

BİTKİ KORUMA MAKİNALARI

Prof. Dr. Ergin DURSUN

e-mail: dursun@agri.ankara.edu.tr

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

Damla değme açısı ve kaplama oranı ilişkisi

Bir sıvı ilaç damlasının düştüğü yüzey üzerinde kapladığı alan;

- damlanın çapına,
- yüzey gerilimine ve
- yaprak yüzeyinin özelliğine bağlı olarak değişmektedir.

Hedefe püskürtülen sıvı hacim sabit iken, sıvı ne denli ince damlalar şeklinde pülverize edilirse, birim yaprak alanına düşen damla sayısı yani damla sıklığı değeri de artmakta ve buna bağlı olarak kaplama oranı da artmaktadır.

Kaplama oranı, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$KO = A_d / A_y \cdot 100$$

Burada;

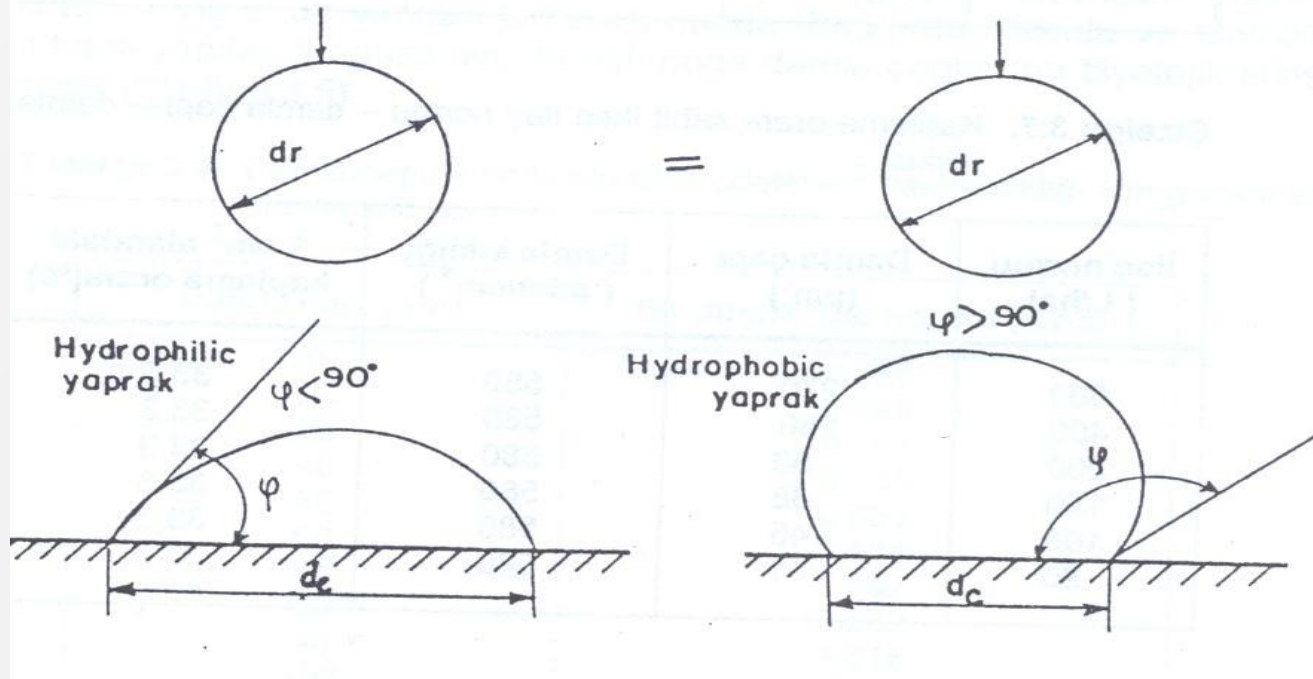
KO : Kaplama oranı (%),

A_d : Damlaların birim yaprak yüzeyi üzerinde kapladıkları alan (m^2),

A_y : Birim yaprak yüzey alanı (m^2)' dir.

Bir damlanın yaprak yüzeyindeki yayılma durumunun ifade edilmesinde değme açısı terimi kullanılmaktadır.

Değme açısı; Damlaların yaprağa değdiği noktadan geçirilen teğet ile yaprak yüzeyi arasında kalan damla tarafındaki açı (φ) değme açıdır (Şekil 3.2).



Şekil.3.2.Damla değme açısı

Değme açısı küçüldükçe, damla yaprak yüzeyine daha iyi yayılmaktadır. Yaprak üzerindeki değme açısı ile yayılma katsayısı arasında bir ilişki vardır. Değme açısı ne kadar büyük olursa, damla değme çapı da o denli küçük olacak ve yayılma katsayısı da o kadar küçülecektir. Damla değme açısı ile yayılma katsayısı (E) arasındaki ilişki Çizelge 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Damla değme açısı – yayılma katsayısı ilişkisi.

Değme açısı (φ°)	10	30	50	70	90	110	120	180
E	6.128	2.868	1.96	1.39	1.0	0.677	0.528	0

Yaprak yüzeyinin özellikleri de değme açısına etki etmektedir. Bitkilerin yaprak yüzey özellikleri birbirinden oldukça farklı olup bazı yapraklar mumlu, parlak yüzeyli, bazı yapraklar ise tüylüdür. Bu yaprakların bazıları kolay ıslanabilmekte, bazıları ise daha az ıslanma özelliği göstermektedir. Örneğin mumlu yaprak yüzeyine gelen damlanın değme açısı mumsuz yüzeylilere göre daha büyüktür. Çizelge 3.9' da çok rastlanan bazı yabancı ot yaprakları üzerindeki değme açıları görülmektedir.

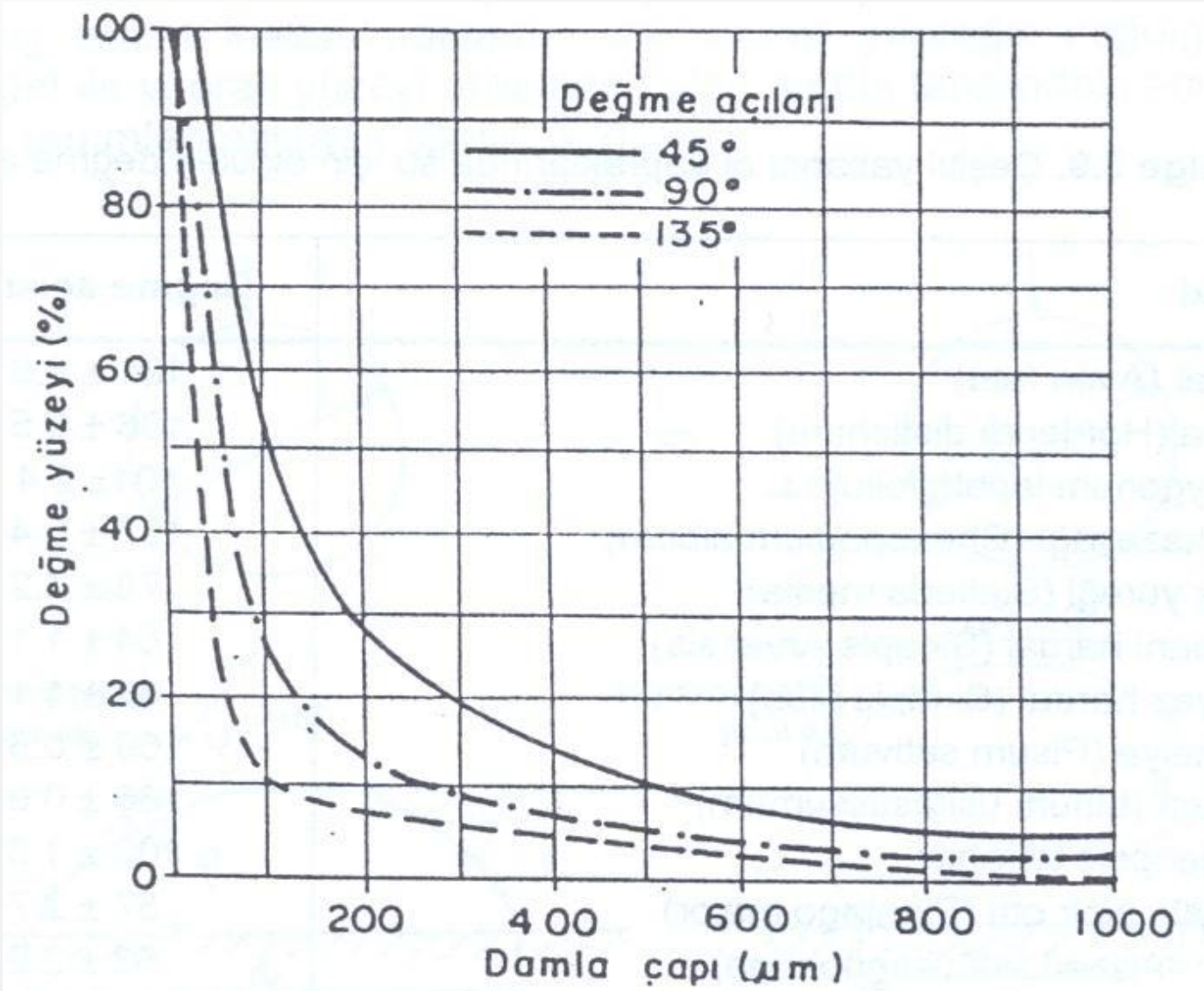
Değme açıları, yaprakların alt ve üst yüzeylerine göre de değişiklik göstermektedir. Yaprak alt yüzeyine tutunan damlaların değme açıları yerçekimi etkisinden dolayı yaprak üst yüzeyindeki damlalara göre daha büyük olmaktadır.

Çizelge 3.9. Çeşitli yabancı ot yapraklarında su için ölçülen değme açıları

Bitki	Değme açısı (°)
Yulaf (<i>Avena fatua</i>)	161 ± 0.6
Arpa (<i>Hordeum distichum</i>)	166 ± 0.5
<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	101 ± 2.4
Ak kazayağı (<i>Chenopodium album</i>)	157 ± 0.4
Kuş yüreği (<i>Stellaria media</i>)	78 ± 4.2
Yabani hardal (<i>Sinapis Arvensis</i>)	64 ± 1.1
Beyaz hardal (<i>Sinapis alba</i>)	62 ± 1.1
Bezelye (<i>Pisum sativum</i>)	169 ± 0.5
Keten (<i>Linum usitatissimum</i>)	166 ± 0.9
<i>Galeopsis tetrahit</i>	100 ± 1.3
Büyük sinir otu (<i>Plantago major</i>)	57 ± 2.7
Yapışkan otu (<i>Gaium aparine</i>)	53 ± 2.2
Yabani krizantem (<i>Chrysanthemum segetum</i>)	160 ± 1.1
Köygöçüren (<i>Cirsium arvense</i>)	60 ± 1.5
Peygamber çiçeği (<i>Centaurea arvense</i>)	152 ± 1.7
Eşek marulu (<i>Sonchus arvensis</i>)	160 ± 1.5

➤ Damla değme açısı büyüdükçe, damlanın değme çapı (d_c) azalacağı için damlanın yaprak yüzeyini ıslatma alanı ve dolayısıyla yüzey kaplama oranı azalmaktadır. Bu durum Şekil 3.3 ' de görülebilir. 10 L/da' lık sabit ilaç normunda, sıvı ilaç 100 μm çapında damlalar şeklinde pülverize edildiğinde, damla değme açısı 45° iken % 55' lik bir kaplama oranı elde edildiği halde, 90° ' de % 28, 135° ' de ise % 10 kaplama oranı elde edilebilmektedir. 100 μm yerine 400 μm ' lik damla çaplarında, aynı değme açıları için sırasıyla % 14, % 7.5 ve % 5 kaplama oranı sağlanabilmektedir.

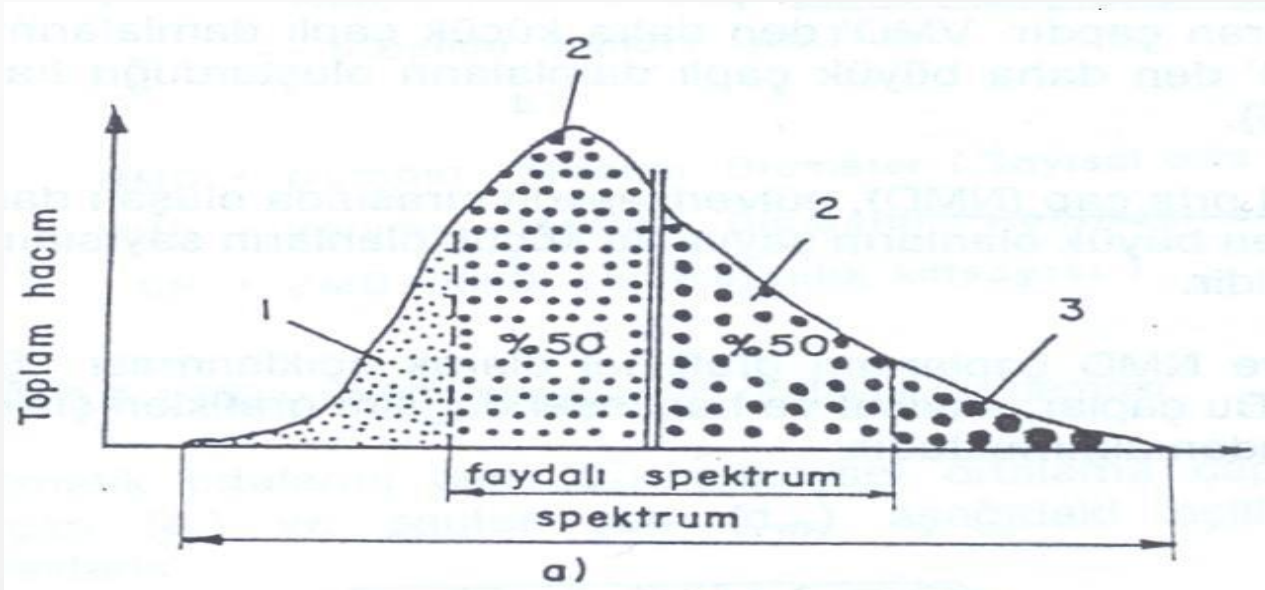
➤ Sıvı ilacın fiziksel özelliklerinden biri olan yüzey gerilimi de damlaların bir yüzey üzerindeki yayılma özelliklerine etki etmektedir. Yüzey gerilimi büyük olan sıvılar hedef yüzeylerde küresel şekillerini korumaya çalıştıklarından büyük bir değme açısı ve küçük bir değme (temas) çapı oluştururlar. Özellikle mumlu yüzeyli bitkilerde bu özellik daha da arttığından, damlalar yaprak yüzeyinde tutunamayarak yere düşmektedirler. Yüzey gerilimi azaldığında ise, damla yüzey üzerine daha iyi yayılarak değme açısı küçülmekte, değme çapı büyümekte ve kaplama oranı artmaktadır. Bu nedenle, ilaca yüzey gerilimini azaltan bazı katkı maddeleri eklenerek damlaların hedef yüzeyleri kaplama oranları artırılabilirdiği gibi tutunma özellikleri de iyileştirilebilmektedir.



Şekil.3.3. 10 L/da lık ilaç normunda farklı değme açılarının kaplama oranına etkisi

Pülverizasyonda karakteristik damla çapları ve tekdüzelik (homojenlik) katsayısı

- ✓ Sıvı ilacın pülverizasyonu sırasında hiçbir zaman eşit büyüklükte damlalar elde edilemez.
- ✓ Pülverizasyonu oluşturan damlalar, çaplarına göre geniş bir dağılım spektrumu gösterirler.
- ✓ Ölçülemeyecek kadar çok küçük çaplı sis şeklindeki damlalar ile çapları 1 mm' ye kadar ulaşan damlalar bir arada bulunmaktadır (Şekil 3.4).
- ✓ Pülverizasyonu oluşturan damla kümesine bir anma ismi verilebilmesi ve ilaçlama tekniği açısından pülverizasyon kalitesinin değerlendirilebilmesi için bazı ortalama çaplar ve homojenlik katsayısı değerlerinden yararlanılmaktadır.
- ✓ Pülverizasyonlar genellikle pülverizasyonu oluşturan damla spektrumunun ortalama çap değerine göre anılırlar. Çizelge 3.10' da bu anma isimleri verilmiştir.



Şekil 3.4.Pülverizasyonda damla spektrumu

Çzelge 3.10. Damla çapına göre pülverizasyonların sınıflandırılması

VMD (μm)	Pülverizasyon anma adı
10 – 30	Sis
31 – 50	Aerosol
51 – 100	Çok ince pülverizasyon
101 – 200	İnce pülverizasyon
201 – 400	Orta yapılı pülverizasyon
> 400	Kaba yapılı pülverizasyon

Pülverizasyon kalitesinin değerlendirilmesinde en çok kullanılan karakteristik damla çapları şunlardır:

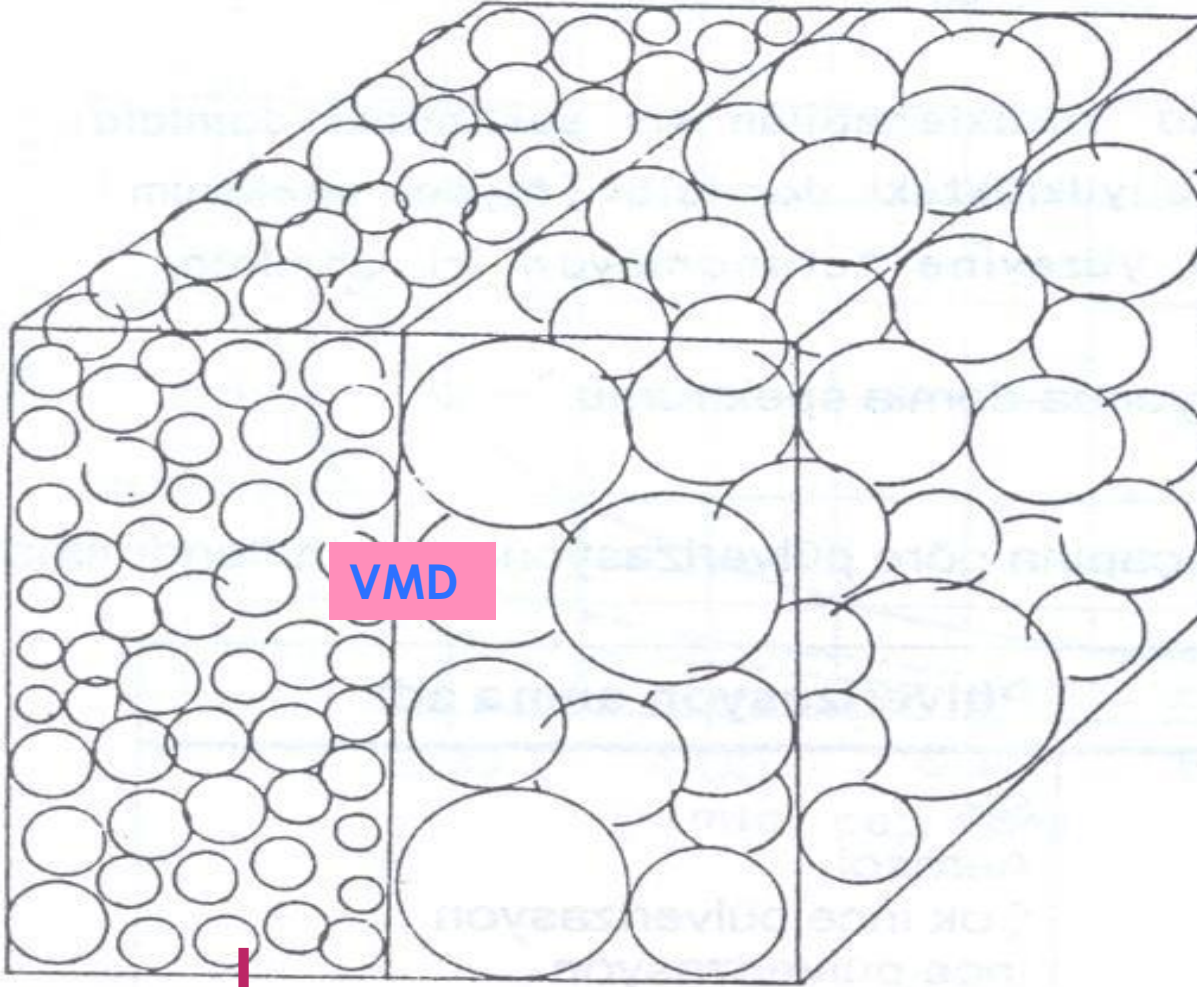
- ✓ Hacimsel orta çap (VDM)
- ✓ Sayısal orta çap (NMD),
- ✓ Aritmetik ortalama çap (d_a),
- ✓ Yüzeysel ortalama çap (d_s)
- ✓ Hacimsel ortalama çap (d_v),
- ✓ Sauter çapı.

Bu çap değerlerinden başka geometrik ortalama çap, kütleli orta çap gibi çap değerleri de damla büyüklüğünü tanımlamak için kullanılabilir.

➤ Hacimsel orta ap (VMD); püskürtülen damlaların toplam hacmini iki eşit hacme ayıran apdır. VMD' den daha küçük çaplı damlaların oluşturduğu hacim ile VMD' den daha büyük çaplı damlaların oluşturduğu hacim birbirine eşittir (Şekil 3.5).

➤ Sayısal orta ap (NMD), pülverizasyon sırasında oluşan damlalar içinde çapı kendisinden büyük olanların sayısı ile küçük olanların sayısının eşit olduğu sınır çap değeridir.

➤ VMD ve NMD çaplarının grafiksel olarak açıklanması Şekil 3.6' da görülmektedir. Bu aplar, sayısal ve hacimsel dağılım grafikleri çizildikten sonra bu grafik üzerinden alınmaktadır.

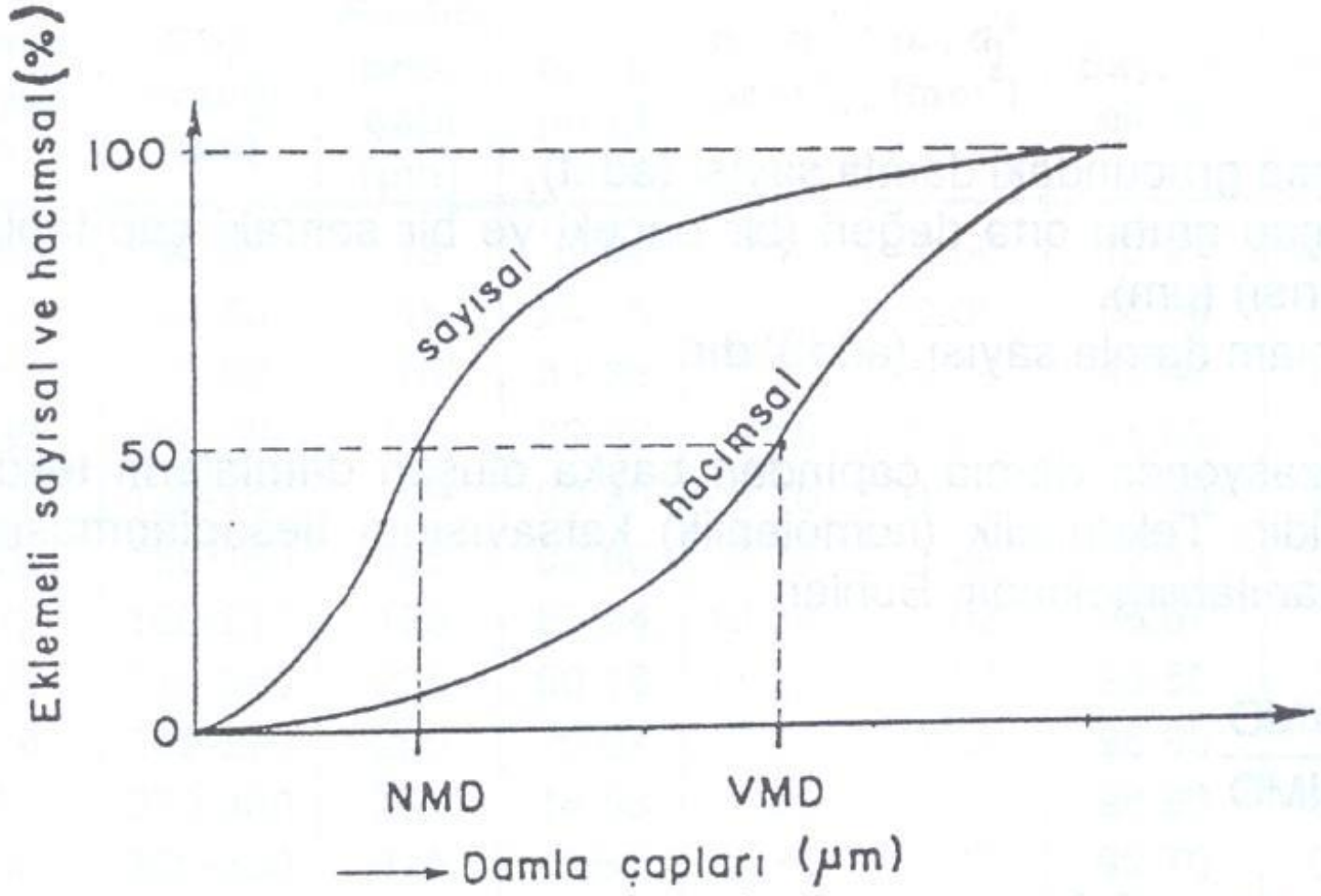


VMD

İlaç Hacminin 1/2'si = Küçük Damlacıklar

İlaç Hacminin 1/2'si = Büyük Damlacıklar

Şekil 3.5.VMD çapının şematik gösterimi



Şekil 3.6.VMD ve NMD değerlerinin grafiksel açıklanması

Aritmetik ortalama çap (d_a), yüzeysel ortalama çap (d_s), hacimsel ortalama çap (d_v) ve sauter çap ($d_{v/s}$) aşağıdaki eŐitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır:

Bu eŐitliklerde;

n_i : (i) ap grubundaki damla sayısı (adet),

d_i : (i) ap grubu orta değeri (bir önceki ve bir sonraki çap toplamının yarısı) (μm),

n : Toplam damla sayısı (adet)' dir.

$$d_a = \frac{\sum n_i \cdot d_i}{n}$$

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{\sum n_i \cdot d_i^3}{n}}$$

$$d_s = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot d_i^2}{n}}$$

$$d_{v/s} = \frac{\sum n_i \cdot d_i^3}{\sum n_i \cdot d_i^2}$$

Pülverizasyonda damla tekdüzelik (homojenlik) katsayısının hesaplanmasında iki farklı eşitlik kullanılabilmektedir. Bunlar;

$$CH = \frac{VMD}{NMD}$$

$$H = \frac{(\sum n_i \cdot d_i^2)^2}{(\sum n_i \cdot d_i)(\sum n_i \cdot d_i^3)}$$

- ✓ CH, daima 1' den birden büyük bir değere sahiptir.
- ✓ CH değeri 1' e ne kadar yakın olursa, pülverizasyonu oluşturan damla çaplarının birbirine o oranda yaklaştığını, yani damla tekdüzelığının iyileştiğini ifade eder.
- ✓ CH < 1,4 olduğunda damla çaplarının tekdüze olduğu kabul edilmektedir.
- ✓ Tekdüzelik katsayısı, meme tipine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir (Çizelge 3.11)

Çizelge 3.11. Çeşitli meme tiplerinde (CH) değerleri.

Meme tipi	CH
Yelpaze hüzmeli çarpmalı (aynalı) meme	5 – 10
Yelpaze hüzmeli yarıklı meme	2 – 7
Konik hüzmeli meme	2 – 4
Döner diskli (santrifüj) meme	1.20 – 1.60
Elektrodinamik meme	1.08 – 1.30

Çizelge 3.12. Karakteristik çaplarla ilgili örnek hesaplamalar

Damla Sayısı (n)	Çap Aralığı (µm)	Sınıfın orta. çapı (µm)	$n_i \cdot d_i$ mm	$n_i \cdot d_i^2$ mm ²	$n_i \cdot d_i^3$ mm ³	Sayısal Ek. %	$n_i \cdot V_i^3$ mm ³	Hacimsal Ek. (%)
456	0-30	15	6.84	0.10	0.00	13.91	0.00	0.00
550	30-60	45	24.75	1.11	0.05	30.68	0.03	0.46
418	60-90	75	31.35	2.35	0.18	43.43	0.09	1.85
380	90-120	105	39.90	4.19	0.44	55.02	0.23	5.40
447	120-150	135	60.35	8.15	1.10	68.65	0.58	14.37
320	150-180	165	52.80	8.71	1.44	78.41	0.75	25.97
272	180-210	195	53.04	10.34	2.02	86.67	1.06	42.35
223	210-240	225	50.18	11.29	2.54	93.50	1.33	62.91
114	240-270	255	29.07	7.41	1.89	96.98	0.99	78.20
65	270-300	285	18.53	5.28	1.50	98.96	0.79	90.42
24	300-330	315	7.56	2.38	0.75	99.70	0.39	96.45
8	330-360	345	2.76	0.95	0.33	99.94	0.17	99.07
2	360-390	375	0.75	0.28	0.11	100.00	0.06	100.00
3279			377.8	62.54	12.35	100.00	6.47	100.00

*Sınıflandırmada dikkate alınan çap aralığı 30 µm' dir.

Çizelge 3.12'deki verilere göre hesaplanan damla çapları aşağıdaki gibidir

$$d_a = \frac{\sum n_i \cdot d_i}{n} = \frac{377,88}{3279} = 0,115 \text{ mm} = 115 \mu\text{m}$$

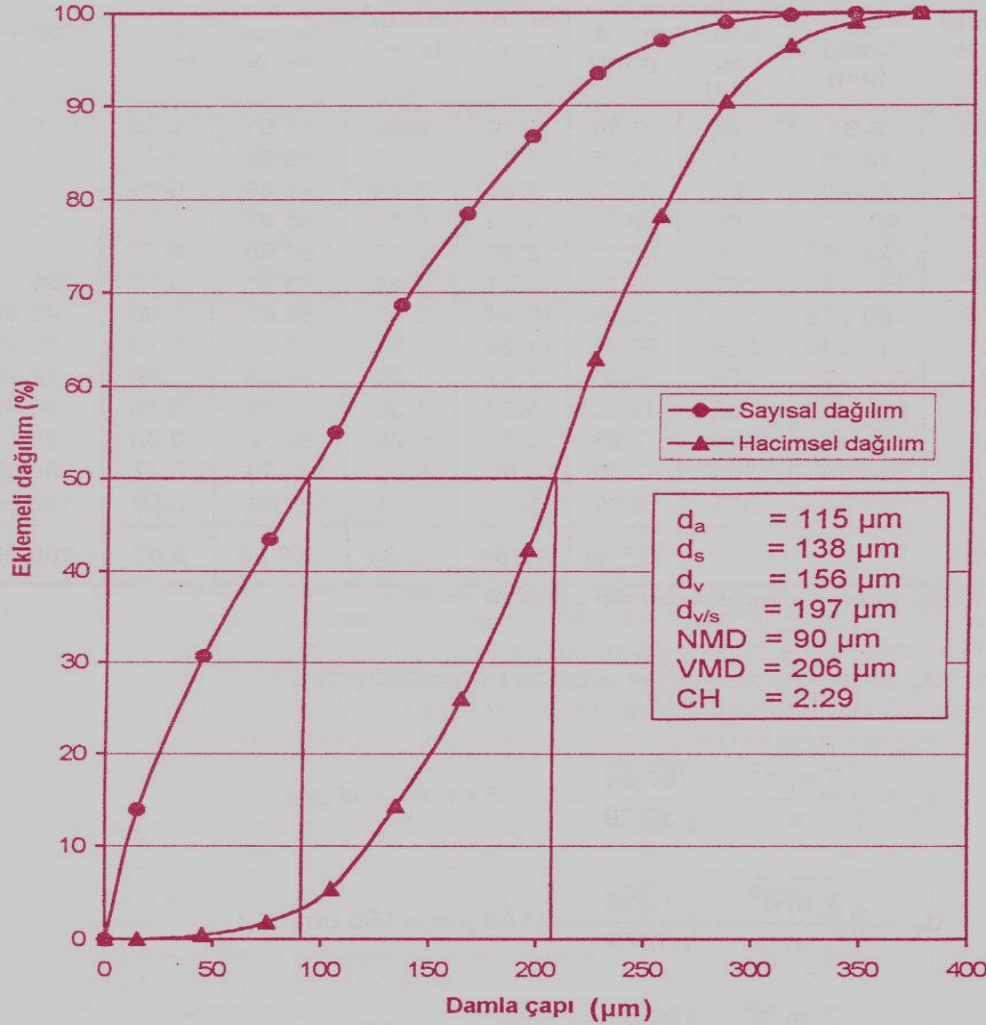
$$d_s = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot d_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{62,54}{32,79}} = 0,138 \text{ mm} = 138 \mu\text{m}$$

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{\sum n_i \cdot d_i^3}{n}} = \sqrt[3]{\frac{12,35}{3279}} = 0,156 \mu\text{m} = 156 \mu\text{m}$$

$$d_{v/s} = \frac{\sum n_i \cdot d_i^3}{\sum n_i \cdot d_i^2} = \frac{12,35}{62,54} = 0,197 \text{ mm} = 197 \mu\text{m}$$

$$H = \frac{(\sum n_i \cdot d_i^2)^2}{(\sum n_i \cdot d_i)(\sum n_i \cdot d_i^3)} = \frac{(62,54)^2}{(377,88) \cdot (12,35)} = 0,84$$

H = % 84' dür.



Şekil 3.7. Çizelge 3.12' de verilen pülverizasyon örneğinin sayısal ve hacimsel dağılım grafiği

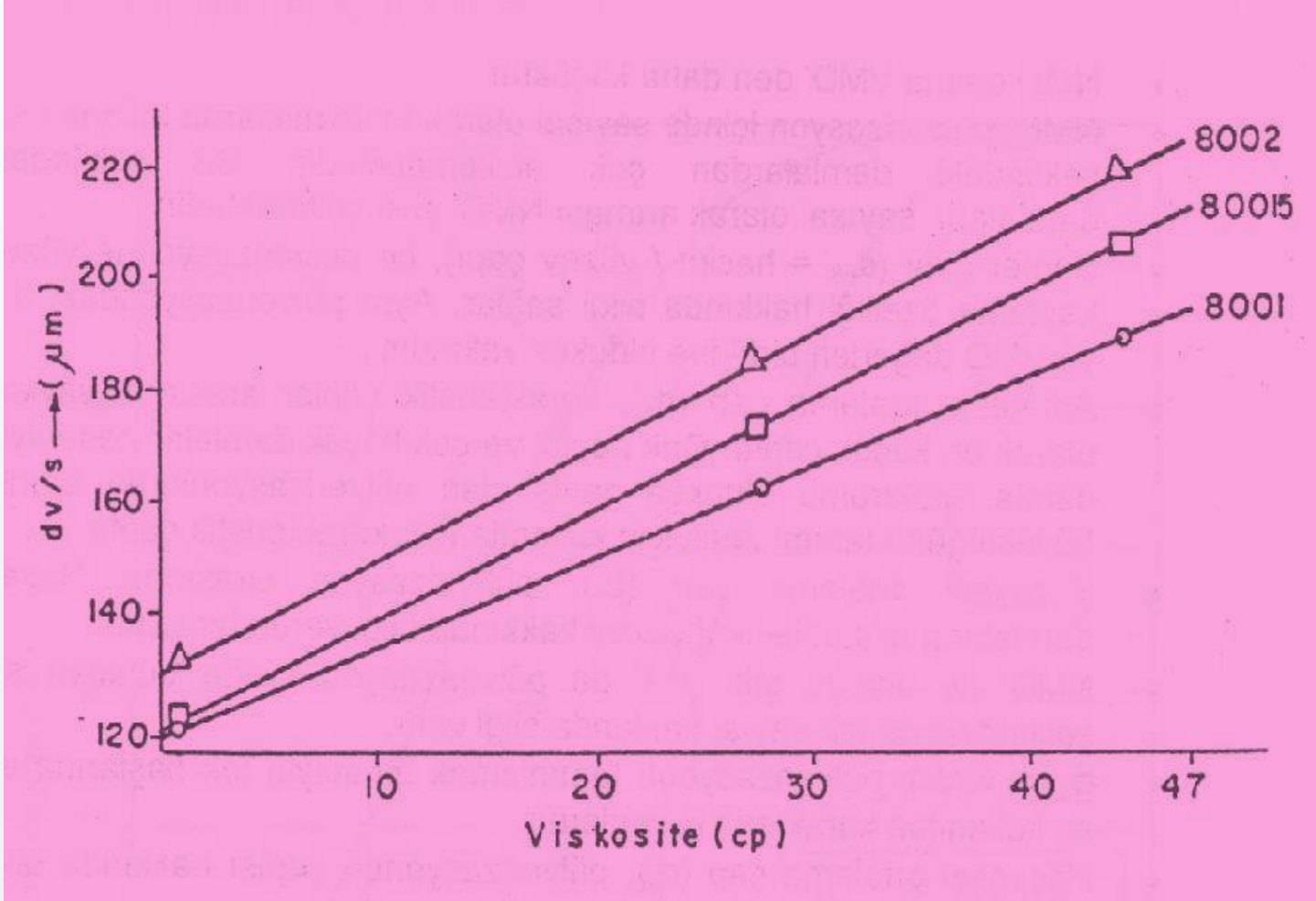
Damla çapına etkili faktörler

Pülverizasyonda damla çapına etkili faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- ✓ Püskürtme sıvısının fiziksel özellikleri,
- ✓ Meme tipi ve büyüklüğü (ölçüsü),
- ✓ Çalışma basıncı,
- ✓ Pülverizasyon şeklidir.

Sıvının fiziksel özelliklerinin etkisi

- Pülverizasyonda oluşan damla büyüklüklerine, sıvı ilaçların fiziksel özelliklerinin (viskozite, yüzey gerilimi ve yoğunluk) önemli etkileri vardır.
- Sıvı haldeki ilaçlarda, formülasyon çeşidine göre viskozite değişimleri söz konusudur. Ayrıca viskozite, ortam sıcaklığına bağlı olarak da değişim göstermektedir. Viskozitenin artmasıyla, damla çapında değişimler ortaya çıkar (Şekil 3.8).

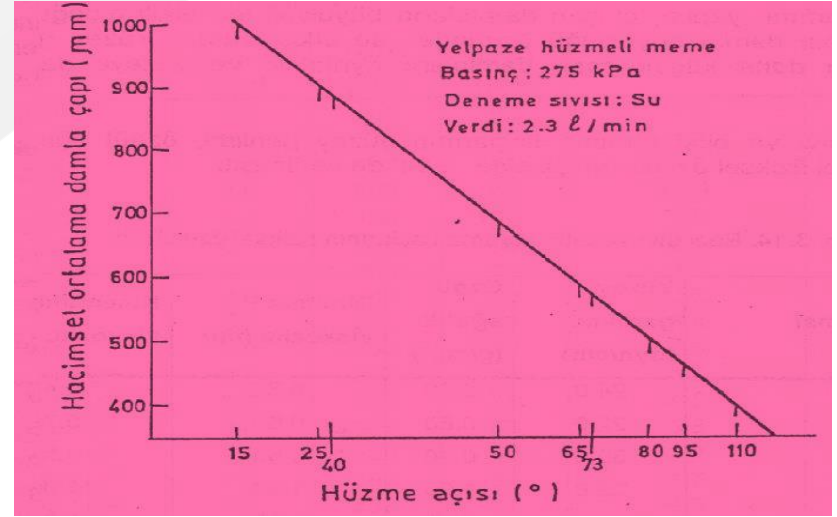


Şekil 3.8. Viskoziteye göre damla çapı değişimi

Viskozite değişiminin hüzme açısına da etkisi vardır. Viskozite arttıkça sıvı zarfı sınırı uzayıp hüzme (püskürtme) açısı azalmaktadır (Çizelge 3.13). Hüzme açısındaki daralma ise büyük damla oluşumuna neden olmaktadır. Şekil 3.9' da ise hüzme açısının damla çapına etkisi görülmektedir.

Çizelge 3.13. Viskozite ile hüzme açısının değişimi.

Viskozite (cp)	Hüzme açısı
1	75
11	70
46	55
80	45
122	30
215	20



Şekil 3.9. Hüzme açısının damla çapına etkisi.

Yüzey gerilimi, sıvı zarfının oluşumuna ve sıvı zarfından oluşan damlaların hedef yüzey üzerindeki yayılma özelliklerine etki etmektedir.

Çizelge 3.14. Bazı sıvı ve bitki koruma ilaçlarının fiziksel özellikleri.

Sıvının cinsi	Yüzey gerilimi (dyn/cm)	Özgül ağırlık (g/cm ³)	Dinamik viskozite (cp)	Kinematik viskozite (cst)
Aseton	24.0	0.79	0.32	0.40
Methanol	22.0	0.80	0.60	0.75
Benzen	30.0	0.90	0.65	0.72
Su	72.0	1.00	1.00	1.00
Benzin	-	0.68	0.35	0.51
Kerosen	25.0	0.82	2.50	3.05
Mazot	30.0	0.89	10.00	11.24
Pamuk yağı	34.4	0.92	70.00	76.80
SAE 30 Motor yağı	36.0	0.90	100.00	111.11
Ricin yağı	39.0	0.97	1000.00	1030.92
Malathion (% 95)	32.0	1.23	45.00	36.59
Parathion -55/30	-	1.16	15.00	12.93
Parathion-75	-	1.12	12.00	10.71

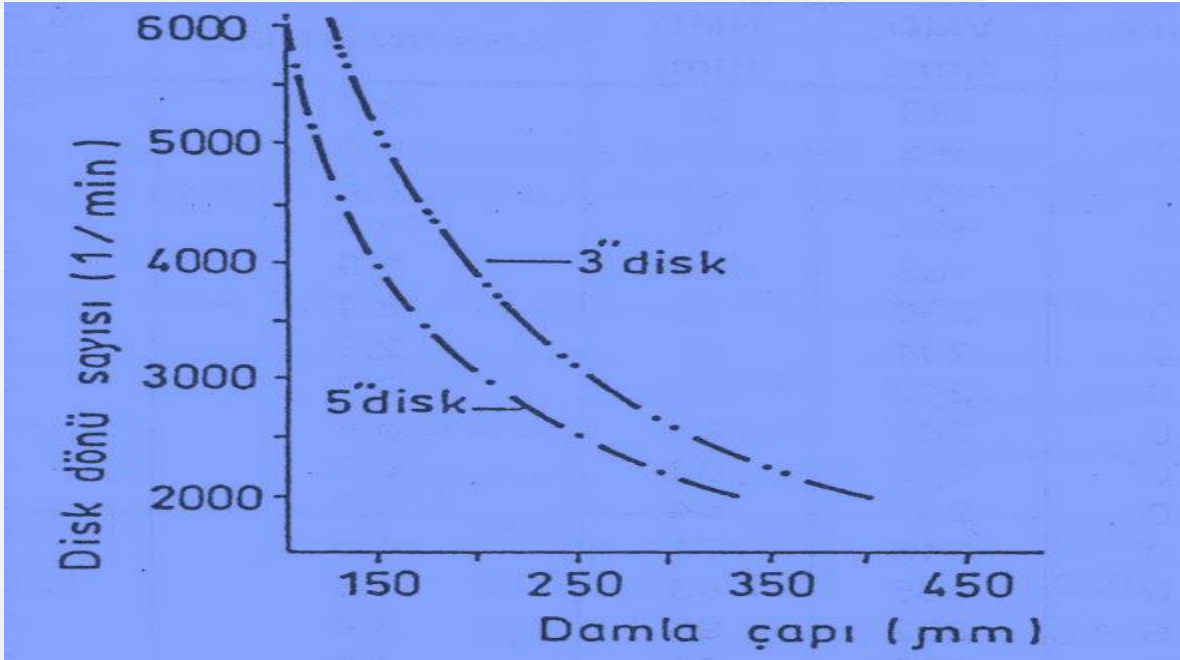
Meme tipinin ve büyüklüğünün etkisi

Memeler tarafından üretilen damlaların çapları, tiplerine ve ölçülerine göre farklılık göstermektedir. Aynı çalışma basıncında meme ölçüleri değiştiği zaman VMD değerleri de değişmektedir (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15. SS yapımı bazı yelpaze hüzmeli memelerin pülverizasyon karakteristikleri.

Meme	Basınç (bar)	VMD (μm)	NMD (μm)	VMD/NMD	% Hacim < 100 μm
6501	3.0	248	92	2.7	45.0
6502	3.0	348	80	4.4	3.3
6504	3.0	442	57	7.8	1.9
6506	3.0	553	48	11.5	1.6
730039	3.0	188	100	1.9	7.6
730077	3.0	230	96	2.4	6.2
800050	3.0	204	91	2.2	9.1
8001	3.0	248	93	2.7	5.8
8002	3.0	280	83	3.4	5.6
8004	3.0	390	62	6.3	2.6
8001LP	3.0	267	84	3.2	5.4

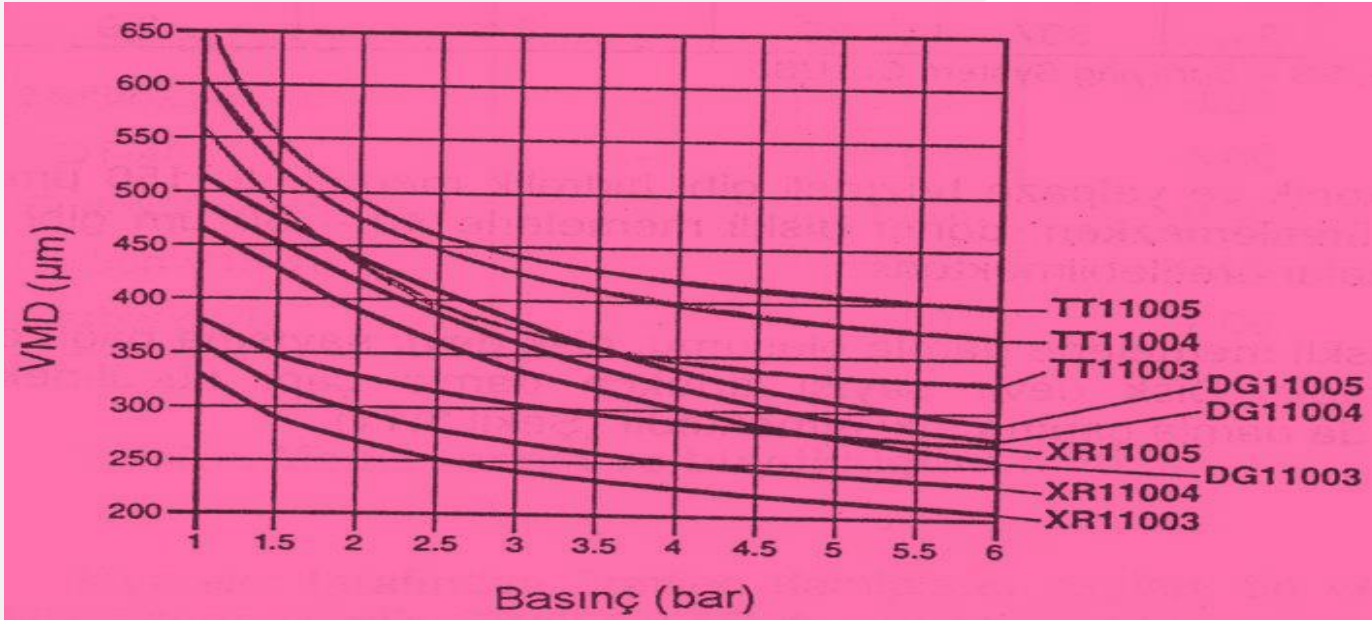
- Ayrıca, konik ve yelpaze hüzmeli gibi hidrolik memelerle $150\ \mu\text{m}$ ' den küçük damlalar üretilemezken, döner diskli memelerle $40 - 60\ \mu\text{m}$ gibi daha küçük çaplı damlalar üretilebilmektedir.
- Döner diskli memelerle damla oluşumu, disk devir sayısına bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Disk devir sayısı arttıkça damla çapı küçülmektedir. Ayrıca disk çapı da damla çapına etki etmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Disk devir sayısı ve disk çap.damla çapına etkisi

Çalışma (İşletme) basıncının etkisi

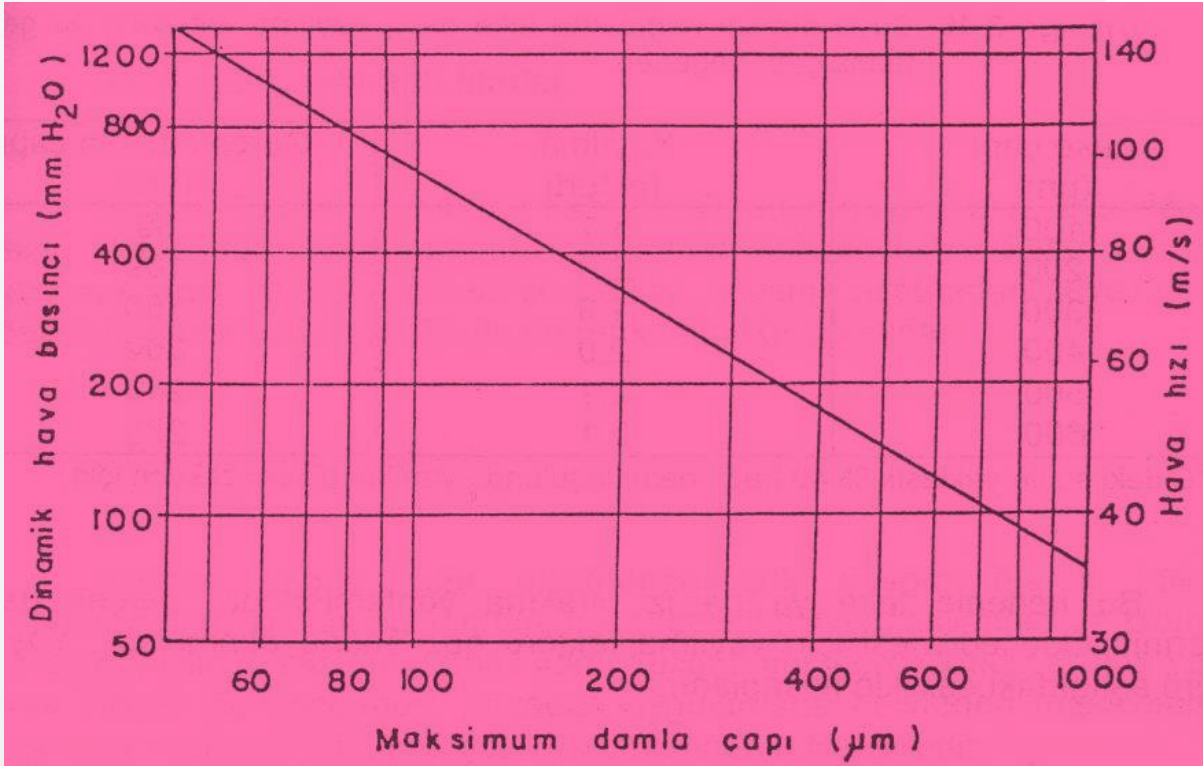
➤ Hidrolik memelerle yapılan pülverizasyonlarda meme tipi ve büyüklüğü sabit iken damla büyüklüğü üzerine etkili olan en önemli faktör çalışma basıncıdır. Şekil 3.12' de çalışma basıncının damla büyüklüğüne etkisi görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, basınç arttıkça aynı meme ölçülerinde üretilen damlaların çapı küçülmektedir.



Şekil 3.12.Çalışma basıncının damla büyüklüğüne etkisi

Pülverizasyon şeklinin etkisi

➤ Pnömatik pülverizatörlerde, sıvı ilacın damlalar haline getirilmesi tamamen yüksek hızlı hava akımıyla gerçekleşmektedir. Hava akımının hızı arttıkça pülverizasyonun ortalama damla çapı küçülmektedir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Hava akımı hızının damla büyüklüğüne etkisi