × cm⁻³), kurios tikimasi imant atskirą bandinį;
 r = srauto greitis (cm³ × min⁻¹).

Turint duomenų apie buvusius matavimus, juos reikėtų panaudoti atskiرو bandinio reikiamai ėmimo trukmei nustatyti; kitokiu atveju pradiniu tašku naudinga pasirinkti ribinę vertę. Kai

nacionaliniai įstatymai nustato trumpalaikę bandinio ėmimo ribą, ši laiko atkarpa gali būti naudojama kaip atskiro bandinio ėmimo trukmė. Norint gauti optimalų uždengimą plaušeliais, būtina atsižvelgti į bandinio ėmimo laiko, tūrio, srauto greičio ir numatomos plaušelių koncentracijos tarpusavio priklausomybę. Bandinio ėmimo laikas turi būti matuojamas tiksliai ($\pm 2,5\%$), pageidautina naudoti chronometrus, susietus su nacionaliniais etalonais.

6.9. Tuštieji bandiniai. Ant filtrų tuščių bandinių turi būti ne daugiau kaip 5 plaušeliai 100-ui okuliario tinklelio plotų. Filtrų tuštieji bandiniai naudojami tikrinant, kiek užteršti tiekiami filtrai ir filtrai po apdorojimo visose laikymo ir gabenimo pakopose (lauke ir laboratorijoje). Yra trys filtrų tuščiųjų bandinių tipai.

6.9.1. Filtrai, kurie, tikrinant filtrų partijos tinkamumą laboratorijoje prieš bandinių ėmimą, išimami iš kiekvienos 25 filtrų dėžutės, paruošiami ir suskaičiuojami ant jų esantys plaušeliai (tuščioji „bandinio ėmimo terpė“).

6.9.2. Filtrai, kurie nunešami į bandinio ėmimo vietą ir apdorojami kaip ir normalūs bandiniai, tik nenuimamas apsauginis dangtis nuo filtro laikiklio, nesiurbiamas per juos oras ar jie nekabinami prie darbuotojo; po to šie filtrai paruošiami ir suskaičiuojami ant jų esantys plaušeliai („lauko“ tuštieji bandiniai).

6.9.3. Filtrai, kurie laboratoriniam užterštumui patikrinti paimami iš tinkamos kokybės filtrų partijos, paruošiami ir suskaičiuojami ant jų esantys plaušeliai („laboratoriniai“ tuštieji bandiniai).

6.10. Pagal įprastinę metodiką tuščioji bandinių ėmimo terpė atrenkama, paimant keturis tuščius filtrus iš kiekvienos 100 filtrų partijos (t. y. vienas filtras iš kiekvienos mažos 25 filtrų dėžutės). Lauko tuščiųjų bandinių dalis turi sudaryti apie 2% bendro bandinių skaičiaus, kol nėra pagrindo manyti, kad reikėtų imti daugiau lauko tuščiųjų bandinių. Laboratorinis tuščiasis bandinys gali būti įvertinamas kartu su kiekviena įprastų bandinių partija, arba vėliau, jei kyla įtarimų, kad užteršimo šaltinis yra laboratorijoje. Filtrų tuščiųjų bandinių, naudojamų skaičiavimo palyginimuose, medianiniai plaušelių tankiai svyruoja nuo 0,3 iki 6,7 plaušelių $\times \text{mm}^{-2}$. Pastaroji vertė atitinka maždaug 5 plaušelius 100 tinklelio plotų. Naudojant šį metodą, tai yra maksimalus priimtinas rezultatas tuščiajam filtrui. Ten, kur įmanoma, kol nebus atlikti visi skaičiavimai, tyrėjas neturi žinoti apie tai, kurie filtrai yra tuštieji bandiniai. Jei gaunami padidinti rezultatai, iš pradžių ištiriamos potencialios vidinės priežastys (pvz., skaičiuotojo klaida, dengiamojo stiklo užteršimas). Jei padaroma išvada, kad dėl to kaltas filtras, turi būti atmetama visa filtrų partija. Užteršimo atveju matavimas turėtų būti laikomas tik apytikriu ore esančių plaušelių įverčiu. Skaičiavimo rezultatai, gauti su lauko tuščiaisiais bandiniais, paprastai turėtų būti atimami iš bandinių rezultatų, tačiau, jei lauko tuščiųjų bandinių rezultatai yra aukšti (t. y. virš maksimalios priimtinos ribos), reikėtų ištirti to priežastis.

7. Bandinių įvertinimas.

7.1. Bandinių ruošimas. Filtrui su plaušeliais, kurių lūžio rodiklis didesnis nei 1,51, skaidrinti ir sumontuoti turi būti taikomas acetono-triacetino metodas. Neorganiniams pluoštams su mažesniu lūžio rodikliu turi būti taikomas acetono/ėsdinimo/vandens metodas. Po mikroskopu gali būti dedamas visas filtras ar jo dalis. Gali prireikti dalį filtro pasilikti nepanaudotą vėlesniems darbams, jei paruoštos dalies tyrimas parodo, kad reikalinga tolesnė analizė (pvz., pluošto atpažinimas). Jei filtrą reikia padalyti, pjaunama skalpeliu, „ridenant“ skersai filtro nuo smailiojo galo kulno link. Žirklys nenaudotinas. Filtras turi būti supjaustomas išilgai skersmens į pleištinis segmentus, kurių plotas ne mažesnis nei ketvirtadalis filtro ploto. Kai kurių organinių pluoštų atveju dėl filtrų pjaustymo gali žymiai sumažėti plaušelių skaičius. Skaičiavimo lygių sistemingi kitimai apie 20–30% yra susiję su skirtingais filtro paruošimo metodais. Duotajam pluoštui taikant vienodą procedūrą, tokie skirtumai išnyksta. Visą laiką turi būti laikomasi švaros. Nešvariai paruošti objektiniai stiklai užteršia bandinius ir gaunami neteisingi rezultatai. Prieš ruošiant bandinius, objektiniai ir dengiamieji stiklai, skalpelis ir pincetas turi būti šluostomi lėšiams valyti skirtu audeklu ar pramonėje gaminamu plonu popieriumi. Patikrinama, ar jie neužteršti, ir dedama ant švaraus paviršiaus, pvz., audeklo lėšiams valyti. Filtro skaidrinimo metodas, naudojant acetono garus, yra paplitęs tarptautiniu mastu, tačiau taikomas turi būti atsargiai: smarkiau deformuojant

filtrą, sugadinamas bandinys. Prieš taikant šį metodą kai kuriems organiniams pluoštams, jį reikėtų patikrinti, nes tokių pluoštų plaušeliai acetone gali kažkiek patirpti. Filtro skaidrinimo metodo esmę sudaro tai, kad filtras paveikiamas acetono garais, kurie kondensuojasi ant jo, suardo jo akutes, ir taip filtras skaidrėja. Tuomet filtras tvirtinamas ant objekto stiklo, ant kurio jis atrodo lyg permatoma ir vienalytė plastiška plėvelė su plaušeliais viršutinėje pusėje. Siekiant gauti optimalų kontrastą, reikia užlašinti skysčio. Jei pluošto lūžio rodiklis (LR) viršija 1,51, tinka triacetinas (glicerolio triacetatas); neorganinių pluoštų, kurių $LR \leq 1,51$, plaušeliams išryškinti filtro paviršius turi būti iššedzinamas, o kaip kontrastinis skystis naudojamas vanduo. Paruošti filurai, kurie buvo apdoroti acetonu-triacetinu, irsta labai lėtai, jei apskritai tai atsitinka; acetono/ėsdinimo/vandens metodu apdoroti filurai neilgalaikiai. Filtrams ruošti naudojamus reagentus ir medžiagas yra svarbu patikrinti dėl galimo užteršimo. Prieš ruošiant tikruosius bandinius, rekomenduojama pasipraktikuoti su švariais filtrais. Filurai su bandiniais, kurie buvo labai drėgnoje aplinkoje, prieš apdorojant juos acetonu, turi būti atsargiai išdžiovinami, nes taip jie bus skaidresni. Acetono garai gali būti gaunami vienu iš trijų metodų: „karšto bloko“ (tinkamiausias), „virintuvo“ ir „grįžtamojo kondensatoriaus“. Skaidrinimas dviem pastaraisiais metodais turi būti atliekamas traukos spintoje. Įspėjimas: acetono garai labai lengvai užsiliepsnoja ir šiek tiek nuodingi. Jis niekuomet neturi būti naudojamas arti atviros liepsnos.

7.1.1. Naudojant karšto bloko metodą, kurio schema pavaizduota 5 priede, į bloką su viduje įtaisytu šildytuvu įpurškiama tiek acetono, kiek reikia vienam filterui skaidrinti. Acetonas išgaruoja ir garų srauto pavidalu ištrykšta per antgalį, po kuriuo padėtas filtras. Pramoniniai karštų blokų variantai turi būti naudojami pagal gamintojo teikiamas instrukcijas. Filtras dedamas bandinio puse į viršų švaraus objekto stiklo centre, tinklėlio linijos turi būti lygiagrečios stiklo kraštams. Į bloką įpurškiama apie 0,25 ml acetono, virš filtro atsiranda garų srovė. Filtras praskaidrėja. Nors mažas naudojamo acetono kiekis visiškai sumažina gaisro pavojų, liepsnos šaltiniai laikomi atokiau, o nenaudojant butelis su acetonu turi būti užkimštas.

7.1.2. Pagal virintuvo metodą, kuris iliustruojamas 6 priede, acetonas garinamas aukštame, siaurame, plokščiadugniame inde, arti viršaus turinčiame aušinimo gyvatuką. Prie dangčio pritvirtinamas standus vielinis rėmas, tvirtai laikantis objekto stiklą. Gyvatuku teka šaltas vanduo, todėl didesnė dalis acetono garų kaupiasi apačioje. Vandens linija turi turėti indikatorį, pagal kurį aiškiai matytųsi vandens tekėjimas. Reikalingas šildytuvas, nuo kurio acetono garai negalėtų užsiliepsnoti, pvz., recirkuliuojančios alyvos vonia. Reikia vengti galimų liepsnos šaltinių, tarp jų ir kibirkščiuoti linkusių elektros jungiklių jungimo. Vandens garai, susidarę šildymui naudojant karšto vandens vonią, gali būti blogo filtrų skaidrumo priežastis. Virintuvu būtina naudotis traukos spintoje, taip pat patartina jį įstatyti į indą, į kurį susirinktų netyčia išsiliejęs acetonas. Virintuve acetono garai tvyro tūryje, ribojamame aušinimo gyvatuko, kuris mažina gaisro pavojų. Acetono reikia naudoti kiek galima mažiau, jis neturi būti paliekamas nenaudojamame aparate ir neturi būti garinamas, jei filurai neskaidrinami. Kai tik galima, virintuvą uždengiamas dangčiu. Liepsnos šaltiniai turi būti laikomi gerokai toliau nuo įrenginio, ir patalpoje draudžiama rūkyti. Atsukamas gyvatuką aušinančio vandens čiaupas, į indą įpilama apie 30 ml acetono. Dangtį uždengus, indas pašildomas. Acetonui užvirus, dangtis nuimamas, objekto stiklas su jo viduryje bandiniu į viršų uždėtu membraniniu filteru įstatomas į rėmą. Filtro tinklėlio linijos turi būti lygiagrečios objekto stiklo kraštams. Dangtį uždėjus, objektinis stiklas nusileidžia į inde tvyrančius garus. Objektinis stiklas turi nuskaidrėti per kelias sekundes, tuomet jis išimamas.

7.1.3. Pagal grįžtamojo kondensatoriaus metodą, kurio schema parodyta 7 priede, skystas acetonas laikomas trikklėje kolboje, kurios vienoje angroje yra įstatytas grįžtamasis kondensatorius. Viena iš kitų dviejų angų yra užkimšta, o trečioje angroje acetono garams išleisti įstatytas dviangis čiaupas. Acetonas virinamas, kol per išleidimo angą ima tekėti pastovi acetono garų srovė. Filtras bandinio puse į viršų dedamas ant švaraus objektinio stiklo, kuris, paimtas švariu pincetu, 3–5 sekundes tiesiog laikomas garuose, maždaug 15–25 mm atstumu nuo išleidimo angos. Kad garai vienodai pasklistų po filtrą, jis lėtai judinamas skersai išleidimo angos, kol tampa skaidrus. Jei užgarinama per mažai, filtras nepraskaidrėja; jei garų būna per daug (ir ypač, jei atsiranda acetono

lašai), filtras suardomas, nes jis ištirpsta ar susitraukia tiek, kad tampa netinkamas naudoti. Objektinis stiklas neturi būti iš anksto pašildomas, nes, norint filtrą tinkamai praskaidrinti, acetono garai turi kondensuotis ant stiklo.

7.1.4. Pagal kiekvieną metodą acetoniui kelias minutes leidžiama nuo filtro nugaruoti, tuomet ant filtro ar dengiamojo stiklo iš mikropipetės užlašinamas triacetino lašas (apie 10 μ l), kurio, uždėjus dengiamąjį stiklą, pakanka paskleisti po visą filtrą, tačiau neišsiliejant apie kraštus. Dengiamasis stiklas atsargiai dedamas ant filtro kampu, nes taip išstumiamas visas oras, tačiau stiklas prie filtro neprispaudžiamas. Filtro grūdėtumas per trumpą laiką sumažėja, ir skaičiavimą galima pradėti, kai tik bandinys pasidaro skaidrus. Jei skaidrėjimo procesas lėtas, prieš skaičiavimą gali tekti palikti objekto stiklą 24 valandoms arba pašildyti 15 minučių prie maždaug 50 °C. Paruoštas objektinis stiklas išsilaiko metus ar daugiau be pastebimo suirimo, nors gali pasitaikyti nedidelis plaušelių pasislinkimas. Pageidautina objektinius stiklus laikyti paguldytus. Stiklą išlaikyti ilgiau galima patepant dengiamojo stiklo kraštus mikroskopijoje naudojamais klijais.

7.1.5. Jei pluošto LR yra $\leq 1,51$ (koks yra daugelio neorganinių pluoštų), turi būti naudojamas toks metodas. Skaidrinimas acetonu suplonina filtrą iki maždaug 15 % jo pradinio storio. Šios procedūros metu susidaro skaidri plastiška plėvelė, kuri yra minimaliai deformuota ir neirsta. Plaušeliai yra įterpti paviršiuje, tačiau, esant faziniam kontrastiniam apšvietimui, gali būti nematomi, jei pluošto ir filtro lūžio rodikliai yra artimi. Taigi plaušeliai turi būti išryškinami, nuėsdinant filtro paviršių ir įmerkiant juos į skystį su gerokai besiskiriančiu LR. Ėsdinimas atliekamas objektinį stiklą su filtru įdedant į plazminį degintuvą, kuriame pašalinamas filtro paviršinis sluoksnis. Plaušeliai išryškėja, tačiau dar laikosi prie filtro. Deguonis leidžiamas apie 7 minutes 8 cm³ $\times$ min⁻¹ greičiu. Naudojamas rekomenduotas 100 W galingumas tiesioginiams ir 2 W galingumas atspindėtiems radijo dažnių spinduliams. Informacijos apie kitų tipų plazminių degiklių kalibravimą galima rasti literatūroje. Ant išėsdinto filtro užlašinamas vienas ar du lašai distiliuoto vandens ir uždedamas dengiamasis stiklas; vėlgi žiūrima, kad po juo nepatektų oro burbuliukų. Vandens turi pakakti tarpui tarp dengiamojo stiklo ir filtro užpildyti, tačiau jis neturi išsiliesti per kraštus. Vandens LR lygus 1,33, todėl geras kontrastas užtikrinamas net pluoštams su mažu LR. Norint įsitikinti, kad vanduo nėra užterštas bakterijomis ar plaušeliais, būtina paruošti tuščius filtras; atsižvelgiant į tai, kas bus nustatyta, gali prireikti vandenį filtruoti.

7.2. Reikalavimai optikai.

7.2.1. Mikroskopas. Mikroskopas turi būti nustatomas taip, kad matytųsi HSE/NPL Mark II kontrolinės plokštelės 5 grupės briaunos; 6 grupės briaunos gali būti matomos iš dalies, tačiau 7 grupės briaunos neturi būti matomos. Mikroskope turi būti Köhler ar Köhler tipo šviesos šaltinis, tolygiai apšviečiantis bandinį; Postalio blokas, kurį sudaro Abbe ar achromatinis fazinio kontrasto kondensorius, esantis centruojančiame fokusavimo laikiklyje, ir fazinio kontrasto žiedas su centravimo korekcija, nepriklausoma nuo kondensoriaus centruojančio mechanizmo; mechanškai valdomas koordinatinis stalas, turintis objektinio stiklo laikiklius ir pastūmą x-y ašių kryptimis; mažo didinimo objektyvas, pvz., $\times 10$ didinimo, kuris tinka nustatyti objektinio mikrometro ir kontrolinės plokštelės briaunelių padėtį bei preliminariai įvertinti dulkių nusėdimo ant filtro tolygumą; didelio didinimo teigiamo fazinio kontrasto objektyvas, kurio didinimas paprastai yra $\times 40$, kuris naudojamas skaičiavimui; skaitinė objektyvo apertūra, kuri lemia mikroskopo skiriamąją galią, turi būti tarp 0,65 ir 0,75, geriausiai tarp 0,65 ir 0,70. Fazinio kontrasto žiedo absorbcija turi būti tarp 65 % ir 85 %, geriausiai tarp 65 % ir 75 %; binokuliarinis okuliaras, geriausiai plačiakampis, su kuriuo bendras didinimas būtų $\times 400$ –600, tačiau geriausiai $\times 500$ (tai atitinka $\times 40$ objektyvą ir $\times 12,5$ okuliarą). Nors vienas iš okuliarų turi būti fokusuojantis ir kad būtų galima į jį įstatyti okuliario tinklėlį; Walton-Beckett okuliario tinklėlis, G-22 tipo, pritaikytas vartotojo mikroskopui. Papildomai turi būti naudojami priedai (centruojantis optinis vamzdis ar Bertrand objektyvas, kad teisingai būtų atliekamas fazinių žiedų kondensoriuje ir objektyve centravimas; žalias filtras, kuris palengvina matymą, kadangi mikroskopo optika kuriama žalios šviesos bangos ilgiui; objektinis mikrometras; HSE/NPL Mark II fazinio kontrasto kontrolinė plokštelė; okuliario viršutinės dalies antdėklai akiai priglausti turi būti elastiški arba nuimami, kad mikroskopu galėtų

naudotis akinius dėvintys analitikai; dengiamieji stiklai, kurių storis atitiktų objektyvo modelį (pvz., Nr. 1,5, paprastai 0,16–0,19 mm storio) ir apie 25 mm skersmens ar pločio; 76 × 25 mm ir 0,8–1,0 mm storio objektiniai stiklai). Skirtumai tarp to, koks mažiausias plaušelių plotis nustatomas skirtingais fazinio kontrasto mikroskopais, gali prisidėti prie tarp laboratorinių skirtumų skaičiuojant plaušelius, nes tipišku plaušelių skersmenys pasiskirsto link verčių gerokai mažesnių, nei fazinio kontrasto mikroskopų skiriamoji galia. Todėl svarbu išlaikyti vienodą nustatymo lygį prie matomumo ribos, taigi didelė reikšmė turi mikroskopo kokybė, jo nustatymas ir aptarnavimas. Tinkamus skaičiavimus gali atlikti laboratorijos, naudojančios įvairius mikroskopus, kurių techninės charakteristikos atitinka aukščiau aprašytas charakteristikas. Patartina, kad visos mikroskopo dalys būtų to paties gamintojo. Mikroskopas turi būti reguliariai kalibruojamas ir prižiūrimas; kalibravimo ir aptarnavimo darbai turi būti registruojami.

7.2.2. Okuliario tinklelis. Walton-Beckett G-22 tipo okuliario tinklelis yra vienintelis tinklelis, specialiai pritaikytas pagal metodą nurodytų matmenų plaušeliams skaičiuoti. Šis tinklelis, kurio grafinis pavaizdavimas pateikiamas 8 priede, yra apskritas, jo skersmuo objekto plokštumoje yra 100 μm, kas 3-μm ir 5-μm sužymėtomis linijomis padalytas į ketvirčius; apie apskritimą yra pateikiamos formos, kurios vaizduoja kritinės ilgio, pločio ir formato vertes. Okuliario tinklelio paskirtis yra nustatyti matymo lauko plotą, kuriame skaičiuojami plaušeliai, bei pateikti žinomų matmenų palyginamuosius vaizdus ir mastelius, kurie naudojami plaušelių dydžiui matuoti. Skirtingos formos ir dydžių tinkleliai gali turėti įtakos skaičiavimo rezultatams. Tinklelis turi būti padarytas tam mikroskopui, su kuriuo jis yra naudojamas, atsižvelgiant į tikrąjį didinimą. Taigi užsakant tinkelį būtina nurodyti mikroskopo tipą, okuliario tinklelio stiklinio disko išorinį skersmenį. Be to, tinklelyje milimetrais nurodomas atstumas, kuris atitinka 100 μm mikroskopo objekto plokštumoje. Šis atstumas gali būti išmatuotas su bet koku kitu okuliario tinkleliu. Mikroskopas nustatomas taip, lyg juo būtų skaičiuojama su įdėtu turimu tinkleliu. Tinklelio skalės tariamo atstumo L nustatymui (mm), turi būti naudojamas etalonuotas objektinis mikrometras. Paskui tinklelis išimamas iš okuliario ir išmatuojamas tikrasis tinklelio skalės atstumas Y (mm); tikrasis skalės atstumas X (mm), kuris atitinka tariamą 100 μm ilgį, skaičiuojamas pagal formulę:

$$X = 100 Y/L.$$

Dydis X yra atstumas tinklelio skalėje, atitinkantis 100 μm objekto plokštumoje, kuris turi būti nurodomas, užsakant tinkelį. Y turi būti išmatuotas $\pm 2\%$ tikslumu. Jei mikroskopas prie stalo turi nonijaus skalę, ir jei nėra geresnio metodo, Y gali būti išmatuotas taip: turimas tinklelis dedamas ant stalo ir, žiūrint į jį prie mažo didinimo, nustatoma, kaip toli (milimetrais) turi būti pastumtas stalas per visą tinklelio Y atstumą. Gautas Walton-Beckett tinklelis įstatomas į mikroskopą, kuriam jis buvo užsakytas. Jo tariamas skersmuo objekto plokštumoje turi būti patikrintas objektiniu mikrometru ir turi būti tarp 98 ir 102 μm. Šis skersmuo turi būti patikrintas su naudojimui sureguliuotu mikroskopu ir teisingą ilgį turinčiu tubusu, jei šis ilgis yra keičiamas. Kai kuriuose mikroskopuose tarpokuliarinio atstumo keitimas pakeičia didinimą; mikroskopas turi būti patikrintas ir dėl to. Jei šis reiškinys yra akivaizdus, tinklelio skersmuo turi būti matuojamas, esant tam pačiam tarpokuliariniam atstumui, kuris naudojamas skaičiuojant. Išmatuotas skersmuo turi būti naudojamas skaičiavimuose.

7.2.3. Objektinis mikrometras. Objektinis mikrometras naudojamas Walton-Beckett tinklelio skersmens matavimui. Ten, kur galima, objektinis mikrometras turi būti kalibruojamas pagal nacionalinius ar tarptautinius etalonus. Geriausiai būtų, jei laboratorija turėtų bent du objektinius mikrometrus. Vienas iš jų būtų vidinis pamatinis etalonas ir jis būtų susietas. Toks pamatinis etalonas turėtų būti naudojamas vidiniam kitų objektinių mikrometrų kalibravimui ir niekam daugiau. Susiejama, pasinaudojant paslaugomis arba organizacijos, kuri turi aptariamo kalibravimo nacionalinę akreditaciją, arba organizacijos, turinčios nacionalinį etaloną. Plaušelių matavimo laboratorija turi iš minėtos organizacijos gauti kalibravimą patvirtinantį dokumentą – oficialų kalibravimo liudijimą. Susietą objektinį mikrometrą reikia kalibruoti iš naujo tik tuomet, jei kiltų

įtarimas, kad pasikeitė jo stovis ar tikslumas. Kitas (ar daugiau) mikrometras, naudojamas tinklelio skersmens matavimui. Naujas ir mažiausiai kartą per metus vėliau (prireikus, ir dažniau) šis darbinis objektinis mikrometras turi būti kalibruojamas, naudojant susietą objektinį mikrometrą. Tai daroma, kiekvienu objektiniu mikrometru nustatant tinklelio skersmenį ir lyginant rezultatus. Kaip buvo pabrėžta anksčiau, nelygu koks mikroskopas, tubuso ilgis ir tarpokuliarinis atstumas gali turėti įtakos didinimui; todėl šie matmenys turi būti skaičiuotojo teisingai nustatomi prieš matuojant tinklėlį. Dirbant tinklelio skersmuo objekto plokštumoje turi būti tikrinamas kasdien, prieš kiekvieną plaušelių skaičiavimo seansą. Atskirai kiekvienas analitikas turi išmatuoti matymo lauko skersmenį su mikroskopu, teisingai nustatytu pagal savo regėjimą. Geriausia būtų, jei tam objektinis mikrometras turėtų 1 mm ilgio skalę su 2 μ m padalomis, nes tinklelio matmenys turi būti 100 ± 2 μ m. Rezultatas turi būti užrašomas, o išmatuotas skersmuo panaudojamas plaušelių tankio ar koncentracijų skaičiavimuose.

7.2.4. Kontrolinė plokštelė. HSE/NPL Mark II kontrolinė plokštelė yra vienintelė parduodama plokštelė vizualinei aptikimo ribai nustatyti. Jos vaizdas pateikiamas 9 priede. Kontrolinė plokštelė išmatuoja ar kalibruoja fazinio kontrastinio mikroskopo vizualinę aptikimo ribą. Svarbus faktorius, turintis įtakos tarplaboratoriniams rezultatų skirtumams, yra skirtumai tarp dar aptinkamų plaušelių mažiausių pločių. Tai ypač pasitaiko, kai mikroskopai prieš bandinių analizę nėra teisingai nustatyti. HSE/NPL Mark II kontrolinė plokštelė sudaro paprastas objektinis stiklas, turintis 7 grupes mažėjančio pločio lygiagrečių briaunelių iš dervos. Ant plokštelės dedamas dengiamasis stiklas su kitu, mažesni LR turinčios dervos sluoksniu. Pirmasis dervos sluoksnis yra originalaus objekcinio stiklo replika; antrasis sluoksnis sukuria optinį fazės pasislinkimą, kuris atitinka vaizdą, matomą su paruoštu plaušeliais padengtu filtru. Apie mikroskopą (ir analitiką) galima spręsti pagal ploniausias dervos briauneles, kurias galima pamatyti. Kad mikroskopo ir analitiko derinys būtų tinkamas, turi būti matomos 5 grupės briaunelės; 6 grupėje jos gali būti matomos iš dalies, bet 7 grupės briaunelės neturi būti matomos. Mikroskopas turi būti sureguliuotas pagal gamintojo instrukcijas, ir jo veikimas turi būti tikrinamas su kontroline plokštele kiekvieno plaušelių skaičiavimo seanso pradžioje. Prieš skaičiuojant bandinio plaušelius, gali tekti pakoreguoti tikslųjį fokusavimą ir kondensoriaus fokusavimą.

7.3. Plaušelių skaičiavimas ir rūšiavimas.

7.3.1. Peržiūra, esant mažam didinimui. Plaušelių dangos tolygumui patikrinti visą filtro paviršių būtina peržiūrėti, naudojant mažo didinimo (pvz., $\times 10$) objektyvą. Objektinis stiklas su paruoštu filtru dedamas ant mikroskopo stalo, ir vaizdas sufokusuojamas į viršutiniame filtro paviršiuje esančius plaušelius. Plaušeliai filtro paviršiuje turi būti tolygiai pasiskirstę (išskyrus kraštą, kuris paprastai būna uždengtas filtro laikiklio žiedu, ant pastarojo neturi būti dulkių ir plaušelių). Jei prie mažo didinimo stebimuose laukuose matomi dideli uždengimo skirtumai arba didelis plaušelių ar dulkių telkinys, filtras turi būti atmetas.

7.3.2. Lauko pasirinkimas okuliario tinklelyje. Skaičiavimo laukai pasirenkami atsitiktinai visame matomame analizuojamo filtro paviršiuje. Laukai, esantys arčiau nei 4 mm nuo filtro krašto (ar 2 mm nuo nupjovimo linijos) turi būti atmetami. Taip pat turi būti atmetami laukai, jei: (a) filtro tinklelio linijos iš dalies ar visiškai užstoja vaizdą, (b) daugiau nei vieną aštuntąją tinklelio lauko dalį užima plaušelių ir/ar šiaip dalelių telkinys, atskiros dalelės ar oro burbuliukai, arba (c) analitikas nutaria, kad plaušeliai taip neaiškiai matomi, kad jie negali būti patikimai suskaičiuoti. Atsitiktinės atrankos būdas tiksliau atspindi dalelių pasiskirstymą po visą filtrą, negu kiti būdai, pvz., laukų parinkimas išilgai filtro skersmens. Geras būdas būtų filtro padalinimas (mintyse) į lygius plotus (pvz., ketvirčius), kurių kiekvieno viduje tiriamas maždaug vienodas atsitiktinai parinktų laukų skaičius. Tiksliai sufokusuojama į kiekvieną naują lauką, fokusavimą gali tekti keisti nuo vieno plaušelio prie kito; analitikas turi nuolat sufokusuoti į kiekvieną skaičiuojamą plaušėlį. Turi būti skaičiuojama filtro centro link, kur nuostoliai dėl elektrostatiinių veiksmų yra nedideli, vengiant išorinės 4 mm pločio srities apie filtro apskritimą. Jei pasitaiko (a), (b) ar (c) sąlyga, analitikas turi lauką atmesti ir pereiti prie kito. Ataskaitoje būtina pažymėti, jei atmetamų laukų

skaičius viršija 10 % tinkamų laukų ar jei analitikas mano, kad bandinio negalima suskaičiuoti ar bandinys yra šališkas.

7.3.3. Darbo sąlygos laboratorijoje. Turi būti imtasi reikiamų priemonių užtikrinti, kad laboratorijos darbo metodai ir aplinka neturėtų neigiamos įtakos skaičiavimų tikslumui. Laboratorijos darbo sąlygos gali daryti įtaką skirtingų analitikų skaičiavimo rezultatams. Skirtingi duomenų užrašymo būdai taip pat gali būti nesutapimų tarp skaičiavimų priežastis, nes akys pavargsta skirtingu greičiu. Plaušelių registravimas, keliaujant nuo lauko prie lauko, reikalauja vis naujo akių sufokusavimo po kiekvieno lauko skaičiavimo, tuo tarpu nenutrūkstamas registravimas elektriniu ar mechaniniu skaitikliu yra vienas nuolatinio susikaupimo ciklas. Darbo vietoje, jei tik įmanoma, neturi būti vibracijos. Analitikas turi sėdėti patogiai ir atsipalaidavęs. Norint sumažinti akių nuovargį, būtų geriausia, kad aplink mikroskopą būtų neužstotas tolimas vaizdas nekintamoje švelnioje šviesoje; arba galima naudoti matinio fono ekraną. Niekomet neskaičiuojama ryškioje saulės šviesoje, nes tai gali sumažinti kontrastą tarp plaušelių ir fono. Turi būti apribojamas analitikų per tam tikrą laikotarpį atliktų skaičiavimų kiekis, nes akių nuovargis gali turėti neigiamos įtakos skaičiavimo kokybei. Rekomenduojama ne ilgesnė kaip 6 valandų darbo diena. Analitikas turi maždaug kas valandą daryti 10–20 minučių pertrauką, nors pertraukos ilgis priklauso nuo analitiko savybių, bandinių ir laboratorijos sąlygų. Per šias pertraukas turi būti atliekami akių, sprando ir kaklo pratimai. Per dieną ištirtų bandinių skaičius priklauso nuo analitiko, paprastai bandiniui įvertinti reikia 10–25 minučių.

7.3.4. Skaičiavimo taisyklės. Turi būti laikomasi žemiau aprašytų skaičiavimo taisyklių. Ore esantys plaušeliai ant membraninio filtro būna įvairiausių formų, nuo atskirų plaušelių iki sudėtingų konfigūracijų ir aglomeratų. Atliekantis analizę analitikas gali turėti sunkumų nustatydamas ir suskaičiuodamas plaušelius šiuose aglomeratuose. Be to, skirtingos skaičiavimo taisyklės gali būti skirtingų skaičiavimo rezultatų priežastis. Taigi skaičiuojant plaušelius (su $\times 40$ objektyvu), labai svarbu taikyti vieną taisyklių rinkinį. Šių taisyklių panaudojimo pavyzdžiai iliustruojami 10 priede.

7.3.4.1. Skaitusis plaušelis yra ilgesnis nei 5 μm , jo plotis mažesnis nei 3 μm , o ilgio ir pločio santykis didesnis nei 3:1. Skaitusis plaušelis su abiem galais okuliario tinklelio lauke laikomas vienu plaušeliu; skaitusis plaušelis su vienu galu lauke skaičiuojamas kaip pusė plaušelio. Plaušelis, kuris visiškai kerta okuliario tinklelį, nepatekdamas į lauką nė vienu galu, neskaičiuojamas.

7.3.4.2. Jei plaušelio plotis išilgai keičiasi, žiūrima į vidutinį atstojamąjį plotį. Plaušelio pastorėjimai, kurių priežastis kartais būna derva, neturi būti įskaityti. Jei abejojama dėl pastorėjimo priežasties, laikoma, kad plotis yra mažesnis nei 3 μm . Plaušeliai, kurie yra prilipę (ar tariamai prilipę) prie nepluoštinių dalelių, turi būti vertinami taip, lyg pastarųjų visiškai nebūtų; tačiau įskaičiuojamas tik matomos dalies ilgis, bet ne po kita dalele paslėpta dalis (išskyrus tuos atvejus, kai matomas plaušelio vientisumas).

7.3.4.3. Suskaidytas plaušelis laikomas plaušelių aglomeratu, kuris viename ar daugiau taškų per jo ilgį atrodo ištisas ir sveikas, bet kitose vietose atrodo padalytas į atskirus siūlelius. Suskaidytas plaušelis turi būti laikomas vienu plaušeliu. Tokio plaušelio plotis matuojamas nesuskaidytoje vietoje. Kai pasitaiko kelių plaušelių grupė, jie vertinami kaip atskiri plaušeliai, jei juos lengva atskirti. Ten kur jie sudaro telkinį, kuriame plaušelių negalima atskirti, telkinys turi būti neįskaičiuojamas, išskyrus atvejį, kai jo bendras dydis atitinka skaičiojo plaušelio matmenis, tuomet telkinys laikomas vienu plaušeliu.

7.3.4.4. Turi būti taikomos lauko parinkimo ir atmetimo taisyklės, aprašytos 7.3 skyriuje.

7.3.4.5. Turi būti suskaičiuojama mažiausiai 100 plaušelių ar patikrinta 100 okuliario tinklelio plotų. Tačiau plaušeliai turi būti skaičiuojami mažiausiai 20-yje okuliario tinklelio plotų, net jeigu juose būtų daugiau nei 100 plaušelių.

7.4. Plaušelių koncentracijos skaičiavimas.

7.4.1. Kiekvieno atskiro bandinio ore esančių plaušelių koncentracija išreiškiama taip:

$$c = \frac{A \cdot N}{a \cdot n \cdot r \cdot t},$$

kur c = koncentracija ($\text{pl} \times \text{cm}^{-3}$);
 A = efektyvus filtro plotas (mm^2);
 N = bendras suskaičiuotų plaušelių skaičius;
 a = okuliario tinklelio skaičiavimo plotas (mm^2);
 n = analizuotų okuliario tinklelio skaičiavimo plotų skaičius;
 r = oro srauto per filtrą greitis ($\text{cm}^3 \times \text{min}^{-1}$);
 t = atskiro bandinio ėmimo trukmė (min).

Arba tai gali būti išreikšta taip:

$$c = 10^3 \cdot \frac{D^2 \cdot N}{d^2 \cdot n \cdot v},$$

kur: c = koncentracija ($\text{pl} \times \text{cm}^{-3}$);
 D = eksponuojamo filtro ploto skersmuo (mm);
 N = bendras suskaičiuotų plaušelių skaičius;
 d = okuliario tinklelio skersmuo (mm);
 n = analizuotų okuliario tinklelio plotų skaičius;
 v = oro bandinio tūris (dm^3).

7.4.2. Kai imami bandiniai, kurių skirtinga ėmimo trukmė, koncentracijos vidurkis (c_v) 8 val. pamatiniam laikotarpiui išreiškiamas taip:

$$c_v = \frac{\sum c_i \cdot t_i}{\sum t_i} = \frac{c_1 \cdot t_1 + c_2 \cdot t_2 + \dots + c_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

kur: c_v = koncentracijos vidurkio vertė 8 val. pamatiniam laikotarpiui ($\text{pl} \times \text{ml}^{-1}$);
 c_i = koncentracijos vertė atskirais laiko tarpais ($\text{pl} \times \text{cm}^{-3}$);
 t_i = atskiro bandinio ėmimo trukmė (min.);
 n = bendras bandinių skaičius.

Jei bandinio ėmimo trukmės yra lygios, vidutinė koncentracija (c_a) gali būti gauta pagal tokią supaprastintą lygtį:

$$c_a = \frac{\sum c_i}{n} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{n},$$

kur: c_a = koncentracijos vidurkis ($\text{pl} \times \text{cm}^{-3}$);
 c_i = atskiro bandinio koncentracija ($\text{pl} \times \text{cm}^{-3}$);
 n = bendras bandinių skaičius.

7.4.3. Vidutinė pamainos koncentracija gali būti gauta skirtingais būdais. Jei bandinių ėmimo trukmė atitinka pamainos trukmę, pagal 7.4.1 punktą apskaičiuota plaušelių koncentracija duoda pamainos vidutinę koncentraciją (c_{sa}). Jei atskiras bandinys imamas trumpiau nei pamainą, o bandinys laikomas reprezentuojančiu visą pamainą, pamainos vidutinė koncentracija lygi atskiro bandinio koncentracijai. Jei imami keli nuoseklūs bandiniai ir jų bendra ėmimo trukmė lygi pamainos trukmei, pamainos vidutinė koncentracija skaičiuojama pagal vieną iš aukščiau pateiktų lygčių 7.4.2 punkte, atsižvelgiant į tai, ar atskirų bandinių ėmimo trukmės yra vienodos, ar ne. Jei per pamainą keli bandiniai imami atsitiktinai, ir bendra bandinių ėmimo trukmė yra mažesnė už pamainos trukmę, pamainos vidutinė koncentracija gali būti taip pat apskaičiuota pagal 7.4.2 lygtį, bet tik tuo atveju, jei bandiniai gali būti laikomi reprezentuojančiais visą pamainą.

7.4.4. Lyginant pamainos vidutinę koncentraciją su paveikiosios koncentracijos ribine verte, kuri yra nustatyta apibrėžtam pamatiniam laikotarpiui (paprastai 8 valandoms), pamainos vidutinė koncentracija turi būti padauginama iš tam tikro koeficiento (f), jei tikroji pamainos trukmė yra ilgesnė ar trumpesnė, nei nustatytas pamatinis laikotarpis. Ši korekcija, norint gauti ekvivalentišką poveikumo lygį, duoda hipotetinę koncentraciją, kuri darbininką veiktų, jei jo pamainos trukmė būtų lygi apibrėžtam pamatiniam laikotarpiui. Ši hipotetinė koncentracija vadinama ekvivalentine paveikiąja koncentracija (c_{eq}) ir skaičiuojama taip:

$$c_{eq} = f \cdot c_{sa}$$

kur: f = tikroji darbo (pamainos) trukmė valandomis/pamatinis laikotarpis valandomis.

7.4.4.1. 1 pavyzdys. Pamatinis laikotarpis = 8 h. Tikroji darbo (pamainos) trukmė = 12 h. Pamainos vidutinė koncentracija (c_{sa}) = $1,2 \text{ pl} \times \text{cm}^{-3}$. $f = 12/8 = 1,5$. $c_{eq} = 1,5 \times 1,2 = 1,8 \text{ pl} \times \text{cm}^{-3}$.

7.4.4.2. 2 pavyzdys. Pamatinis laikotarpis = 8 h. Tikroji darbo (pamainos) trukmė = 5 h. Pamainos vidutinė koncentracija (c_{sa}) = $1,2 \text{ pl} \times \text{cm}^{-3}$. $f = 5/8 = 0,625$. $c_{eq} = 0,625 \times 1,2 = 0,75 \text{ pl} \times \text{cm}^{-3}$.

IV. TIKSLUMAS, GLAUDUMAS IR APTIKIMO RIBA

8. Tikslumas. Kadangi konkrečiame dulkių debesyje neįmanoma žinoti „tikrosios“ plaušelių koncentracijos vertės, absoliutus aprašomo metodo tikslumas negali būti įvertintas. Tačiau kai kas yra žinoma apie su bandinio įverčiu susijusiu poslinkiu. Analitikai paprastai suskaičiuoja mažiau plaušelių, negu jų yra tankių dulkių debesyje, ir jų priskaičiuoja per daug retame dulkių debesyje. Kai plaušelių bandiniai imami aplinkoje, turinčioje palyginti mažai pašalinių dalelių, optimalus tikslumas pasiekiamas, kai bandinio tankio intervalas yra nuo 100 iki 1000 plaušelių $\times \text{mm}^{-2}$; kai tankiai didesni, rezultatai gali būti mažesni už tikruosius, tuo tarpu mažesnių tankių atveju rezultatai gali būti padidinti. Tačiau nedaroma jokių pataisų. Rezultatai, gauti už optimalaus intervalo ribų, turi būti pateikiami tiesiog kaip mažesniu tikslumu gauti rezultatai. Aplinkoje, kur yra daugiau nei vieno tipo plaušelių, kitokios rūšies plaušelių ir šiaip dalelių buvimas gali turėti įtakos rezultatų tikslumui, nes yra tikimybė, kad užkloti nepluoštinėmis dalelėmis plaušeliai gali būti nesuskaičiuoti, ir užklotų plaušelių dalis priklauso nuo trukdančių dalelių vidutinio dydžio ir koncentracijos. Praktikoje persiklojimo galimybės įtaka skaičiavimo rezultatams yra maža palyginti su tuo, kiek rezultatams turi įtakos skirtumai tarp pačių skaičiuotojų, ir todėl persiklojimas nėra svarbus šiame metode aprašytoms skaičiavimo taisyklėms. Naudojama skaičiavimo metodika gali turėti įtakos skirtumams tarp skaičiavimo rezultatų, gautų skirtingų analitikų toje pačioje laboratorijoje, ir tuo labiau skirtingose laboratorijose. Tokie skirtumai turi būti mažinami, tinkamai tobulinant darbą rekomenduotu metodu, atliekant vidinę kokybės kontrolę ir dalyvaujant palyginamuosiuose tyrimuose.

9. Glaudumas. Santykinai maža analizuojamo filtro paviršiaus dalis ir plaušelių netolygus pasiskirstymas paviršiuje (statistinis kintamumas), skirtingi metodo aprašymai (sisteminis kintamumas) ir skirtumų tarp skirtingų analitikų atliktų skaičiavimų tikimybė (subjektyvus kintamumas) yra glaudumą bloginantys faktoriai. Sistemingas ir subjektyvus kintamumas gali būti sumažinti, derinant naudojamus metodus, keliant personalo kvalifikaciją, laboratorijai atliekant vidinį kokybės kontrolės patikrinimą ir dalyvaujant palyginamuosiuose tyrimuose (žr. 5 skyrių). Netgi atsižvelgiant į šiuos faktorius, statistinis kintamumas pasilieka neišvengiamas paklaidų šaltinis. Šiame metode statistinis kintamumas priklauso nuo bendro suskaičiuotų plaušelių skaičiaus ir nuo plaušelių pasiskirstymo tolygumo filtro paviršiuje. Logiška daryti prielaidą, kad plaušeliai pasiskirsto pagal Puasono (Poisson) skirstinį. Teoriškai gaunamas atsitiktinai pasiskirsčiusių plaušelių skaičiavimo proceso variacijos koeficientas (toliau VK), lygus $(\sqrt{N})^{-1} \times 100$, kur N yra suskaičiuotų plaušelių skaičius. Taigi 100 plaušelių VK lygus 10 % ir 10 plaušelių – 32 %. 1 lentelėje pateikiamos VK vertės skirtingam suskaičiuotų plaušelių kiekiui, atsižvelgiant tik į statistinį kintamumą. Tačiau tikroji VK vertė yra didesnė dėl kintamumo komponento, atsirandančio dėl subjektyvių skirtumų, pasitaikančių patiems analitikams ir tarp jų. 11 priede pateikiamos tipiškos VK vertės laboratorijoje, kurioje veikia tinkama kokybės kontrolės programa ir kai suskaičiuojama N plaušelių. Skaičiuojant daugiau nei 100 plaušelių, glaudumas nedaug pagerėja. Taip pat metodo glaudumo rodikliai blogėja, kai skaičiuojama mažiau plaušelių; šie glaudumo nuostoliai ypač greitėja, skaičiuojant mažiau nei 10 plaušelių. VK tarp laboratorijų gali būti du kartus ir netgi daugiau didesni nei VK laboratorijos viduje, jei netinkama kokybės kontrolė. Vidutinis VK tarp laboratorijų, skaičiuojant daugiau nei 100 plaušelių, siekia 45 % tose laboratorijose, kurios tinkamai dalyvauja palyginamuosiuose tyrimuose. Šio metodo skaičiavimo taisyklės sumažina subjektyvių sprendimų įtaką ir optimizuoja glaudumą, todėl daroma prielaida, kad jos turės teigiamą poveikį laboratorijos ir tarplaboratoriniam glaudumui.

10. Metodo aptikimo riba. Paklaidos didėja, kai mažėja suskaičiuojamų plaušelių kiekis. Tikrasis 100 okuliario tinklelio plotų suskaičiuotas 10 plaušelių vidurkis maždaug 5 % atvejų gali būti lygus 5 plaušeliams 100 plotų ar mažiau. Tai maksimaliai leistinas skaičius tuščiam filtrui, taigi būtų logiška manyti, kad 10 plaušelių 100 okuliario tinklelio plotų turėtų būti žemiausias matuojamų plaušelių lygis virš „fono“ užteršimo. Šis lygis atitinka filtro uždengimo tankį apie $13 \text{ pl} \times \text{mm}^{-2}$, toks matavimas yra apytikslis ir jo 90 % pasiklovimo režiai yra apie 6,5 ir $23,5 \text{ pl} \times \text{mm}^{-2}$. Tikroji mažiausia plaušelių koncentracija ore priklauso nuo bandinio tūrio ir tikrojo filtro ploto. Pavyzdžiui, šis lygis ($13 \text{ pl} \times \text{mm}^{-2}$), imant 240 litrų oro bandinį ir 380 mm^2 tikrąjį filtro plotą, atitinka $0,020 \text{ pl} \times \text{cm}^{-3}$. Ši analizė atsižvelgia tik į laboratorijos glaudumą. Poslinkis ir tarplaboratoriniai skirtumai gali dar labiau pabloginti gautų rezultatų patikimumą, esant mažiems tankiams (ir mažoms koncentracijoms), ir pakelti galiojančią metodo aptikimo ribą.

V. KOKYBĖS UŽTIKRINIMAS

11. Membraninio filtro metodu gauti rezultatai patikimi tik tokiu atveju, jei naudojama visuotinė kokybės užtikrinimo programa. LST EN ISO/IEC 17025:2003. „Tyrimų, bandymų ir kalibravimo laboratorijų kompetencija. Bendrieji reikalavimai“ nuostatų. Daugelyje šalių buvo sukurtos šio dokumento reikalavimais besiremiančios nacionalinės akreditacijos programos, ir kai kuriuose dokumentuose konkrečiai aprašomi plaukelių nustatymui keliami reikalavimai. Svarbu, kad laboratorijos darbuotojai, imantys ore esančių plaušelių bandinius ar juos vertinantys, ne tik naudotų vieną patvirtintą metodą, bet būtų tinkamai paruošti ir reguliariai tikrinami. Toks ruošimas ir tikrinimas gali pareikalausiti nustatytų žinybinių ar šalies mastu organizuojamų kursų lankymo. Laboratorijos darbuotojams gali tekti įsigyti atitinkamą dokumentu patvirtintą kvalifikaciją; toks personalas taip pat turi turėti reikiamą patyrimą. Svarbią kokybės užtikrinimo programos dalį sudaro skaičiavimo patikrinimai, nes, skaičiuojant vizualiai, pačiose laboratorijose ir tarp jų gaunami ženkliai besiskiriantys rezultatai. Laboratorijos, naudojančios rekomenduojamą metodą ir siekdamos sumažinti tarplaboratorinio kintamumo rezultatus, turi dalyvauti nacionaliniuose ar

tarptautiniuose palyginamuosiuose tyrimuose. Analitikai taip pat turi dalyvauti laboratorijoje atliekamuose skaičiavimų patikrinimuose. Tarplaboratoriniai mainai ir bandinių sutikrinimas gali pagerinti vidinę kokybės kontrolę. Laboratorijoje turi būti atliekami dviejų tipų skaičiavimo patikrinimai: nekintamų, gerai ištirtų etaloninių bandinių skaičiavimai ir pakartotini įprastų bandinių skaičiavimai. Todėl laboratorija turi turėti etaloninių bandinių rinkinį, kuris apimtų padengimo plaušeliais ir fono medžiagomis iš įvairių įprastų bandinių šaltinių intervalą. Šiuos etaloninius bandinius turi periodiškai (pvz., keturi bandiniai per mėnesį) matuoti visi analitikai, visi gauti skaičiai lyginami su etaloniniais tiems patiems bandiniams gautais skaičiais. Etaloninis plaušelių skaičius paprastai gaunamas iš ankstesnių skaičiavimų, pavyzdžiui, gali būti imamas 15 ankstesnių skaičiavimų vidurkis. Apie kiekvieno analitiko rezultatus sprendžiama, remiantis apibrėžtais tinkamo darbo kriterijais (šie kriterijai turi būti griežtesni, nei naudojami palyginamuosiuose tyrimuose). Be to, laboratorijos nustatytą įprastų bandinių dalį (pvz., 1 iš 10) turi perskačiuoti, jei tai įmanoma, kiti analitikai, ir skaičiavimų skirtumai lyginami su tinkamo darbo kriterijais. Jei rezultatai nukrypsta daugiau negu leidžia ribos, turi būti ištiriamos priežastys ir atliekami koregavimo veiksmai. Sistemingi kokybės kontrolės tikrinimo duomenys turi būti saugomi.

VI. LITERATŪRA

12. World Health Organisation, Geneva (1997). Determination of airborne fibre number concentrations. A recommended method, by phase-contrast optical microscopy (membrane filter method). ISBN 92 4 154496 1.

13. 2003 m. kovo 27 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2003/18/EB, iš dalies keičianti tarybos direktyvą 83/477/EEB dėl darbuotojų apsaugos nuo rizikos, susijusios su asbesto poveikiu darbe. Official Journal of the European Union, L 97, 15.4.2003, p. 48-52.

14. LST ISO 8672:2001. Oro kokybė. Ore esančių neorganinių skaidulų skaičiaus nustatymas fazine kontrastine mikroskopija. Membraninio filtro metodas (tapatus ISO 8672:1993. Air quality – determination of the number concentration of airborne inorganic fibres by phase contrast optical microscopy – membrane filter method). Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001.

15. LST EN ISO/IEC 17025:2003. Tyrimų, bandymų ir kalibravimo laboratorijų kompetencija. Bendrieji reikalavimai (ISO/IEC 17025:1999) (tapatus General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (ISO/IEC 17025:1999). Lietuvos standartizacijos departamentas, 2003.

16. LST EN 689:2001. Darbo vietos oras. Įkvėpiamų chemikalų poveikio, lyginant su ribinėmis vertėmis, vertinimo rekomendacijos ir matavimo strategija (tapatus EN 689:1995. Workplace atmospheres: guidance for the assessment of exposure by inhalation to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy). Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001.

17. Burdett GJ (1988) Calibration of low temperature ashers for etching mixed esters of cellulose fibres for TEM analysis of asbestos. London, Health and Safety Executive (nepaskelbtas dokumentas IR/L/DI/88/08, galima kreiptis į Health and Safety Laboratory, Health and Safety Executive, Broad Lane, Sheffield, S. Yorks, England).

18. WHO (1985) Reference methods for measuring airborne man-made mineral fibres. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe (Environmental Health Report No. 4).

19. NAMAS (1989) Asbestos analysis- accreditation for fibre counting and identification by the use of light optical microscopy. Teddington, England, National Measurement Accreditation Service (NAMAS Information Sheet No. 11, 2nd ed.).

20. UKAS (2002) Application of ISO/IEC 17025 for asbestos sampling and testing (UKAS Publication ref: LAB30). United Kingdom Accreditation Service, 2002.

21. ILO (1990) Safety in the use of mineral and synthetic fibres. Geneva, International Labour Office (Working document and report of the Meeting of Experts on Safety in the Use of Mineral and Synthetic Fibres, Geneva, 17-25 April 1989).
 22. AIA (1988) Reference method for the determination of airborne asbestos fibre concentrations at workplaces by light microscopy (membrane filter method). London, Asbestos International Association (AIA Recommended Technical Method No. 1).
 23. ARC (1971) The measurement of airborne asbestos dust by the membrane filter method. Rochdale, England, Asbestos Research Council (Technical Note No. 1).
 24. ANOHSC (1988) Asbestos: code of practice and guidance notes. Canberra, Australian National Occupational Health and Safety Commission.
 25. Hawkins NC, Norwood SK, Rock JC, eds. (1991) A strategy for occupational exposure assessment. Akron, OH, American Industrial Hygiene Association.
 26. HSE (1988) Man-made mineral fibres: airborne number concentration by phase-contrast light microscopy. London, Health and Safety Executive (Methods for the Determination of Hazardous Substances, No. 59).
 27. HSE (1990) Asbestos fibres in air: light microscope methods for use with control of asbestos at work regulations. London, Health and Safety Executive (Methods for the Determination of Hazardous Substances, No. 39/3).
 28. IARC (1988) Man-made mineral fibres. Lyon, International Agency for Research on Cancer (IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 43).
 29. ILO (1984) Safety in the use of asbestos: ILO code of practice. Geneva, International Labour Office.
 30. NAMAS (1992) Accreditation for asbestos sampling. Teddington, England, National Measurement Accreditation Service (NAMAS Information Sheet No. 24).
 31. OSHA (1990) Asbestos in air. Salt Lake City, UT, Occupational Safety and Health Administration (OSHA Method ID-160).
-

STACIONARI KONTROLĖ

Stacionari kontrolė taikoma, vertinant technologinių procesų kontrolės metodikų efektyvumą, ieškant užteršimo šaltinių, nustatant foninę plaušelių koncentraciją ir t. t., tačiau netaikoma poveikio žmogaus sveikatai vertinimui. Fiksuotose vietose, pvz., už asbesto dangų nuplėšimo ir jo hermetiško supakavimo vietos ribų, asbestu užterštos įrangos valymo patalpose, kontroliuojant švarą po asbesto šalinimo, bei asbesto turinčių pastatų ar laivų viduje, surinkti bandiniai vadinami stacionariais bandiniais, jų ėmimas sudaro stacionarios kontrolės pagrindą. Šis bandinių ėmimo būdas dažnai taikomas ten, kur be pagrindinio dominuojančio pluošto yra nemažai kitokios rūšies plaušelių arba dalelių, kurioms tinka 16.3 skyriuje pateikiamas apibrėžimas. Interpretuojant šiuo metodu gautus rezultatus, tokie trukdymai gali sukelti problemų, kurios gali būti išspręstos tik turint informacijos apie pluoštų sudėtį gautos kitais metodais (pvz., elektroninės mikroskopijos metodu).

Parametrai ir metodologija, kurie nurodyti individualių bandinių ėmimo metodikai, tinka ir stacionariai kontrolei. Pagrindiniai skirtumai aptariami žemiau.

1. Bandinių ėmimas. Bandiniai imami fiksuotose vietose. Bandinių ėmimo antgalis turi būti tvirtinamas stovė, paprastai 1–2 metrai virš grindų lygio, gaubtas nukreipiamas žemyn, kad oras prie įėjimo galėtų laisvai cirkuliuoti. Antgalis įrengiamas, atsižvelgiant į vietinius dulkių ar švaraus oro šaltinius. Dėl skersvėjų, kurių greitis didesnis nei 1 m/s, plaušelių gali būti surenkama mažiau.

2. Srauto greitis. Imant bandinius, siurbiamo oro srauto greitis turi būti 0,5–16 litrų $\times$ min⁻¹ intervale. Srauto greičiai imant stacionarius bandinius yra paprastai didesni, nei imant individualius bandinius. Buvo nustatyta, kad anksčiau nurodytame greičių intervale bandinių ėmimo efektyvumas (chrizotilui) nepriklauso nuo srauto greičio.

3. Skaičiavimo sustabdymo taisyklė. Turi būti suskaičiuotas šimtas plaušelių arba patikrinta 200 okuliario tinklelio plotų, atsižvelgiant į tai, kas įvyksta anksčiau. Tačiau plaušeliai turi būti suskaičiuoti mažiausiai 20 okuliario tinklelio plotų. Daugelyje stacionarios kontrolės situacijų būtina patikrinti 200 tinklelio plotų. Jei stacionari kontrolė atliekama, nustatant ore esančių asbesto plaušelių kiekį, kai siekiama, pvz., nustatyti, ar reikia organizuoti asbesto šalinimą, taigi kuomet rezultatai lyginami su švaros rodiklio vertėmis, gali neprireikti ištirti 200 tinklelio plotų ar suskaičiuoti 100 plaušelių. Pvz., jei 30 plaušelių per 200 plotų rodo 0,015 pl $\times$ cm⁻³ koncentraciją (o švaros rodiklis yra 0,010 pl $\times$ cm⁻³), vietą galima būtų įvardyti užteršta, kai tik bus suskaičiuota 30 plaušelių, net jeigu būtų ištirti tik keli tinklelio plotai. Skaičiavimo sustabdymo taisyklė ir minimalus bendras bandinio tūris yra paprastai tokie, kad tipišku švaros rodiklių kaimynystėje suskaičiuotų plaušelių skaičius yra mažesnis, nei optimalaus tikslumo ir glaudumo pasiekimui rekomenduotas tankių intervalas, arba net kai šis skaičius yra mažesnis negu metodo aptikimo riba. Taigi koncentracijos įverčiai dažnai gali būti tik apytikriai. Aptikimo riba priklauso nuo bandinio tūrio, ir ją laboratorija turi pateikti kartu su skaičiavimo rezultatais. Pvz., aptikimo riba, užsibrėžus imti 480 litrų bandinį, esant tikrajam filtro plotui 380 mm² ir tiriant 200 tinklelio plotų, yra 0,010 pl $\times$ cm⁻³. Skaičiavimo rezultatas, esantis žemiau šios ribos, neturi būti pateikiamas tiksliai, bet tiesiog nurodoma, kad yra < 0,010 pl $\times$ cm⁻³.

PLUOŠTŲ KOKYBINĖ ANALIZĖ

1. Šiame priede aprašomas plaušelių skaičiavimo metodas, kuris tinka įvairiems pluoštų tipams. Nors informacija apie tai, kokio tipo plaušeliai susidaro iš medžiagos, parodo, ko reikia ieškoti iš oro paimtuose bandiniuose, tačiau moksliskai nustatyti bandinyje esančio pluošto tipą galima tik tokiais metodais, kurie remiasi įvairiomis mikroskopijos formomis. Pasirenkant analizės metodą ir laboratoriją, reikia atsižvelgti į keletą faktorių. Metodas privalo skirti įvairius bandinyje esančių pluoštų tipus, ir analizę turi atlikti patyrę analitikai. Būtų geriausia, kad analitikas būtų baigęs geologiją, chemiją, medžiagotyra ar panašią discipliną ir būtų dirbęs su atitinkamu pluoštų analizės metodu mažiausiai 2 metus. Svarbu įvertinti laboratorijos kokybės sistemos efektyvumą, dalyvavimą palyginamuosiuose tyrimuose. Žemiau pateikiami metodai buvo sukurti asbestui ir kitiems neorganiniams stikliškiems pluoštams. Dažniausiai naudojamas pluoštų kokybinio nustatymo būdas yra mikroskopija poliarizuotoje šviesoje (Polarized Light Microscopy – PLM), kuri gali būti naudojama daugelio pluoštų tipų atpažinimui, jei plaušelio plotis yra didesnis nei 1 μm . Elektroninės mikroskopijos metodai gali būti naudojami papildomai reikiamai informacijai gauti. Rastrinės elektroninės mikroskopijos metodas (Scanning Electron Microscopy – SEM), taikomas kartu su energetine dispersija besiremiančia rentgeno spektroskopija (Energy Dispersive X-ray Analysis – EDXA) gali būti naudojamas didesnių nei 0,2 μm plaušelių elementinei sudėčiai nustatyti. Analizinės peršviečiamosios elektroninės mikroskopijos metodas (Transmission Electron Microscopy – TEM), visuotinai pripažintas tiksliausiu kristalinių neorganinių pluoštų analizės metodu, gali būti naudojamas gauti informacijai apie plaušelių, kurių plotis yra apie 0,01 μm , cheminę sudėtį ir sandarą.

2. Ore esantiems plaušeliams nustatyti naudojami metodai.

2.1. Mikroskopija poliarizuotoje šviesoje (PLM). Optinėms atskirų plaušelių savybėms įvertinti, kai plaušelių plotis didesnis nei maždaug 1 μm , gali būti taikomas PLM metodas. Tarp publikuotų metodų, kurie plaušelių analizei naudoja PLM, yra šie:

2.1.1. Method 9002. Asbestos (bulk): by polarized light microscopy (Metodas 9002. Asbestos (birus): mikroskopija poliarizuotoje šviesoje), 2nd ed. Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health, 1994.

2.1.2. Test method for the determination of asbestos in bulk building materials (EPA/600/R-93/116) (Asbesto analizės statybinės medžiagos masėje metodas). Washington, DC, Environmental Protection Agency (Aplinkos apsaugos agentūra), 1993.

2.1.3. Test method: interim method for the determination of asbestos in bulk insulation samples (EPA/600/M4-82/020) (Analizės metodas: preliminarus asbesto nustatymo izoliacinės medžiagos masėje metodas). Washington, DC, Environmental Protection Agency, 1982.

2.1.4. Asbestos in bulk materials: sampling and identification by polarised light microscopy (PLM) (Asbestos biriose medžiagose: bandinių ėmimas ir nustatymas mikroskopijos poliarizuotoje šviesoje metodu). London, Health and Safety Executive, 1994 (Methods for the Determination of Hazardous Substances (Pavojingų medžiagų nustatymo metodai), No. 77.

2.2. Rastrinės elektroninės mikroskopijos metodas. Analizuojant įprastas medžiagas, SEM, atsižvelgiant į naudojamą metodą, leidžia gerai įžiūrėti maždaug iki 0,05 μm pločio plaušelių morfologiją. Elementinei storesnių nei 0,2 μm plaušelių sudėčiai nustatyti papildomai gali būti naudojamas energetine dispersija besiremiantis rentgeno spektroskopinis analizatorius (EDXA). Dažniausiai natris ir lengvesni elementai SEM/EDXA metodu neaptinkami. Išsami nuo membraninių filtrų surinktų bandinių analizė nėra galima, nes nepatvari yra filtro medžiaga; todėl, jei ruošiamasi analizei taikyti SEM, naudojami filtrai iš patvaresnių medžiagų, pvz., polikarbonato. Tarp publikuotų metodų, kuriuose plaušelių analizei naudojamas SEM, yra šie:

2.2.1. Methods of monitoring and evaluating airborne man-made mineral fibres: report on a WHO consultation (Ore esančių sintetinių plaušelių kontrolė ir įvertinimas: pranešimas apie PSO pasitarimą). Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 1981.

2.2.2. Method RTM2. Paris, Asbestos International Association (Tarptautinė asbesto asociacija).

2.2.3. Method for the separate determination of asbestos and other inorganic fibres: raster electron microscopic method (ZHI/120/46) (Asbesto ir kitų neorganinių pluoštų atskiras nustatymas: rastrinės elektroninės mikroskopijos metodas). Sankt Augustin, Germany, Federation of Industrial Injuries Insurance Institutions (Gamybinių traumų draudimo institucijų federacija), 1991.

2.3. Peršviečiamoji elektroninė mikroskopija. Naudojant TEM įmanoma tirti atskirus plaušelius, kurių plotis yra 0,01 μm . Taip pat yra dvi labai našios kokybinės metodikos: elektronų difrakcijos (Electron diffraction – ED), kuri leidžia nustatyti kristalinę objekto struktūrą, ir (kaip su SEM) EDXA, kuri nustato atskirų plaušelių elementinę sudėtį. TEM, naudojama kartu su ED ir EDXA, yra ypač naudinga analizuojant neorganinius kristalinius pluoštus ir paprastai suteikia tiksliausius kokybinius duomenis. Tiriant nekristalines neorganines medžiagas, metodo jautrumas panašus į SEM jautrumą. Kokybinei organinių medžiagų analizei TEM šiaip jau netinka. Bandinių ruošimas analizei TEM metodu yra sudėtingesnis, nei ruošiant juos analizei SEM metodu. Tarp publikuotų metodų, kurie plaušelių analizei naudoja TEM, yra šie:

2.3.1. Ambient air determination of asbestos fibres: direct transfer transmission electron microscopy method (Asbesto plaušelių nustatymas aplinkos ore: tiesioginio pernešimo peršviečiamosios elektroninės mikroskopijos metodas). Geneva, International Organization for Standardization, 1991.

2.3.2. Method 7402. Asbestos: by transmission electron microscopy (Metodas 7402. Asbestas: peršviečiamoji elektroninė mikroskopija), 2nd ed. Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health, 1994.

2.3.3. Interim transmission electron microscopy analytical methods: mandatory and non-mandatory; and mandatory section to determine completion of response actions (Preliminarūs peršviečiamosios elektroninės mikroskopijos analizės metodai: privalomi ir neprivalomi; privalomas skyrius apie atsakomųjų veiksmų užbaigtumo nustatymą). Washington, DC, Environmental Protection Agency, 1987 (Code of Federal Regulations (Federalinių teisės aktų rinkinys), 40, Part 763, Appendix A to subpart E.

3. Medžiagų analizei taikomi metodai.

3.1. Rentgeno spindulių difrakcija (XRD). Analizuojant XRD (X-ray diffraction) metodu, birios medžiagos bandinys yra veikiamas rentgeno spindulių ir matuojamas spinduliavimo difrakcijos kampas. Šis metodas leidžia nustatyti neorganinių medžiagų kristalinę struktūrą. Tarp publikuotų metodų, kurie plaušelių analizei naudoja XRD, yra šie:

3.1.1. Method 9000. Asbestos (chrysotile): by X-ray diffraction (9000 metodas. Asbestas (chrizotilas): pagal rentgeno spindulių difrakcijos metodą), Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health, 1994.

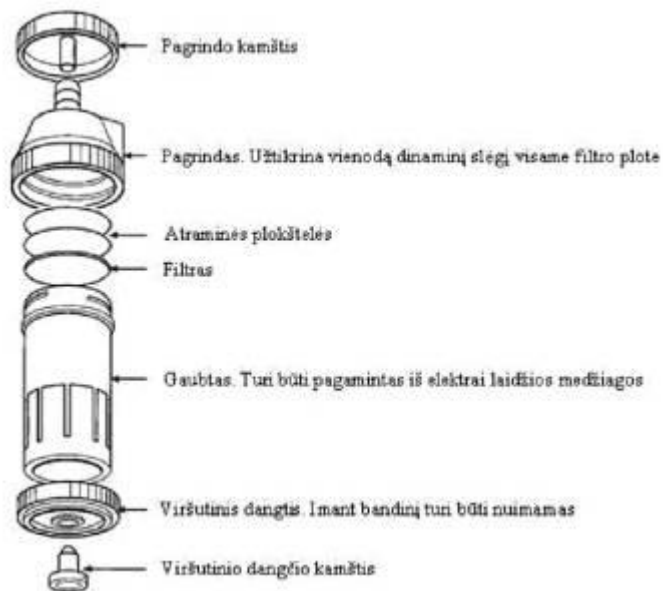
3.1.2. Test method for the determination of asbestos in bulk building materials (EPA/600/R-93/116) (Asbesto analizės biriose statybinėse medžiagose metodas). Washington, DC, Environmental Protection Agency (Aplinkos apsaugos agentūra), 1993.

3.2. Cheminė analizė. Nustatant, ar birioje medžiagoje yra tam tikrų elementų ar funkcinių grupių, naudojami kai kurie cheminės analizės metodai, tačiau šie metodai nenustato skirtumo tarp pluoštų ir kitokių medžiagų, turinčių tas pačias chemines savybes. Analizei skirti rinkiniai, kuriuos galima nusipirkti, gali aptikti magnį (chrizotile) ir geležį (asbesto amfibolinėse atmainose). Sintetiniams organiniams pluoštams analizuoti gali būti naudojami kiti analizės būdai.

3.2.1. Publikuotas plaušelių cheminės analizės metodas. Test for screening asbestos (Bandymas aptikti asbestą). Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health, 1979 (Publikacija Nr. 80-110).

3.3. Infraraudonųjų spindulių (IR) absorbcija. Šiuo metodu nustatomas tik galimas kai kurių funkcinių grupių buvimas analizuojamuose komponentuose. Juo negalima atskirti pluoštų nuo kitų medžiagų su tomis pačiomis cheminėmis savybėmis. Matuojama IR spinduliavimo rezonansinė absorbcija, nustatant absorbcijos maksimumus, atitinkančius tam tikras funkcines grupes. Metodas gali būti naudingas atpažįstant kai kuriuos organinius pluoštus.

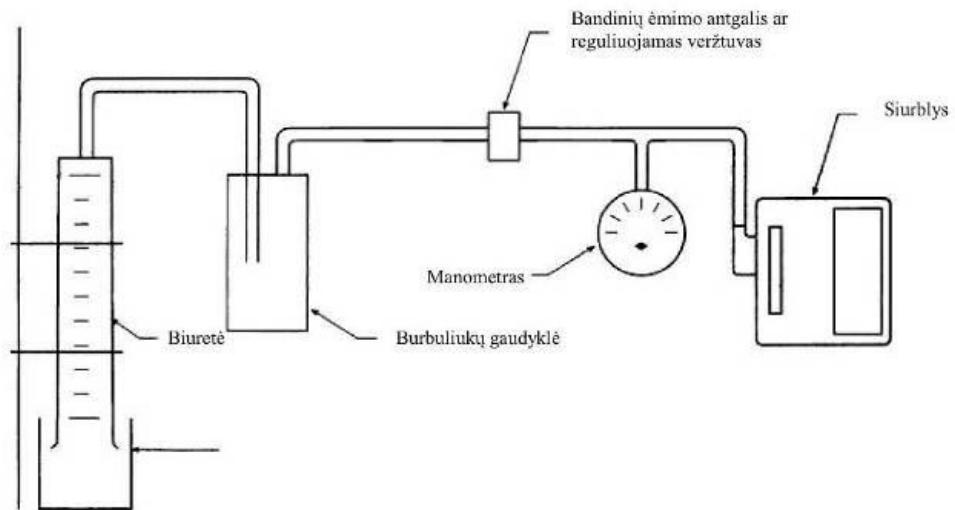
3.3.1. Publikuotas plaušelių analizės IR absorbcijos būdu metodas. Method for the determination of chrysotile and amphibole forms of asbestos (Chrizotilo ir amfibolinių asbesto atmainų nustatymo metodas).(ZHI/120/30). Sankt Augustin, Germany, Federation of Industrial Injuries Insurance Institutions (Gamybinių traumų draudimo įstaigų federacija), 1985.

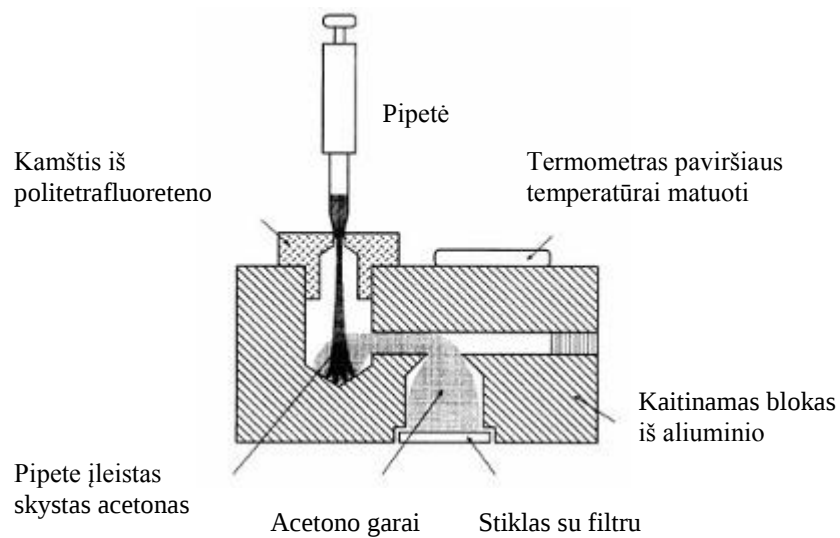
ERDVINIS INDIVIDUALAUS BANDINIO ĖMIMO ANTGALIO VAIZDAS

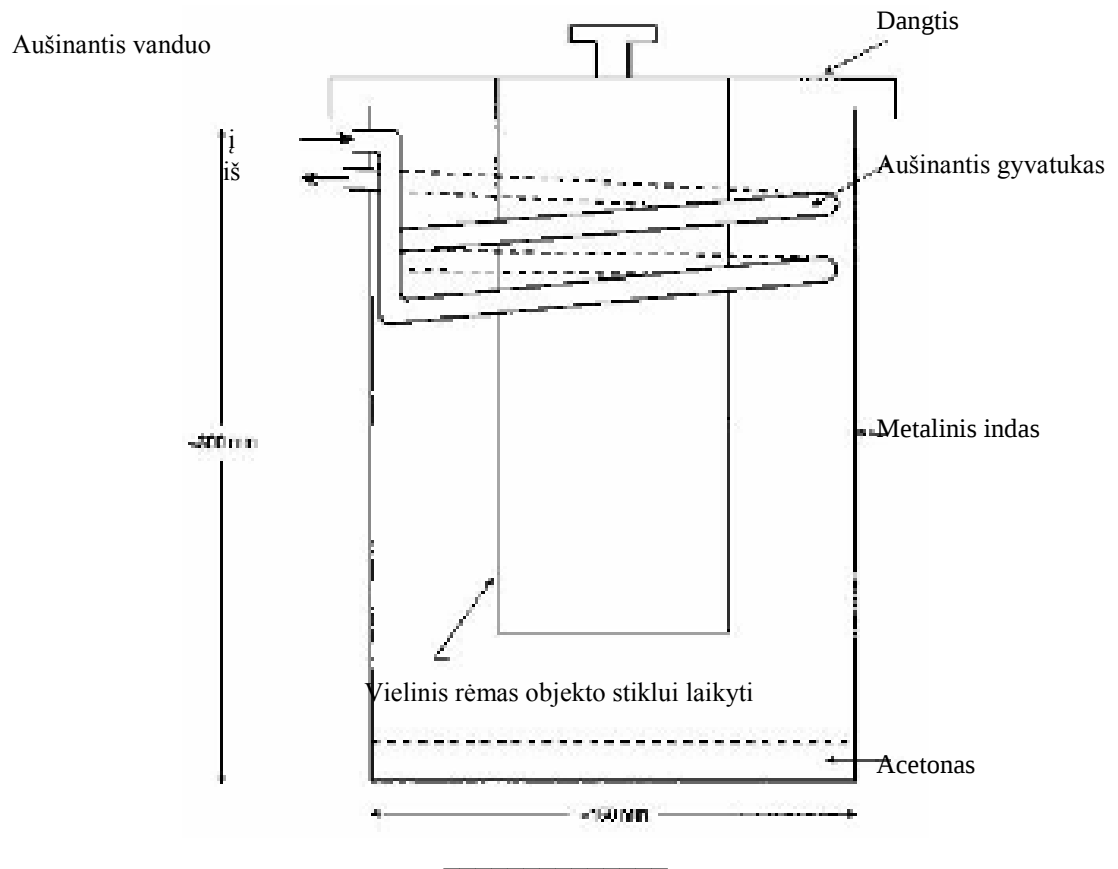
Asbesto skaidulų koncentracijos ore matavimo

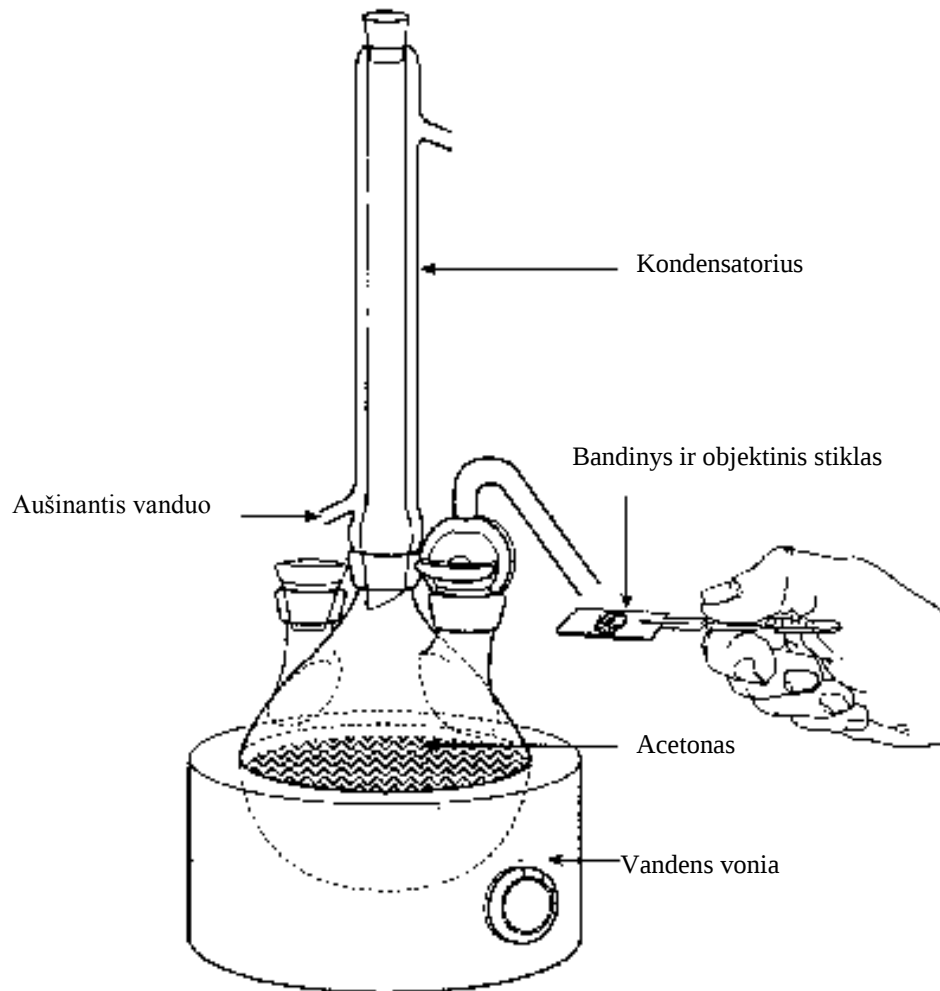
metodiniai nurodymai
4 priedas

SRAUTO KALIBRAVIMAS, NAUDOJANT BURBULIUKŲ DEBITMATĮ



KARŠTO BLOKO METODAS

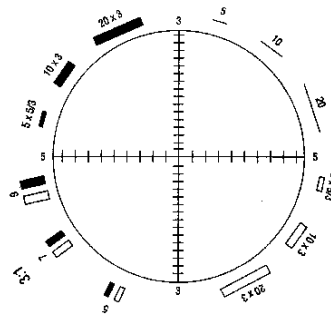
VIRINTUVO METODAS

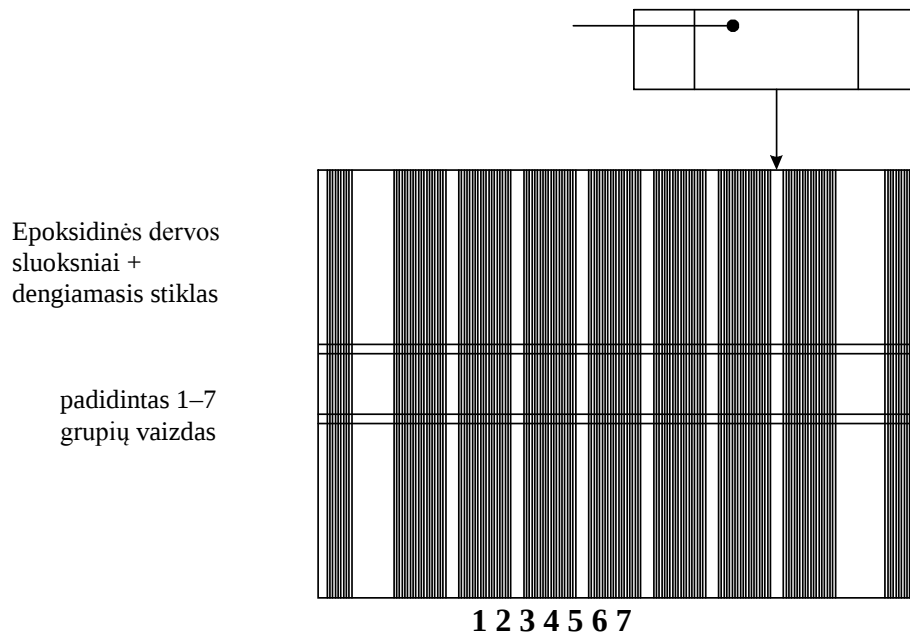
GRĮŽTAMOJO KONDENSATORIAUS METODAS

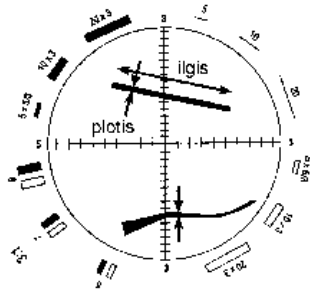
Asbesto skaidulų koncentracijos ore matavimo

metodiniai nurodymai
8 priedas

WALTON-BECKETT OKULIARO TINKLELIS

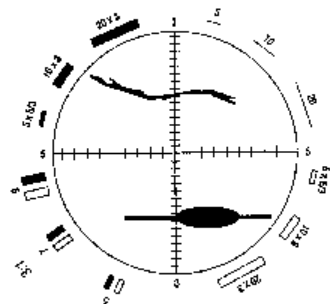


SCHEMINIS HSE/NPL MARK II KONTROLINĖS PLOKŠTELĖS VAIZDAS

PLAUŠELIŲ SKAIČIAVIMO TAISYKLIŲ TAIKymo PAVYZDŽIAI

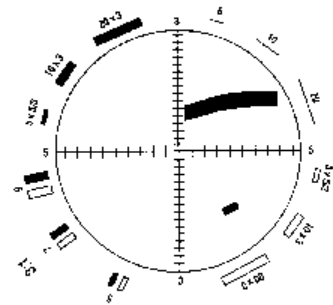
1 plaušelis; atitinka ilgio, pločio ir formato kriterijus

1 plaušelis; plotis matuojamas „vidutiniame“ taške



1 plaušelis

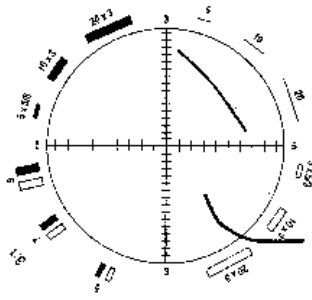
1 plaušelis; vertinant plotį, nekreipiama dėmesio į dalelę ar dervos „lašą“



0 plaušelių; per didelis plotis

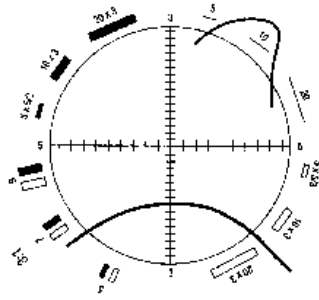
0 plaušelių; santykis mažesnis nei 3: 1

1 pav. Plaušelių skaičiavimo taisyklių taikymo pavyzdžiai: atskiri plaušeliai.



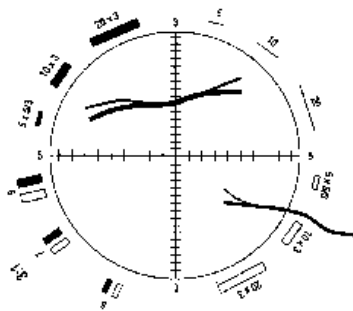
1 plaušelis; visas plaušelis matymo lauke

1/2 plaušelio; 1 plaušelio galas matymo lauke



1 plaušelis; abu plaušelio galai matymo lauke

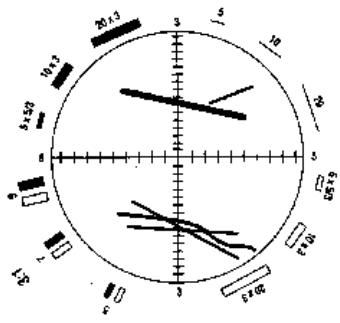
0 plaušelių; nei vieno plaušelio galo nėra matymo lauke



1 plaušelis; plaušelio galai suskaidyti

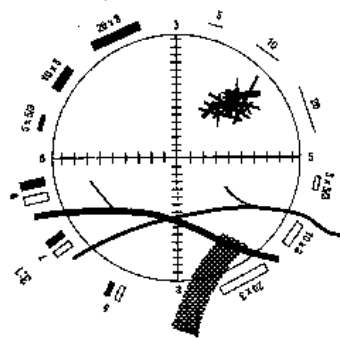
1/2 plaušelio; 2 suskilę plaušelio galai laikomi vienu

2 pav. Plaušelių skaičiavimo taisyklių taikymo pavyzdžiai: taisyklė – galai lauke ir suskaidyti plaušeliai.



2 plaušeliai

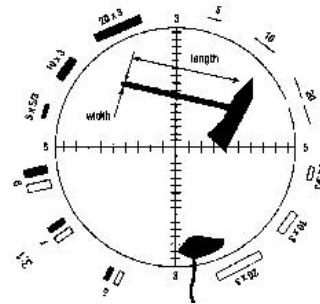
3 plaušeliai



0 plaušelių

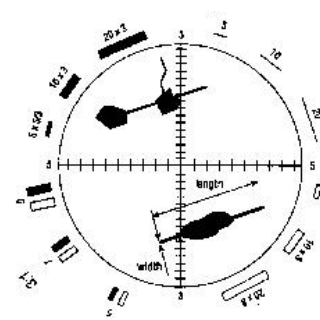
0 plaušelių

3 pav. Plaušelių skaičiavimo taisyklių taikymo pavyzdžiai: plaušeliai grupėse.



1 plaušelis

1/2 plaušelio



2 plaušeliai

1 plaušelis

4 pav. Plaušelių skaičiavimo taisyklių taikymo pavyzdžiai: plaušelių sąlytis su kitomis dalelėmis.

Asbesto skaidulų koncentracijos ore matavimo

metodiniai nurodymai

11 priedas

PLAUŠELIŲ SKAIČIAVIMO VARIACIJOS KOEFICIENTAI

1 lentelė. Variacijos koeficientai, plaušeliams pasiskirstant pagal Puasono skirstinį.

N	VK (%)
(pagal Puasono skirstinį)	
5	45
7	38
10	32
20	22
50	14
80	11
100	10
200	7

2 lentelė. Tipiški laboratorijoje gaunami variacijos koeficientai.

Pakartotų nustatymų vidurkių 90% pasiklovimo rėžiai

N	Tipiški VK (%)	Apatinis	Viršutinis
5	49	2,0	11,0
7	43	3,2	14,0
10	37	5,1	18,5
20	30	11,7	33,2
50	25	33,0	76,0
80	23	53,0	118,0
100	22	68,0	149,0
200	21	139,0	291,0